

v.17  
Maio

n.1  
2019

# a Física na Escola



## 100 anos do eclipse solar de Sobral

***Fake news*** na ciência

Efeito Doppler sem movimento relativo?

Medindo nível sonoro com APPs

Leis de Kirchhoff para deficientes visuais

e muito mais!



### A concepção egípcia de universo

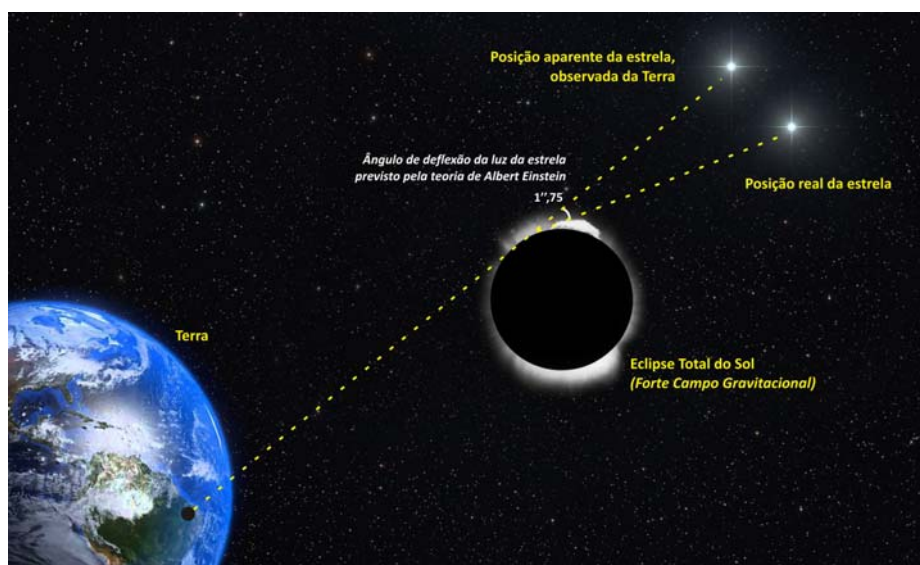
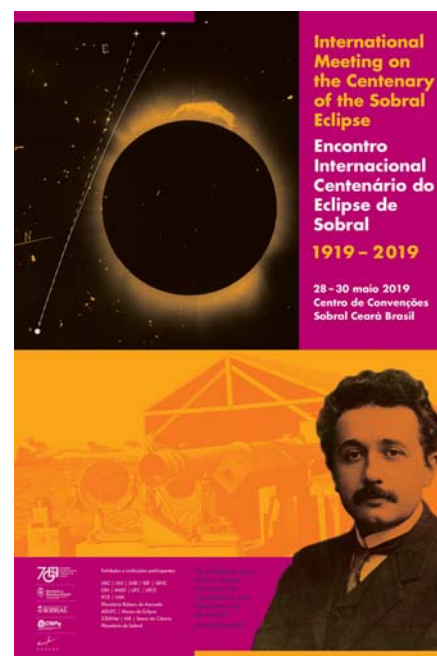


### Bioquímica e termodinâmica no preparo de um ovo

# Carta do Editor

**H**á cem anos, observações feitas durante um eclipse solar em Sobral, no Brasil, e na Ilha de Príncipe, na África, mostraram a deflexão da luz de estrelas ao passar pelo Sol, o que levou à comprovação de uma das previsões da Teoria da Relatividade Geral. E, em seguida, à consagração de Einstein como um ícone científico mundial. A Relati-

vidade Geral é considerada por muitos a teoria perfeita, que explica o Universo em larga escala, os buracos negros, as lentes e as ondas gravitacionais e tem sido usada em aplicações práticas, como o GPS e as comunicações via satélite. O mês de maio foi dedicado às comemorações desse evento, que é considerado um dos maiores da história da ciência.



O tema apareceu em todas as mídias e redes sociais. Em Sobral, a SBPC protagonizou uma conferência internacional com participação expressiva de historiadores, astrônomos, físicos, professores e divulgadores da ciência.

Para celebrar o evento, FnE convidou Mikiya Muramatsu e sua equipe para propor uma atividade didática que o professor pudesse desenvolver em sua escola. O resultado foi uma simulação experimental do eclipse solar, artigo no estilo “faça você mesmo” com que se inicia essa edição. Para que os alunos entendam melhor os eclipses, sugiro a discussão do artigo a seguir, em que é proposta a construção de um modelo do sistema Sol-Terra-Lua, apropriado para demonstração

dos eclipses lunar e solar de forma individual ou para um grupo pequeno. E, caro leitor, explore na sala de aula esse fantástico evento e, em particular, suas consequências no desenvolvimento da física, tema atraente e motivador para os alunos.

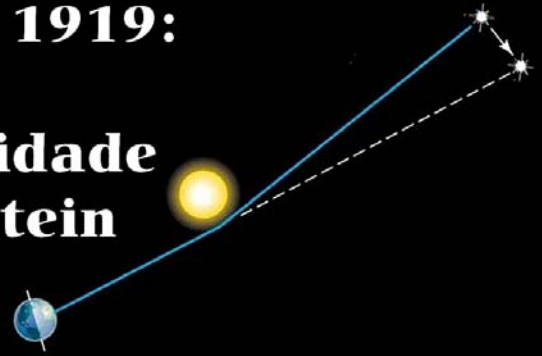
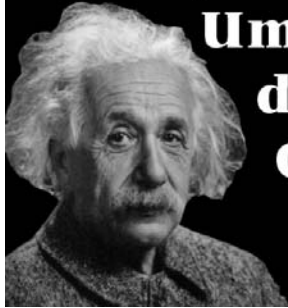
A edição está recheada de ótimas contribuições que o curto espaço desta Carta impede que sejam descritas em detalhe. No âmbito do ensino de jovens e adultos (EJA), encontramos uma proposta interdisciplinar para abordagem de tópicos de termodinâmica e bioquímica e um aparato experimental para a determinação da constante de Planck. O tema não é novo (FnE, março de 2002), mas, como foi apresentado, deve facilitar a construção do kit. Na óptica temos artigos sobre o estudo

da refração e o uso de redes de difração e filmes polarizadores no laboratório. Uma sugestão interessante consiste em usar aplicativos de celular para medir a poluição sonora. A geração e a detecção de ondas eletromagnéticas são introduzidas por meio de um sistema simples de rádio e um curioso caso particular do efeito Doppler é analisado. O eletromagnetismo está presente em uma proposta de material didático para a aprendizagem das leis das malhas pelos alunos com deficiência visual. A história da astronomia é contemplada com a proposta de construção de uma maquete para estudo da concepção egípcia de universo. Estudantes da UFPR criam peça teatral para divulgar ciência ao público infantil. E ao final, um tema atual: análise da propagação de *fake news* e a evidente falta de formação cultural-científica no caso do vazamento radioativo em Natal.

Boa leitura,

N.S.

# Simulação experimental do eclipse solar de Sobral em 1919: Uma comprovação da Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein



## Diogo Soga

Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil  
E-mail: diogosp@usp.br

## Daniel Moser Faes

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

## Mikiya Muramatsu

Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

## Introdução

No dia 29 de maio de 2019 são celebrados os cem anos do famoso experimento realizado na cidade de Sobral (Ceará) em 1919 [1-3]. Duas expedições científicas foram organizadas pelo Observatório de Greenwich (Inglaterra): uma foi enviada para a Ilha de Príncipe, localizada na África Ocidental, e a outra foi enviada para a cidade de Sobral, no Ceará. Os dois grupos deveriam registrar um eclipse solar total [4] em placas fotográficas no dia 29 de maio daquele ano, evento que duraria poucos minutos (pouco mais de 6 minutos). A expedição de Sobral acabou sendo a mais importante, pois o grupo na África observou sob céu parcialmente encoberto por nuvens.

Nesses registros fotográficos deveriam aparecer algumas estrelas do aglomerado das Híades, na constelação de Touro, na região perto da borda do Sol. A posição observada das estrelas (Fig. 1) deveria ser diferente da posição normal no céu, isto é, sem a presença do Sol entre elas e a Terra. Naquela época, a natureza da luz não era completamente conhecida. Se a luz fosse uma partícula com massa (como, por exemplo, o elétron) sua trajetória sofreria um desvio pela aceleração (newtoniana) da gravidade do Sol. Alternativamente, segundo a Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein, o Sol deveria modificar a trajetória da luz, mesmo esta não possuindo massa. A Relatividade prevê que um campo gravitacional intenso, como o produzido pela massa do Sol, é capaz de alterar a curvatura do espaço em seus arredores, de modo que a luz das estrelas próximas deixaria de percorrer um caminho retilíneo, causando

uma mudança aparente de posição. Atualmente essa distorção é chamada de lente gravitacional [5]. Registrar imagens do eclipse deveria permitir quantificar o deslocamento da posição de uma estrela que estivesse perto da borda do Sol em relação a sua posição normal. Além dos registros no dia do eclipse, cada expedição registrou imagens das estrelas sem o Sol [6]; em Sobral, os novos registros foram feitos após 7 semanas do eclipse [7]. Com as posições originais é possível calcular o desvio sofrido pela luz e comparar com o previsto por Einstein. O fenômeno foi

devidamente registrado, e os valores determinados dos desvios de posição das estrelas foram a primeira grande comprovação experimental da Teoria da Relatividade Geral de

**A observação experimental em Sobral, Ceará, proporcionada pelo eclipse de 1919, permitiu a comprovação da Teoria Geral da Relatividade e abriu as portas para uma nova concepção de espaço-tempo**

Einstein. Essa é a importância desse experimento em Sobral.

Hoje, o estudo de lentes gravitacionais é uma importante ferramenta para estudos de cosmologia e astrofísica [3,5]. Por exemplo, recentemente os astrônomos utilizaram outra estrela, que não o Sol, para medir o mesmo efeito registrado durante o eclipse em Sobral, porém com um deslocamento no céu centenas de vezes menor, mas observável por telescópios modernos. Esse efeito é por vezes chamado de microlentes gravitacionais.

O presente trabalho apresenta um arranjo experimental onde é feita a simulação do eclipse solar total, do desvio da luz pela lente gravitacional e enfatiza a importância do eclipse total para o experimento original. São utilizados materiais simples como uma lanterna, uma lupa e um LED. Este experimento pode ser realizado em sala de aula e é uma oportunidade do professor introduzir conceitos da física moderna e da astronomia nas

O presente trabalho apresenta um arranjo experimental onde é feita a simulação de um eclipse solar total como o ocorrido em 1919, que foi registrado em Sobral (Ceará). Tal observação foi a primeira comprovação experimental da teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein. Este experimento pode ser realizado em sala de aula e é uma oportunidade do professor introduzir conceitos da Física Moderna e Astronomia nas aulas de Ciência

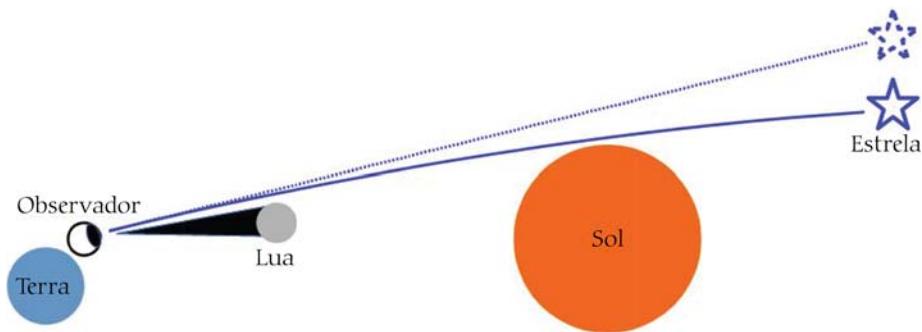


Figura 1: Representação do fenômeno de desvio pelo Sol (centro-direita) da trajetória da luz de uma estrela distante (linha cheia) e sua posição aparente (linha tracejada), vista por um observador na Terra (à esquerda). Representação fora de escala.

aulas de ciências.

Nas próximas seções apresentamos os materiais utilizados no experimento, descrevemos o processo de montagem e mostramos algumas imagens obtidas com o experimento.

### Materiais

Na Fig.2 vemos o esquema do experimento do eclipse (ele não está em escala). Temos um LED que representa a estrela que fica atrás da lanterna, que representa o Sol. A enorme força gravitacional do Sol provoca a distorção do espaço, que é representada pela lente óptica, que desvia a luz do LED para a abertura por onde observamos o experimento. No esquema, temos uma linha cor magenta (centralizada verticalmente). Ela representa uma linha de orientação para o posicionamento da abertura, da lupa e da lanterna - todos esses elementos estão sobre ela. A luz direta do LED é barrada pela lanterna, mas alguns feixes de luz que se espalham em ângulos diferentes são redirecionados pela lente, atravessam a abertura e chegam ao observador. O orifício ajuda a diminuir a intensidade do LED e a direcionar os raios de luz. A abertura é o ponto de observação do experimento.

Os materiais necessários são os seguintes:

- a) um ambiente escuro;

- b) uma mesa longa, comprimento sugerido de 200 cm e largura mínima de 30 cm;
- c) um LED com uma fonte de energia elétrica e interruptor liga-desliga;
- d) uma lupa;
- e) uma caixa de papelão com as dimensões aproximadas de  $(12 \times 12 \times 12) \text{ cm}^3$ ;
- f) uma lanterna;
- g) pedaços de papel ou plástico, na cor preta;
- g) diversos objetos para apoiar os materiais descritos acima: pregadores de roupa, borrachas, elásticos, rolos de fitas adesivas, caixas pequenas, tábuas etc.

A mesa é o suporte do experimento, sobre ela vamos montar os demais materiais. As dimensões citadas acima são aproximadas, o importante é que a mesa esteja em um ambiente escuro. O experimento ocupa apenas 30 cm na largura da mesa.

Foi utilizada uma lanterna (Fig. 3.a) de LED de luz branca, de diâmetro de 3 cm. O diâmetro da lanterna deve ser menor do que o diâmetro da lupa pois é preciso que a luz do LED possa passar pela lateral da lanterna e chegar à lupa.

A lente utilizada foi uma lupa de vidro (Fig. 3.b) de diâmetro de 10 cm.

A caixa de papelão (Fig. 3.c) contém a abertura de observação do experimento,

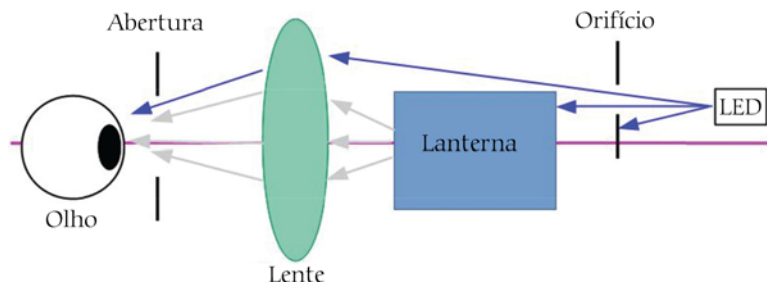


Figura 2: Esquema do simulador de eclipse.

que evitará os efeitos de paralaxe. A paralaxe é um desvio aparente do objeto devido ao movimento do observador. Um dos lados da caixa é aberta, as abas são presas nas laterais da caixa com as fitas adesivas e os grampos, o que ajuda a melhorar a rigidez da caixa. Na outra extremidade é feita uma abertura de  $(1,0 \times 1,0) \text{ cm}^2$ . Se desejar, cole um pedaço de papel preto. A parte com abertura maior é direcionada para o experimento, e por ela passam os raios de luz da lanterna e do LED, para depois passarem pela abertura menor. As dimensões da caixa podem variar, pois o importante é que as luzes da lanterna e do LED possam entrar na caixa e passar pela abertura.

Destacamos dois tipos de LED: difuso e alto brilho. O LED difuso tem o bulbo fosco, já o segundo tipo é transparente e somente quando estão acesos visualizamos a cor. Para ilustrar melhor esse componente, neste trabalho apresentamos:

- um LED de alto brilho azul;
- um LED difuso vermelho;
- uma lanterna comercial com um LED de alto brilho de luz branca.

Na Internet há um vídeo que mostra a construção de uma lanterna com dois LEDs [8].

Na Fig. 4.a vemos um LED de alto brilho azul de um dispositivo eletrônico (Fig. 4.c) composto por uma placa de circuito elétrico, com uma bateria de 3 V,

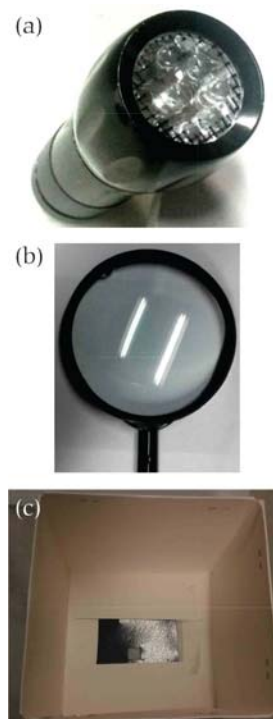


Figura 3: Alguns elementos do simulador. (a) Lanterna de LED. (b) Lupa de vidro. (c) Caixa com as aberturas.

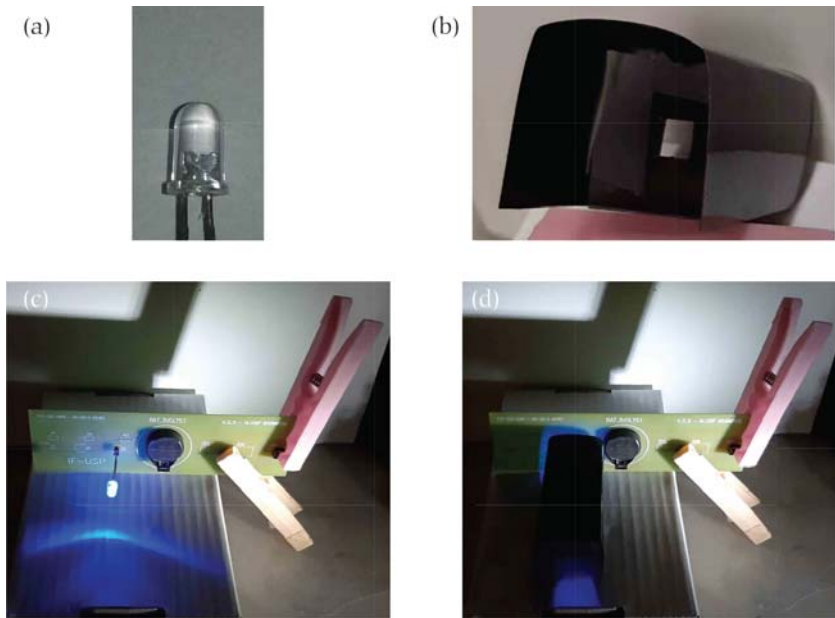


Figura 4: Dispositivo eletrônico com LED de alto brilho azul. (a) LED de alto brilho azul. (b) Capa preta. (c) LED azul aceso. (d) LED azul aceso e coberto.

uma chave liga-desliga, um suporte de LED e o LED. Para mantê-lo ligado e na posição vertical, usamos pregadores de roupa. Veja que a luz emitida pelo LED espalha-se em várias direções, o que prejudica o experimento. Para limitar a direção de espalhamento usamos uma capa retangular (Fig. 4.b) feita de plástico preto, que contém uma abertura de  $(1,0 \times 1,0) \text{ cm}^2$ . Ao cobrir o LED (Fig. 4.d) o espalhamento diminui drasticamente, como visto na Fig. 4.c.

Na Fig. 5.a vemos o LED difuso vermelho, ele não é transparente como o LED de alto brilho azul e a cor não é evidente, mas ela aparece ao ser ligado, vide Fig. 5.b. O LED está em um dispositivo, retirado de um brinquedo, que contém bateria e interruptor liga-desliga. Para manter o LED ligado foi usado um elástico de borracha. A luz emitida pelo LED não espalha tanto quando no caso do LED de alto brilho, então não é preciso usar a capa citada acima.

Na Fig. 6.a vemos uma lanterna com um LED de alto brilho de luz branca, um

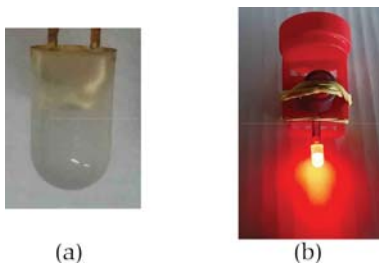


Figura 5: Brinquedo com um LED difuso vermelho. (a) LED difuso vermelho. (b) LED aceso.

produto comercial. Na Fig. 6.b a lanterna está acesa; nessa figura é possível notar que a luz emitida é espalhada de forma similar ao LED azul. Então a capa preta é utilizada com esta lanterna.

O brilho observado da estrela é mais fraco do que a luz do Sol. Se a intensidade da luz do LED é alta, é preciso reduzir a intensidade. Nesse caso, é necessário usar uma placa com um orifício pequeno, que é posto na frente do LED. A placa (Fig. 7.a) é um pedaço de plástico de cor preta com um orifício (Fig. 7.b) que foi feito com um alfinete; a borda ressaltada do orifício deve ficar voltada para o LED. Utilizamos duas placas com orifícios com os diâmetros de  $1,5 \text{ mm}$  e  $< 1,0 \text{ mm}$ . O orifício de menor diâmetro deve ser feito com um alfinete sem que se passe totalmente o corpo do alfinete, apenas uma parte da ponta. A placa é posicionada na frente do LED. Se o orifício estiver perto do LED a intensidade aumenta, enquanto se for afastado a intensidade diminui. Indicamos usar a placa com o menor diâmetro com os LEDs de maior intensidade.

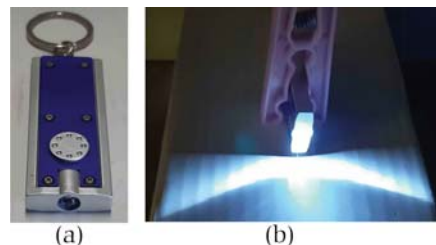


Figura 6: Lanterna de LED de alto brilho de luz branca. (a) A lanterna. (b) LED aceso.

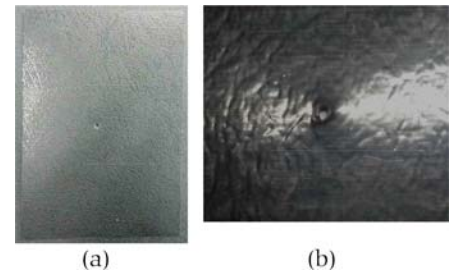


Figura 7: Placa preta com orifício. (a) A placa. (b) Imagem ampliada do orifício.

Uma observação importante: nesse experimento, *nunca usar* um diodo laser, ou outro tipo de laser, pois a luz é muito intensa e danifica os olhos. Olhar para a lanterna acesa por muito tempo também pode causar danos aos olhos. Contudo, para a realização do experimento, não é necessário manter a lanterna acesa por muito tempo.

A montagem do experimento segue o esquema descrito na Fig. 2. Os materiais ficam a  $15 \text{ cm}$  da borda da mesa. Esse valor não é rígido, pois depende dos materiais utilizados. O centro da lupa e da lanterna devem estar alinhados com o centro da abertura, conforme a linha magenta no esquema. Primeiro, coloque a caixa com a abertura, em seguida posicione lupa. Alinhe a lupa com a abertura, para que seja possível observar os objetos através dela. Depois, posicione o LED aceso a  $120 \text{ cm}$  da lupa; mova a lupa para frente ou para trás até ver o LED com clareza. Posicione o LED para que fique a meia altura da lupa, depois posicione para a lateral da lupa. A seguir, posicione a lanterna no centro da lupa a cerca de  $5 \text{ cm}$  da mesma, realinhe o LED novamente, para que fique próximo da lanterna mas de forma visível. Posicione a placa com orifício na frente do LED, alinhe a posição do orifício com o LED e mova a placa para atenuar a intensidade da luz que chega na abertura. Na Fig. 8 vemos a montagem experimental utilizada; a placa com orifício está ao lado do LED. Rolos de fita adesiva e caixas foram utilizados como suporte. É possível registrar imagens do experimento usando uma câmera digital; ela pode ficar apoiada na caixa e registrar as imagens da abertura menor. Note a simplicidade da montagem.

### O experimento e a simulação da lente gravitacional

Registramos imagens usando cada um dos três LEDs especificados acima. Na Fig. 9 vemos as imagens com o LED difuso vermelho. Em (a) vemos um mancha vermelha do lado direito perto da meia altura da imagem com o fundo escuro. A mancha deveria ser um pequeno círculo ver-



Figura 8: Imagem da montagem experimental do simulador.

melho, o que indica que a lanterna está barrando parte da luz do LED. Nessa imagem temos o eclipse do Sol, representado pela lanterna apagada, e devido à presença da lente gravitacional (lupa), parte da luz do LED (estrela) chega ao observador. Em (b) vemos a lanterna acesa e não vemos mais a mancha vermelha, pois a intensidade da lanterna é muito maior do que a do LED, o que permite entender a necessidade do eclipse do Sol no experimento original, pois a intensidade da luz da estrela é tão pequena que não seria possível observá-la sem que ocorresse o eclipse total do Sol pela Lua. Em (c) a lanterna é desligada e a lupa é retirada da montagem; o resultado é uma escuridão completa, que representa a situação caso não existisse a lente gravitacional, isto é, o campo gravitacional do Sol não modificaria o espaço ao seu redor, então a luz da estrela não atingiria a Terra e não veríamos a luz dessa estrela, mesmo ocorrendo o eclipse do Sol. Em (d) a lanterna é retirada, o que corresponde a uma observação noturna, isto é, sem o Sol e seu campo gravitacional, a luz direta do LED chega ao observador. Observe que aqui temos quase um ponto, perto do centro da imagem, e a posição mudou. No experimento original, essa diferença de posição foi medida para calcular o desvio da luz feito pelo Sol, o que confirmou a teoria de Einstein.

