


O olhar acurado e a descoberta de um “novo mundo” a partir do microscópio



Marlon C. Alcantara^{1#} , Guilherme B. Lourenço², Marcelo Mendes², Adriano Reder de Carvalho²³

¹Laboratório Interdisciplinar de Ensino de Ciências, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

²Laboratório de Biologia, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, campus Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

³Mestrado Profissional em Educação Profissional em Rede Nacional, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Rio Pomba, Rio Pomba, MG, Brasil.

Palavras-chave

ensino de física
ótica
história da ciência
instrumentos óticos
microscópios de baixo custo

Resumo

Neste artigo, propomos a introdução de atividades de observação com o uso do microscópio nas aulas de física. Para tanto, apresentamos um texto a partir do recorte historiográfico do desenvolvimento dos instrumentos óticos, explorando as relações entre arte, ciência e sociedade na República Holandesa do século XVII. Também abordamos nessas aulas de física a vida e a obra de personalidades como Antoni van Leeuwenhoek e Robert Hooke. Mostramos como esses atores participaram de uma rede de trocas de informações sobre instrumentos óticos, que permearam, com muita propriedade, as relações científicas anglo-holandesas. Inseridos nesse contexto, apresentamos dois microscópios de baixo custo que podem ser fabricados pelo professor: um deles remete à construção e à forma de observação de Leeuwenhoek, e o outro, um tanto mais “moderno” para que os docentes possam mostrar aos seus alunos imagens com melhor definição e qualidade. A apresentação desses instrumentos é amparada por um “guia” de construção e utilização, além de uma pequena explicação para a configuração de lâminas.

1. Introdução

Ião próximo e ao mesmo tempo distante, esta pode ser a definição sobre a relação de um instrumento ótico de reconhecida importância para a ciência e para as aulas de física, ou seja, o microscópio, aquele instrumento ótico encontrado no capítulo final dos cursos de Ótica Geométrica para o Ensino Médio.

Reconhecer a física como uma construção humana, evidenciando alguns elementos históricos, sociais, políticos e econômicos

Câmeras escuras, telescópios e microscópios são alguns dos instrumentos abordados em cursos de Ótica; entretanto, o estudo do comportamento ótico desses instrumentos, muitas vezes, não os relaciona com o momento histórico no qual os mesmos foram inseridos nos laboratórios, observatórios, nos estudos anatômicos e, até mesmo, nos ateliês de pinturas. Vale lembrar que a necessidade de

#Autor de correspondência. E-mail: marlon.alcantara@ifsudestemg.edu.br.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

reconhecer a física como uma construção humana, evidenciando alguns elementos históricos, sociais, políticos e econômicos, já faz parte de documentos norteadores da educação brasileira, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) [1] e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que fazem referência à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (biologia, física e química), reforçando a necessidade de criar condições para que os estudantes “possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, situando-a como uma das formas de organização do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais, possibilitando-lhes apropriar-se dessas linguagens específicas” [2]. Nesse sentido, encontramos na literatura acadêmica recomendações acerca da importância da utilização de história, filosofia e sociologia da ciência nos currículos e na prática escolar [3-6].

Neste artigo, buscamos fazer isso, ou seja, inserir o microscópio em uma atividade interdisciplinar dentro do curso de Ótica Geométrica para o Ensino Médio, discutindo o contexto histórico no qual a sociedade da época inicia a descoberta de um “novo mundo” visto por meio das lentes. Ou mesmo, como diria Constantijn Huygens (1596-1687), a descoberta de “um novo teatro da natureza” [7].

Situamos o presente texto nas relações anglo-holandesas do século XVII, período no qual o homem descobria um mundo que até então era invisível aos seus olhos, que agora estão amparados por lentes fabricadas por artesãos de reconhecida habilidade e difundidas por uma ampla rede de comerciantes, pintores, curiosos e estudiosos, os quais impulsionaram diversas áreas do saber em um movimento que buscava ampliar as fronteiras do mundo visível, assim como representá-lo com a maior precisão possível [8].

As relações entre a arte setentrional holandesa e os instrumentos óticos foram estudadas por vários autores, entre os quais destacamos Steadman [9] e Hockney [10]. Apesar de a Arte parecer um tema um tanto distante para os professores de física, as “relações improváveis” [11] entre essas duas áreas, relativas a esse período histórico, já estiveram presentes na revista *A Física na Escola*, bem como em um trabalho que explora o filme *Moça com brinco de pérola* [12] e em outro que relaciona espelhos e lentes à pintura setentrional [13].

2. A forma visual de conhecer

Ao olharmos para a República Holandesa do século XVII, é preciso entender sua relação com uma cultura pictórica e artesanal. Nesse sentido, desenvolveu-se, naquele período, uma nova autoridade: a forma visual de conhecer, muitas vezes, sobrepondo-se à forma textual. Neste estudo, recorreremos a essas imagens de

época como uma forma de imersão em uma cultura visual, que, de maneira encantadora, acoplou-se à tendência não matemática e observacional do projeto baconiano, diferentemente da arte italiana da mesma época, mais matemática e menos observacional [7].

Segundo Svetlana Alpers, citando Fromentin [7], “a pintura holandesa não era e nem podia ser senão o retrato da Holanda, sua imagem exterior, fiel, exata, natural, sem nenhum ornamento”. Podemos ter essa impressão nos quadros de vários artistas holandeses daquela época, como é o caso da obra *A woman drinking with two men* (Fig. 1) de Pieter de Hooch (1629-1684) e da obra *The little street*

(Fig. 2) de Johannes Vermeer (1632-1675), ambos pintores membros da Guilda de São Lucas de Delft.¹

Ressaltamos também que não é recomendável, do ponto de vista da iconologia, adotar uma ideia de homogeneidade cultural de uma época. Não podemos subestimar a variedade de imagens produzidas e a diversidade de questões históricas que estão presentes em um mesmo período [14].