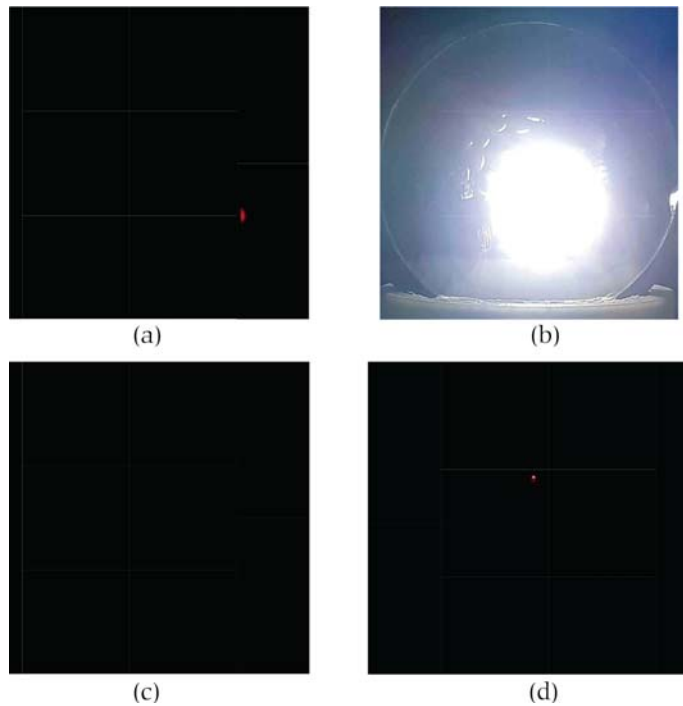


Figura 9: Experimento com LED difuso vermelho. (a) O eclipse com a estrela. (b) O Sol sem o eclipse. (c) Sem a lente gravitacional. (d) A luz da estrela.

Na Fig. 10 temos o experimento com o LED de alto brilho azul. Os resultados são semelhantes aos obtidos no experimento anterior. Na Fig. 10.a o halo azul está no lado direito e a meia altura da imagem, o que indica que a lanterna não barra parcialmente a luz do LED, como na Fig. 9.a. Em (b) vemos que o halo azul some e vemos apenas a luz da lanterna. Sem a lupa em (c) vemos a escuridão espe-

rada. Retirando a lanterna e a lupa, em (d) vemos a luz do LED, a posição diferente, perto do centro da imagem e um pouco para cima.

Os resultados do experimento usando a lanterna de luz branca estão na Fig. 11, neste caso apresentamos apenas as duas imagens mais relevantes. Em (a) vemos uma mancha branca, como na Fig. 9.a. E o resultado em (b) é semelhante aos obser-

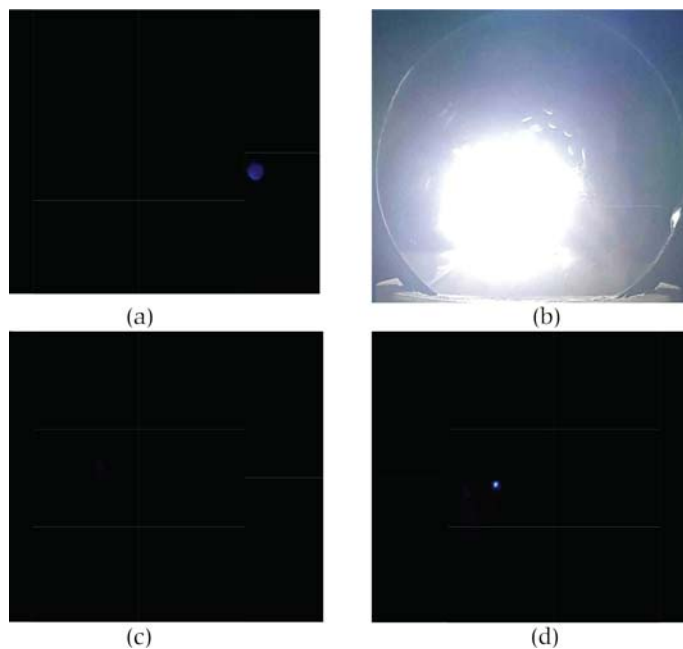


Figura 10: Experimento com LED de alto brilho azul. (a) O eclipse com a estrela. (b) O Sol sem o eclipse. (c) Sem a lente gravitacional. (d) A luz da estrela.



Figura 11: Experimento com a lanterna de LED de luz branca. (a) O eclipse com a estrela. (b) A luz da estrela.

vados anteriormente. O uso do LED de luz branca dificulta o ajuste da intensidade dele, pois a luz branca do LED confunde-se com a luz branca da lanterna. Os LEDs coloridos são mais fáceis de distinguir da luz branca da lanterna. Também é mais fácil usar um LED difuso colorido, pois têm brilho menor do que os LEDs de alto brilho.

Destacamos que é possível montar o experimento em duas mesas, uma contendo o LED e o orifício, e o resto em outra mesa. O experimento também pode ser apresentado em uma feira de ciências.

### Comentários finais

Neste trabalho foi apresentada uma simulação experimental do eclipse solar observado em Sobral em 1919, usando

uma montagem simplificada para facilitar a confecção em sala de aula ou em um laboratório escolar. A quantidade de materiais necessários é pequena e de fácil aquisição.

Destacamos os principais fenômenos presente no experimento:

- Temos a observação de uma estrela que se torna visível durante um eclipse solar, propiciado pelo alinhamento com lua. Essa estrela está localizada atrás do Sol, portanto seria impossível visualizá-la sem a lente gravitacional do Sol.
- Entendemos a necessidade da ocorrência do eclipse solar para observar a estrela devido ao seu brilho de baixa intensidade quando comparado ao do Sol.

- Ilustramos o papel da lente gravitacional do Sol e seu efeito relativístico ao se retirar a lente da montagem.
- Vemos a diferença da posição da estrela sem a lente gravitacional.

Além da facilidade de aquisição e montagem, este experimento é de fácil compreensão, pois é visualmente simples. Estão envolvidas somente análises geométricas e comparação de intensidades de luz em grande contraste. Dessa forma, o experimento é uma poderosa ferramenta para introduzir e discutir alguns conceitos de astronomia e física moderna nas aulas de ciências.

### Referências

- [1] A. Zylbersztajn, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **6**, 224 (1989).
- [2] A.A.P. Videira, *Física na Escola* **6**(1), 83 (2005).
- [3] [https://pt.wikipedia.org/wiki/Lente\\_gravitacional](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lente_gravitacional), acessado em 02/05/2019
- [4] S.H.B. Livi, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **10**, 262 (1993).
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=f0d9ImEerI0>, acessado em: 11/04/2019.
- [6] D.A.T. Vanzella, *Física na Escola* **14**(1), 34 (2016).
- [7] L.C.B. Crispino, M.C.Lima, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **38**, e4203 (2016).
- [8] <https://www.youtube.com/watch?v=oFhrs76YN3A>, acessado em 11/04/2019.

# Eclipse em escala



.....  
**Doris Kohatsu**  
Departamento de Física, Instituto  
Federal de São Paulo, São Paulo, SP, B,  
Brasil  
E-mail: doris@ifsp.edu.br

**Mikiya Muramatsu**  
Departamento de Física Geral,  
Instituto de Física da Universidade de  
São Paulo, São Paulo, SP, Brasil  
E-mail: mmuramat@if.usp.br

.....

## Introdução

**H**á cem anos, em 29 de maio de 1919, Sobral, no interior do Ceará, entrou para a história mundial da ciência. Uma expedição de astrônomos ingleses e brasileiros do Observatório Nacional foi a Sobral fotografar o eclipse total do Sol (Figs. 1 e 2), coletando dados que permitiram a comprovação da curvatura da luz de estrelas próximas ao Sol pelo seu campo gravitacional, como era previsto pela Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein, publicada em 1915 [1-3]. O próprio Einstein teria reconhecido: “O problema que minha mente formulou foi respondido pelo luminoso céu do Brasil” [4].

Um dos aspectos interessantes desse evento histórico de natureza científica é o impacto na comunidade local.<sup>1</sup> Em torno do tema eclipse de Sobral, há um contexto interdisciplinar envolvendo ciências, matemática, história, geografia e linguagens. Além dos conhecimentos científicos, pode-se criar a oportunidade de conhecer

um pouco mais sobre as influências da ciência nos habitantes de uma pequena comunidade isolada do mundo científico e tecnológico.

O foco deste artigo é apresentar um dispositivo para demonstração de eclipses em escala, utilizando material de baixo custo. Na seção Referências, os textos [1, 2, 4] e os vídeos [4, 5] podem apoiar o desenvolvimento integrado do conteúdo.

## O que é um eclipse?

Do grego, *éklepsis*, a palavra *eclipse* significa desaparecimento [6]. No eclipse da Lua, a Lua se esconde na sombra da Terra, desaparecendo. No eclipse do Sol, o Sol “desaparece” porque é encoberto pela Lua. Um eclipse acontece quando um objeto astronômico se move em frente a outro formando sombra, ou quando um objeto astronômico se move dentro da sombra de outro objeto [7]. Em óptica

Em comemoração aos cem anos do eclipse solar de Sobral, elaboramos um modelo de demonstração de eclipses em escala. O esquema didático tradicional desenhado fora de escala e em duas dimensões pode prejudicar a uma compreensão do fenômeno real. O modelo apresentado foi desenvolvido com material de baixo custo pensando na aplicabilidade em sala de aula. Além disso, indicamos textos, vídeos e aplicativos que podem apoiar uma abordagem multimodal e integrada com outras disciplinas.



Figura 1: Localização de Sobral. Crédito da imagem: Google maps.



Figura 2: Imagem da placa fotográfica original do eclipse solar de 29 de maio de 1919, capturada em Sobral, CE.



geométrica, o eclipse é estudado como um exemplo de formação de sombra.

Qual a condição para acontecer um eclipse? O eclipse acontece quando os astros estão alinhados. No caso do sistema Terra-Lua-Sol, a órbita da Lua em torno da Terra está inclinada  $5^\circ$  em relação à órbita da Terra em torno do Sol. Os dois pontos em que a órbita da Lua cruza a eclíptica são chamados *nodos* e a linha que os une a *linha dos nodos* [8]. Os eclipses se formam nos nodos, onde há alinhamento dos astros. Observe na Fig. 3.

### Eclipse lunar

O eclipse da Lua acontece na fase de Lua Cheia. As noites claras de Lua Cheia ficam mais escuras durante o eclipse total da Lua. A face cheia da Lua “desaparece” porque a Lua entra na zona de sombra da Terra (Figs. 3b, d). O eclipse lunar pode passar despercebido se você não souber que está ocorrendo o eclipse, pois a Lua permanece visível no céu com uma coloração avermelhada. Alguns raios do Sol ainda atingem a superfície lunar, que se torna avermelhada devido à interação desses raios solares com a atmosfera terrestre. Veja as imagens na Fig. 4.

Uma sombra pode ser dividida em umbra, a parte mais escura, e penumbra, região onde há maior incidência de raios de luz, sendo um pouco mais iluminada. O eclipse lunar é penumbral, quando a Lua está atravessando a zona de penumbra; parcial, enquanto a Lua está entrando na zona de umbra; e total, quando a Lua se encontra na zona de umbra.

### Eclipse solar

O eclipse solar acontece na fase de Lua Nova (Figs. 3b, d). Aparentemente, o Sol desaparece porque se esconde atrás da Lua. A Lua se alinha entre o Sol e a Terra, projetando sua sombra na superfície terrestre (Figs. 5 e 6). O eclipse do Sol é visível somente para os habitantes que estão na zona de sombra da Lua.

Na Fig. 7, apresentamos um esquema didático da formação da sombra da Lua sobre a Terra. O Sol é a fonte de luz, a Lua o objeto opaco que bloqueia a passagem de luz e a Terra é o anteparo. Algumas possibilidades da visão do Sol eclipsado se encontram na montagem abaixo do esquema.

O esquema didático tradicional das aulas de óptica do ensino básico apresentado acima (Fig. 7) é fácil de desenhar mas pode prejudicar uma compreensão do fenômeno real. A demonstração do eclipse utilizando uma lanterna e bolas de tamanhos diferentes como modelo Terra-Sol-Lua possibilita a visão tridimensional do

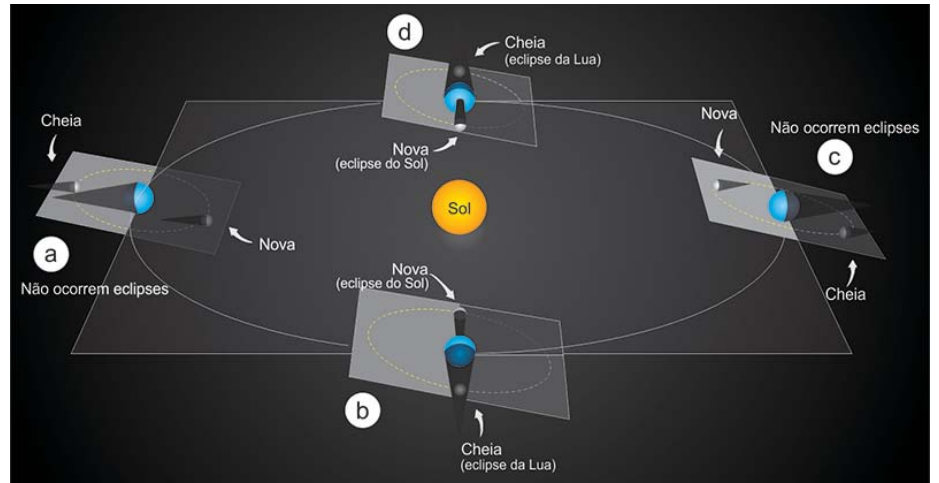


Figura 3: O plano orbital da Lua possui uma pequena inclinação de  $5^\circ$  em relação ao plano orbital da Terra. Os eclipses acontecem quando Sol-Terra-Lua estão alinhados na Lua Nova (eclipse do Sol) ou na Lua Cheia (eclipse da Lua).

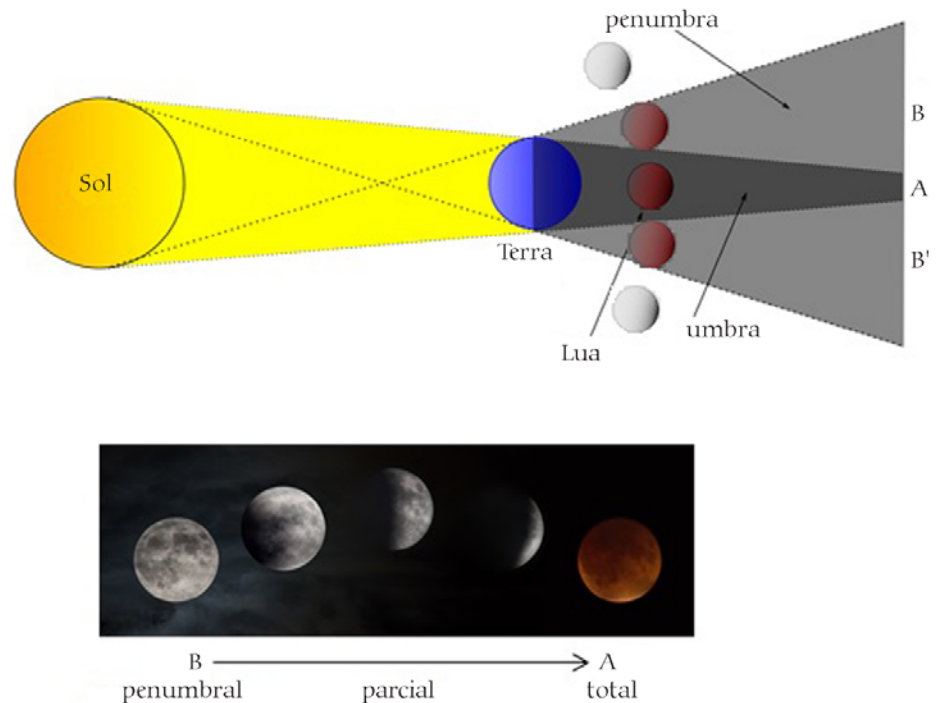


Figura 4: Representação gráfica do eclipse lunar. O eclipse total da Lua ocorre na região de umbra, a parte mais escura da sombra. Um observador localizado nas regiões de umbra (A) ou penumbra (B) veria a Lua conforme uma das situações exibidas na composição de fotos com a progressão de um eclipse total lunar em 27 de setembro de 2015. Glenn Research Center, NASA, Cleveland, USA. O desenho está fora de escala.

fenômeno. Ela é proposta por Canalle [9] em oficinas de astronomia e por Lima e Rocha no artigo publicado na *Física na Escola* [10]. Reelaboramos essa proposta representando em escala o sistema Terra-Lua. Sugerimos também o uso de um simulador virtual<sup>2</sup> e/ou de um vídeo<sup>3</sup> de demonstração do eclipse como material complementar. O uso de difentes lingua-

gens possibilita contemplar a diversidade nas formas de aprender.

### Escala

A ciência costuma criar modelos que ajudam a visualizar melhor a situação real, facilitando a explicação dos fenômenos envolvidos. Em geral, as imagens do Sol, da Terra e da Lua são representadas

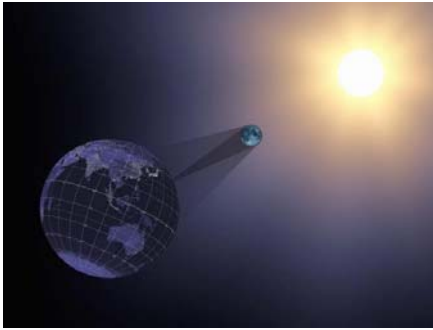


Figura 5: Representação artística do eclipse solar total em 21 de agosto de 2017. Fora de escala.



Figura 6: Foto da sombra da Lua sobre a Terra durante o eclipse solar de 21/08/2017 capturada do observatório espacial de clima Deep Space Climate Observatory (DSCOVR).

fora de escala. Compreender por que o eclipse do Sol é visível somente em algumas regiões da Terra, por exemplo, torna-se evidente quando fazemos a demonstração em escala. Ou ainda pode gerar questionamentos: como a Lua encobre a superfície do Sol durante o eclipse do Sol sendo tão pequena?

Na Tabela 1 apresentamos dados do Sol, da Terra e da Lua e alguns valores em escala que utilizaremos posteriormente na construção do nosso modelo de visualização do eclipse.

O diâmetro médio do Sol é cerca de 100 vezes o da Terra e 400 vezes o da Lua – caberiam 100 Terras alinhadas ao longo do equador solar ou 400 Luas alinhadas. Para visualizarmos as dimensões dos astros desenhamos Sol e Terra em uma escala e em outra escala Terra e Lua. É impossível representar a Lua na mesma escala que o Sol e a Terra (Fig. 8).

A Terra é cerca de 4 vezes maior que a Lua. A distância da Terra à Lua é cerca de 30 vezes o diâmetro equatorial da Terra. Observar as fotos capturadas do espaço (Figs. 9 e 10) nos ajuda a visualizar a relação entre as dimensões de tamanho e dis-

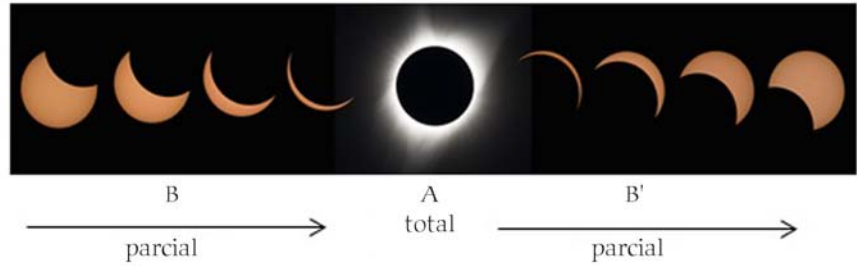
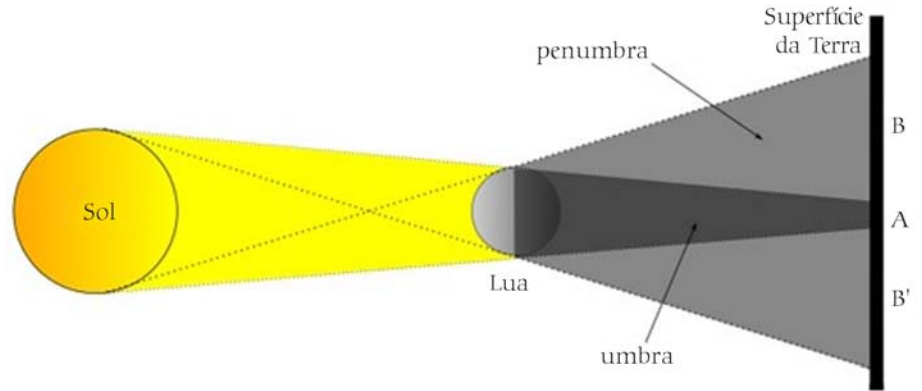


Figura 7: Representação gráfica do eclipse solar. O eclipse total do Sol ocorre na região de umbra, a parte mais escura da sombra. O anteparo onde se formam as sombras é a superfície terrestre. O desenho está fora de escala. Um observador localizado nas regiões de umbra (A) ou de penumbra (B) e (B') veria o Sol como numa das situações exibidas na composição de fotos da progressão do eclipse total solar em 21 de agosto de 2017, Madras, Oregon, EUA.

Tabela 1: Dados e valores em escala do Sol, da Terra e da Lua.

	Dados	Valores em escala
Diâmetro equatorial médio	Lua $D_L = 3476 \text{ km}$	1 cm
	Terra $D_T = 12756 \text{ km} = 3,7 D_L$	3,67 cm
	Sol $D_S = 1\,392\,000 \text{ km} = 400 D_L$	4,0 m
Distância média	Terra-Lua $d_{TL} = 384\,403 \text{ km} = 30 D_T$	1,10 m
	Terra-Sol $d_{TS} = 149\,600\,000 \text{ km}$	430,4 m
	Sol-Lua $d_{LS} = 149\,984\,403 \text{ km} = 390 d_{TL}$	431,5 m

tância da Terra e da Lua, que são possíveis de representar numa mesma escala. Pelos valores em escala apresentados na Tabela 1, é fácil perceber que, no espaço da sala de aula, a representação do sistema Sol-Terra-Lua numa mesma escala é inviável.

### Ângulo visual

Quando olhamos um avião no céu ele parece pequeno, mas quando estamos perto dele, o avião é muito maior. Sabemos que quanto mais distante um objeto, menor ele parece. O que determina o tamanho aparente de um objeto é o ângulo visual, o ângulo formado pelos raios

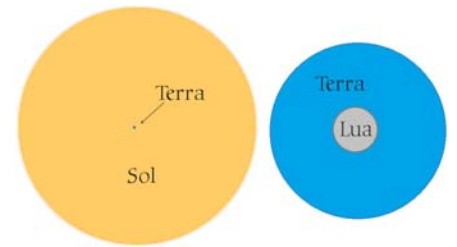


Figura 8: O Sol é 100 vezes maior que a Terra. Se desenhamos o Sol e a Terra numa escala, não é possível representar a Lua nessa mesma escala. À direita representamos Terra e Lua em outra escala, que é cerca de 4 vezes menor que a Terra.



Figura 9: A primeira imagem da Terra e da Lua capturada de outro planeta. Vista de Marte, pela *Mars Global Surveyor* da NASA, em 08/05/2003.



Figura 10: Terra e da Lua a 183 milhões de quilômetros da Terra. Imagem capturada pela sonda MESSENGER em 06/05/2010 a uma distância maior que a do Sol à Terra, que é em média 150 milhões de quilômetros. Observadas à distância, percebemos a proximidade da Terra e da Lua.

luminosos provenientes dos pontos extremos do objeto. Quanto maior a distância do objeto ao observador, menor o ângulo visual e menor o tamanho aparente [11].

O ângulo visual  $\theta$  pode ser calculado pela sua tangente, dividindo a altura do objeto pela distância ao olho do observador. Para a Lua e o Sol, a partir dos dados da Tabela 1, temos

Ângulo visual da Lua

$$\tan \theta_L = \frac{3476 \text{ km}}{384\,403 \text{ km}} = 0,009 \Rightarrow \theta_L = 0,5^\circ$$

Ângulo visual do Sol

$$\tan \theta_S = \frac{1\,392\,000 \text{ km}}{149\,600\,000 \text{ km}} = 0,009 \Rightarrow \theta_S = 0,5^\circ$$

Observe na Fig. 11. Como os ângulos visuais da Lua e do Sol são iguais, o observador na superfície da Terra vê a Lua e o Sol com o mesmo tamanho aparente. No momento do eclipse total solar, a Lua encobre a visão da superfície do Sol para

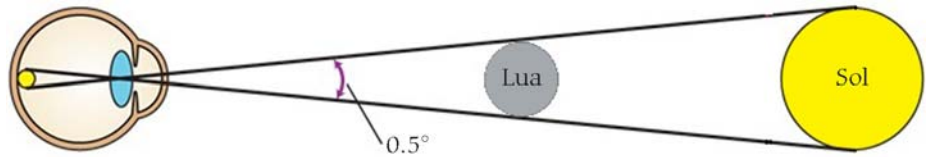


Figura 11: Ângulo visual da Lua e do Sol. Quem olha da superfície da Terra, vê a Lua e o Sol com o mesmo tamanho aparente.

um observador na Terra, dentro zona de sombra. Isso é fácil de demonstrar considerando nosso olho como a Terra, onde está o observador, o dedo polegar como a Lua e um abajur como o Sol. Posicione o polegar entre seu olho e o abajur até encobrir a lâmpada. O polegar está eclipsando a lâmpada, assim como a Lua eclipsa o Sol (Fig. 12).

Podemos raciocinar também considerando que embora a Lua seja 400 vezes menor que o Sol, o Sol está 400 vezes mais distante da Terra que a Lua. A representação em escala da órbita da Lua dentro disco solar facilita compreender a compensação da distância pelo tamanho (Fig. 13).

Note que a cobertura total da superfície solar pela Lua depende da posição do observador. Se observarmos o eclipse do Sol de um local quatro vezes mais distante, a sombra da Lua diminui o raio quatro vezes também, deixando a superfície solar visível, como ilustra a foto da Lua em frente ao Sol capturada do espaço a uma distância quatro vezes maior da distância Terra-Lua (Fig. 14).