A cidade de Delft, em meados do século XVII, tinha um número expressivo de pintores e artesãos, uma academia militar e outras pessoas que podem ser referenciadas como filósofos naturais. Segundo Peter Burke [15], “o que faz as pessoas de uma cultura sen-

Buscamos inserir o microscópio em uma atividade interdisciplinar dentro do curso de Ótica Geométrica para o Ensino Médio



Figura 1 - *A woman drinking with two men* (1658). Fonte: Disponível em <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/pieter-de-hooch-a-woman-drinking-with-two-men>. Acesso em 15 jul. 2022.



Figura 2 - *The little street* (1658). Fonte: Disponível em <https://www.rijksmuseum.nl/en/rijksstudio/artists/johannes-vermeer/objects#/SK-A-2860>. Acesso em 15 jul. 2022.

tirem-se atraídas por outras é, muitas vezes, a ideia de uma prática análoga à sua própria, assim, familiar e estranha ao mesmo tempo”. O olho, auxiliado pela lente, era o meio pelo qual várias pessoas se capacitaram a ver, a entender melhor e a representar o mundo de uma forma distinta. Naquela época, as lentes eram vendidas não somente em lojas, mas também por vendedores de porta em porta, como retratado na obra *The spectacles seller* (Fig. 3), de Rembrandt (1606-1669).

Os chamados *flea glass*, óculos de pulgas, serviam para observar pequenos ácaros em pães e queijos. Muitas lentes também eram usadas no comércio de tecidos e na verificação de pedras preciosas. Contudo, a aceitação das imagens das lentes não requeria simplesmente uma teoria científica, mas a mudança conceitual de toda uma sociedade. Isso mostrava às pessoas que o mundo não era somente aquilo que parecia ser [16]. Entre tantas pinturas produzidas em Delft, uma nos chama bastante atenção: *A view of Delft* (Fig. 4), de Carel Fabritius (1622-1654), que pinta a vista da *Nieuwe*



Figura 3 - *The spectacles seller* (1623-1624). Fonte: Disponível em <https://www.lakenhal.nl/en/collection/s-5697>. Acesso em 15 jul. 2022.

Kerk (Igreja Nova) a partir de uma esquina da cidade de Delft. Essa imagem produz uma sensação de ter sido feita com o uso de lentes, devido ao seu visual um tanto esférico. Apesar de essa possibilidade ser controversa [17], é possível perceber como a representação da concepção espacial era uma preocupação entre os artistas holandeses, sobretudo os de Delft.

O interesse em observar, representar e medir a natureza exigia novos instrumentos, e as mentes inventi-



Figura 4 - *A view of Delft* (1652). Fonte: Disponível em <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/carel-fabritius-a-view-of-delft>. Acesso em 15 jul. 2022.

vas do século XVII se esforçaram para desenvolvê-los: o termômetro, o barômetro, a bomba de ar, o relógio de pêndulo, entre outros. Sobre a relação do homem com sua percepção da natureza, podemos evidenciar dois outros dispositivos: o telescópio e o microscópio.

O microscópio foi um instrumento bastante utilizado pelos holandeses. As investidas em tentar produzir e entender o funcionamento desse instrumento cresce na República Holandesa do século XVII após Robert Hooke (1635-1703) publicar o livro *Micrographia*, em 1665. As imagens do livro encantaram os holandeses, mas, como o texto estava em inglês, os relatos colocados na obra só puderam ter amplo acesso na República Holandesa depois de serem traduzidos. Christiaan Huygens (1629-1695) chegou a relatar a Johannes Hudde (1628-1704), em uma carta de 4 de abril de 1665, que as ilustrações eram boas e que podiam ser observados “Pulga e piolho tão grandes como um gato”.

O livro *Micrographia* pode ser considerado a primeira obra que ilustra, em gravuras excelentes, detalhes minuciosos de 60 objetos vistos a partir de um microscópio (Fig. 5). As descrições de Hooke incluíam esponjas, algas, folhas, cabelos, asas e olhos de moscas, ácaros, uma pulga e um piolho. Para tanto, Hooke usou um microscópio contendo duas lentes (Fig. 6). A escolha do uso de duas lentes foi justificada por ele devido à “fraqueza” de seus olhos [14]. Anos mais tarde, o holandês Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) observou e descreveu protozoários e bactérias.

Os microscópios já estavam presentes na Holanda antes mesmo da publicação da obra *Micrographia*; no entanto, o livro, ao chegar às mãos da família Huygens, ganhou visibilidade entre os holandeses e, aos poucos, mais pessoas de diferentes ofícios se interessaram em

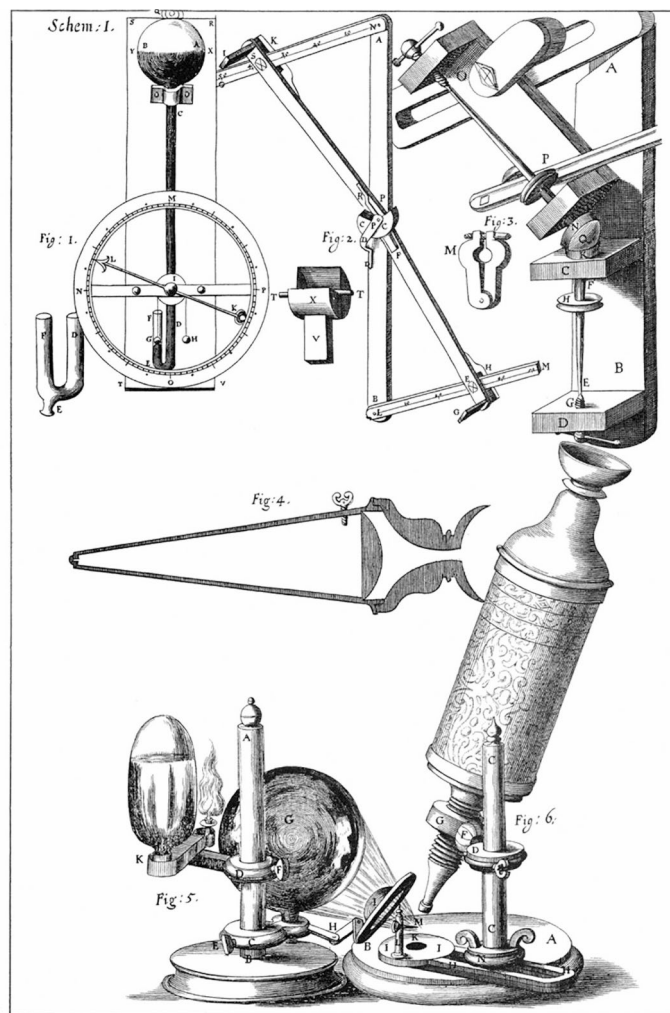


Figura 6 - Microscópio apresentado no *Micrographia*. Fonte: Disponível em <https://www.gutenberg.org/files/15491/15491-h/images/scheme-01.png>. Acesso em 15 jul. 2022.

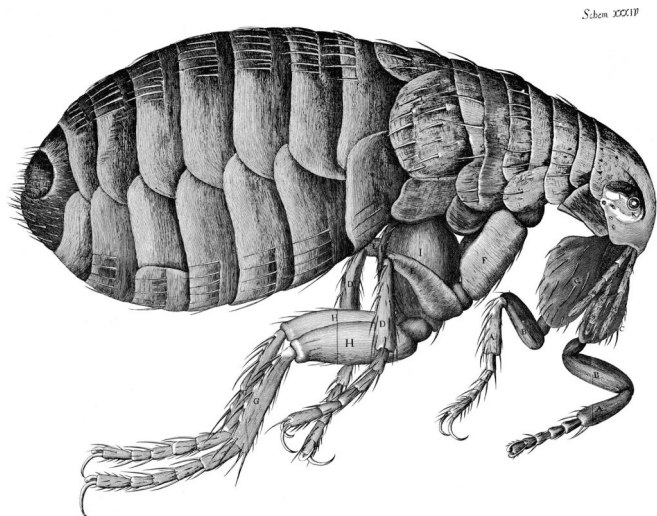


Figura 5 - Desenho de uma pulga apresentado no *Micrographia*. Fonte: Disponível em <https://www.gutenberg.org/files/15491/15491-h/images/scheme-34.png>. Acesso em 13 abr. 2022.

fabricar lentes para fazer observações de “elementos diminutos”.

Leeuwenhoek (Fig. 7), morador de Delft, foi um exímio confeccionador de lentes. Suas interações com Hooke representam um exemplo único na história da ciência, no qual dois indivíduos com educação e habilidades científicas muito diferentes convergem ao fazerem descobertas na vanguarda da nova ciência [18]. Não fica claro com quem Leeuwenhoek aprendeu a técnica de fabricar pequenas lentes (*bead lenses* = pequenas lentes de vidro, *bead* = gota de vidro). Os mais antigos documentos em holandês sobre esse assunto datam dos anos 1660; contudo, é possível que Leeuwenhoek tenha aprendido a polir lentes com Hudde por algum tempo, alegando que o processo contaminava a lente. Em 2021, um grupo de pesquisadores holandeses usou a técnica de tomografia de nêutrons para investigar um dos microscópios de Leeuwenhoek que estavam guardados no museu da Universidade de Utrecht.



Figura 7 - *Portrait of Anthonie van Leeuwenhoek, natural philosopher and zoologist in Delft*. Fonte: Disponível em <https://www.rijksmuseum.nl/en/collection/SK-A-957>. Acesso em 15 jul. 2022.

Nesse trabalho, eles encontraram semelhanças entre as lentes de Leeuwenhoek e as fabricadas por Hooke [20].

O talento de Leeuwenhoek chama a atenção dos ingleses quando o mesmo foi convencido por Reinier de Graaf (1641-1673) a escrever sobre seus experimentos para a *Royal Society*, situada em Londres. Em uma carta de 28 de abril de 1673, destinada a Henry Oldenburg (1619-1677), Reinier de Graaf faz uma pequena introdução a respeito de Leeuwenhoek [21]. Algumas das páginas foram escritas por Leeuwenhoek relatando seus estudos de observação de espécimes pelo microscópio [19]. Esses relatos estão publicados na *Philosophical Transactions*⁷. Após esse primeiro contato, Constantijn Huygens (1596-1687) e alguns ingleses visitaram Leeuwenhoek para confirmar as informações da carta. O relato dessa visita foi feito em uma carta destinada a Robert Hooke, em 8 de agosto de 1673, sobre as habilidades do microscopista de Delft, como pode ser verificado a seguir no trecho dessa carta.

[...] não posso deixar de mencionar as características desse homem, que não é uma pessoa versada nem nas ciências nem nas línguas, mas sim em sua própria na-

tureza extremamente curiosa e esforçada [...]. Mas que desde a primeira publicação de sua excelente micrografia fisiológica, você armazenou um grande número de novas observações, e isso também pode ser uma delas, mas, em qualquer caso, eu acredito que você não ficará desapontado com as confirmações de um pesquisador tão diligente como esse homem é [...] (Huygens, 1673, tradução nossa)⁴.

Devido às suas novas técnicas, Leeuwenhoek conseguiu produzir as lentes mais potentes de sua época. Estima-se que os diversos modelos construídos por ele podiam ser ampliados de 200 vezes até, possivelmente, 500 vezes. Há registro de pelo menos nove microscópios guardados em acervos de museus e de sociedades científicas. Leeuwenhoek não era um “cientista” nos padrões aceitos para aquela época. Sua obra experimental, contudo, foi bastante significativa para a futura área da Biologia. Seus interesses o ligavam aos seres vivos microscópicos, que, naquela época, podiam ser percebidos com lentes que não formavam imagens tão nítidas [22].