### Demonstração dos eclipses

Construímos um modelo do sistema Sol-Terra-Lua. Terra e Lua estão representados em escala. O dispositivo que apresentaremos aqui é apropriado para demonstração individual ou para um gru-

po pequeno.

### Material utilizado

- fonte de luz (abajur com lâmpada LED<sup>4</sup> de 12 W (Sol) com um tubo de papel cartão preto para tornar o feixe de luz paralelo)
- 1 objeto esférico de 1 cm de diâmetro (Lua)
- 1 objeto esférico de cerca de 4 cm de diâmetro (Terra)
- 1 palito para segurar a Lua

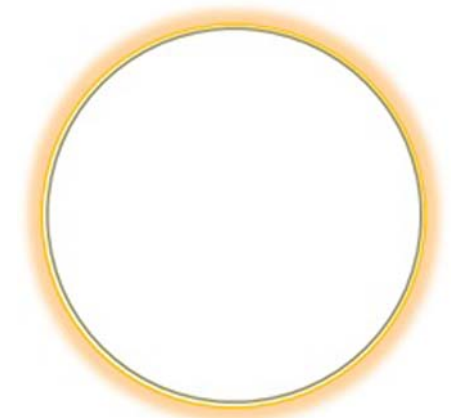


Figura 13: Representação em escala da órbita lunar (linha cinza interna) e do disco solar (linha alaranjada externa).

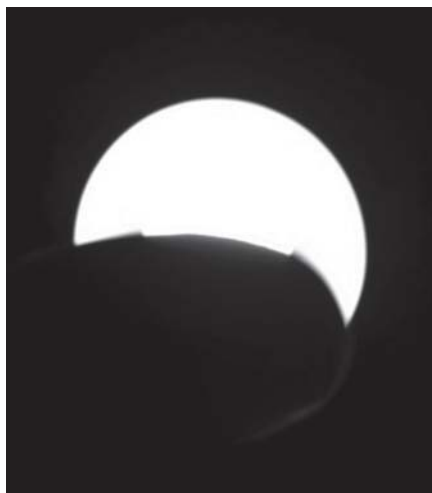


Figura 12: Simulação do eclipse do Sol. O Sol é a lâmpada de um abajur, o polegar a Lua, a Terra o olho do observador.

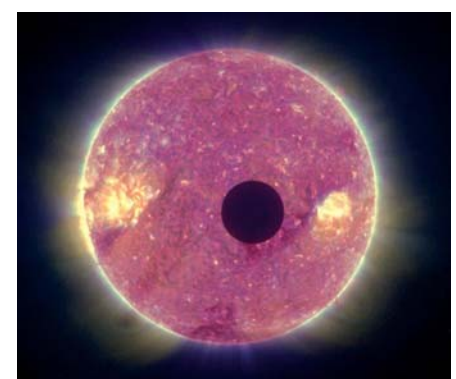


Figura 14: Lua cruzando o Sol vista da nave espacial STEREO-B, em 25.02.2007. Quando STEREO-B capturou esta imagem, estava a 1 609 344 km da Terra, 4 vezes a distância Terra-Lua. Como resultado, a Lua apareceu menor do que estamos acostumados.

- caneta marcador permanente azul ou preto
- 2 palitos de dente
  - régua
  - tesoura
  - barbante
  - 1 haste de madeira para fixar Terra e a Lua de aproximadamente 1,10 m
  - fita crepe

Pelas razões expostas anteriormente, preferimos a representação em escala. A partir dos valores dos diâmetros equatoriais da Lua e da Terra, encontramos o fator de escala. No nosso modelo, adotamos o diâmetro equatorial médio da Lua como fator de escala. Para medir o diâmetro equatorial, utilizamos régua e palitos de dente (Tabela 2, Fig. 15).

O equador terrestre é representado por um anel de barbante. O comprimento da circunferência é dado por:  $C = \pi.D = 3,14 \times 4 \Rightarrow C_{Terra} = 3,14 \cdot 4 \text{ cm} \cong 12,5 \text{ cm}$ .

Lixamos a superfície da pérola facilitando a visualização. Pintamos um hemisfério com o marcador permanente a fim de representar a face da Lua não visível da Terra.

Como o Sol está muito distante da Terra, os raios solares incidem paralelamente sobre o sistema Terra-Lua. A lâmpada LED produz um feixe de luz divergente. Para tornar o feixe de luz paralelo, envolvemos a lâmpada com um cilindro de papel cartão (Fig. 16) e afastamos o abajur do nosso modelo Terra-Lua até obtermos uma sombra circular nítida da Terra na parede, indicando o parale-

lismo dos raios de luz (cerca de 4,0 m). Começamos iluminando a Terra e identificando o dia e a noite. Em seguida, demonstramos os eclipses lunar e solar.

### Demonstração do eclipse lunar

O eclipse lunar acontece na fase de Lua Cheia. Posicionamos a Lua no lado oposto ao Sol. A Terra está no meio. Observe que a face da Lua está totalmente iluminada pela luz do Sol e voltada para o lado da Terra que não recebe luz, a noite. Um observador na Terra veria uma noite de Lua Cheia (Fig. 17).

Vamos alinhando Sol-Terra-Lua, trazendo a Lua para dentro região de sombra da Terra. Quando a Lua está totalmente dentro da sombra da Terra, quem está na superfície terrestre irá observar um eclipse total da Lua. Na nossa foto (Fig. 18), a Lua não está visível devido a limitações técnicas, porém, no eclipse total da Lua, a face da Lua é visível com uma coloração avermelhada, como vimos anteriormente (Fig. 4).

### Eclipse solar

O eclipse solar ocorre na fase de Lua Nova. Posicione a Lua do mesmo lado que o Sol. Observe que a face da Lua voltada para a Terra não está iluminada. É a fase de Lua Nova (Fig. 19).

Para simular o eclipse do Sol, alinha-



Figura 16: Modelo do Sol.



Figura 17: Fase de Lua cheia. Observe que nossa Lua está fora da região de sombra da nossa Terra. Ao lado, um recorte da imagem da fase de Lua Cheia.



Figura 18: Eclipse lunar. A Lua não está visível na foto devido a limitações técnicas. Na realidade, durante o eclipse total da Lua, a face da Lua é visível com uma coloração avermelhada devido à interação da luz refletida pela superfície lunar com a atmosfera terrestre.

Tabela 2: Dados para construção do modelo Terra-Lua para demonstração dos eclipses.

	D (cm)	Objeto
Lua	1,0 cm	Conta de plástico
Terra	3,7 cm $\cong$ 4 cm	Bola de tênis de mesa
$d_{Terra-Lua}$	1,10 m	

Escala: 1 cm = 3476 km.

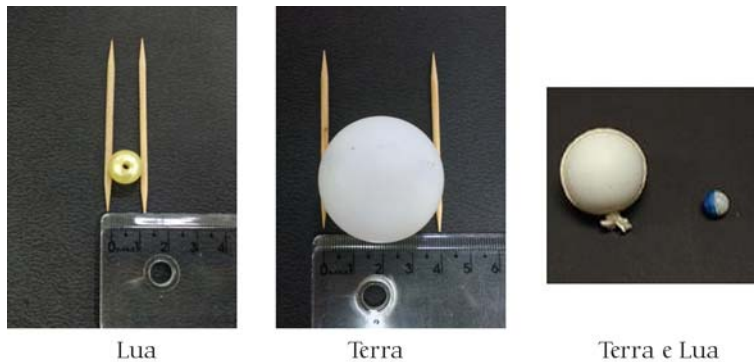


Figura 15: Como medir os objetos (esquerda e centro). Modelos de Terra com equador e Lua sem a cobertura nacarada e pintada com a face oculta (direita).

mos a Terra, a Lua e o Sol. A sombra da Lua é projetada na superfície da Terra. É possível observar a umbra, na região central da sombra, e a penumbra ao seu redor (Fig. 20).

### Considerações finais

A demonstração do eclipse em escala como proposta é adequada para grupos menores. Para grupos maiores, a dificuldade principal é encontrar uma fonte de luz adequada, ou seja, um feixe luminoso paralelo e intenso o suficiente para formar sombras nítidas.

Utilizar somente a escala de tamanho da Terra e da Lua torna a demonstração do eclipse mais viável tanto para os estu-

dantes realizarem sozinhos como para a demonstração em sala de aula com objetos maiores. Se houver disponibilidade, é preferível utilizar o globo terrestre para a demonstração em sala de aula, aproximando-se da situação real.

Os estudantes podem procurar objetos do dia a dia com os diâmetros dos modelos de Terra e Lua. Por exemplo, um limão galego como a Terra e um grão de bico como a Lua.

Pode-se ampliar a atividade incluindo a confecção do sistema solar em escala a partir de modelos do plano equatorial médio dos astros [9] ou utilizando objetos do cotidiano [12].

As simulações e vídeos indicados

auxiliam a compreensão dos conceitos envolvidos, porém, não substituem a demonstração ao vivo que proporciona maior emoção e visualização dos fenômenos. No processo de montagem do modelo, aparecem outras oportunidades de aprendizagem ao pesquisar os objetos modelo, a fonte de luz ou as condições favoráveis para visualização das sombras. Os imprevistos, comuns em qualquer experimentação, abrem espaço para o desenvolvimento cognitivo ao criarem a necessidade da resolução de problemas práticos.

### Notas

<sup>1</sup>O evento do eclipse de Sobral na perspectiva de profissionais “sobralenses” apresentado de forma criativa no vídeo *Do Eclipse ao Mito*, disponível em <https://bit.ly/2F1rjWf>, acesso em 11/02/2019.

<sup>2</sup>Faça as simulações das fases da Lua e dos eclipses em O Sol, a Terra e a Lua, disponível em <https://bit.ly/2wB07sK> e <https://bit.ly/1lAGQxZ>, acesso em 17/02/2019.

<sup>3</sup>Vídeo produzido pela NASA sobre o eclipse. Note o modelo Terra-Lua em escala. Há legenda automática para português na “Configuração”. Disponível em <https://bit.ly/2FEFnH3>, acesso em 17/02/2019.

<sup>4</sup>A lâmpada LED é um fonte de luz menos difusa, melhor para produzir sombras. Pode-se utilizar, para demonstração, a luz produzida por um projetor *data show* ou retroprojetor. Nesse caso, faz-se uma máscara circular para restringir o feixe de luz.

### Créditos e outras fontes

Foto original da Fig. 2: Observatório Nacional, disponível em <https://bit.ly/2D2hxlW>, acesso em 16/02/2019.

Figura 3: K.S. Oliveira Filho e M.F.O. Saraiva, disponível em <https://bit.ly/1PsockJ>, acesso em 16/02/2019.

Figura 4: Montagem de D. Kohatsu com imagens de F. Sogumo, disponível em <https://bit.ly/2EMbCBW>, acesso em 16/02/2019, e NASA/Rami, disponível em <https://go.nasa.gov/2lkoGj8>, acesso em 16/02/2019.

Figura 5: NASA's Scientific Visualization Studio. Disponível em <https://go.nasa.gov/2ts0OUy>, acesso em 16/02/2019.

Figura 6: NASA EPIC Team. Disponível em <https://go.nasa.gov/2wuPycn>, acesso em 16/02/2019.

Figura 7: Montagem de Doris Kohatsu com imagens de F. Sogumo, disponível em <https://bit.ly/2Wj9z33>, acesso em 16/02/2019 e NASA/Aubrey Gemignani, disponível em <https://go.nasa.gov/2wCsOFm>, acesso em 16/02/2019.

Figura 9: NASA/JPL/Malin Space Science Systems. Disponível em <https://>



Figura 19: Fase da Lua Nova vista de um referencial fora do sistema Sol-Terra-Lua. Observe que a sombra da Lua está fora da superfície terrestre (esquerda). A fase de Lua Nova para um observador na superfície da Terra; é dia para ele, por isso ele vê o Sol (direita).

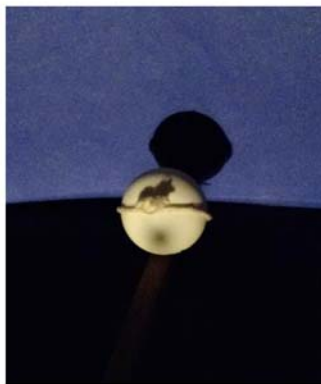


Figura 20: Eclipse solar. A mancha escura na superfície da Terra é a sombra da Lua. A parte central mais escura da sombra é a umbra. A borda difusa em tons de cinza é a penumbra.

go.nasa.gov/2WFBTMu, acesso em 16/02/2019.

Figura 10: MESSENGER Science Team, NASA/Johns Hopkins University Applied

Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington. Caption by Mike Carlowicz. Disponível em <https://go.nasa.gov/2WitTS4>, acesso em 16/02/

2019.

Figura 14: NASA. Disponível em <https://go.nasa.gov/3145rm9>, acesso em 17/02/2019.

## Referências

- [1] R.O. Andrade, Pesquisa FAPESP **240** (2016).
- [2] A.A.P. Videira, Física na Escola **6**, 1 (2005).
- [3] SBPC, *Centenário do Eclipse de Sobral* (2019), disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=4bVLe6Vdl9k>, acesso em 22/05/2019.
- [4] A. Damineli, Pesquisa FAPESP [on line] (2009), disponível em <http://revistapesquisa.fapesp.br/2009/05/04/sobral-29-de-maio-de-1919/>, acesso em 09/02/2019.
- [5] TV INTERAJA, *Do Eclipse ao Mito* (2012), disponível em <https://youtu.be/kmNF8uRxSWk>, acesso em 11/02/2019.
- [6] A. Houaiss, *Dicionário Houaiss* [on line], disponível em <https://houaiss.uol.com.br/pub/apps/www/v3-3/html/index.php#2>, acesso em 09/02/2019.
- [7] E. DeVore (coord.), NASA, *Eclipse Activity Guide* (2017), disponível em [https://eclipse2017.nasa.gov/static/img/other-education-resources/NASA\\_Eclipse\\_Activity\\_Guide.pdf](https://eclipse2017.nasa.gov/static/img/other-education-resources/NASA_Eclipse_Activity_Guide.pdf), acesso em 22/05/2019.
- [8] K. Oliveira Filho e M.F.O. Saraiva, *Astronomia e Astrofísica* [on line], disponível em <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm>, acesso em 09/02/2019.
- [9] J.B. Canalle, *Oficina de Astronomia*, Instituto de Física, UERJ, disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/dados/tne/oficinadeastronomia.arquivoempdf.pdf>, acesso em 09/02/2019.
- [10] F.P. Lima e J.F.V. Rocha, Física na Escola **5**, 1 (2004).
- [11] Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, Instituto de Física da USP (2007), disponível em [http://efisica.if.usp.br/optica/basico/instrumentos/instrum\\_observacao/](http://efisica.if.usp.br/optica/basico/instrumentos/instrum_observacao/), acesso em 19/02/2019.
- [12] M. Flores, *A Terra como um Grão de Pimenta*, Centro de Referência para o Ensino de Física, Instituto de Física da UFRGS, disponível em [https://www.if.ufrgs.br/cref/gtftp-gtftp-gramad0-2012/atividade\\_alunos\\_graopimenta\\_2012\\_marciaflores.pdf](https://www.if.ufrgs.br/cref/gtftp-gtftp-gramad0-2012/atividade_alunos_graopimenta_2012_marciaflores.pdf), acesso em 25/02/2019.



# Proposta pedagógica para abordagem de tópicos de bioquímica e termodinâmica na educação de jovens e adultos

.....

**Felipe Rodrigues da Silva**

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Mossoró, RN, Brasil  
Escola José de Borba Vasconcelos, Maracanaú, CE, Brasil

**Carlos Alberto dos Santos**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil  
E-mail: cas.ufrgs@gmail.com

.....

Apresenta-se uma proposta didático-pedagógica para abordar tópicos de bioquímica e termodinâmica na Educação de Jovens e Adultos (EJA). O conteúdo da proposta pode ser usado em sala de aula no formato de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS), a partir de um referencial pedagógico com elementos da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, da concepção freireana do ensino de adultos e das ideias de Vygotsky para o processo de socialização durante a aprendizagem. Noções e práticas do método científico podem ser explicitamente tratados como UEPS para o planejamento e execução de experimentos com o cozimento de ovos, durante os quais são abordados conceitos de enzima, proteína e lipídio e suas transformações bioquímicas e termodinâmicas.

## Introdução

**A** Educação de Jovens e Adultos (EJA) não é um tema que mobilize a comunidade acadêmica internacional. Trata-se de um problema específico de algumas nações pertencentes ao que se costuma denominar Terceiro Mundo. A Unesco tem um programa dedicado à Educação de Adultos, aplicável a qualquer país, desenvolvido ou não [1], mas a EJA como a conhecemos no Brasil é basicamente um problema de país do Terceiro Mundo [1-3], e cabe a esses países encaminhar soluções apropriadas às suas necessidades e potencialidades, incluindo-se aí iniciativas referentes à pesquisa educacional atinente ao contexto da EJA.

Vista na perspectiva de um cenário abrangente, a EJA tem de um lado que considerar a tradição sociocultural de um país dependente, algo que Paulo Freire já discutia no início dos anos 1960 [4], e de outro lado enfrentar os desafios para o novo milênio [2]. Essas duas partes, por assim dizer, apresentam zonas de superposição, mas com objetivos educacionais e realidades sociais diferentes. Por exemplo, uma coisa é definir estratégias educacionais para jovens e adultos que não tiveram a oportunidade de escolaridade na faixa etária própria, e outra coisa bem diferente é definir estratégias de educação continuada de adultos escolarizados para adaptação a uma sociedade em rápida evolução tecnológica.

Não é objetivo deste trabalho discutir a questão da interdisciplinaridade no Ensino Médio regular, mas chamar a atenção e mostrar que, dadas as circunstâncias socioeducativas, a EJA é um espaço especialmente apropriado para a abordagem interdisciplinar de conceitos básicos das

ciências da natureza. Pelo perfil dos alunos, geralmente em faixa etária superior a 30 anos e com grande intervalo de tempo sem frequentar ambientes formais de escolaridade, consideramos um equívoco querer tratar conceitos de biologia, física e química da mesma forma como são tratados com adolescentes do Ensino Médio. De um modo ou de outro, essa é uma questão que há muito tempo foi discutida por Paulo Freire [4]. Por outro lado, a experiência de vida social dos indivíduos que frequentam a EJA torna cada um receptivo à metodologia vygotskiana [5]. Nesse cenário, é possível e desejável organizar uma estratégia de ensino que também tire proveito dos ensinamentos ausubelianos [6-8].

Embora a literatura brasileira pertinente ao tema apresente propostas com essas três abordagens pedagógicas [9-15],

**A Educação de Jovens e Adultos é um espaço especialmente apropriado para a abordagem interdisciplinar de conceitos básicos das ciências da natureza**

ao nosso conhecimento apenas Ramos e Queiroz [16] e Rekovvsky [17] referem-se a abordagens interdisciplinares como alternativa pedagógica. Todavia, tais

abordagens interdisciplinares não atendem ao requisito mais restritivo do processo de ensino-aprendizagem interdisciplinar, qual seja o tratamento de conceitos transversais, aqui considerados como aqueles conceitos presentes em mais de uma das ciências, geralmente com abordagens disciplinares diferentes, ou métodos e técnicas de uma das ciências que facilitem a compreensão conceitual em outra ciência. Um exemplo muito interessante, referente a biologia e física, é apresentado por Thompson e cols. [18]:

O curso ensina aos alunos os princípios físicos clássicos que levam a uma compreensão mais profunda dos fenômenos biológicos, incluindo aqueles necessários para entender os processos que

ocorrem nas energias térmicas e nos líquidos. Além de fornecer uma compreensão básica dos princípios físicos, o curso enfoca o desenvolvimento de habilidades científicas gerais, incluindo modelagem científica, resolução de problemas, movimentação entre múltiplas representações científicas e projeto experimental. [Tradução nossa].

Não surpreende que propostas interdisciplinares como essa apresentada por Thompson e colaboradores sejam tão recentes. A compartimentalização das ciências da natureza como hoje a conhecemos resulta de processos reducionistas determinados pela incapacidade humana em tratar a natureza holisticamente. Nas últimas décadas isso vem sendo superado no nível da pesquisa científica, mas tem enfrentado notável oposição no contexto pedagógico. Todavia, a literatura educacional brasileira apresenta algumas possibilidades de abordagens pedagógicas interdisciplinares, e em se tratando da EJA, a ciência na cozinha parece ser um tópico especialmente apropriado [17, 19-21].

Descreveremos, neste trabalho, experimentos realizados com alunos da EJA para abordar tópicos de bioquímica e termodinâmica a partir do cozimento de ovos. Todos os experimentos são apresentados em vídeos disponíveis em endereços da seção Outras Fontes.

Temos boas razões para a escolha desse objeto de trabalho. Em primeiro lugar, experimentos com ovos cozidos permitem a abordagem de conceitos importantes de bioquímica e termodinâmica. Em segundo lugar, o ovo é um dos alimentos mais presentes em nossa dieta. Difícil encontrar um adulto que jamais tenha feito um ovo cozido ou frito. Em terceiro lugar, os experimentos com ovos são suficientemente simples para serem executados nas limitadas condições disponíveis na escola em que a sequência didática foi aplicada. Finalmente, mas não menos importante, uma referência culinária importante: em seu livro *Um cientista na cozinha*, Hervé

This [22, p. 52] cita uma frase de Grimod de la Reynière: “O ovo é para a cozinha o que os artigos são para o discurso, isto é, de uma tão indispensável necessidade que o cozinheiro mais habil renunciaria à sua arte se lhe fosse proibido o uso do ovo”.

Todavia, é importante ter em mente que havendo condições materiais na escola, existem inúmeros experimentos culi-

nários apropriados para a discussão de conceitos básicos de bioquímica e termodinâmica. Para iniciantes no assunto, vale a pena uma leitura da Wikipedia em Outras Fontes.

### **Bioquímica e termodinâmica no cozimento de um ovo**

A Fig. 1 exibe o cenário conceitual para o qual elaboramos a presente sequência didática. Iniciemos pela apresentação dos conceitos básicos no contexto experimental em que eles foram abordados. A clara do ovo contém 10% de proteínas (globulina, ovalbumina, ovomucina, conalbumina) e 90% de água. Por outro lado, a gema contém 50% de água, 15% de proteínas e 35% de lipídios, entre os quais lecitinas e colesterol [22, p. 52-56]. Vejamos como esses componentes bioquímicos atuam nos processos de cozimento de ovos.

Para o ovo e para qualquer outro alimento, o processo de cozimento tem a ver primordialmente com a transferência de calor da fonte térmica para a superfície do alimento, e sua consequente transmissão para o seu interior. Os cozinheiros experientes adquirem na prática conhecimento de como lidar com os parâmetros pertinentes a cada caso. Para determinado tipo de proteína e determinado volume do alimento, eles sabem a temperatura e o tempo necessários para a obtenção do ponto de cozimento desejado. É assim que surge a surpreendente regra do descanso de grandes peças de carne depois de um certo tempo de cozimento [23, p. 20].

A energia transferida em função da alta temperatura produz aumento na energia cinética das moléculas do alimento. Esse movimento vibracional é transferido de molécula em molécula, até atingir todo o volume do alimento. Esse processo de transferência de energia sob a forma de calor é bem descrito pela equação de Fourier [24]. Quando o cozinheiro experiente desliga a fonte de calor e aguarda um certo tempo para *descanso* do alimento cozido, ele age de acordo

com a equação de Fourier, mesmo que não o saiba. A partir do momento em que a fonte de calor é desligada, a temperatura na superfície começa a diminuir, mas nas camadas internas o processo de trans-

ferência de calor prossegue, e é o tempo de *descanso* que vai determinar o ponto do cozimento.

Vejamos como esse processo se dá no caso do cozimento de um ovo [22, p. 52, 23, p. 11, 25, p. 61]. Existem três modos de cozimento de um ovo popularmente conhecidos como: ovo frito; ovo cozido em água fervente, com casca, e ovo pochê, ou ovo cozido em água fervente, sem casca. Qualquer que seja o processo de cozimento, o mecanismo tem a ver com a desnaturação das proteínas, que em temperatura ambiente encontram-se enroladas em uma forma mais ou menos esférica. Essa estrutura quase esférica é devida às forças atômicas no interior das moléculas. Quando se fritar ou se cozinhar um ovo, essas proteínas se desnaturam sob o efeito do calor, ou seja, a temperatura vence a batalha com as forças mais fracas e as proteínas se desenrolam e tomam a forma de

**Experimentos com ovos cozidos permitem a abordagem de conceitos importantes de bioquímica e termodinâmica. Em segundo lugar, o ovo é um dos alimentos mais presentes em nossa dieta. Difícil encontrar um adulto que jamais tenha feito um ovo cozido ou frito!**

fitas [22, p. 53, 25, p. 64]. Essas fitas juntam-se e formam uma estrutura sólida; é quando o ovo endurece. Vejamos isso mais detalhadamente para cada um dos processos mencionados acima.

### **Bioquímica e termodinâmica do ovo cozido**

Uma pessoa que vai cozinhar um ovo pela primeira vez seguindo a receita clássica retira o ovo da geladeira, coloca na água fria, liga o fogo e aguarda o tempo que lhe disseram ser suficiente, entre 10 e 12 min depois que a água começa a ferver. O tempo depende do volume de água fervente. Costuma-se também marcar o tempo, em torno de 3 min, depois que a água começa a borbulhar. A primeira coisa que a pessoa pode eventualmente observar é a rachadura da casca. A razão disso é que o ovo foi colocado na água logo depois de sair da geladeira, alguém lhe ensina. A pessoa apanha outro ovo, tira da geladeira alguns minutos antes de colocar na água, e mesmo assim poderá observar o mesmo desagradável e inconveniente fenômeno. Por quê?