Infelizmente, hoje, são conhecidos poucos microscópios feitos por Leeuwenhoek. Sabe-se que ele produziu mais de 400 microscópios em razão da existência de alguns documentos, como um catálogo de um leilão ocorrido na Guilda de São Lucas, em Delft (1747), e da lista dos instrumentos científicos de Leeuwenhoek no inventário da propriedade de sua filha, Maria (1656-1745)⁵ [22]. Grande parte do acervo de Leeuwenhoek pode ter sido simplesmente jogado fora. Por ser um microscopista famoso, muitas pessoas comuns tinham a curiosidade de fazer as próprias observações utilizando um instrumento construído por “um grande cientista”; todavia, era muito complicado manusear tais microscópios [23]. Além disso, Leeuwenhoek era, possivelmente, muito hipermetrope. Dessa forma, as pessoas não conseguiram utilizar os microscópios e acabaram se desfazendo deles.

As relações de Leeuwenhoek com a cultura pictórica holandesa não se dá somente pela sua cidade e sua época. A abordagem fragmentadora, a descrição dos cenários de seus experimentos e, sobretudo, sua preocupação em registrá-los com detalhes revela um mundo imobilizado, como nos quadros holandeses, a fim de servir como objeto de observação [19].

Algumas vezes, Leeuwenhoek recorria a pintores para fazer um esboço melhor de suas observações. Em uma carta para Antoni Heinsius (1641-1720), datada de 20 de setembro de 1698⁶, Leeuwenhoek relatou que mandou a amostra para um pintor: “Eu enviei para um pintor, ele é muito observador e também tem um olho bastante preciso”.

Não se sabe quem era esse pintor, porém quando pensamos que, próximo a 1650, Delft tinha 50 mil pinturas para 20 mil habitantes e que a República Holandesa possuía cerca de 2,5 milhões de pinturas [24],

podemos imaginar a facilidade que havia para encontrar um pintor.

A popularidade da dissecação é atestada pelo gênero emergente das lições de anatomia na arte holandesa e flamenga [25], como pode ser visto na obra de Rembrandt (Fig. 8). Em meados do século XVII, vários teatros anatômicos foram construídos na República Holandesa e, por volta de 1680, os microscópios passaram a fazer parte de quase todos os estudos anatômicos realizados na Holanda [25].

Observamos na Fig. 9 uma obra encomendada pela Guilda de Cirurgiões de Delft, pintada por Cornelis de Man (1621-1706). Nessa pintura, é possível reconhecer Leeuwenhoek, com seus 49 anos, atrás do ombro esquerdo do anatomista, e o Dr. Cornelis Isaaks's-Gravesande (1631-1691) no *Theatrum Anatomicum on the Verwersdijk*, fazendo a mostra anatômica [22].

Os holandeses desenvolveram uma infraestrutura para transformar imagens visuais e objetos materiais em mercadoria de grande circulação, sendo que o próprio conceito de representação sofreu uma transformação no processo [25]. Essa mudança está alinhada à mudança de panorama religioso, pois, antes da Revolta Holandesa contra os espanhóis, a arte holandesa se assemelhava à italiana da mesma época, com várias pinturas que remetem a temas religiosos e imagens idealizadas [22]. Com o fortalecimento do calvinismo nas províncias que se declararam independentes, a pintura foi se tornando cada vez mais descritiva.



Figura 8 - *The anatomy lesson of Dr. Nicolaes Tulp* (1632). Fonte: Disponível em <https://www.mauritshuis.nl/en/our-collection/artworks/146-the-anatomy-lesson-of-dr-nicolaes-tulp/>. Acesso em 06 dez. 2022.

Não pretendemos fazer experimentos, e sim experimentar, levar o microscópio de baixo custo até nossos alunos e proporcionar-lhes a oportunidade de experimentar este “novo mundo” de Constantijn; o mundo que não nos é permitido ver a olho nu

O ensino de ciências, sobretudo o ensino dos instrumentos óticos, a câmera escura, o telescópio e o microscópio – elementos frequentes nos livros didáticos que abordam o estudo da Ótica –, pode ser trabalhado sob outro ponto de vista que não seja somente técnico. Podemos discutir as propriedades dos espelhos e das lentes e descobrir quem compõe esses instrumentos, partindo do ponto para o qual eles foram desenvolvidos. Nosso intuito com este artigo não é o de fazer as mesmas observações de Hooke e Leeuwenhoek com as réplicas de “instrumentos históricos”. Não pretendemos fazer experimentos, e sim experimentar, levar o microscópio de baixo custo até nossos alunos e proporcionar-lhes a oportunidade de experimentar este “novo mundo” de

Constantijn; o mundo que não nos é permitido ver a olho nu.

Para isso, descreveremos, neste trabalho, algumas opções de microscópio e de fabricação de lâminas para que possamos concretizar essa passagem da história e, quem sabe, proporcionar a nossos alunos sensações visuais próximas daquelas ocorridas no século XVII.

3. A introdução do microscópio nas aulas de física

Para levar um instrumento científico para a sala de aula, mesmo que ele seja de baixo custo, é necessária toda uma preparação. Pensando nisso, acreditamos fortemente que a abordagem histórica pode ser o caminho para que os alunos compreendam a relevância do instrumento, conectando-os aos contextos socio-



Figura 9 - *Anatomy lesson of Cornelis's Gravesande* (1681). Fonte: Disponível em https://lensonleeuwenhoek.net/sites/default/files/AvL_deMan_1881_Anatomy_Lesson.jpg. Acesso em 15 jul. 2022.

culturais de seus fabricantes, intermediários, usuários, entre outros. Vale enfatizar que há bastante literatura que pode nos dar suporte para isso [7, 8, 12, 13].