Além de proteínas e água, o ovo contém ar, sobretudo na sua extremidade mais larga. Tudo que relatamos no parágrafo anterior tem a ver com a dilatação térmica do ar no interior do ovo e com a natureza estrutural da sua casca. Algumas são mais flexíveis e resistentes do que outras. Colocar ovo gelado ou muito frio na água produz uma expansão



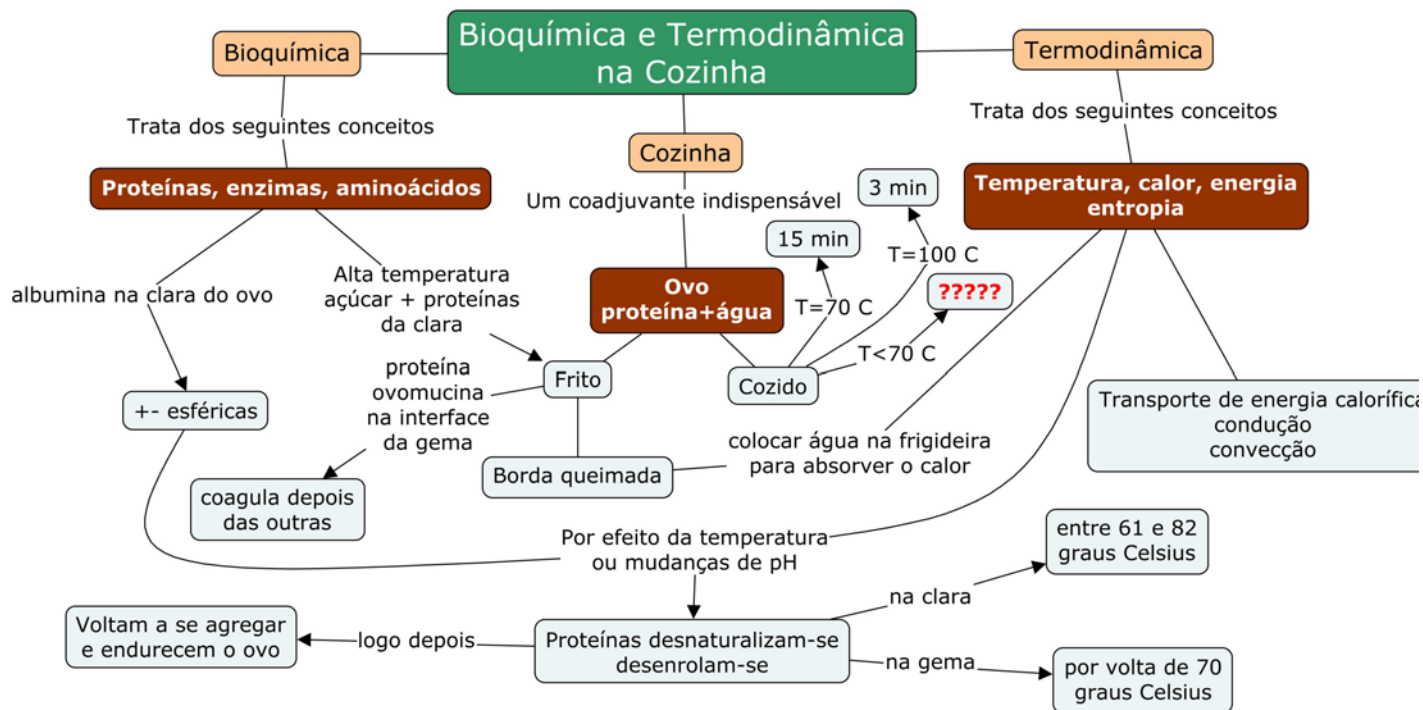


Figura 1: Mapa conceitual sobre tópicos de bioquímica e termodinâmica do cozimento do ovo.

rápida do ar e, dependendo da resistência da casca, ela pode rachar em vários pontos.

Qualquer que seja o caso acima, há duas soluções para se evitar o desagradável surgimento daqueles tentáculos brancos saindo pela casca do ovo (vídeo 1). A solução aerodinâmica é fazer um pequeno furo na extremidade larga do ovo. Basta um furo de agulha. A solução bioquímica é colocar sal e/ou vinagre na água para aumentar a rapidez de coagulação das proteínas da clara. Ao tentar sair pela rachadura, a proteína rapidamente coagula e fecha a rachadura.

Se o tempo de cozimento ultrapassar os clássicos 15 min, geralmente acontece uma reação bioquímica de visual e paladar desagradáveis, começando na interface entre a clara e a gema e se espalhando por toda a gema. As proteínas da clara liberam um gás chamado sulfeto de hidrogênio [22, p. 56], com aquele odor de ovo podre. Quando esse gás penetra na gema, ele reage com o ferro ali presente e se transforma em sulfeto de ferro, que tem a cor esverdeada.

### Bioquímica e termodinâmica do ovo pochê

Para fazer do modo como os grandes cozinheiros preconizam, o ovo pochê talvez seja o mais complicado entre os três modos de preparar ovo que estamos considerando aqui. Mas, nosso objetivo não é preparar algo com o refinamento

técnico de Paul Bocuse [26, p. 83] nem das inúmeras alternativas disponíveis na internet. Nosso objetivo é inteiramente pedagógico, ou seja, tão somente discutir as reações bioquímicas induzidas pela temperatura no cozimento de um ovo sem casca em água fervente

A regra básica é colocar o ovo na água em ebulição. Que fenômenos térmicos e bioquímicos podem ocorrer em tal situação? A energia cinética das moléculas da água, aumentada pela temperatura, é transferida às moléculas do ovo, cujas proteínas começam a se desnaturar nas temperaturas típicas de cada uma. Em princípio, esse processo é idêntico ao que ocorre no ovo cozido com casca e no ovo frito. De acordo com Golombek e Schwarzbau [25, p. 64], “na clara, as proteínas se desnaturam a temperaturas entre 61 °C e 82 °C, enquanto as da gema o fazem a uma temperatura intermediária”. Assim, as primeiras proteínas a se desnaturarem são algumas da clara. Depois as da gema e finalmente as outras da clara.

Quando o ovo é colocado na água em ebulição, a tendência da clara é se espalhar, antes que suas proteínas se desnaturizem. A prática de fazer um redemoinho na água é para forçar a clara a ficar pró-

xima à gema. Outra forma é realizar o cozimento em um meio ácido. Por exemplo, colocando um pouco de vinagre na água. As proteínas da borda da clara desnaturam-se rapidamente e impedem a expansão da clara na água (vídeo 2). É por isso que o ovo pochê deve ser preparado em uma mistura de água, sal e vinagre.

**Para fazer do modo como os grandes cozinheiros preconizam, o ovo pochê talvez seja o mais complicado entre os três modos de preparar ovo que estamos considerando aqui. Portanto o leitor não pode se esquecer de que nosso objetivo é inteiramente pedagógico**

Talvez a característica mais popular do ovo pochê seja o fato de a gema ficar envolvida pela clara, de modo que é possível obter a clara completamente desnaturada e a gema em diferentes graus de desnaturação ou de textura (vídeo 2). O

redemoinho contribui para esse resultado. Uma alternativa mais simples é fazer o ovo com uma frigideira tampada. O vapor produzido pela água fervente resultará em uma gema envolta por uma camada de clara desnaturada. A textura da gema varia com o tempo de *descanso* depois que a fogo é desligado, como se pode ver no vídeo 2. Quanto mais tempo sob vapor, com o fogo desligado, mais sólida ficará a gema.

Não custa lembrar que estamos tratando de experimentos realizados em condições precárias, sem termômetro para medir temperatura. Mesmo assim, os

resultados, do ponto de vista pedagógico, são amplamente satisfatórios. Usamos as condições físicas visíveis para definir as condições experimentais. Por exemplo, colocar o ovo em água borbulhando intensamente, para definir temperatura próxima de 100 °C. Colocar o ovo quando surgirem as primeiras bolhas na água, para definir temperatura em torno de 70 °C<sup>1</sup>.

No caso do ovo pochê em frigideira fechada, definimos o tempo de cozimento pelas condições do vapor d'água, ou seja desligamos o fogo quando o vapor contiver quantidade visível de proteínas da clara desnaturada (vídeo 2). Depois marcamos diferentes tempos de descanso, com o fogo desligado, para obter diferentes texturas.

Um experimento interessante para verificar o efeito da temperatura na desnaturação das proteínas da clara é o seguinte (vídeo 2): colocar o ovo em água fria. Uma parte da clara é observada como uma região mais densa em volta da gema. Outra parte está espalhada na panela. Essa parte que se encontra mais afastada da gema não pode ser identificada a olho nu porque se trata basicamente de água e encontra-se em baixa densidade nesses pontos mais afastados da gema. À medida que a temperatura da água aumenta, as proteínas da clara começam a se desnaturar, tornando-a mais densa e visualmente branca. No vídeo 2 exibimos uma situação especialmente importante para a discussão em sala de aula. No tempo de gravação 4:41, observa-se uma superfície branca praticamente homogênea, exceto em uma pequena região acima da gema. Isso significa

**Não há unanimidade entre comensais sobre o que significa ovo frito perfeito. Para cada pessoa pode haver um ponto ótimo: clara homogênea branca e opaca com gema mole; clara com a borda levemente queimada ou ainda a clara completamente queimada. A bioquímica e a termodinâmica determinam cada uma dessas condições**

que a parte externa da clara está completamente desnaturada, exceto aquela sobre a gema. Esse fenômeno é exatamente o mesmo relatado a seguir para o caso do ovo frito. A região próxima à gema se desnatura mais tarde por causa da proteína ovomucina que fica na interface entre a clara e a gema. Na sequência do vídeo, observa-se toda a clara desnaturada, inicialmente com aparência homogênea, que se desfaz pelo fato de a água entrar em ebulição.

### Bioquímica e termodinâmica do ovo frito

Não há unanimidade entre comensais sobre o que significa *ovo frito perfeito*. Para

alguns, essa classificação aplica-se ao ovo com clara opaca, homogênea e branca e gema mole. Para outros, a clara deve ter a borda levemente queimada, e há os que preferem a gema bem dura. E por incrível que pareça, há também aqueles que apreciam o ovo frito com a clara completamente queimada. Vamos ver como a bioquímica e a termodinâmica determinam cada uma dessas condições.

No ovo cru (vídeo 2), a clara é um líquido transparente por causa da sua composição (90% de água). Ao passar por algum procedimento térmico, e dependendo da temperatura e do tempo de fritura, a clara passa a ter uma consistência sólida, podendo apresentar três regiões bem definidas (Fig. 2). Uma borda castanha, uma grande região completamente sólida e branca e uma pequena região, adjacente à gema, branca e macia, ou seja, menos rígida que a parte externa. Vejamos por que essas três regiões apresentam esses aspectos (vídeo 3).

Com o aumento da temperatura, a água presente na clara evapora e o açúcar combina-se com as proteínas formando a camada castanha, popularmente conhecida como *clara queimada*. Esse processo começa na borda externa do ovo e evolui para o centro. Uma forma de evitar isso é acrescentar um pouco de água na frigideira no meio do cozimento e tampá-la.

Uma vez que a água tem grande capacidade de absorver calor, esse procedimento faz com que a clara seja cozida homogênea e sem *queimadura* [25, p. 66].

Na interface entre a clara e a gema, há uma proteína chamada ovomucina, cuja função é aumentar a viscosidade da

clara naquela região. E por causa dessa funcionalidade ela coagula mais dificilmente que as outras proteínas da clara. Colocando água como no caso anterior, é possível deixar a clara homogênea cozida, mas, para quem prefere um ovo com a gema mole, a borda da clara levemente *queimada* e o resto da clara homogênea cozida, com a interface clara-gema completamente coagulada, é preciso ter paciência e habilidade para seguir um procedimento que baixe a temperatura de desnaturação das proteínas da clara. Isso é feito com sal ou algum ácido (vinagre ou suco de limão). Para ter um ovo frito nessas condições, é necessário colocar mais sal na interface clara-gema [22, p. 65].

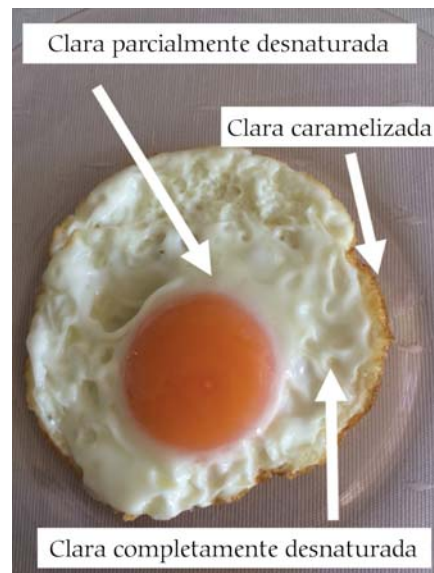


Figura 2: Aspecto da clara de um ovo frito. A borda externa encontra-se caramelizada. A região intermediária está totalmente desnaturada, enquanto a interface gema-clara está parcialmente desnaturada.

### UEPS para abordar os tópicos mencionados acima

Uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) foi elaborada, de acordo com a metodologia sugerida por Moreira [27], para abordar os tópicos discutidos acima em uma turma de alunos da EJA, no horário noturno da Escola José de Borba Vasconcelos, em Maracanaú, Ceará. De acordo com o INEP, a escola tem Indicador de Nível Socioeconômico (INSE) médio. A turma continha 19 homens e 13 mulheres, na faixa etária de 19 a 50 anos, sendo que apenas 18 alunos frequentaram as aulas regularmente.

De acordo com as diretrizes curriculares do Estado do Ceará, os conteúdos de biologia, física e química são tratados na EJA por meio da disciplina Ciências da Natureza. O professor que aplicou a UEPS, co-autor do presente trabalho e narrador dos vídeos (FRS), organizou o conteúdo da disciplina de modo a enfatizar os conceitos pertinentes ao tema da UEPS. Ou seja, antes da aplicação da UEPS os alunos estudaram os conceitos básicos de biologia, física e química, com especial atenção aos conceitos de energia, proteína, calor, temperatura e leis da termodinâmica.

O conteúdo da UEPS foi distribuído em 16 aulas com o objetivo de abordar os conceitos a partir de procedimentos similares a uma pesquisa científica, utilizando experimentos com o cozimento de ovos, reproduzidos nos vídeos 1, 2 e 3, apresen-

tados acima. Detalhes da aplicação da UEPS, como situações-problema e as análises dos alunos são apresentados na dissertação de mestrado de um dos autores (FRS) [28]. Apresentaremos na sequência apenas as informações mais relevantes da aplicação da UEPS e destacaremos alguns relatos dos alunos.

É importante ressaltar o que foi mencionado acima: as situações-problema iniciais da UEPS emulam os procedimentos geralmente adotados por cientistas ao levantarem suas hipóteses e questões de trabalho no início de um projeto de pesquisa. Além desse objetivo emulador, as situa-

ções-problema servem para a definição daquilo que Ausubel chama de organizadores prévios, ou organizadores avançados [27-29].

Para discutir as situações-problema e realizar os experimentos planejados na UEPS, a turma foi dividida em quatro grupos, cada um com um líder eleito entre seus pares e que foi o responsável por falar pela equipe. Como os conceitos básicos tinham sido discutidos no semestre anterior, as situações-problema da UEPS restringiram-se aos tópicos pertinentes à bioquímica e à termodinâmica no processo de cozimento de um ovo. Ao longo das quatro primeiras aulas, os grupos discutiram e relataram suas experiências e conhecimentos a respeito das situações-problema.

Depois dessas quatro aulas, os grupos passaram a realizar experimentos (todos reproduzidos nos vídeos supramencionados) em torno das situações-problema experimentais, e mais uma vez o professor chamou a atenção para o fato de que esse procedimento, de discutir as situações-problema, simula uma etapa da atividade de pesquisa científica na qual o cientista reflete sobre suas hipóteses em torno da questão a ser investigada. Salienta-se também que, na prática, nem sempre a questão a ser investigada foi planejada pelo cientista - muitas vezes ela surge por acaso, como resultado de algum experimento ou cálculo realizado por alguém, nem sempre o próprio cientista. Enfim, aproveita-se a oportunidade para uma breve discussão a respeito da natureza da ciência [30-32].

### **Por que a casca do ovo pode rachar durante o cozimento?**

Após uma breve discussão sobre

dilatação térmica do ar, tema que já havia sido abordado no semestre anterior, os alunos realizaram experimentos com o cozimento de um ovo para abordar a questão que dá título a esta seção. Para auxiliar os alunos em suas discussões, o professor apresentou aspectos básicos da biologia do ovo, tais como os compostos presentes em sua composição e suas respectivas funções.

Em nenhum dos experimentos realizados pelos alunos observou-se a rachadura das cascas dos ovos. Os alunos logo concluíram que isso tem a ver com a consistência das cascas dos ovos utilizados e com o fato de que em todos os experimentos o ovo foi colocado em água fria e não em água fervente. Por causa disso, o único aspecto analisado pelos alunos nessa parte inicial dos experimentos foi a liberação de gases através da casca do ovo (vídeo 1). Com uma agulha, os alunos fizeram um furo na extremidade mais larga do ovo. Observaram que o número de bolhas é maior nessa extremidade do que em qualquer parte, como era de se esperar.

Conforme já discutido acima, para evitar a saída da clara pelas rachaduras da casca do ovo, uma alternativa é realizar o cozimento em meio ácido, com adição de sal e/ou vinagre. Optamos por testar o sal. O efeito sobre a clara não foi observado porque nenhum ovo teve a casca rachada. No entanto, o experimento resultou em uma observação que não havia sido prevista pelos professores, nem sua discussão fazia parte do planejamento da UEPS. Todos os grupos notaram que, ao colocar sal na água, demorou mais a aparecerem as bolhas. O Grupo 2 afirmou que "O sal interfere no tempo de cozimento do ovo." Eles não tinham elementos experimentais para fazer essa afirmação, que foi apresentada por uma aluna, cozinheira profissional. Ela sabia, de sua experiência na cozinha, que o sal eleva o ponto de ebulição da água, sem

conhecer esse conceito. A discussão em sala sobre essa questão foi muito enriquecedora.

Embora não estivesse prevista na UEPS, o professor aproveitou a oportunidade para fazer um experimento para demonstrar o efeito do sal no ponto de ebulição da água, reproduzido no vídeo 1, no tempo 0:46. Foi um reforço de autoestima visível no semblante dos alunos.

### **Bioquímica e termodinâmica do ovo cozido**

Inicialmente, cada grupo cozinhou um ovo seguindo um procedimento definido pelos seus componentes. Os procedimentos foram detalhadamente registrados em apontamentos e fotografias. Os apontamentos foram apresentados oralmente pelo líder do grupo. Depois de cozidos, os ovos foram descascados e cortados ao meio para o exame de sua textura. Em um processo dialógico, toda a classe discutiu os resultados obtidos pelos diferentes grupos.

Depois de realizarem e discutirem seus procedimentos usuais, os alunos passaram a realizar os procedimentos definidos na UEPS [28].

Os procedimentos experimentais definidos na UEPS envolveram a combinação de três variáveis: temperatura inicial da água, tempo de cozimento e tempo de resfriamento do ovo cozido. Ou seja, são procedimentos que simulam atividades de pesquisa científica, com definição de parâmetros relevantes e formas adequadas de controle. Todavia, como

se trata de um experimento pedagógico, não há necessidade de submeter os parâmetros envolvidos a uma ampla faixa de variação, nem de trabalhar com valores precisos. Por exemplo, as temperaturas são estimadas a partir do estado físico da água. Temperatura de água gelada, de água corrente e de água em ebulição. Da mesma forma, resfriamento rápido ou lento é determinado pelo esta-

do físico do ambiente no qual o ovo cozido é imerso. Resfriamento rápido se dá quando a água é gelada. Resfriamento menos rápido se a água é corrente e resfriamento lento se o ovo resfria ao ar. O importante em uma intervenção didática é que o experimento propicie a

**As situações-problema iniciais da UEPS emulam os procedimentos geralmente adotados por cientistas ao levantarem suas hipóteses e questões de trabalho no início de um projeto de pesquisa. Além desse objetivo emulador, as situações-problema servem para a definição daquilo que Ausubel chama de organizadores prévios, ou organizadores avançados**

**Os procedimentos experimentais definidos para o cozimento envolveram a combinação de três variáveis: temperatura inicial da água, tempo de cozimento e tempo de resfriamento do ovo cozido. As temperaturas são estimadas a partir do estado físico da água. Temperatura de água gelada, de água corrente e de água em ebulição. Resfriamento rápido se dá quando a água é gelada. Resfriamento menos rápido se a água é corrente e resfriamento lento se o ovo resfria ao ar**

apropriação conceitual pertinente, e que isso resulte em aprendizagem significativa.

Os experimentos anteriores mostraram que cozimento durante 15 min a partir da água fria deixa as proteínas da gema completamente desnaturadas. Vimos acima que as proteínas do ovo se desnaturam em temperaturas entre 61 °C e 82 °C. Portanto, teoricamente, se deixarmos um ovo em temperatura abaixo de 70 °C, suas proteínas não se desnaturam completamente, a menos que algo aconteça no ambiente em que ele se encontra, por exemplo, se mudar o pH, ou se houver vigorosa agitação.

Uma situação-problema foi definida para examinar essa questão. Sabe-se que as primeiras bolhas são liberadas pela água por volta de 70 °C. Então, se um ovo for deixado em água fervente sem borbulhar, suas proteínas terão dificuldade para se desnaturarem completamente. Os alunos fizeram três experimentos (usaremos as notações da UEPS):

A9a: Cozimento durante 10 min, após a água começar a borbulhar, com resfriamento em água corrente.

A9b: Repetir o procedimento A9a, com 15 min, com resfriamento em água corrente.

A9c: Cozimento durante 15 min com baixa temperatura, ou seja, temperatura inferior à temperatura de naturalização das proteínas da gema, com resfriamento em água corrente. Uma aproximação dessa temperatura pode ser alcançada colocando água fria sempre que as primeiras bolhas surgem na água. Isso faz com que a temperatura seja mantida em torno de 70 °C.

O experimento A9b serviu como controle, e como tal forneceu resultado similar àquele obtido na aula anterior. Um re-

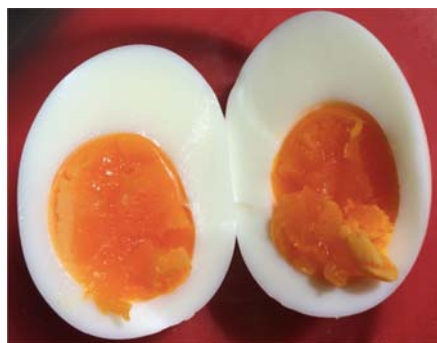


Figura 3: Textura de um ovo cozido em temperatura de aproximadamente 70 °C, durante 15 min.

sultado típico do experimento A9c é apresentado na Fig. 3.

O aspecto da gema na Fig. 3 sinaliza duas situações no processo de cozimento. A maior parte da gema tem coloração vermelha e textura gelatinosa, indicando que as proteínas não estão completamente desnaturadas. Uma pequena parte, observada na lateral esquerda da fotografia, tem coloração amarela clara, associada às proteínas desnaturadas. Ou seja, o procedimento de colocar água fria sempre que a água fervente começasse a borbulhar, de fato produziu temperatura média em torno de 70 °C. Outra conclusão importante extraída desse resultado é que, mesmo com longo tempo de cozimento (15 min), as proteínas não se desnaturam se a temperatura for inferior a 75 °C.

### **Bioquímica e termodinâmica do ovo pochê**

Os experimentos com o ovo pochê possibilitam ao mesmo tempo a exploração de várias questões importantes sobre a bioquímica e a termodinâmica envolvidas no cozimento e a discussão de questões relacionadas com o controle de variáveis no método científico.

Os parâmetros termodinâmicos que determinam os resultados bioquímicos são essencialmente temperatura e tempo. A rigor, será necessário ter algum equipamento para medir a temperatura, por exemplo, um termômetro. Mas, não tendo esse equipamento, o que fazer? Sabe-se que a temperatura depende das condições físico-químicas em que se dá o cozimento e sua elevação provoca efeitos visuais. Por exemplo, quando a água fervente começa a apresentar as primeiras bolhas, a temperatura está próxima de 70 °C. Quando ela entra em ebulição a temperatura é aproximadamente 100 °C. Então, temperatura entre 70 °C e 100 °C pode ser estimada pelo aspecto da água borbulhando. Por exemplo, para realizar um experimento em temperatura próxima de 70 °C, podemos usar o artifício de colocar água fria sempre que aparecerem as primeiras bolhas na água fervente.

No caso do ovo pochê com frigideira tampada, o único parâmetro controlável é o tempo, pois o ambiente de cozimento não é visível, a menos que a tampa da frigideira seja de vidro. Empiricamente, sabe-se que é possível controlar a textura da gema se o fogo for interrompido quando o vapor de água que ocupa todo o ambiente contiver quantidade visível de proteínas da clara

desnaturadas. Isso se manifesta pela presença que o vapor faz na tampa. Se a tampa for suficientemente leve, o efeito é visível. Se houver uma fresta entre a tampa e a frigideira isso é visível pelo vapor que escapa. Se não houver nem uma nem outra condição, o cozinheiro terá que determinar por tentativa e erro o momento em que o vapor contém proteínas desnaturadas. Em alguns dos nossos experimentos usamos como tampa uma frigideira menor, porque permite a visualização do estado físico-químico desejado.

Depois de interrompido o fogo, o ovo permanece no ambiente fechado durante um intervalo de tempo necessário para a obtenção da textura desejada. Deve-se determinar esse tempo empiricamente, ou seja, repetir o processo com diferentes tempos de resfriamento e observar a textura obtida. Por exemplo, texturas que consideramos interessantes foram obtidas com tempos de resfriamento entre 60 s e 120 s.

Portanto, esses experimentos com o cozimento de ovos possibilitam a discussão do que significa procedimento científico. Ou seja, no procedimento científico

há necessidade de definir as variáveis importantes do fenômeno sob investigação, os processos de medida e seus níveis de aproximação e as tentativas empíricas para

controlar as variáveis.

**Mesmo com longo tempo de cozimento (15 min), as proteínas da gema não se desnaturam se a temperatura for inferior a 75 °C**

### **Bioquímica e termodinâmica do ovo frito**

De modo similar ao caso do ovo cozido, na aula sobre o ovo frito os alunos fritaram ovos de acordo com procedimentos definidos por cada grupo. Considerando o que muitos cozinheiros classificam como ovos fritos *perfeitos*, nenhum grupo obteve bons resultados. Todos os ovos ficaram com as claras caramelizadas. Um dos grupos virou o ovo na metade do procedimento. Três grupos fritaram os ovos em menos de 2 min. Apenas um grupo ultrapassou esse tempo. Nesse caso, depois de 1,5 min eles furaram a gema e deixaram o ovo fritando por mais 2,5 min. Justificaram o furo para obter uma gema dura, mas a gema abriu e misturou-se com a clara. No vídeo 3 mostramos como obter gema intacta, com diferentes texturas.

Durante duas aulas os alunos realizaram experimentos com as receitas definidas na UEPS. Os três primeiros experimentos tiveram como objetivo discutir a questão da *clara queimada*. Conforme

discutimos no vídeo 3, essa caramelização é consequência da evaporação da água presente na clara. Isso implica em uma reação química do açúcar (sempre presente nos organismos biológicos) com as proteínas.

Durante os experimentos, os alunos aprenderam como obter ovo frito com gema intacta e com textura variando de cremosa a endurecida, mas não embranquecida. Ou seja, é possível obter uma gema dura com tonalidade na faixa do vermelho. Todos os ovos foram fritos misturando um pouco de água ao óleo fervente. Para obter uma clara livre de caramelização, o ovo pode ser retirado ao final de 3 min, ou ao final de 4 min, sendo que, neste caso, o fogo é mantido durante 2 min com a frigideira destampada, e o ovo permanece mais 2 min na frigideira tampada. Esse tempo de *descanso* com a frigideira tampada define a textura da gema. Outra possibilidade é manter a frigideira tampada durante todo o processo (vídeo 3).

Nesses experimentos com ovo frito, três parâmetros são muito importantes: temperatura, tempo e ambiente de cozimento. Diferentes valores e condições desses parâmetros definem a textura do ovo frito. Todavia, são as condições que definem o sabor o que mais interessou aos alunos. Discutiremos isso mais adiante, depois que discutirmos os aspectos mais aparentes e controláveis dos experimentos.

Os ovos foram fritos em dois ambientes diferentes. Um com a frigideira descoberta e o outro com a frigideira coberta. Portanto, duas condições de vapor sobre os ovos. Quando a frigideira é tampada, surge uma camada branca sobre a gema (vídeo 3, no tempo 3:58), resultante da desnaturação das proteínas da clara presentes no vapor. Isso não acontece quando a frigideira está descoberta porque o contato com o ar não permite que a temperatura superficial atinja o valor mínimo para a desnaturação das proteínas da clara, isto é, 60 °C.

A questão do sabor, que suscitou prolongada discussão durante a aplicação da UEPS, é um assunto antigo e complexo. Vem lá da Grécia de Aristóteles, mas nunca deixou de ocupar os *chefs* e cientistas modernos [22, p. 16-30, 23, p. 122-141]. Embora interessante e pertinente, não achamos conveniente abordar esse assunto, em toda a sua extensão, na UEPS que aqui estamos propondo. Apenas os aspectos mais relevantes do ponto de vista da

bioquímica e da termodinâmica foram tratados.

O sabor vem de uma reação bioquímica que se processa quando o alimento entra em contato com as nossas papilas. As células das papilas possuem receptores das moléculas *sápidas*, ou seja das moléculas que dão a sensação de sabor. Que moléculas são essas? São moléculas voláteis ou solúveis na água. Só é *sápida* a molécula que tem essas propriedades. Dito de outro modo, uma molécula só provoca

**Nesses experimentos com ovo frito, três parâmetros são muito importantes: temperatura, tempo e ambiente de cozimento. Diferentes valores e condições desses parâmetros definem a textura do ovo frito**

uma sensação de sabor se ela puder se ligar a receptores presentes na superfície de nossas papilas. É assim que se processa a reação bioquímica. Por exemplo, o sabor salgado vem principalmente por causa do íon sódio. O cloro, que forma o sal de cozinha (cloreto de sódio, NaCl), tem o papel de estimular os receptores, mas a reação que provoca a sensação de salgado é com o sódio. Da mesma forma, o vinagre, CH<sub>3</sub>COOH, provoca o sabor ácido por causa da reação dos receptores com íons de hidrogênio.

É importante ter em mente que o processo da sensação de sabor é mais complexo do que uma simples reação bioquímica. Ao lado da reação, o cérebro conta com o aroma para formar a sensação de sabor. É por isso que óleos e gorduras dão sabor aos alimentos. A maioria das moléculas aromáticas dissolve-se facilmente em óleos e gorduras, mas não em água [23, p. 132-141].

### Teste surpresa e testemunho dos alunos

Em uma das últimas aulas de aplicação da UEPS, o professor surpreendeu os 11 alunos presentes solicitando que escrevessem o que tinham aprendido até aquele momento. Os três melhores relatos são resumidamente apresentados a seguir.

#### Relato 1

O ovo contém proteínas e gorduras necessárias ao corpo humano. A composição do ovo é de cerca de 85% de água, e o restante é formado por proteínas. Quando o ovo é aquecido, as moléculas se movimentam mais rápido e os átomos de ferro da gema e de enxofre da gema começam a reagir. Quanto mais aquece o ovo, mais verde fica a gema. A casca do ovo quebra porque no aquecimento o ar dentro do ovo se dilata e essa dilatação pode romper a casca. Quanto mais se aquece maior

será a dilatação. Uma das propriedades da clara, por causa de suas proteínas é a de absorver o ar. Outro detalhe é que cada raça de galinha possui uma coloração diferente na casca do ovo. Agora comecei a compreender a ciência do ovo. A transmissão de calor e dilatação dos materiais e dos gases. As substâncias químicas e a biologia do ovo.

#### Relato 2

Com relação ao nutriente do ovo, nenhum ovo possui carboidratos. Ovo possui somente água (mais de 80%), gordura boa, muita albumina e ovomucina. Existe muita física no cozimento do ovo. Com certeza a propagação de calor. Pois o fogo conduz calor para a panela e a panela para água ou o óleo e assim por diante. A gema demora mais tempo pra cozinhar porque o calor específico dela é maior que o da clara (acho que é isso). A química também está presente no ovo. O ovo possui muito enxofre e ferro. A maior quantidade de nutrientes está na gema. Quanto mais vermelha for a gema maior é a quantidade de ferro. Com certeza a biologia também está. Lembrando que na formação da galinha e do ovo, ovo é o óvulo.

#### Relato 3

O ovo possui muito zinco, sódio e ferro. Todo o colesterol que está no ovo fica na gema. Esse colesterol não é tão perigoso. O ovo é praticamente água e proteína. O ovo auxilia também na perda de massa. Com relação ao cozimento do ovo, a clara cozinha aos 60 °C e a gema aos 70 °C. A biologia do ovo é fundamental. Nesse curso aprendi muita física e química. Apesar da minha idade. Entendi desnaturação, dilatação, propagação, substâncias químicas, proteínas, enzimas, lipídeos, fenômenos físicos e químicos utilizando o ovo. Muito bom. É muito importante juntar a minha prática na cozinha com a teoria da ciência.

#### Comentários finais

Na última aula do curso, o professor solicitou que os grupos respondessem as questões que lhes foram apresentadas no início da aplicação da UEPS. As respostas na íntegra são apresentadas na dissertação de FRS [28], mas achamos interessante destacar algumas delas, pela relevância que têm como indicadoras do nível de aproveitamento da turma. Por exemplo, o Grupo 4 relatou:

Dizer o que é um ovo perfeito ou fazer um ovo perfeito é complicado. Depende muito de quem faz ou de quem saboreia. A primeira dica é vedar a panela e manter a temperatura. O ar influencia (é o que a gente acha). Outro detalhe é o tipo de panela (faz a diferença). A gente percebeu que o ovo deve ficar com a gema nem mole e nem dura. Pois fica mais saborosa e esteticamente bonita (é a nossa opinião).

Os grupos 1-3 apresentaram respostas muito interessantes sobre o porquê da eventual rachadura da casca do ovo durante o cozimento:

Grupo 1: Quando a gente aquece a água, o que é relativamente rápido, ocorre um choque térmico com o ovo. A casca é delicada e acaba trincando. A clara não está cozida e acaba escorrendo para fora do ovo, o que explica a bagunça que se forma dentro da panela.

Grupo 2: Ocorre a expansão térmica. A clara e a gema que estão dentro da casca, como tudo que é aquecido vão se expandir, ou seja, vão aumentar de volume ao se solidificar. Porém, a casca do ovo não se expande da mesma forma. Isso faz com que a casca muitas vezes rache.

Grupo 3: A parte mais larga do ovo contém ar. Se esse ar tiver como escapar, vai sobrar mais espaço para gema e para clara. Então, com o aquecimento ocorre a dilatação e o ovo não racha porque terá espaço para a gema e para a clara.

Sobre a função do calor no cozimento, o Grupo 3 respondeu:

O calor do cozimento faz com que as moléculas de albumina e as outras proteínas que compõem o ovo se desnaturem. O calor rompe as ligações químicas das moléculas do ovo.

Com a aplicação dessa UEPS para abordar tópicos de bioquímica e termodinâmica na Educação de Jovens e Adultos (EJA), estamos convencidos da exequibilidade de projetos pedagógicos interdisciplinares dirigidos a essa população, tendo como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, com elementos importantes da concepção freireana para o ensino de adultos, bem como das ideias de Vygotsky para o processo de socialização durante a aprendizagem. Os alunos apropriam-se de conceitos importantes para o seu cotidiano, de um modo lúdico que supera o cansaço de um dia de

trabalho, e tomam conhecimento por meio de exercícios práticos de noções do método científico.

### Nota

<sup>1</sup><https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=bolhas-saem-da-agua>.

### Referências

- [1] Unesco, *3rd Global Report on Adult Learning and Education* (Institute for Lifelong Learning, Hamburg, 2016).
- [2] M.C. Di Pierro, *Cadernos de Pesquisa* **38**, 1 (2008)
- [3] G.A.S. Moretti, *Youth and adult literacy and education: a good practice analysis*, 2016. Disponível em <https://ideas.repec.org/p/ipc/pbrief/56.html>, acesso em 19/4/2019.
- [4] P. Freire, *Educação e Mudança* (Paz e Terra, São Paulo, 2008), 31st ed.
- [5] L.S. Vygotsky, *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes* (Harvard University Press, Cambridge, 1978).
- [6] D.P. Ausubel, *J. Teach. Educ.* **14**, 217 (1963).
- [7] D.P. Ausubel, *Psychol. Schools* **6**, 331 (1969).
- [8] M.A. Moreira, E.F.S. Masini, *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel* (Moraes, São Paulo, 1982).
- [9] K. Espíndola e M.A. Moreira, *Experiências em Ensino de Ciências* **6**, 55 (2006).
- [10] M. Lambach e C.A. Marques, *Investig. em Ensino Ciências* **14**, 219 (2009).
- [11] D.B.A. Lima, *Sequência Didática para Ensino de Alguns Conceitos de Física Térmica para Aluno do Ensino Médio na Modalidade EJA*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2015.
- [12] W.S. Martins, *Educação de Jovens e Adultos: Proposta de Material Didático para o Ensino de Química*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2007.
- [13] D.W. Merazzi e E.R. Oaigen, *Amazônia - Rev. Educ. em Ciências e Matemática* **3**, 1 (2006).
- [14] C. Muenchen e D. Auler, *Ciência Educ.* **13**, 421 (2007).
- [15] R. Vilanova e I. Martins, *Ciência Educ.* **14**, 331 (2008).
- [16] E.E.L. Ramos e C.A. Queiroz, *Rev. Técnico-Científica do IF-SC* **1**, 35 (2012).
- [17] L. Rekovsky, *Física na Cozinha* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- [18] K.V. Thompson *et al.*, *CBE-Life Sci. Educ.* **12**, 162 (2013).
- [19] I.F. Costa, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **17**, 180 (1995).
- [20] A.C.F. Moisés, *Física no Cotidiano: Da Cozinha para a Sala de Aula - Relato de uma Experiência Didática no Município de Limoeiro do Norte (CE)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.
- [21] J.R. Pimentel e P. Yamamura, *Física na Escola* **5**, 26 (2004).
- [22] H. This, *Um Cientista na Cozinha* (Ática, São Paulo, 1996).
- [23] L. Fisher, *A Ciência no Cotidiano* (Jorge Zahar, Rio de Janeiro 2004).
- [24] A. Pifer and K.M. Aurani, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **37**, 1603 (2015).
- [25] D. Golombek e P. Schwarzbaum, *O Cozinheiro Cientista: Quando a Ciência se Mete na Cozinha*. (Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 2009).
- [26] P. Bocuse, *Bocuse em Sua Cozinha* (Ediouro, Rio de Janeiro, 2009).
- [27] M.A. Moreira, *Aprendiz. Significativa em Rev.* **1**, 43 (2011).
- [28] F.R. da Silva, *Proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para Abordar Tópicos de Bioquímica e Termodinâmica na Educação de Jovens e Adultos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural do Semiárido, 2018.
- [29] D.P. Ausubel, *J. Educ. Psychol.* **51**, 267 (1960).
- [30] T.S. Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas* (Perspectiva, São Paulo, 1975).
- [31] M.R. Matthews, *Cad. Catarinense Ensino Física* **12**, 164 (1995).
- [32] A. Vilas Boas, M.R. Silva, M.M. Passos e S.M. Arruda, *Cad. Bras. Ensino Física* **30**, 287 (2013).

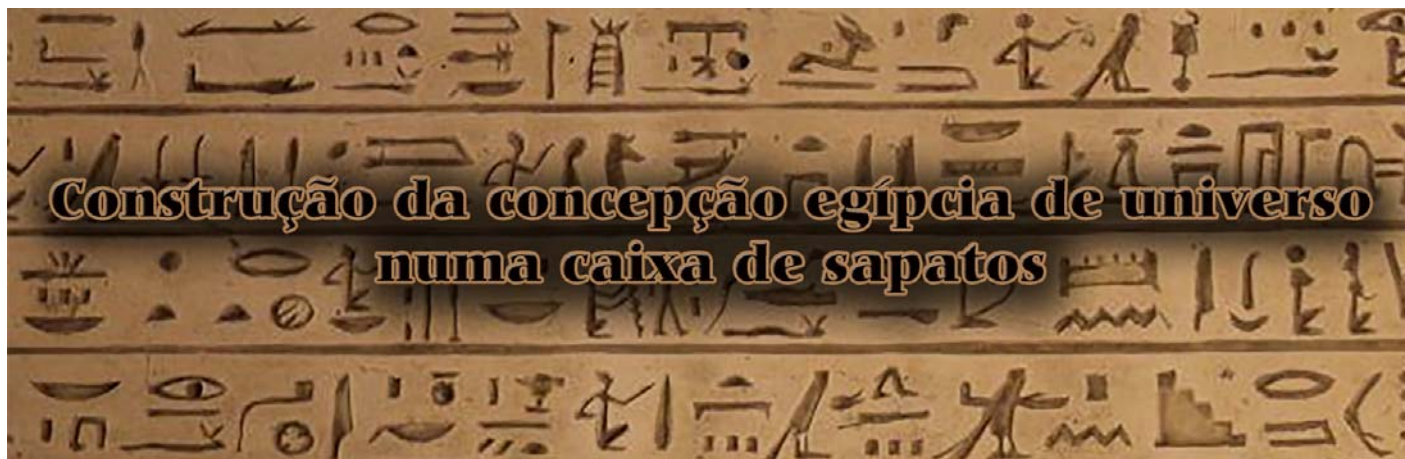
### Outras fontes

Vídeo 1: [https://www.youtube.com/watch?v=jgF9sTft\\_FA&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=jgF9sTft_FA&feature=youtu.be)

Vídeo 2: <https://www.youtube.com/watch?v=5U9WXk3iRWI&feature=youtu.be>

Vídeo 3: [https://www.youtube.com/watch?v=DGbX\\_rHFCeo&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=DGbX_rHFCeo&feature=youtu.be)

Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Molecular\\_gastronomy](https://en.wikipedia.org/wiki/Molecular_gastronomy)



.....

**Daniel Trevisan Sanzovo**

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus de Jacarezinho, Colegiado de Matemática, Jacarezinho, PR, Brasil  
E-mail: dsanzovo@uenp.edu.br

**Vanessa Queiroz**

Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil

**Juliana Romanzini**

Coordenadora do Planetário CEDAI, Jabuti, Londrina, PR, Brasil

**Cleiton J. Benetti Lattari**

Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA), Assis, SP/UniFil, Londrina, PR, Brasil

**Andressa Trevisan Bruno**

Secretaria da Educação do Estado do Paraná, CEEBJA Herbert de Souza, Londrina, PR, Brasil

**Rute Helena Trevisan**

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Física, Londrina, PR, Brasil

.....

Neste trabalho propomos uma prática de educação em astronomia por meio da construção da concepção egípcia de universo, resultado de um estudo da cosmogonia dos egípcios relacionada ao tema. Abordamos, de forma lúdica, os conceitos científicos relacionados a essa concepção, bem como as influências culturais, religiosas, místicas, sociais e históricas relevantes. Ao longo do trabalho tentamos destacar, por meio de relatos bibliográficos e representações, os principais componentes da concepção estudada e desenvolver atividades práticas que propiciem uma melhor compreensão dos conteúdos tratados. A prática de cosmogonia egípcia desenvolvida constrói o “Mundo” dos Egípcios numa caixa de sapato, conforme o conceito da época.

## Introdução

**A**o longo de nosso trabalho com temas de astronomia, foi possível perceber que ainda hoje as pessoas, em geral, têm dúvidas quando falamos do movimento do Sol e dos planetas, ou ainda quando pedimos para representarem o planeta Terra e os pontos cardeais. Além disso, os professores poderiam introduzir a astronomia em outros ramos do saber, como fator diferencial para o interesse e curiosidade dos alunos. Em geografia, por exemplo, podem ser introduzidos os pontos cardeais, a identificação geográfica; em história, filosofia e ciências, os pensamentos e concepções de universo dos povos antigos.

Isso nos motivou ao desenvolvimento de uma representação do pensamento dos egípcios por meio de uma cultura *maker*. Com a utilização de materiais de fácil acesso e baixo custo é possível desenvolver uma maquete representando a visão de mundo dos antigos egípcios. Com as diversas aplicações ao longo dos últimos anos, com diferentes públicos, foi possível perceber que a presente proposta sempre os enriquecia com detalhes importantes estudados ao longo da explanação e envolvia os participantes a buscar informações no céu, por meio de observações do movimento do Sol e das estrelas.

A cosmogonia é uma rica parte da astronomia que aborda uma série de mistérios considerados sagrados pelo homem desde a antiguidade mais remota [1]. Partindo do contexto de que o uso da astronomia nas atividades escolares do ensino de ciências no Ensino Fundamental serve como apoio para o aprendizado dessa e das ciências em geral [2], propomos neste trabalho um estudo de concepções antigas, em especial o pensamento egípcio,

que pode ser desenvolvido praticamente em todos os níveis de ensino, seja com os professores – em sua formação inicial e continuada, já que as diversas abordagens errôneas apresentadas nos livros didáticos [3-6] e a própria dificuldade no aprendizado da ciência desmotiva o seu ensino em sala de aula –, seja com alunos em disciplinas como ciências, geografia, história e filosofia, tornando as atividades acadêmicas mais agradáveis e estimulantes. O uso de temas de interesse como a astronomia e atividades lúdicas relacionadas a ela [7-9] servem justamente para suprir

as dificuldades encontradas no ensino das referidas disciplinas, em especial das ciências, nos níveis fundamental e médio, preparando melhor

os participantes em questão.

**A cosmogonia é uma rica parte da astronomia que aborda uma série de mistérios considerados sagrados pelo homem desde a antiguidade mais remota**

## Os egípcios

Na região da Mesopotâmia (que atualmente corresponde à região oeste e sudoeste do Iraque), na estreita faixa que rodeava o rio Nilo, surge a civilização egípcia, entre 4000 e 3000 a.C. A lama que se acumulava nessas terras facilitou a agricultura. O Nilo possuía um ritmo previsível em que suas cheias eram regulares, sem causar desastres, de modo que o povo egípcio conseguia estabelecer um padrão para o ano agrícola. Desse modo, a civilização egípcia tornou-se uma das mais avançadas na época. Esse povo tornou-se famoso pelas colossais construções em pedra bruta, as pirâmides, e sua história ficou muito bem retratada nas figuras e na forma de escrita chamada hieroglífica, mostrada na Fig. 1.

## A astronomia dos egípcios

Os egípcios não desenvolveram tantas habilidades na área da astronomia como os babilônios, mas deixaram algumas evi-



Figura 1: Escrita hieroglífica. Os egípcios registraram muitos acontecimentos de sua cultura por meio dos símbolos. (Fonte: <https://pt.freeimages.com/photo/hieroglyph-1-1501446>, acessado em 10/08/2018).

dências de que os astros marcavam suas vidas sociais, mesmo estes sendo ligados às divindades em que acreditavam. Existem alguns registros de atividade astronômica, porém com pouquíssimos dados, como o de Amenhope (1100 a.C.), em que constam somente cinco constelações e nenhuma referência a planetas.

A religião egípcia era composta de várias divindades, sendo as principais relacionadas aos corpos celestes. Com isso, houve um grande esforço em se determinar o instante e o local em que eles surgiriam no céu, e a partir daí segue-se a divisão do dia e da noite em 12 seções cada e a formulação de um calendário lunar contendo 30 dias e um solar contendo 12 meses. O Sol era representado pelo deus Rá, a divindade mais poderosa, e a observação do astro era uma das mais importantes. Tais observações levaram à determinação dos solstícios, ou seja, os posicionamentos de retorno do Sol mais ao norte e mais ao sul, constituindo assim a base para a formulação da cosmogonia egípcia.

### **A origem do mundo segundo a concepção egípcia**

A religião dos antigos egípcios era, como a dos babilônios, politeísta, e tinha como principal objetivo alcançar o mundo imutável, por isso aconteciam os rituais de mumificação, em que as riquezas eram guardadas com os mortos para que

pudessem desfrutar delas na vida posterior. Os deuses tinham formas de animais e pessoas, e os ritos a eles atribuídos eram recompensados por boas colheitas e auxílio nas guerras. Ela está registrada nos textos das pirâmides, que são a maior coleção de composições religiosas egípcias. A Fig. 2 mostra dois dos deuses cultuados pelos egípcios.

A cosmogonia dos egípcios não era oficial, pois se acreditava que era muito misteriosa para ser explicada sempre nos mesmos termos [10]. O Rio Nilo, por se



Figura 2: (a) Rá, o deus Sol, e (b) Anúbis, dois dos vários deuses cultuados pelos egípcios. (Fontes: (a) [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_deity](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_deity), (b) <https://en.wikipedia.org/wiki/Anubis>, acessados em 10/08/2018).

estender por aproximadamente 2.000 km dentro do deserto e entretanto oferecer um vale fértil de algumas centenas de quilômetros de largura, desempenha um papel importante na visão de mundo egípcia. Como eles dependiam da fecundidade de sua enchente anual, a repetição cíclica de suas cheias era entendida como indício de que nada no universo era novo, e sim repetido indefinidamente em ciclos [11]. De acordo com a mitologia de Heliópolis, um subúrbio da zona norte do Cairo, o princípio fundamental da cosmogonia egípcia eram as águas primordiais (Num), que dominavam todo o universo, já que cabia ao Nilo a fertilidade da terra. As águas eram a matéria básica do universo e todos os viventes dependiam delas.

O deus Atum era considerado o completo, a Colina Primordial. No princípio, Atum era solitário no universo. Era um deus bissexual, como mostram os textos funerários, “aquele grande Ele-Ela”. Cria então, por meio de cusparadas, os primeiros seres, seus filhos Shu (vida) e Tefnut (ordem). A Fig. 3 ilustra esses deuses primordiais.

Atum desejava um lugar para descansar e o Abismo lhe disse que ele deveria levar sua filha ao nariz, ou seja, beijá-la, enquanto Shu o erguia. Isso dá alusão de que a organização básica do universo era uma combinação de Atum, Shu (vida) e Tefnut (ordem cósmica). Seguindo a cosmogonia heliopolitana, Shu e Tefnut geraram Geb (Terra) e Nut (Céu). Os dois também eram um só, mas Shu amava tanto Nut, que teve ciúmes dela com Geb e separou-a dele. Na forma de ar, Shu levanta Nut nas alturas com seus braços (Fig. 4). Nut gera então as estrelas (Fig. 4). Nut gera então as estrelas, que navegavam em seu ventre. Esse mito está registrado nas pinturas dos sarcófagos. A

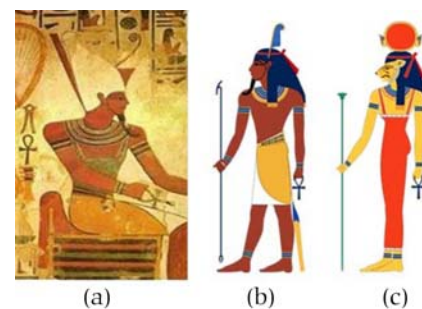


Figura 3: O deus Atum (a) cuspiu Shu (b) e Tefnut (c), respectivamente os deuses da vida e da ordem. (Fontes: (a) <https://en.paperblog.com/egyptian-gods-and-goddesses-atum-797245/>, (b) <https://pt.wikipedia.org/wiki/Shu>, (c) <https://pt.wikipedia.org/wiki/Tefnut>, acessados em 10/08/2018).





Figura 4: Nut e Geb são separados por Shu, formando o céu e a terra. (Fonte: <http://www.shira.net/egypt-goddess.htm#Nut>, acessado em 10/08/2018).

referência mais antiga ocorre nos textos das pirâmides.

### Concepção egípcia de universo

O universo, segundo a concepção dos egípcios, tinha forma retangular, como uma caixa de sapatos, na qual o percurso do rio Nilo era descrito ao longo do maior lado. O fundo da caixa era ocupado pela Terra, sendo o Egito situado bem ao centro. O céu, que seria a tampa da caixa, era a morada dos deuses, construído em ferro, e os deuses sustentavam as estrelas com as mãos. Em cada um dos quatro cantos da caixa havia uma montanha que sustentava o céu. Essas montanhas indicavam também os pontos cardeais e eram interligadas por cadeias de montes.