Além disso, não pretendemos que esses instrumentos sejam construídos em sala de aula, pelo menos em um primeiro momento. Muitas vezes, nós, professores de física, somos apanhados de surpresa devido a uma calibragem inadequada de um equipamento ou a um dia mais úmido ou mais seco, por exemplo. No entanto, isso não pode ser motivo para que não façamos o experimento ou demos o funcionamento do instrumento utilizado.

Assim, para que todos os professores possam fabricar seus instrumentos e levá-los à sala de aula, fizemos um roteiro com o passo a passo da montagem dos microscópios (com imagens e descrições), bem como da montagem das lâminas de observação, o que, do ponto de vista dos professores de física, não é um procedimento comum em nossa formação acadêmica.

4. Microscópios construídos em projeto de Iniciação Científica

O estudo para montar, testar e selecionar protótipos de microscópios para uso em sala de aula foi realizado em um projeto de Iniciação Científica que reuniu alunos dos cursos de licenciatura em Física e Engenharia Mecatrônica, ambos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, *campus* Juiz de Fora, em 2019. Foram construídos cinco microscópios considerados de baixo custo a partir de uma compilação de reportagens e trabalhos acadêmicos disponíveis na internet [26]. Selecionamos dois desses microscópios para serem explorados neste artigo: um deles, por ter a forma de visualização semelhante ao modelo de Leeuwenhoek; e outro, por ser um modelo Yoshino, que é acoplado à câmera do telefone celular. As escolhas se basearam no fato de um poder auxiliar na conexão entre o recorte histórico sobre os instrumentos óticos e a prática observacional e de o outro ter demonstrado melhor relação custo/desempenho no levantamento preliminar.

A ideia inicial da fabricação e de teste desses equipamentos consistiu em fazê-los chegar até as escolas e, na medida do possível, às mãos de cada aluno.

4.1. Modelo do microscópio de lente única

O modelo de microscópio de lente única (Fig. 10) foi inspirado no trabalho de Soga e seus colaboradores [27]. Ele é fácil de ser montado e tem a vantagem de ter a forma de operação semelhante ao microscópio de Leeuwenhoek (Fig. 11).

Materiais:

- 1 placa fina de madeira ou MDF (7 cm × 3 m)
- lente extraída de válvula de recipiente de sabonete líquido
- fita adesiva

- 1 pregador de roupas
- 1 clipe metálico
- massa epóxi

4.1.1. Vantagens do microscópio de lente única

Os materiais necessários para construir o microscópio de lente única são fáceis de serem obtidos e têm baixo custo. Além de ser simples de ser montado e manipulado e capaz de produzir imagens nítidas, o produto é ambientalmente sustentável e dificilmente requer alguma manutenção.

4.1.2. Observação com o microscópio de lente única

A forma com que conseguimos boas observações no microscópio de lente única também é relatada na literatura por Snyder [19], quando a autora cita uma passagem do livro *Single lens* (1985):

A melhor maneira de fazer observações com o microscópio de Leeuwenhoek é colocá-lo bem próximo ao olho e, voltado para cima, para um estreito raio de sol que entra pela janela, ajustando as persianas, pode-se obter esse tipo de feixe e apontá-lo para o microscópio

Para ter uma melhor experiência de visualização da lâmina, basta o observador se posicionar de frente para uma fonte de luz. Nesse caso, optamos por estar diante de uma janela (Fig. 12).

Também é possível explorar outras possibilidades do microscópio de lente única, como usar uma

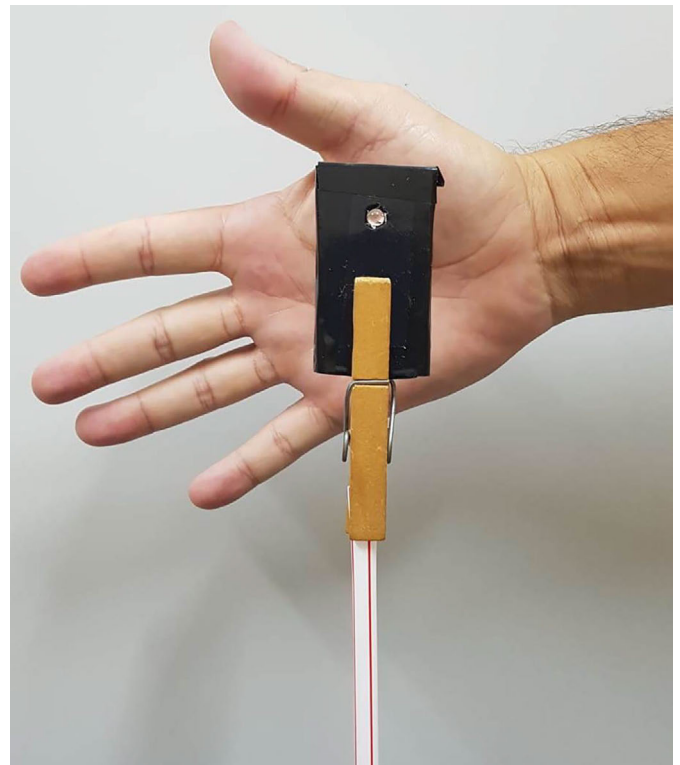


Figura 10 - Microscópio de lente única artesanal.



Figura 11 - Microscópio original de Leeuwenhoek, exposto no Rijksmuseum Boerhaave em Leiden, Holanda (2017).

“lanterna” e projetar uma imagem na parede sem perda significativa de definição da imagem do objeto.

4.2. Descrição do microscópio acoplado à câmera do telefone celular

Rossin [28] apresentou na revista *Galileu* uma matéria sobre Kenji Yoshino, aluno da Universidade Grinnell, nos Estados Unidos. Yoshino desenvolveu um microscópio de baixo custo e de montagem simples, com o objetivo de “deixar a ciência mais acessível e trazer uma alternativa aos microscópios caros”. É importante destacar que o microscópio apresentado no presente artigo consiste em uma adaptação do modelo de Yoshino, que foi investigado no projeto de Iniciação Científica [26]. O microscópio envolve a utilização de um telefone celular associado a uma ou mais lentes para aumentar a capacidade de visualizar objetos. Ele tem ótima resolução e boa capacidade de captação de imagens e filmagem pela câmera.

Materiais utilizados para a confecção do microscópio acoplado à câmera de telefone celular

- 3 parafusos de $4\frac{1}{2} \times 5/16$ ”
- 9 porcas de $5/16$ ”
- 2 porcas de orelhas $5/16$ ” (porca “borboleta”)
- 5 arruelas de $5/16$ ”
- 1 plataforma de madeira para a base de $2\text{ cm} \times 18\text{ cm} \times 18\text{ cm}$
- 1 plataforma de acrílico para o celular de $0,3\text{ cm} \times 18\text{ cm} \times 18\text{ cm}$



Figura 12 - Modo de observação com o microscópio de lente única.

- 1 plataforma de acrílico para objetos de $0,3\text{ cm} \times 18\text{ cm} \times 18\text{ cm}$
- 1 lente de caneta *laser* (modelo que aceita duas lentes para aumentar a ampliação)
- lanterna pequena (necessária para visualizar amostras contra a luz)

4.2.1. Montagem do microscópio acoplado à câmera do telefone celular

O microscópio consiste, basicamente, em uma estrutura de suporte para o telefone celular, a qual é associada à lente (Fig. 13A). Possui também uma base na qual é colocado o objeto a ser observado e pode ser montado conforme os seguintes passos:

1. Desmonte uma caneta *laser* e reserve sua lente, sendo que o lado translúcido ficará mais afastado da câmera.
2. O microscópio é composto de uma base de madeira que está ligada a duas plataformas transparentes de acrílico: uma para segurar a câmera e outra para os objetos que serão analisados, como pode ser obser-

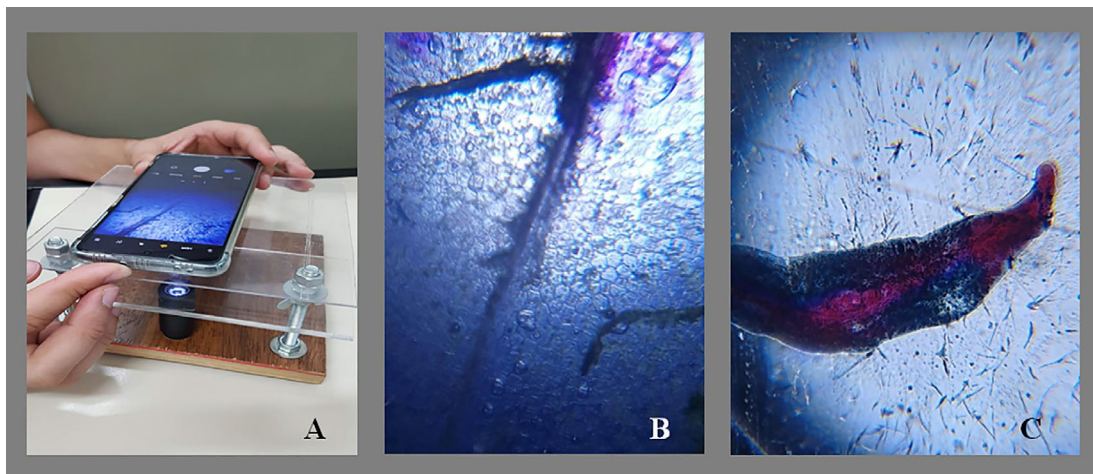


Figura 13 - (A) Microscópio modelo Yoshino em seu suporte. (B) Face inferior da folha de trapoeraba-roxa (*Tradescantia pallida*), visualizando uma nervura (vasos condutores) e as células vegetais delimitadas por parede de celulose. (C) *Octoplectanocotyle travassosi*, monogenético ectoparasito de peixe espada, visão anterior, mostrando a ventosa oral e as vitelárias.

vado na Fig. 13(A). Faça as marcações dos furos para os parafusos na placa de madeira. São dois furos alinhados a 3,0 cm da borda de um mesmo lado e outro furo centralizado no lado oposto. Empilhe a plataforma que sustentará a câmera exatamente em cima da plataforma de madeira. Certifique-se de que as pontas estão alinhadas. Em seguida, coloque a plataforma que sustentará os objetos em cima de tudo, deixando-a 2,0 cm à frente das demais.

3. Com as placas alinhadas, use a marcação feita na plataforma de madeira para perfurar as placas das três plataformas de uma só vez.
4. No centro da parte superior da plataforma de acrílico, que sustentará o celular, faça um pequeno furo para encaixe da lente.
5. Na placa de madeira, faça um furo (alinhado ao furo da lente) para que uma fonte de luz possa ser colocada. Ex.: uma pequena lanterna.
6. Encaixe parafusos em cada um dos três buracos na plataforma de madeira. Fixe-os com porcas e arruelas. Em seguida, encaixe porcas de orelha e mais arruelas nos dois parafusos da parte superior. Por cima, coloque a plataforma que sustentará os objetos, deixando-a um pouco distante da base. Coloque mais uma porca em cada um dos três parafusos e, por fim, encaixe a plataforma de acrílico que sustentará o celular.
7. Na plataforma do meio, coloque o objeto que deseja ser analisado e alinhe a câmera do celular com as lentes até conseguir foco, como na (Fig. 13A). As porcas de orelha podem ser usadas para o ajuste fino do foco, aproximando ou afastando os objetos da lente do microscópio.

Ressaltamos que esses passos foram retirados, originalmente, do trabalho de Yoshino [28] e adaptados de acordo com os materiais disponíveis e os ajustes necessários para uma melhor visualização.