Todos os dias, o Sol era transportado ao longo do Nilo em uma barca, partindo do leste em direção a oeste durante o dia, e de oeste para leste durante a noite, através de um rio subterrâneo. Nos períodos de cheias (verão), o barco transbordava, fazendo com que o Sol navegasse fora do leito normal, e por isso subia mais alto no céu. Algumas vezes, ocorria que a barca era atacada por uma serpente, e o Sol era repentinamente apagado (alusão aos eclipses do Sol). A Lua, por sua vez, agonizava durante a fase minguante [11]. A concepção de universo dos egípcios está ilustrada na Fig. 5.

### Sugestões de aplicação

Conforme o nível de ensino pretendido, seja na formação de professores

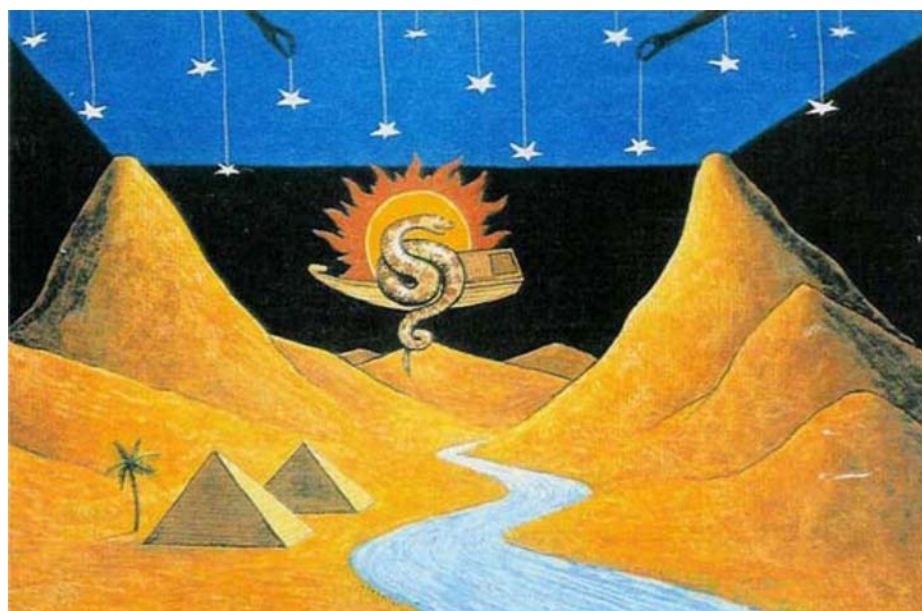


Figura 5: Concepção de mundo de acordo com os egípcios. O Egito ficava no centro do mundo e o céu era a morada dos deuses. (Fonte: Adaptado da Ref. [11, p. 70]).

(inicial ou continuada), em sala de aula no Ensino Fundamental ou Médio, propõe-se a construção da maquete juntamente com discussões acerca da visão do universo antigo e atual e a disciplina em que está sendo aplicada (geografia, história, matemática, ciências, física, dentre outras). Como exemplos, pode ser utilizada numa aula de ciências do ensino fundamental em que se esteja trabalhando visões de universo, numa aula de Ensino Médio de física em que se discuta observação do céu (noturno ou diurno) ou ainda numa aula de formação continuada de professores de ciências em que se ministra o tema sobre a ciência e sua evolução ao longo do tempo.

### Materiais necessários

- Caixa de sapatos
- Tinta guache
- Fita adesiva
- Pincéis
- Linha
- Argila
- Canetinhas coloridas
- Massa de modelar
- Lápis
- Tesoura
- Palitos de dente
- Régua
- Areia
- Plástico na cor azul
- Cartolina

### Procedimentos práticos

Recorte um dos menores lados da caixa de sapatos com tesoura (Fig. 6a). Com tinta guache preta, pinte toda a parte de dentro da caixa (Fig. 6b).



Figura 6: (a) Recortando e (b) pintando o suporte.



Figura 7: (a) As quatro montanhas e (b) moldando o rio Nilo.

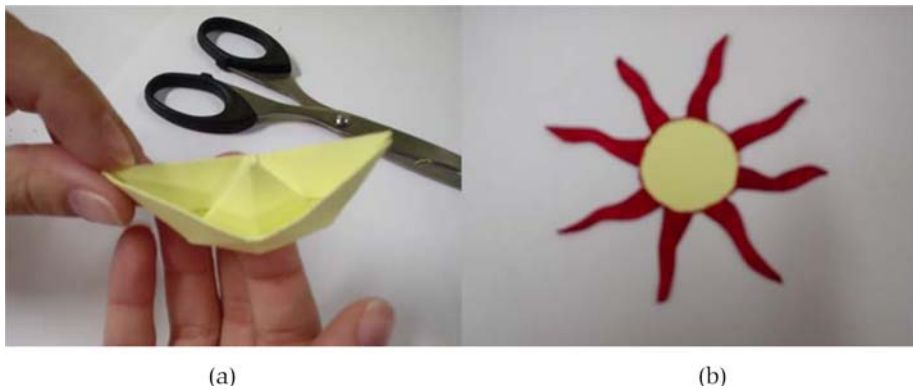


Figura 8. (a) O barco e (b) o Sol.



Figura 9: (a) Montando o Sol sobre o barco e (b) as mãos dos deuses e as estrelas.

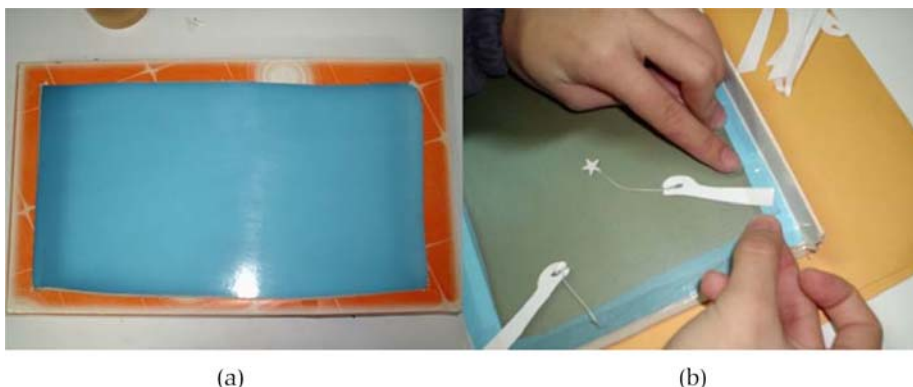


Figura 10: Montando (a) o céu azul e (b) as estrelas nas mãos dos deuses.

Cubra a caixa com argila, formando uma paisagem com quatro montanhas e jogue areia por cima da argila, para representar as terras do Egito, como na Fig. 7a. Molde duas pequenas pirâmides de argila ou de massa de modelar, uma árvore e uma cobrinha. Reserve. Coloque as pirâmides na caixa e molde o rio Nilo com massinha azul, como na Fig. 7b.

Faça um pequeno barquinho de papel (Fig. 8a), desenhe em uma cartolina um Sol, recorte e pinte os raios com canetinha (Fig. 8b).

Cole o Sol no barquinho, prendendo um dos raios com fita adesiva, e posicione a cobrinha logo à frente dele, como na Fig. 9a. Desenhe na cartolina por volta de 20 mãozinhas e estrelinhas, recorte e reserve, conforme ilustrado pela Fig. 9b.

Recorte o fundo da tampa da caixa de sapatos e cole, com fita adesiva, o plástico azul pelo lado de dentro da tampa (Fig. 10a). Cole com fita adesiva, em uma extremidade de um pedaço de linha, uma estrela e na outra, uma mãozinha, e disponha as mãozinhas em torno do plástico da tampa, colando-as com fita adesiva, como na Fig. 10b. Cole um pedaço de linha em cada uma das extremidades do barquinho e fixe o mesmo dentro da caixa, de modo que fique pendurado no centro dela (Fig. 11).

Agora, cubra a caixa com a tampa, fazendo com que as mãozinhas fiquem para o lado de dentro. Está pronta a concepção de mundo dos egípcios, conforme ilustrado pela Fig. 12.

### Considerações finais

O contexto deste artigo traz uma compreensão maior de como era visto o universo pelos povos antigos, mais precisamente os egípcios. Diante da proposta acima, pode-se construir uma linha interdisciplinar com disciplinas como geografia, matemática, física e história, podendo mesmo trabalhar processos de transversalidade na discussão de ideias e na construção de maquetes em sala de aula, além de poder ser utilizada como



Figura 11: O barquinho no céu.

estímulo em aulas práticas de astronomia, motivando os participantes a observarem o céu diurno e noturno.

Espera-se, com o presente trabalho, que os professores sejam motivados a trabalhar o ensino de ciências dentro de um contexto interdisciplinar e histórico, de maneira que os conceitos sejam concretizados em forma de maquetes, estabelecendo assim um elo entre o aprendizado teórico e os fatos substanciais, para que a experiência do fazer, construir, venha contribuir para a construção das ideias edificadas durante o aprendizado.

Figura 12: O universo dos egípcios.



### Nota

A argila e areia podem ser substituídas por papelão e papel craft (papel de pão), assim como o rio pode ser pintado com tinta guache. Entendemos que as possibilidades são infinitas, basta uma primeira iniciativa para que se desperte o artista que há nos alunos. A Fig. 13 ilustra o modelo realizado conforme a sugestão desta nota.



Figura 13: O universo dos egípcios - outros materiais.

### Referências

- [1] J.P. Verdet, *O Céu, Mistério, Magia e Mito* (Objetiva, Rio de Janeiro, 1987).
- [2] S.M. Bisch, in: *Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Belo Horizonte, 1997, p. 643.
- [3] P. Amaral e C.E.Q.V. de Oliveira, *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* 12, 31 (2011).
- [4] J.B.G. Canalle, R.H. Trevisan e C.J.B. Lattari, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 14(3), 254 (1997).
- [5] R. Langhi e R. Nardi, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 24(1), 87 (2007).
- [6] R.H. Trevisan, C.J.B. Lattari e J.B.G. Canalle, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 14(1), 7 (1997).
- [7] P.S. Bretones (org.), *Jogos para o Ensino de Astronomia* (Editora Átomo, Campinas, 2014), 2ª ed.
- [8] J.B.G. Canalle e I.A.G. de Oliveira, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 11(2), 141 (1994).
- [9] D. Trevisan Sanzovo, V. Queiroz e R.H. Trevisan, in: M.D. Longhini (orgs.), *Ensino de Astronomia na Escola: Concepções, Ideias e Práticas* (Editora Átomo, Campinas, 2014), cap. 6, p.105-124.
- [10] R.T.R. Clark, *Mitos e Símbolos do Antigo Egito* (Hemus Editora, São Paulo, 1986).
- [11] O.T. Matsuura, *Atlas do Universo* (Editora Scipione, São Paulo, 1996).



.....

**Juliana M. Hidalgo**

Departamento de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil

E-mail: julianahidalgo@fisica.ufrn.br

**Dory Hélio Aires de Lima Anselmo**

Departamento de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil

E-mail: doryh@fisica.ufrn.br

.....

### Considerações iniciais

**R**ecentemente, nas eleições presidenciais, os brasileiros se depararam com uma avalanche de *fake news* transmitidas em redes sociais, especialmente pelo aplicativo WhatsApp. A velocidade de propagação de boatos na Web foi espantosa [1]. O fenômeno chamou a atenção de veículos de comunicação que passaram a se dedicar a examinar o conteúdo das mensagens disparadas em bloco. “Fato ou Fake?” – assim uma parceria das principais agências de checagem do país intitulou a iniciativa que levou a quase um milhar de verificações sobre boatos disseminados e frases veiculadas por políticos.<sup>1</sup>

“É ponto pacífico que a competência em informação é uma ferramenta essencial para a construção de uma sociedade livre e democrática, na qual os indivíduos possam fazer escolhas mais conscientes que am-

pliem a autonomia do curso de suas vidas” [2]. A “viralização” dos boatos preocupa a sociedade civil organizada. Por isso, ao mesmo tempo em que as *fake news* se proliferam, vêm se propagando indicações gerais à sociedade sobre como separar notícias falsas de verdadeiras. São apontadas dicas como considerar a fonte, verificar a autoria e consultar especialistas [3]. A desinformação é combustível para o consumo de notícias falsas, cuja validação se dá pelo compartilhamento desenfreado entre amigos nas redes sociais. Chama-se a atenção para o fato de que a proliferação dessas notícias não é fruto apenas da tecnologia, mas sim também resultado da ação de multidões de pessoas reais [1].

Muitas vezes, nota-se que a possibilidade de perceber por conta própria que

determinadas notícias são na realidade *fake news* está intrinsecamente relacionada a uma formação escolar mais crítica do cidadão. Essa percepção poderia frear a propagação acrífica de determinados boatos. É preciso “preparar os sujeitos para lidarem apropriadamente com a informação” [4], tendo em vista que “compartilhar informações via mídias sociais tornou-se algo trivial, sobretudo para a geração de nativos digitais” [5].

O tema *fake news* e a ciência, em particular, vem recebendo atenção crescente em publicações [6–7]. Chegamos, então, ao ponto abordado pelo nosso pequeno artigo: o surgimento e a propagação de *fake news* relacionadas à ciência, e o que se pode fazer a respeito. A partir de um exemplo recente, sugerimos que uma formação cultural científica mais crítica, voltada à cidadania, pode colaborar com o combate à disseminação de determinados boatos. O exemplo

abordado permite refletir, ainda, sobre a importância de uma atuação mais cuidadosa e responsável dos meios de comunicação na consulta aos cientistas e na intermediação da fala desses especialistas à sociedade.

### Vazamento radioativo em Natal!?

#### Nas redes sociais...

Reproduzimos na Fig. 1 um diálogo real,<sup>2</sup> ocorrido no aplicativo WhatsApp, entre pessoas residentes em Natal (RN) em fins de outubro de 2018.

O que significam tais comentários?

O conteúdo do diálogo demonstra o alarme disparado nas redes sociais frente a uma *suspeita de vazamento radioativo no aparelho de raios X* no antigo Hospital Papi,

**Nas últimas eleições presidenciais, o número de fake news e sua velocidade de propagação foram tão grandes que os veículos de comunicação começaram a examinar e comentar o conteúdo dessas mensagens disparadas em bloco**

O presente artigo tem por objetivo chamar a atenção para o risco que a falta de uma formação cultural científica oferece, falta esta que serve de combustível para a propagação de *fake news* relacionadas à ciência. Ilustramos o problema com um caso real de *fake news* ocorrido na cidade de Natal, RN. Sugerimos uma atividade didática que toma como ponto de partida a notícia disseminada. A atividade propõe que, a partir de conteúdo previsto para aulas de física do Ensino Médio, os estudantes sejam estimulados a assumir uma postura crítica e ativa em relação às referidas *fake news*. A iniciativa visa capacitá-los e incentivá-los a produzir respostas para o problema colocado em seu contexto sociocultural. Ações nesse sentido podem colaborar com o combate à disseminação de determinados boatos relacionados à ciência.

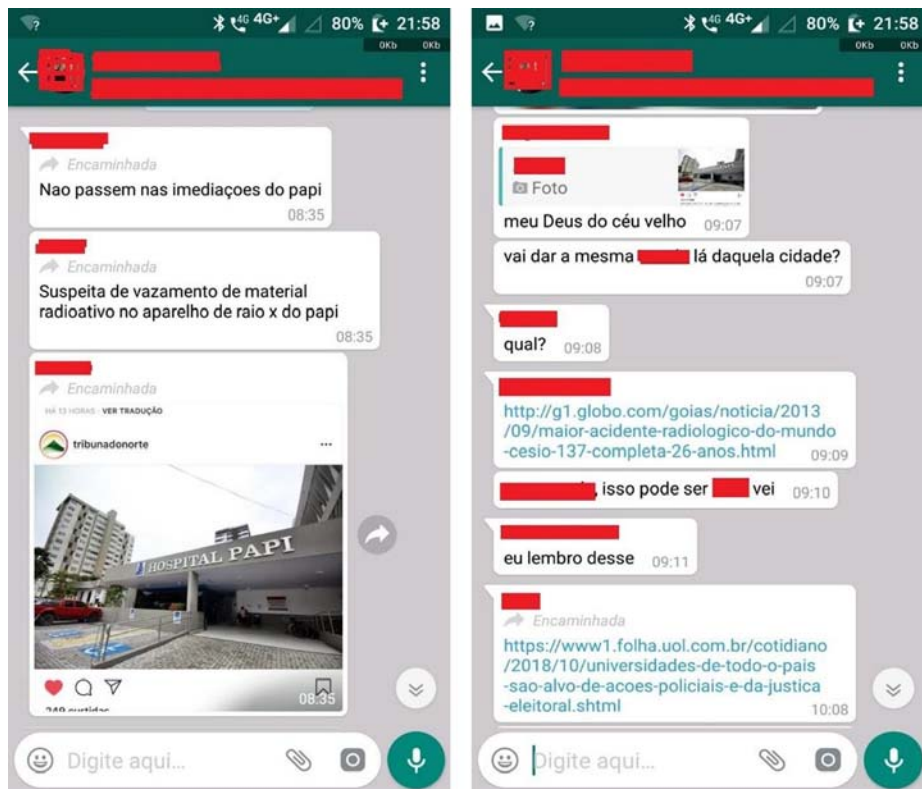


Figura 1: Diálogo sobre a notícia, ocorrido em um grupo de WhatsApp.

cujas instalações, na região central da cidade de Natal (RN), encontram-se desativadas, embora guardem equipamentos da época de funcionamento.

Os comentários alertam para que as pessoas não circulem nas imediações do hospital. Os indivíduos se recordam do acidente com a cápsula de Césio 137, ocorrido em fins da década de 1980, mostrando-se assustados face à situação. Um deles registra (no trecho em azul) o *link* para uma reportagem do Portal de Notícias G1 a respeito do aniversário de 26 anos de ocorrência do “maior acidente radiológico do mundo”.

Houve, de fato, uma recomendação oficial para que as pessoas se afastassem do local? Havia suspeitas de um vazamento radioativo?

O que originou a propagação desse conteúdo alarmista?

Observa-se que a mensagem de alerta no grupo de WhatsApp vinha com encaminhamento de uma postagem no Instagram do jornal *Tribuna do Norte* sobre o risco (mas não suspeita) de acidente radioativo após roubo de peças de um aparelho de raios X.

Veremos a seguir que o episódio foi *fake news*. Nesse caso, particularmente, não houve a fabricação e a divulgação de uma notícia falsa de modo premeditado, intencional. Por outro lado, a notícia falsa teve sua origem, divulgação na imprensa

e disseminação pelo WhatsApp decorrentes da ausência de informações adequadas relacionadas a conhecimentos científicos básicos.

### Na imprensa

Em 24 de outubro de 2018, o Tribunal Regional do Trabalho (TRT) de Natal emite um despacho a ser cumprido com urgência, com força de mandado. Oficia-se em urgência a Comissão Nacional de Energia Nuclear acerca da situação. O despacho fala em “violação ao equipamento de raios X”. E, em seguida, passa a um discurso que alerta para o *risco de acidente radiológico no Hospital Papi, evi-*

*denciando que o equipamento contém Césio:*

[...] sendo de extrema gravidade *eventual vazamento da sua substância radioativa, o Césio*, o que acarretaria sérias consequências para a saúde das pessoas que tiverem contato com esse material, inclusive com repercussão no entorno do imóvel e até em outras áreas da cidade, o que necessita de imediata providência (ênfase nossa) [8].

O referido despacho (ver Fig. 2) é mostrado ao público em notícia intitulada “Justiça alerta proprietários do antigo Hospital Papi sobre risco de acidente radioativo”, publicada prontamente, em 25 de outubro de 2018, no jornal *Tribuna do Norte*, de grande visibilidade na cidade de Natal [8].

Segundo a notícia veiculada, as instalações do hospital vêm sendo alvo de moradores de rua e viciados em drogas interessados na venda de peças de equipamentos médicos. Em visita de rotina, um oficial de justiça constatou o furto de peças de aparelho de raios X, o que motivou “as medidas preventivas e urgentes adotadas pelo judiciário” [8].

Em trecho subsequente, o jornal, ao buscar tranquilizar os leitores, reforça que *há fonte radioativa no aparelho*, mas que a inexistência de risco nesse sentido se faz na medida em que as pessoas não tiveram acesso a essa fonte:

Não há, por enquanto, qualquer constatação de que essas pessoas tenham tido acesso ao componente *onde fica armazenada a fonte radioativa usada no aparelho* [...] (ênfase nossa) [8].

Há um equívoco central no início de

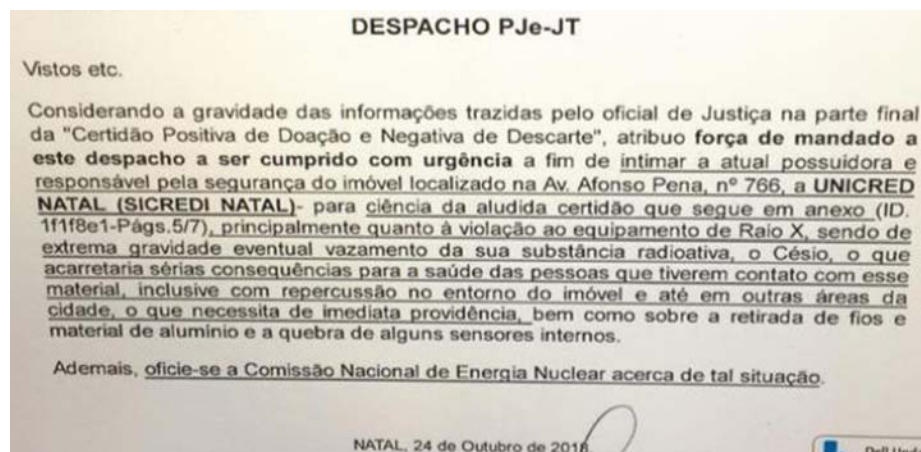


Figura 2: Despacho do TRT de Natal acerca de vistoria no antigo hospital. Fonte: Ref. [8].

tudo esse contexto, uma vez que um aparelho de *radioterapia*, como o manipulado e aberto por catadores de papel em Goiânia, na década de 1980, conteria Césio, cuja manipulação levaria a um acidente radioativo.

Por outro lado, um aparelho de raios X não contém esse tipo de substância, e, portanto, não apresentaria risco nesse sentido, ao contrário do que foi registrado pelo oficial de justiça. Assim, a notícia veiculada na *Tribuna do Norte* reforça e dissemina a visão equivocada de que o equipamento de raios X continha uma substância radioativa.

É relevante destacar que o jornal consultou por meio de conversa telefônica um cientista, físico do Departamento de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, a respeito de possíveis riscos. Ao afirmar que “não apresenta riscos em relação a material radioativo” [8], o físico tentou esclarecer que o equipamento não continha esse tipo de substância. A radiação de raios X, emitida pelo equipamento, só ocorreria caso este estivesse ligado, mas esse fenômeno, a emissão de ondas eletromagnéticas, não é do mesmo tipo que ocorre com o Césio, a emissão de radiação na forma de partículas. No caso do equipamento, o físico apontou ao seu interlocutor, jornalista, o risco de choques elétricos em manipulação por não-especialistas.

Como esse esclarecimento foi apresentado no jornal?

A consulta ao cientista poderia, em princípio, ter colaborado para que a população tivesse acesso a informações corretas, evitando assim a disseminação de *fake news*, que rapidamente deu origem a reações alarmistas nas redes sociais. Na notícia publicada no jornal em 24 de outubro, no entanto, o relato da consulta ao cientista vem conjugado à *afirmação do redator de que o equipamento contém mesmo uma fonte radioativa*:

Não há, por enquanto, qualquer constatação de que essas pessoas tenham tido acesso ao componente onde fica armazenada a fonte radioativa usada no aparelho e segundo o professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), e técnico em radiação, José Humberto Araújo, um aparelho de raios X desligado não apresenta risco de emitir radiação. [...]. De acordo com o professor José Humberto Araújo, a máquina de raios X que estaria sendo violada no local *não apresenta riscos em relação a material radioativo*. “O aparelho só emite radiação quando está em funcionamento. É preciso alta tensão de

energia para gerar”, esclareceu. Segundo ele, existe um risco pelo material está [sic] sendo manipulado por pessoas leigas. ‘Pessoas que não sejam especialistas não podem estar mexendo em aparelhos eletrônicos e de alta potência, há risco de acúmulo de carga elétrica, o que pode causar um problema’, alertou o professor (ênfase nossa) [8].

A postagem da notícia na conta no Instagram do mesmo jornal, também em 25 de outubro de 2018, foi curtida por 1458 pessoas e traz conteúdo semelhante (Fig. 3).

Ocorreu, assim, a disseminação de *fake news* nas redes sociais. Esta começou com parecer decorrente de uma avaliação na vistoria do hospital, a qual continha um equívoco propagado pelos meios de comunicação, na medida em que replicaram a notícia de suspeita de vazamento.

No conteúdo “viralizado” nas redes sociais observa-se, aliás, a afirmação de que há uma “suspeita de vazamento de material radioativo”. Ou seja, na propagação das informações pelo público em geral houve, ainda, uma distorção da notícia do suposto “risco de vazamento radiativo”, erroneamente noticiado pelos meios de comunicação a partir do apontamento equivocado do oficial de justiça.

Certamente, a “suspeita de vazamento” tem um apelo emocional mais forte do que o “risco de vazamento”, o suposto “fato”, noticiado pela mídia. A necessidade de esvaziamento da região em torno do antigo Hospital Papi traria consequências

significativas, uma vez que a mesma abriga escolas tradicionais públicas e privadas, consultórios e clínicas médicas e apresenta atividade comercial intensa, incluindo o maior *shopping center* da cidade de Natal.

Assim, como vêm apontando estudos recentes sobre a qualidade da informação compartilhada em mídias sociais, os alardes encontraram no WhatsApp “ambiente propício para sua disseminação”, uma vez que “a informação com carga emotiva influencia mais que os fatos” [5].