4.2.2. Vantagens de construir o microscópio acoplado à câmera do telefone celular

Os materiais são de baixo custo, mas as placas de acrílico nem sempre são fáceis de serem encontradas; o microscópio é de fácil montagem e excelente manipulação; produz imagens nítidas; tem sustentabilidade ambiental limitada e boa resistência ao manuseio. A qualidade da imagem também está associada à qualidade da câmera do telefone celular que será acoplado. De acordo com a descrição do trabalho de Yoshino, o instrumento pode aumentar a visualização do objeto em até 175 vezes [28].

4.3. Fabricação de lâminas para serem utilizadas nos microscópios

Nesta parte do presente artigo, buscaremos descrever o passo a passo da fabricação de lâminas para serem utilizadas nos microscópios. Imaginamos que esse seja o ponto com o qual os professores de física estejam menos familiarizados. Por esse motivo, foi escolhido um “objeto” simples, de fácil aquisição e manuseio. Assim, optamos pela confecção de lâminas com vegetais e descreveremos passo a passo o modo como produzir tais lâminas. Na fabricação das lâminas, será utilizada a trapoeraba-roxa (*Tradescantia pallida*).

a) Trapoeraba-roxa (*Tradescantia pallida*)

A *Tradescantia pallida* ou trapoeraba-roxa (Fig. 14A) é um vegetal muito utilizado em canteiros como planta ornamental. Na epiderme de suas folhas, há, principalmente na parte inferior, uma grande quantidade de estômatos (transpiração e fotossíntese), cloroplastos (fotossíntese) e vacúolos (com cristais de oxalato de cálcio e pigmento antocianina, que lhe conferem uma coloração roxa intensa). Ela é uma espécie bioindicadora e serve como ferramenta do controle de qualidade



Figura 14 - (A) Espécime de trapoeraba-roxa (*Tradescantia pallida*) no canteiro da escola. (B) Rasgo da folha de trapoeraba-roxa para a obtenção da epiderme inferior. (C) Epiderme inferior de trapoeraba-roxa esticada sobre a lâmina.

ambiental do ar, do solo e da água. Para a montagem da lâmina, executar os seguintes passos:

1. Limpe uma lâmina com um pedaço de algodão.
2. Segure na borda de uma folha de trapoeraba-roxa entre o polegar e o indicador, mantendo a face inferior da folha voltada para o seu corpo. Rasgue a folha de trapoeraba-roxa na diagonal, de forma a preservar a epiderme inferior da folha (Fig. 14 B).
3. Corte a parte translúcida da epiderme inferior da folha, coloque-a sobre a lâmina limpa e estique-a com um pincel (para facilitar o arranjo da epiderme, é aconselhado que a superfície da lâmina esteja úmida para impedir a aderência), (Fig. 14 C).
4. Com um conta-gotas, pingue uma gota de água sobre o corte da epiderme.
5. Limpe bem uma lamínula e coloque-a sobre o material (note que, para evitar as bolhas de ar, a lamínula deverá ser colocada em um ângulo de, aproximadamente, 45°).
6. Tome cuidado com o excesso de água, pois ele pode fazer com que a lamínula⁷ fique solta sobre o material. Caso isso ocorra, coloque cuidadosamente a ponta de um papel absorvente em uma das extremidades da lamínula e realize o procedimento até tirar o excesso de água.

5. Conclusão

A partir da apresentação deste artigo, percebemos que é possível trabalhar além das fronteiras do livro didático e da própria disciplina. Essa necessidade, cada vez mais inerente sob o ponto de vista da BNCC e até mesmo com o novo formato dos livros do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD 2021,

objeto 2) em áreas de conhecimento, leva-nos a pensar em uma abordagem para os instrumentos óticos que não seja puramente descritiva, mas sim um conteúdo contextualizado dentro de uma proposta de integração das disciplinas que constituem a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias [3]. Para este trabalho, escolhemos a abordagem histórica, conectando o instrumento não somente a seus fabricantes e utilizadores, mas também ao contexto sociocultural do período. Aqui, relatamos a abordagem apenas com o microscópio, contudo, na escola, fizemos o mesmo com a câmera escura e com o telescópio. Inserimos os alunos no contexto histórico, mostramos a eles as diferenças entre os instrumentos antigos e atuais e, ainda, os levamos a experimentar as sensações de uma observação. No caso deste estudo, o processo não foi linear, pois nasceu de uma abordagem histórica do advento dos instrumentos óticos da República Holandesa do século XVII [8] e, depois, em colaboração com os professores de biologia, passamos também a explorar a visualização de imagens (feitas no microscópio) como mais um elemento pedagógico que abre portas para novas abordagens educacionais. A conexão da experimentação com os experimentos históricos já é bem documentada [29], inclusive com uma réplica do microscópio de Leeuwenhoek [30]. No entanto, há desafios relativos à construção desses experimentos e à aplicação dessa abordagem em sala de aula. A fim de contornar esses problemas e tornar a proposta mais acessível, optamos pela ideia de adotar um microscópio semelhante, no formato e no modo de utilização de Leeuwenhoek, porém não será uma réplica do microscópio em si. Devido ao envolvimento dos alunos nessas atividades, também decidimos tentar produzir micro-

scópios de baixo custo, com melhor poder de visualização e, além disso, divulgar nossa experiência. Ficamos felizes em poder fazer esta divulgação na revista *A Física na Escola*, tendo a certeza de que esta experiência pode ser reproduzida nas escolas pelos diversos leitores desta revista.

Em 2023 universidades e instituições de pesquisa dos Países Baixos comemoram o Ano de Leeuwenhoek em celebração ao 300º aniversário da morte de Antoni van Leeuwenhoek.

Recebido em: 25 de Julho de 2022

Aceito em: 10 de Outubro de 2022

Notas

¹No catálogo *Archief voor Nederlandsche kunstgeschiedenis*, organizado por Fr. D.O. Obreem (1787-1788), podemos observar o registro dos mestres, pintores, vidreiros, pedreiros, escultores e demais tipos de artesãos da Guilda de São Lucas em Delft (1650-1714). Disponível em: <http://objects.library.uu.nl/reader/index.php?obj=1874-33492&lan=en#page//13/28/31/132831373626714888798828202166822244854.jpg/mode/1up>. Acesso em: 9 abr. 2020.