Situações análogas a essa, no tocante ao alastramento de informações infundadas e seus efeitos indesejáveis, poderiam ser evitadas com o acesso a informações corretas, como destaca o artigo

“Educação, uma vacina contra as *fake news*”. *Fake news* relacionadas à ciência e, particularmente, a temas de saúde encontram nas redes sociais um ambiente fértil para reprodução, e sua propagação vem tomando proporções alarmantes. Reforça-se a importância dos meios de

comunicação para combater a disseminação de notícias falsas, com o investimento em divulgação científica responsável, cuidadosa, mais ampla, acessível e de qualidade [6]. Os profissionais de imprensa precisam saber como apurar, escrever e checar tudo, indo a fundo no assunto sobre o qual estão escrevendo [1].

No caso de Natal, destacado anteriormente, o boato já havia se alastrado, quando, no site do jornal *Tribuna do Norte*, um *internauta* percebeu o equívoco e comentou a notícia, tentando esclarecer a situação:

**O físico entrevistado tentou alertar sobre a inexistência de substância radioativa no aparelho de raio X, mas a comunicação entre o especialista e a imprensa não foi bem sucedida. A fake news foi publicada. Quando o equívoco foi finalmente esclarecido, a notícia já havia causado alarme entre a população**



Figura 3: Postagem na conta no *Instagram* do jornal. Fonte: <https://www.instagram.com/p/BpXhJFAHV7w/>.

Os aparelhos de RX não apresentam fonte radioativa. Eles são equipamentos emissores de radiação, que é gerada pela energia elétrica e não por elemento radioativo. A situação é diferente do que aconteceu no acidente de Goiânia em 1987. Naquele acidente, houve o furto da fonte radioativa de um aparelho de radioterapia (não de RX). Não há risco de acidente radioativo [8].

O mesmo tipo de reação pode ser notada em comentários de usuários do Instagram sobre a postagem do jornal. Vários internautas perceberam o equívoco no episódio e se manifestaram, criticando o jornal (alguns de forma exaltada) e tentando esclarecer a situação a outros internautas alarmados com a notícia. Percebe-se, inclusive, a interlocução entre um professor de física e seus antigos alunos, que perceberam o erro. Nos comentários, transcritos *ipsis litteris* a seguir, os sujeitos foram identificados por letras, a fim de preservarmos suas identidades:

[A] Olhai Como as suas aulas foram boas hehehe

[B] por nada amigo. Fique despreocupado que aparelhos de raios x não usam fontes de cesio.

[B] infelizmente ainda existe a falta de informação e isto causa pânico. Bom que gostou das aulas, fiz o melhor

[C] Já estou em pânico?? Moro perto. [B] pois se acalme. Não há motivos. Aparelhos de raios x utilizados em hospitais não usam fontes de cesio 137.

[D] Riscos diferentes, não possui uma fonte radioativa como Césio 137.

[E] Como pode um veículo de comunicação repassar informações sem fundamento? Raios X não apresenta risco radioativo, uma vez que a radiação produzida é artificial e não natural. Elementos radioativos sim, são responsáveis pela produção da radioatividade que são utilizados em várias áreas de diagnóstico, sejam na área médica ou na indústria. Um pouco de informação sempre é bom!

[F] Notícia Fake, precisam procurar um especialista pra explicar pra vocês, para não acontecer de tá colocando a população em pânico, SAIBAM QUE APARELHO DE RAIOS X NÃO UTILIZA FONTE RADIOATIVA, PODEM FICAR TRANQUILOS, É PRECISO QUE AQUEÇA O FILAMENTO PARA QUE POSSA EMITIR RADIAÇÃO. ENTÃO PODEM FICAR TRANQUILOS NÃO VAI ACONTECER NADA!

[G] Esse jornal eh mto fraco! Publica

notas fakes!! Nem sabe o q escreve!

O esclarecimento pela mídia veio dias depois, quando o boato já havia se propagado, causando sobressalto à população. Uma notícia publicada pelo Sistema de Comunicação Opinião, mais especificamente pelo Portal OP9, teve como título “TRT diz agora que não há risco de acidente radiológico em Natal”. A lide da notícia assim afirmava: “Dois dias após despacho alertando para risco de acidente radiológico no Hospital Papi, juiz diz que essa hipótese está descartada porque aparelho não usa material radioativo” [9].

Note-se que mesmo pessoas não atuantes no meio científico poderiam perceber o equívoco, caso dispusessem de determinados conhecimentos científicos básicos, usualmente presentes em livros didáticos do Ensino Médio. Na seção seguinte exploramos essa perspectiva.

### **Como o caso da fake news de Natal poderia ser explorado em sala de aula?**

Diante da proliferação em redes virtuais de boatos relacionados a temas da ciência, o combate à desinformação torna-se um grande desafio também para os professores. Afirma-se, por exemplo, que:

Analisar notícias referentes ao tema em sala de aula, estimulando os alunos a avaliarem criticamente as fontes das informações que circulam na internet é uma forma de combater esses boatos. [...] O combate à desinformação pode acontecer na sala de aula, mas também ir muito além dela. Um exemplo? Eventos de esclarecimento aos pais, em que os alunos exponham o que foi aprendido, com o auxílio dos professores, poderiam ser muito úteis para conscientizar sobre a importância da imunização [6].

Que estratégias poderiam ser aplicadas em sala de aula em relação ao episódio ocorrido em Natal?

Uma possibilidade interessante é expor os estudantes aos comentários que circularam inicialmente no Whatsapp (Fig. 1), solicitando que reflitam sobre questões tais como:

- Que problema está ocorrendo?
- Como reagem as pessoas nas redes sociais? O que sugerem?
- Em que fundamento se baseia essa recomendação?

As pessoas relacionam o evento de Natal a um acontecimento ocorrido em outra cidade. Que acontecimento foi esse, segundo o link registrado em um dos co-

mentários? Você já ouviu falar sobre esse evento? Converse com pessoas da sua família e questione se estão lembradas de algo a respeito.

Em seguida, pode-se solicitar que os estudantes leiam a notícia publicada no *Jornal Tribuna do Norte* na data subsequente ao despacho da justiça [8]. Algumas questões podem ser propostas para discussão coletiva:

- Em que se baseia a notícia veiculada pelo jornal?
- Essa notícia dá margem para fundamentar os comentários que circularam nas redes sociais?
- Segundo a notícia veiculada pelo jornal, há uma substância radioativa no equipamento encontrado no hospital? Que substância seria essa?
- Que riscos são mencionados?

Essas duas primeiras etapas têm por objetivo que os estudantes entrem em contato com a notícia da forma como a mesma foi divulgada e disseminada.

Em seguida, sugerem-se procedimentos de aprofundamento em busca de informações que permitam uma visão mais crítica sobre o assunto noticiado.

O professor pode solicitar que os estudantes pesquisem em sítios na internet sobre o acidente radiológico ocorrido em Goiânia, em 1987 (ver Fig. 4). Nesse sentido, pode recomendar algumas referências simples, incluindo, por exemplo, o próprio link citado em comentário na rede social.<sup>3</sup>

Trechos de livros didáticos podem também servir como fonte de consulta. Ao abordarem conteúdos de física moderna, há livros didáticos que comentam sobre a utilização do Césio 137 em aparelhos de radioterapia e referem-se especificamente ao acidente radioativo de Goiânia. Por exemplo: “No caso do acidente radioativo de Goiânia, ocorrido em setembro de 1987, quando coletores de papel e sucata encontraram sob as ruínas do Instituto Goiano de Radioterapia uma caixa de aço e chumbo contendo uma amostra de cloreto de césio 137 [...]” [10]. Outros livros trazem explicação sobre a radioatividade e suas aplicações, bem como se referem a acidentes radioativos em geral [11].

O professor pode, portanto, mediar a compreensão desses conteúdos a partir de trechos selecionados de livros didáticos e sites recomendados por ele próprio ou localizados pelos estudantes.

Adicionalmente, o professor pode solicitar que pesquisem sobre o funcionamento de um aparelho de raios X, fornecendo também referências simplificadas e confiáveis de sítios para consulta.<sup>4</sup>

**BRILHO MORTAL**

Em apenas duas semanas, a porção de 19 g causou um estrago gigantesco



1) A história começa em 1985, quando um instituto de tratamento de câncer desativa sua unidade de Goiânia. Quase todos os equipamentos foram levados, mas uma máquina de teleterapia (espécie de radioterapia) é deixada para trás. O aparelho usava cloreto de céσιο em pó como fonte de energia

duzindo comentários de esclarecimento à população, simulando uma participação online na seção de comentários correspondentes à notícia publicada.

Pode-se, assim, colocar em prática uma estratégia que, se por um lado envolve a mediação pelo professor, por outro, ao mesmo tempo, busca incentivar que os próprios alunos percebam que determinada notícia é na realidade uma fake news e atuem em sociedade a esse respeito, compartilhando esclarecimentos bem fundamentados e de utilidade pública.

Estimular esse tipo de postura mais crítica do cidadão pode contribuir para frear e até evitar a propagação de determinados boatos infundados: “Incrementar a capacidade de reflexão crítica do leitor frente ao conteúdo que consome é um dos caminhos almejaváveis para que se compartilhem informações com qualidade” [7]. Adicionalmente, estimular a atuação dos alunos no combate às fake news insere-se na perspectiva de que “a educação básica visa preparar indivíduos para que possam atuar de forma ativa na sociedade, com vistas a capacitá-los a produzir respostas para os problemas colocados em seu contexto sociocultural” [15].

Figura 4: Trecho de reportagem em revista on-line sobre o acidente radiológico de Goiânia. Fonte: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-foi-o-acidente-com-o-cesio-137/>.

Trechos de livros didáticos usuais no mercado também trazem indicações sobre a produção de raios X (ver Fig. 5, por exemplo) e podem ser disponibilizados para consulta dos estudantes [11-14]. A postura mediadora em relação aos conteúdos acessados é aconselhável ao educador. É importante que os alunos compreendam o mecanismo de produção dos raios X e percebam que não há uma substância radioativa, nesse caso.

Pode-se chegar, assim, a subsídios que fundamentam a reflexão sobre questões-chave no âmbito da estratégia proposta:

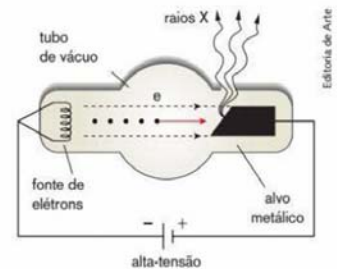
- Que tipo de aparelho esteve envolvido no acidente ocorrido em Goiânia? O que ocorreu naquele caso?
- Aparelhos de raios X contêm fontes radioativas, como o Césio 137?
- Que equívoco suscitou as fake news propagadas no Whatsapp?
- A notícia veiculada pelo jornal poderia ser alterada, de modo que se possa colaborar para evitar a proliferação de boatos semelhantes aos observados?
- Como o resultado da consulta ao cientista deveria ter sido registrado na reportagem?

Sugere-se, como etapa final, que os estudantes sejam estimulados a atuar pro-

**Raios X e raios gama**

Os raios X são ondas eletromagnéticas de frequências compreendidas entre  $10^{17}$  Hz e  $10^{19}$  Hz, aproximadamente. São produzidos em tubos de vácuo, em que elétrons submetidos a uma alta-tensão são desacelerados ao atingir um alvo metálico.

Por causa do comprimento de onda reduzido, que varia de  $10^{-12}$  m a  $10^{-8}$  m, os raios X atravessam com facilidade determinados tecidos do corpo, enquanto ossos e certos tipos de tumor absorvem de maneira acentuada essas radiações. Os raios que ultrapassam o corpo sensibilizam uma chapa fotográfica que, revelada, mostra de maneira definida a região exposta.



Na representação, um tubo de raios catódicos no qual os raios X são produzidos.



Na Medicina, além de serem usados em diagnóstico, os raios X são empregados no tratamento do câncer, uma vez que as células afetadas parecem ser mais sensíveis à radiação do que as células normais. Na indústria, são utilizados para detectar pequenos defeitos em corpos metálicos.

As ondas magnéticas de frequências superiores às dos raios X recebem o nome de raios gama. Esses raios são emitidos pelos núcleos atômicos nas transformações radioativas naturais e nas reações nucleares. Esses raios, intensamente presentes nos reatores nucleares, não são facilmente absorvidos pela maioria das substâncias, mas, quando são por seres vivos, produzem efeitos bastante danosos.

Na radiografia, as regiões escuras correspondem aos materiais transparentes aos raios X (pele, tecidos), as regiões claras e sombreadas correspondem aos materiais translúcidos (ossos e tecidos conjuntivos fibrosos), e as regiões mais claras correspondem aos materiais opacos aos raios X (metais).

Figura 5: Funcionamento de aparelho de raios X descrito em livro didático [14].



## Notas

<sup>1</sup>Essa foi uma iniciativa do portal de notícias G1, do grupo Globo. Também recentemente, Facebook e Google vêm se aliando com a intenção de refletir sobre mecanismos de combate à disseminação de notícias falsas na internet.

<sup>2</sup>As identidades dos participantes da conversa foram preservadas. Palavras de baixo calão empregadas no diálogo foram omitidas.

<sup>3</sup>Como exemplos de *sites* que trazem

conteúdo acessível aos estudantes sobre o acidente radiológico de Goiânia podemos citar: <http://g1.globo.com/goias/noticia/2013/09/maior-acidente-radiologico-do-mundo-cesio-137-completa-26-anos.html>; <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-foi-o-acidente-com-o-cesio-137/>.

<sup>4</sup>Como exemplos de *sites* que trazem conteúdo acessível aos estudantes sobre o funcionamento de um aparelho de raios X podemos citar: “Entendendo a Física das Radiações” (<https://www.youtube.com/watch?v=W8YxhhyoJDw>); “Física dos raios X” ([http://www.tecnologiaradiologica.com/materia\\_fisica\\_rx.htm](http://www.tecnologiaradiologica.com/materia_fisica_rx.htm)); “Perguntas frequentes: sobre a Comissão Nacional de Energia Nuclear” (<http://www.cnem.gov.br/perguntas-frequentes>).

## Agradecimento

Agradecemos ao Prof. Daniel de Medeiros Queiroz pela leitura e sugestões.

## Referências

- [1] H. Shimizu, Agência FAPESP (5 de dezembro de 2018), disponível em <http://agencia.fapesp.br/em-busca-da-veracidade-na-era-das-fake-news/29366/>, acesso em 20/02/2019.
- [2] A.C. Bezerra, in: *Anais do XVI Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação*, João Pessoa, 2015 (ANCIB, João Pessoa, 2015).
- [3] P. Schulz, *Comciência*, Revista Eletrônica de Jornalismo Científico (17 de abril de 2018), disponível em <http://www.comciencia.br/falsa-ciencia-e-pos-ciencia/#more-2933>, acesso em 20/02/2019.
- [4] M.L.P. Oliveira e E.D. Souza, in: *Anais do XIX Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação*, Londrina, 2018 (PPGCI/UUEL, Londrina, 2018).
- [5] C.A.G.F. Conde, *Desinformação: Qualidade da Informação Compartilhada em Mídias Sociais*. Dissertação de Mestrado em Ciência da Informação, Universidade Estadual de Londrina, 2018, p. 8
- [6] M. Gravina, *Ciência Hoje* (4 de julho de 2018), disponível em <http://cienciahoje.org.br/artigo/educacao-uma-vacina-contras-fake-news/>, acesso em 20/02/2019.
- [7] Y. Castelfranchi, *Ciência Hoje* (10 de setembro de 2018), disponível em <http://cienciahoje.org.br/artigo/noticias-falsas-na-ciencia/>, acesso em 20/02/2019.
- [8] <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/justia-a-alerta-proprietarios-do-antigo-hospital-papi-sobre-risco-de-acidente-radioativo/428303>, acesso em 6/03/2019.
- [9] <https://www.op9.com.br/rn/noticias/trt-diz-agora-que-nao-ha-risco-de-acidente-radiologico-em-natal/>, acesso em 6/03/2019.
- [10] A. Gonçalves Filho e C. Toscano, *Física: Interação e Tecnologia* (Leya, São Paulo, 2016), v. 3, p. 197-200.
- [11] M. Pietrocola, A. Pogibin, R. de Andrade e T.R. Romero, *Física em Contextos* (Editora do Brasil, São Paulo, 2016), v. 3.
- [12] G. Martini, W. Spinelli e H.C. Reis, *Conexões com a Física* (Moderna, São Paulo, 2013), v. 3.
- [13] O. Guimarães, J.R. Piqueira e W. Carron, *Física* (Ática, São Paulo, 2017), v. 3.
- [14] E.P. Bonjorno e C. Clinton, *Física* (FTD, São Paulo, 2016), v. 3.
- [15] A. Guerra, in: *Controvérsias na Pesquisa em Ensino de Física*, editado por S. Camargo, L.G.R. Genovese, J.M.H.F. Drummond, G.R.P.C. Queiroz, Y.E. Nicot e S.S. Nascimento (Livraria da Física, São Paulo, 2014), p. 129.

# É possível efeito Doppler mesmo sem movimento relativo entre fonte e observador?

Gildo Luiz de Sales Neto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, Brasil

E-mail: gildoluizsalesneto@gmail.com

Marcelo Nunes Coelho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, Brasil

E-mail: marcelo.coelho@ifrn.edu.br

## Introdução

O efeito Doppler, tal como é apresentado em textos de nível médio, analisa o que acontece com a frequência observada caso haja movimento relativo entre uma fonte de ondas e um observador.

Para o caso de ambos, observador e fonte, se moverem, temos que [1]

$$f_{obs} = f_{fonte} \frac{v \pm v_{obs}}{v \pm v_{fonte}} \quad (1)$$

Nessa equação temos que  $f_{obs}$  é a frequência percebida pelo observador;  $f_{fonte}$  é a frequência original da fonte;  $v_{obs}$  é a velocidade do observador em relação ao meio;  $v_{fonte}$ , a velocidade da fonte em relação ao meio e  $v$ , a velocidade de propagação da onda naquele meio, respectivamente, em relação ao meio (o sinal considerado para  $v_{obs}$  e  $v_{fonte}$  é positivo se apontar no sentido observador  $\rightarrow$  fonte). Essa equação mostra de forma muito clara que, caso o movimento relativo entre fonte e observador seja de aproximação, a frequência observada será maior que a frequência da fonte. O contrário ocorre caso o movimento relativo seja de afastamento.

Contudo, em geral, os textos para Ensino Médio [1-3] consideram apenas a situação em que fonte e observador estão no mesmo meio. De

uma maneira mais geral, é possível que fonte e observador estejam em meios diferentes e interessa-nos saber como a frequência observada varia em função da velocidade do observador e da fonte em relação aos seus meios e da velocidade do som em relação a esses mesmos meios.

**Será possível haver efeito Doppler mesmo sem movimento relativo entre fonte e observador? E será possível não haver efeito Doppler mesmo que haja movimento relativo?**

As respostas a essas perguntas podem ser fornecidas ao analisarmos a situação em que fonte e observador se encontram em meios diferentes. O que aconteceria se o observador e a fonte estivessem em meios diferentes onde as ondas também se propagam com velocidades diferentes? Considere a situação descrita na Fig. 1.

Nesse caso, fonte e observador foram colocados em meios diferentes. A fonte, então, emite ondas com uma frequência  $f_{fonte}$  e que se propagam com velocidade  $v_1$  no meio 1 e  $v_2$  no meio 2. Interessa-nos saber qual a frequência  $f_{obs}$  detectada pelo observador.

Para resolver esse problema, vamos considerar a interface que separa os dois meios (marcada pela letra I na Fig. 1). A onda produzida pela fonte, ao atravessar a interface, refratará, alterando sua

velocidade. A frequência, entretanto, não se altera na mudança de meio.

Por causa disso, vamos dividir o problema em duas etapas:

- i) Calculamos a frequência detectada pela interface por causa do movimento da fonte.
- ii) Calculamos a frequência detectada pelo observador por causa

do movimento dele, considerando a interface como a fonte das ondas.

Ao fazer isso, consideramos a interface como observador na etapa i) e como fonte emissora na etapa ii). Por consequência, dividimos o problema original em dois problemas, cada um acontecendo

**Estudando o efeito Doppler no Ensino Médio, consideramos a situação em que fonte e observador estão no mesmo meio. De uma maneira mais geral, é possível que fonte e observador estejam em meios diferentes, e a frequência observada pode variar em função da velocidade do observador e da fonte em relação aos seus meios**

Este texto analisa um caso especial do efeito Doppler quando observador e fonte estão se movendo em meios diferentes. É possível perceber, a partir de uma análise simples, que nessa situação há a possibilidade de ocorrência do efeito Doppler mesmo quando a fonte e o observador estão em repouso um em relação ao outro. Também notamos que é possível que não ocorra Doppler mesmo que haja movimento relativo entre fonte e observador.

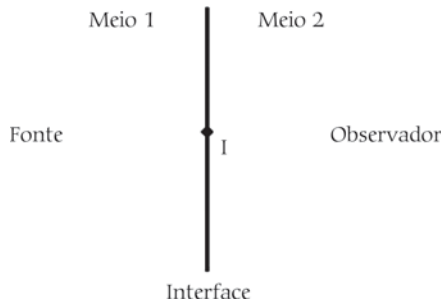


Figura 1: Uma fonte emissora de ondas está situada no meio 1. Um observador está situado no meio 2. A interface, imóvel, entre os dois meios é representada por I.

em um único meio.

Como cada etapa envolve apenas um meio, podemos utilizar a expressão geral para o efeito Doppler, exibida acima (Eq. (1)). Primeiro, a frequência percebida pela interface ( $f_{inter}$ ) por causa do movimento da fonte é calculada por

$$f_{inter} = f_{fonte} \frac{v_1 \pm v_{inter}}{v_1 \pm v_{fonte}}$$

Como a interface não se move em relação a qualquer meio,  $v_{inter} = 0$  e a equação fica

$$f_{inter} = f_{fonte} \frac{v_1}{v_1 \pm v_{fonte}} \quad (2)$$

Lembrando que  $v_1$  é a velocidade da onda no meio 1. Agora vamos considerar a segunda etapa, em que a fonte emissora

é a interface e o observador perceberá uma frequência  $f_{obs}$  diferente por causa de seu próprio movimento. Aplicando a equação geral, temos

$$f_{obs} = f_{inter} \frac{v_2 \pm v_{obs}}{v_2 \pm v_{inter}}$$

Mais uma vez, como a interface não se move, a equação assume a forma

$$f_{obs} = f_{inter} \frac{v_2 \pm v_{obs}}{v_2} \quad (3)$$

Substituindo  $f_{inter}$  dessa última equação pela expressão que encontramos na etapa 1, ficamos com

$$f_{obs} = f_{fonte} \frac{v_1}{v_1 \pm v_{fonte}} \times \frac{v_2 \pm v_{obs}}{v_2} \quad (4)$$

### **Não ocorre efeito Doppler mesmo quando há movimento relativo**

Observe, a partir da equação deduzida acima, que a frequência percebida só será igual à frequência emitida pela fonte se

$$\frac{v_1}{v_1 \pm v_{fonte}} \times \frac{v_2 \pm v_{obs}}{v_2} = 1$$

Conclui-se que, para  $f_{obs} = f_{fonte}$  (situação em que não há efeito Doppler),

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\pm v_{fonte}}{\pm v_{obs}} \quad (5)$$

A razão  $v_1/v_2$  é sempre positiva (tendo em vista que consideramos o módulo da velocidade da onda no respectivo meio). Se fonte e observador estiverem se mo-

vendo no mesmo sentido, seus sinais serão iguais e, portanto, a razão à direita será positiva.

Como a velocidade da onda no meio 1 é diferente da velocidade da onda no meio 2, para que  $f_{obs} = f_{fonte}$ , a velocidade da fonte,  $v_{fonte}$ , será necessariamente diferente da velocidade do observador,  $v_{obs}$ . Ou seja, para que *não haja efeito Doppler* é necessário que as velocidades do observador e da fonte sejam diferentes. Sendo assim, é possível não haver efeito Doppler mesmo havendo movimento relativo.

### **Ocorre efeito Doppler quando a velocidade relativa é nula**

Considerando as velocidades do observador e da fonte como sendo iguais e não nulas ( $v_{obs} = v_{fonte} = v \neq 0$ ), temos que

$$f_{obs} = f_{fonte} \frac{v_1 (v_2 \pm v)}{v_2 (v_1 \pm v)}$$

Uma vez que  $v_2 \neq v_1$ , o termo variável é diferente de 1. Logo, há efeito Doppler (variação na frequência) mesmo quando não há movimento relativo entre observador e fonte. Caso o observador e a fonte estejam parados,  $v = 0$ ,  $f_{obs} = f_{fonte}$  não havendo efeito Doppler. Logo, para que o efeito não aconteça, ou a velocidade do observador e da fonte são nulas ou obedecem à proporção da Eq. (5).