²Carta de Christiaan Huygens para Johannes Hudde (5 de maio de 1665). Disponível em: <http://ckcc.huygens.knaw.nl/epistolarium/letter.html?id=huyg003%2F1374>. Acesso em: 7 jul. 2022.

³A Specimen of Some Observations Made by a Microscope, Contrived by M. Leeuwenhoek in Holland, Lately Communicated by Dr. Regnerus de Graaf. *Phil. Trans.* 1673, 8, 6037-6038, published 1 January, 1673. Disponível em: <http://rstl.royalsocietypublishing.org/content/8/94/6037.full.pdf+html>. Acesso em: 24 nov. 2019.

⁴Trecho da carta de Constantijn Huygens para Robert Hooke (8 de agosto de 1673). Disponível em: <http://ckcc.huygens.knaw.nl/epistolarium/letter.html?id=huyg001%2F6909>. Acesso em: 7 jul. 2022.

⁵O conteúdo desses documentos pode ser visto no artigo intitulado “*Antony van Leeuwenhoek's microscopes and other scientific instruments: new information from the Delft archives*”, de Douglas Anderson e Huib Zuidervaart (2016).

⁶Carta de Leeuwenhoek para Antoni Heinsius (20 de setembro de 1698). Disponível em: <http://ckcc.huygens.knaw.nl/epistolarium/letter.html?id=leeu027%2F0195>. Acesso em: 7 jul. 2022.

⁷Laminula para microscopia é um pequeno quadrado ou círculo de vidro fino que é colocado sobre a amostra.

Referências

- [1] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio* (MEC/SEF, Brasília, 2000).
- [2] Brasil, *Base Nacional Comum Curricular* (MEC/Semtec, Brasília, 2018).
- [3] M. Monk, J. Osborne, *Sci. Educ.* **81**, 405 (1997). doi
- [4] T.C.M. Forato, R.A. Martins, M. Pietrocola, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **28**, 27 (2011). doi
- [5] D. Allchin, *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources* (MN: SHiPS Education, St. Paul, 2013), p. 310.
- [6] A. Henke, D. Höttecke, *Science & Education* **24**, 349 (2015). doi
- [7] S. Alpers, *A Arte de Descrever: A Arte Holandesa no Século XVII* (EDUSP, São Paulo, 1999), p. 432.
- [8] M.C. Alcantara, M. Braga, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **34**, 109 (2017).
- [9] P. Steadman, *Vermeer's Camera: Uncovering the Truth Behind the Masterpieces* (Oxford University, 2001).
- [10] D. Hockney, *O Conhecimento Secreto: Redescobrimos as Técnicas Perdidas dos Grandes Mestres* (Cosac & Naify, São Paulo, 2001), p. 298.
- [11] J.C. Reis, A. Guerra, M. Braga, *História, Ciências, Saúde - Manguinhos* **13**, 71 (2006).
- [12] M.C. Barbosa-Lima, G. Queiroz, R. Santiago, *A Física na Escola* **8**(2), 27 (2007).
- [13] M.C. Alcantara, M. Braga, M.S.F. Costa, *A Física na Escola* **15**(1), 29 (2017).
- [14] P. Burke, *Testemunha Ocular: O Uso de Imagens como Evidência Histórica* (Editora Unesp, São Paulo, 2017).
- [15] P. Burke, *O Que É História Cultural?* (Zahar editora, Rio de Janeiro, 2008).
- [16] L. Jardine, *Going Dutch: How England Plundered Holland's Glory* (HaperCollins, New York, 2008).
- [17] W.A. Liedtke, *The Burlington Magazine* **118**, 61 (1976).
- [18] H. Gest, *Perspectives in Biology and Medicine* **52**, 392 (2009).
- [19] L.J. Snyder, *Eye of the Beholder* (W.W. Norton & Company, New York, 2015).
- [20] T. Cocquyt, Z. Zhou, J. Plomp, L. van Eijck, *Sci. Adv.* **7**, eabf2402 (2021). doi
- [21] C. Dobell. *Antony Leeuwenhoek and His "Little Animals": Being Some Account of the Father of Protozoology and Bacteriology and His Multifarious Discoveries in These Disciplines* (Harcourt, Brace and Company, New York, 1932).
- [22] M. Alcantara, *A Montagem de Redes Históricas no Ensino: Uma Visão Complexa da Ciência*. Tese de Doutorado, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2018.
- [23] D. Anderson, H. Zuidervaart, *Annals of Science* **73**, 257 (2016). doi
- [24] J. Israel, *The Dutch Republic: Its Rise, Greatness, and Fall, 1477-1806* (Oxford University Press, Bath, 1995).
- [25] D. Margócsy, *Commercial Visions: Science, Trade, and Visual Culture in the Dutch Golden Age* (The University of Chicago Press, Chicago, 2014).
- [26] G.B. Lourenço, M. Mendes, M.B. Silveira, M.C. Alcantara, A.R. Carvalho, In: *Anais da SECITC*, Juiz de Fora, 2020.
- [27] D. Soga, R.D. Paiva Jr., M.H. Ueno-Guimarães, M. Muramatsu, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **39**, e4506 (2017).
- [28] G. Rossin, *Revista Galileu* (2014). Disponível em <https://revistagalileu.globo.com/Tecnologia/Inovacao/noticia/2014/10/aprenda-como-transformar-seu-smartphone-em-um-microscopio-caseiro.html> Acesso em: 28/11/2021.
- [29] W.T. Jardim, A. Guerra, *Investigações em Ensino de Ciências* **22**, 244 (2017). doi
- [30] L.M.N. Sepel, E.L.S. Loreto, J.B.T. Rocha, *CBE - Life Sciences Education* **8**, 338 (2017). doi