Essa equação confirma o que é dito nos livros de física do Ensino Médio: se observador e fonte tiverem velocidades nulas, a frequência percebida será a mesma, independentemente do meio onde se

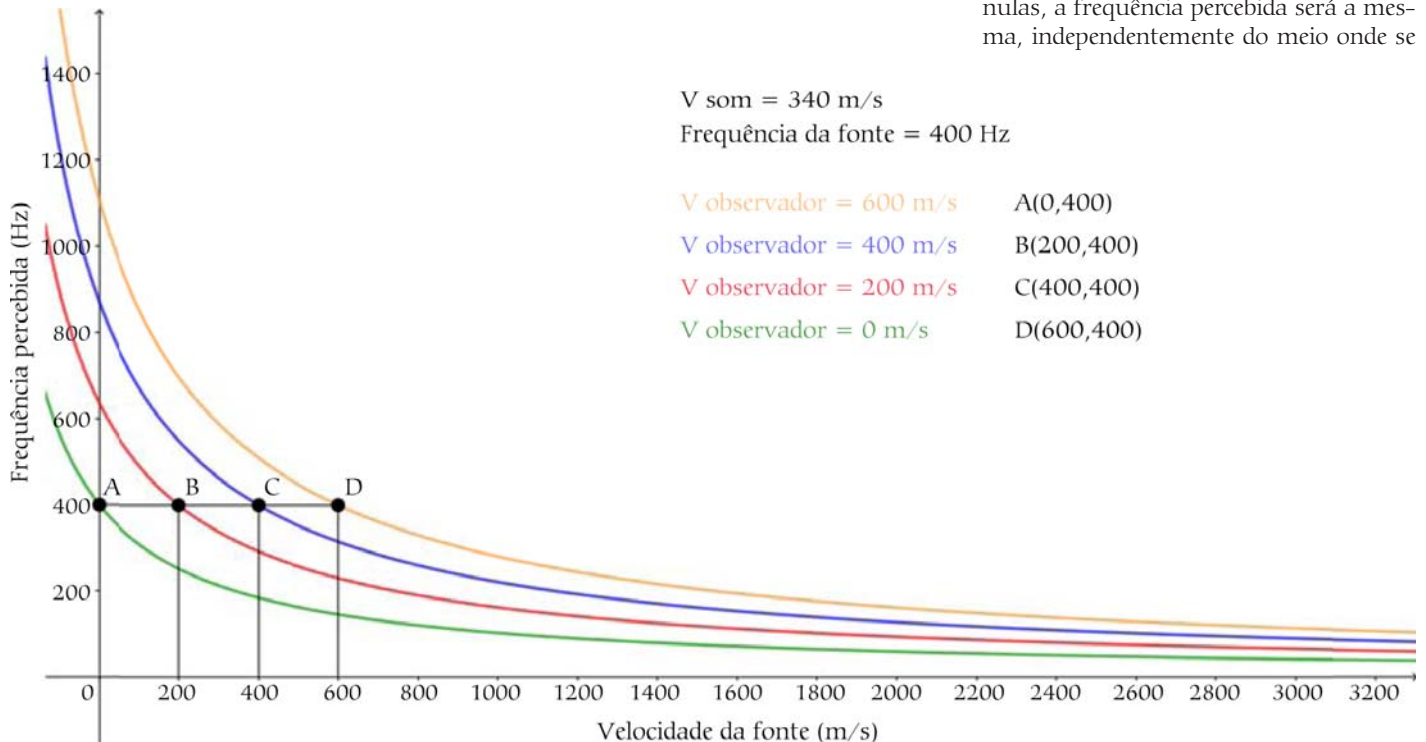


Figura 2: Gráfico da frequência percebida vs. velocidade da fonte para o caso de observador e fonte estarem no mesmo meio.

encontram.

Porém, no caso de observador e fonte estarem em meios diferentes, ter velocidade relativa nula não é condição suficiente para que percebam a mesma frequência.

Outro ponto digno de nota é o caso em que a fonte está parada e o observador se move, ou vice-versa. Nesse caso, um dos fatores da Eq. (4) assumirá o valor de 1. Ou seja, para o caso de o observador, por exemplo, não se mover, só nos interessa saber a velocidade de propagação do som no meio da fonte. Sendo assim, só é importante conhecer a velocidade do som no meio em que há movimento (do observador ou da fonte).

Para efeito de comparação, analisaremos como se comporta a frequência percebida pelo observador em função do movimento relativo fonte-observador por meio de gráficos nas duas situações a seguir (em ambos os casos, observador e fonte movem-se no mesmo sentido).

Nesses gráficos, a velocidade do observador é constante em cada curva (valores da velocidade do observador estão indicados na figura), sendo a velocidade da fonte o termo variável, representado no eixo das abscissas. No eixo das ordenadas consta a frequência percebida pelo observador em função do movimento da fonte.

Além disso, o segmento de reta paralelo ao eixo  $x$  representa as situações em que não há efeito Doppler. Logo, a interseção das curvas com esse segmento mos-

tra o caso em que a frequência percebida é igual à emitida, que foi escolhida arbitrariamente como 400 Hz.

Primeiro, vamos analisar a situação que envolve um único meio de propagação (Fig. 2). A frequência percebida para um mesmo meio, como dito acima, será igual quando fonte e observador tiverem a mesma velocidade. Olhando no gráfico, a frequência percebida só é de 400 Hz quando  $v_{obs} = v_{fonte}$ . Na curva verde, por exemplo, a frequência percebida é de 400 Hz quando  $v_{fonte}$  é igual a 200 m/s, que corresponde à velocidade do observador relativo a essa curva. Logo, velocidade relativa ser nula é condição suficiente para não haver efeito Doppler, desde que no mesmo meio.

Contudo, quando os meios (da fonte e do observador) são diferentes, a verificação é outra (Fig. 3). A frequência só não varia se a razão entre as velocidades de propagação da onda nos dois meios for igual à razão entre as velocidades da fonte e do observador, conforme indicado na Eq. (5).

O ponto A mostra a situação onde ambos estão parados. Conforme se espera, a frequência percebida é a mesma que foi emitida. Porém, nos pontos B, C e D, onde também não ocorre variação na frequência, fica claro a partir do gráfico que as duas velocidades não são iguais. As coordenadas desses pontos foram colocadas no lado direito do gráfico.

Ao fazermos a razão entre  $v_{fonte}$  e  $v_{obs}$ , verificaremos a proporção. No caso desse gráfico,  $v_1 = 1500$  m/s e  $v_2 = 340$  m/s. Aplicando a Eq. (5), temos

$$\frac{1500}{340} = \frac{882,35}{200} = \frac{1764,71}{400} = \frac{2647,06}{600} = 4.412$$

Além disso, a velocidade da onda em um dado meio só influencia na frequência percebida se houver movimento nesse meio (da fonte ou do observador). Logo, caso haja um meio intermediário separando fonte e observador, ou até mesmo  $n$  meios intermediários (Fig. 4), a velocidade do som nesses meios não influenciará no resultado, tendo em vista que não há movimento em nenhum deles.

A verificação disso é bastante simples: basta considerar as duas etapas utilizadas neste trabalho para se determinar a Eq. (4). Ao se fazer isso, como não há movimento nesses meios intermediários, restará

$$\frac{v_{intermediário} \pm 0}{v_{intermediário} \pm 0}$$

Como esse fator vale 1, a frequência percebida não será alterada.

Uma vez que não há movimento nos meios 2 e 3, a frequência não mudará nesse trecho. Ou seja, as únicas velocidades de propagação que nos interessam são aquelas do meio 1, onde está a fonte, e a do meio 4, onde está o observador. Os

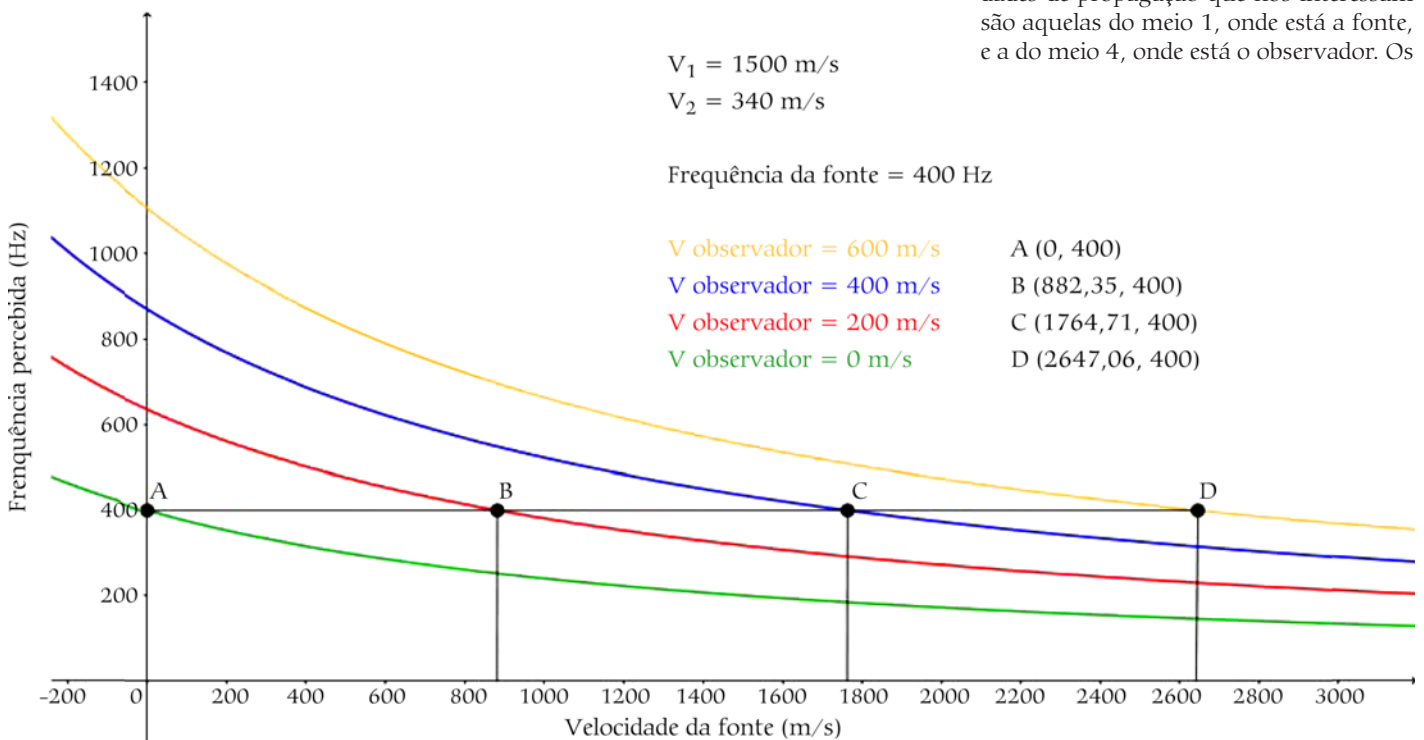


Figura 3: Gráfico da frequência percebida vs. velocidade da fonte para o caso de observador e fonte estarem em meios diferentes. A fonte encontra-se no meio 1; o observador, no meio 2.



Figura 4: Caso em que há meios de propagação diferentes separando fonte e observador. As interfaces são marcadas por I1, I2 e I3.

meios intermediários vão apenas mudar o intervalo de tempo entre a emissão da onda e sua percepção pelo observador, sem gerar efeito algum na altura do som.

### Conclusão

Por intermédio da extensão do fenômeno Doppler para meios diferentes, é possível determinar um conjunto de ideias

que incluem aquelas observadas para o caso de um mesmo meio, além de algumas outras. Conseqüentemente, a Eq. (4) é uma equação mais geral para o efeito Doppler, implicando a equação apresentada nos livros de Ensino Médio como um caso particular.

Comprova-se que, de fato, se observador e fonte estiverem parados em

relação aos meios, a frequência percebida pelo observador é a mesma que a frequência emitida pela fonte, mesmo quando fonte e observador se encontram em meios diferentes.

Um resultado importante diz respeito à condição para não ocorrência do efeito Doppler. A condição de velocidade relativa nula entre a fonte e o observador somente é válida quando as velocidades de propagação do som nos dois meios forem iguais. Caso não sejam, tal condição passa a ser de que a razão entre as velocidades nos dois meios seja igual à razão entre as velocidades da fonte e do observador conforme expresso na Eq. (5).

Finalmente, a velocidade de propagação em um meio somente influencia a frequência percebida se houver movimento da fonte ou do observador nesse meio. Logo, caso existam outros meios entre a fonte e o observador, o efeito Doppler é dependente apenas das velocidades de propagação do som nos meios onde estão imersos a fonte e o observador.

### Referências

- [1] N.V. Bôas, R.H. Doca e G.J. Biscoula, *Física 2: Termologia, Ondulatória e Ótica* (Editora Saraiva, São Paulo, 2016).
- [2] K. Yamamoto e L.F. Fuke, *Física para o Ensino Médio* (Editora Saraiva, São Paulo, 2016), v. 2.
- [3] A. Máximo, B. Alvarenga e C. Guimarães, *Física: Contexto e Aplicações* (Editora Scipione, São Paulo, 2016), v. 2.
- [4] H.D. Young e R.A. Freedman, *Física II: Termodinâmica e Ondas* (Addison Wesley, São Paulo, 2008).
- [5] D. Halliday, J. Walker e R. Resnick, *Fundamentos de Física* (LTC, Rio de Janeiro, 2009), v. 2.
- [6] H.M. Nussenzveig, *Curso de Física Básica* (Edgard Blucher, São Paulo, 2002), v. 2.



.....

### Paulo Bedaque

Grupo de Estudos em Epistemologia e Didática, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil  
E-mail: bedaque@ciencias.com.br

### Paulo Sergio Bretones

Departamento de Metodologia de Ensino, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil  
E-mail: bretones@ufscar.br

.....

### Introdução

**H**oje em dia, quando queremos saber as horas, simplesmente miramos nosso relógio. Quando queremos saber em que dia do mês estamos, consultamos igualmente o calendário de nosso relógio ou um calendário impresso de mesa ou parede. Se queremos medir um intervalo de tempo, usamos um cronômetro ou mesmo nosso relógio. Mas nem sempre foi assim. Antes de dominarmos a tecnologia da contagem do tempo, a hora do dia era estimada pela altura do Sol ou por outros fenômenos relacionados à rotação e translação de nosso planeta. Ainda hoje, várias nações indígenas acompanham o ponto de nascimento do Sol no horizonte e podem assim acompanhar as mudanças das estações ao longo do ano. Muitas vezes não nos damos conta de como nossas vidas foram e estão sendo alteradas pelo uso de tecnologias que facilitam a solução de uma gama enorme de problemas cotidianos.

**Vivemos em uma sociedade tecnológica e esse fato não pode ser abstraído pela escola que prepara para a vida. Nossas vidas hoje são pautadas pela ciência e pela tecnologia e a preocupação com o tecnológico, com a aplicabilidade dos conhecimentos, com a busca de soluções para nossos problemas, deve estar presente em todas as áreas da educação**

Vivemos em uma sociedade tecnológica e esse fato não pode ser abstraído pela escola que prepara para a vida. Nossas vidas hoje são pautadas pela ciência e pela tecnologia e a preocupação com o tecnológico, com a aplicabilidade dos conhecimentos, com a busca de soluções para nossos problemas, deve estar presente em todas as áreas da educação. O texto a seguir do astrônomo americano Carl Sagan [1] trata do risco da exclusão científica e tecnológica:

Nós criamos uma civilização global em que os elementos mais cruciais - o transporte, as comunicações e todas as

outras indústrias, a agricultura, a medicina, a educação, o entretenimento, a proteção ao meio ambiente e até a importante instituição democrática do voto - dependem profundamente da ciência e da tecnologia. Também criamos uma ordem em que quase ninguém compreende a ciência e a tecnologia. É uma receita para o desastre. Podemos escapar ilesos por algum tempo, porém mais cedo ou mais tarde essa mistura inflamável de ignorância e poder vai explodir na nossa cara. Ref. [1, p. 39]

Tecnologia (do grego *τεχνη* - "ofício" e *λογία* - "estudo") é vista por parte dos professores como uma mera aplicação do conhecimento científico. Mas a tecnologia não pode ser confundida com ciência aplicada e sim como fruto de um contexto social que cria demandas que direcionam a aplicabilidade dos conhecimentos científicos. Para além do panorama histórico da mera aplicabilidade, a tecnologia deixou de

ser vista apenas como um modo que a humanidade encontrou de sobreviver ou de melhorar a sua qualidade de vida para ser vista como engrenagem importante nas relações de poder. Assim, é preciso que nossos alunos discutam e usem tecnologia até para se defender dela; é preciso que eles se transformem em atores ativos no mundo tecnológico, como usuários de aplicativos e equipamentos que estão ao seu alcance. A escola não pode se separar do mundo real onde as pressões sociais, usando os conhecimentos científicos, geram tecnologias que modificam profundamente as nossas vidas. Os *smartphones*

O presente trabalho propõe o uso de um aplicativo gratuito (para Android e OS) para celular ou *tablet* como instrumento de medida de nível sonoro que pode ser usado em aulas de física do Ensino Médio. O nível sonoro está ligado a questões de conforto e saúde humana e animal e é tema de legislação em todo o mundo que, em geral, fornece os limites permitidos para o nível sonoro. Discute-se rapidamente a poluição sonora ao longo da história e os problemas de saúde que sons intensos podem provocar. Propomos então um projeto cidadão em que os alunos são levados a medir níveis sonoros, usando seu próprio *smartphone* ou *tablet*, em pontos seguros de sua cidade e com a supervisão do professor, como cruzamentos movimentados, ruas de comércio, restaurantes, pátio da escola durante os intervalos de aulas, ginásios de esporte etc. Com os dados em mãos, os alunos devem fazer um levantamento dos pontos onde a legislação é desobedecida. Pode-se também tabular os níveis sonoros em locais mais silenciosos como bibliotecas, salas de aula, pátio da escola durante as aulas etc.

e os *tablets* trouxeram aos usuários aplicativos para todos os fins e todas as áreas e a maioria desses aplicativos pode ser obtido gratuitamente. E a escola tem que se esforçar por explorar essas novas ferramentas, que passam a ser vistas como ferramentas didáticas, de uso cotidiano nas escolas.

Os professores em geral não foram formados com o uso de tecnologia, o que faz do professor de hoje um pioneiro, um desbravador de novas terras, um navegador sem bússola atrás de novos continentes. Ainda que reconheça a necessidade do uso da tecnologia na escola, não se sente amparado por materiais didáticos e aplicativos

**Todas as nações reconhecem a importância do descanso e do conforto e criaram regras e leis, chamadas por nós genericamente de "Leis do silêncio", para garantir o direito ao baixo nível de ruído, em especial no período de sono**

apropriados à educação. Deve correr atrás de alternativas em meio às suas aulas e montar o seu próprio portfólio de soluções. Existe uma grande demanda para propostas didáticas que auxiliem o professor nessa tarefa e nosso trabalho quer dar uma pequena, muito pequena, contribuição nesse sentido. Propomos o uso de um aplicativo que meça o nível de intensidade sonora, que pode ser obtido gratuitamente em meio a uma lista de centenas disponíveis para esse fim. Mas como a tecnologia deve ser vista como uma produção social, atendendo demandas humanas, discutimos a utilidade dessas medidas. Todas as nações reconhecem a importância do descanso e do conforto e criaram regras e leis, chamadas por nós genericamente de "Leis do silêncio", para garantir o direito ao baixo nível de ruído, em especial no período de sono. Queremos que nossos alunos mapeiem os pontos de sua região onde há problemas e verifiquem se a legislação está ou não sendo cumprida. Se não está, podem, juntamente com o seu professor, requerer junto às autoridades o cumprimento das normas.

Recentemente, vários artigos foram publicados em jornais sobre o assunto. Como exemplo, o jornal Correio Popular de Campinas [2] noticiou que a Guarda Municipal de Campinas apreendeu 80 veículos por conta de excessos no uso do som automotivo, que perturbam o sossego público, infringindo a chamada "Lei do Pancadão". Também publicou [3] que um procurador do município de Jaguariúna (SP) pediu ao Ministério Público (MP) a interrupção do barulho do sino da Matriz das 22:00 h às 7:00 h. Além disso, outra notícia foi publicada [4] mencionando reclamações de moradores da cidade referentes ao barulho da propaganda feita

por um avião de pequeno porte (teco-teco) anunciando espetáculo de circo.

O aprendizado dos conceitos ligados ao som, da quantificação de algumas de suas propriedades, das implicações na saúde que ruídos podem trazer, das legislações que tentam proteger o cidadão do barulho intenso, do uso de aplicativos que meçam o nível sonoro, da coleta de dados e apresentação dos resultados, do crescimento com as discussões que se seguirão ao trabalho, do contato com autoridades se for necessário, fazem desta proposta um mini-projeto de pesquisa que deverá interessar muito aos alunos e trazer bons resultados ao aprendizado deles.

Diversas pesquisas já foram feitas na área de ensino de ciências e física nos vários níveis escolares sobre a área de acústica.

Vários artigos publicados em periódicos são mencionados a seguir. A experimentação na compreensão de um fenômeno físico sobre interferência, denominado batimento de ondas sonoras, foi estudada na Ref. [5], que também sugere o uso de um *software* desenvolvido para o tema. O *software* Audacity é apresentado na Ref. [6] como ferramenta para o ensino de ondas e dos fenômenos relacionados. Com o uso de tal programa em sala de aula, pode ser feita a gravação e a edição de áudios com diversas funcionalidades, que podem ser utilizados para que o estudante possa visualizar e estudar as características de uma onda sonora. Também são apresentados a concepção, a modelização e o desenvolvimento de um ambiente virtual na Ref. [7], em que as tecnologias da informação e da comunicação foram utilizadas como recurso educacional para a aprendizagem de conceitos introdutórios sobre a física do som, tendo como base a teoria da aprendizagem significativa.

Também foram defendidas dissertações e teses sobre o tema. Uma proposta de introdução à física na 8ª série do EF (atual nono ano) é apresentada na Ref. [8] por meio de fenômenos físicos relacionados à produção e percepção de sons pela audição humana. Um estudo sobre como as tecnologias de informação e comunicação podem ser utilizadas para a aprendizagem de conceitos introdutórios sobre

**Os professores em geral não foram formados com o uso de tecnologia, o que faz do professor de hoje um pioneiro, um desbravador de novas terras, um navegador sem bússola atrás de novos continentes**

as ondas sonoras foi realizada na Ref. [9] junto a alunos do EM. Materiais de apoio para o uso da música para ensino de acústica foram desenvolvidos na Ref. [10]. A leitura de textos de divulgação científica (TDC) é utilizada na Ref. [11] com alunos do EM, para o ensino e aprendizagem de conteúdos científicos na formação de estudantes-leitores. Uma sequência didática para ser aplicada em sala de aula, junto a alunos do EM, foi elaborada na Ref. [12] visando abordar a física da poluição sonora e medidas da intensidade sonora, utilizando *smartphone* e o aplicativo Sound Meter. Uma sequência didática junto a alunos do EM foi aplicada na Ref. [13] abordando as relações entre a percepção musical e o ensino das características das ondas sonoras para o ensino de acústica e utilizando a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

Além disso, outros trabalhos apresentados em eventos mostram pesquisas na área. Um enfoque interdisciplinar é utilizado na Ref. [14] relacionando os conhecimentos da física, da fisiologia, da audição e da fonoaudiologia. Pela aplicação de um conjunto de atividades para o EM, foi feita uma análise para estudar a dinâmica do perfil conceitual dos estudantes. O resultado de uma pesquisa bibliográfica sobre tendências teóricas e metodológicas, instrumentos de coleta e tratamento de dados utilizados em trabalhos cujo objeto de estudo estava relacionado com transposição didática, som, ondas, onda sonora e acústica foi apresentado na Ref. [15]. A construção e aplicação de um projeto temático em disciplinas de licenciatura em física são mostradas na Ref. [16], onde são abordados conteúdos físicos específicos através da contextualização de um tema socialmente relevante como a poluição sonora e suas relações com o ensino de

física. Uma sequência didática é proposta na Ref. [17] junto a estudantes do 2º ano do Ensino Médio, explorando a saúde auditiva, a propagação do som, as características e os efeitos das ondas sonoras, rela-

cionando-as com as músicas que ouvem no fone de ouvido. Considerado um tema significativo, o estudo foi pautado no referencial dos Três Momentos Pedagógicos e no Enfoque CTSA e as respostas discursivas dos estudantes foram analisadas à luz da proposta de avaliação contida nos documentos oficiais.

## Qualidades fisiológicas e propriedades do som

Esta seção serve para relembrar alguns conceitos básicos ligados ao estudo do som e estabelecer as nomenclaturas que usaremos neste trabalho, já que a literatura mostra algumas flexibilizações com respeito aos nomes usados.

É preciso que se distinga as propriedades físicas do som daquelas que chamamos de qualidades fisiológicas, propriedades essas que têm ligação com a percepção do som pelo aparelho auditivo humano. As propriedades físicas mais importantes do som são a velocidade, a frequência, o comprimento de onda e a amplitude, grandezas essas bem conhecidas dos professores de física do Ensino Médio. Já as qualidades fisiológicas do som têm paralelo com as grandezas citadas e as principais são altura, timbre (não será abordado) e intensidade.

O aparelho auditivo humano consegue captar sons de frequências entre 20 Hz e 20.000 Hz. A velocidade do som varia de meio para meio e mesmo no ar ela depende de fatores como pressão atmosférica e umidade relativa, mas costuma-se usar o valor de 340 m/s, que corresponde a situações de temperatura ambiente com 50% de umidade. Assim, lembrando que para as ondas, sejam mecânicas ou eletromagnéticas, a velocidade é igual ao produto do comprimento de onda pela frequência ( $V = \lambda \cdot f$ ), podemos calcular o intervalo de variação desse comprimento de onda do som audível como sendo de 17 mm a 17 m. Como o ouvido dos humanos e dos animais distingue diferentes frequências? À grandeza física frequência associa-se uma qualidade fisiológica do som chamada de altura. Assim, altura é o nome que se dá à distinção que o ouvido humano faz das várias frequências de som que consegue captar. Chamamos de sons graves aqueles de menor frequência e de sons agudos os de frequência maior. Trata-se de uma nomenclatura relativa e assim podemos dizer que um som de frequência 10.000 Hz é mais agudo que outro de 6.000 Hz e é mais grave que um de 13.000 Hz. Na linguagem musical usam-se “notas mais baixas e mais altas”, numa referência a sons mais graves e mais agudos.

Vibrações mecânicas com frequências menores que 20 Hz são chamadas de infrassom. Aquelas com frequência acima de 20.000 Hz são chamadas de ultrassom. Uma pergunta interessante e frequente entre os alunos é: os animais em geral conseguem captar infrassons ou ultrassons? Os cães, por exemplo, têm uma fai-

xa de audição bem mais larga que a humana; eles conseguem ouvir na faixa de 15 Hz a 50.000 Hz. No entanto, acima de 20.000 Hz as vibrações podem irritar esses animais. Os morcegos também são conhecidos pela capacidade de captar e emitir ultrassom e a faixa de audição deles é 1.000 Hz a 120.000 Hz. Como não enxergam bem e vivem muitas vezes em cavernas e outros locais escuros e fechados, usam sua capacidade de emitir ultrassom para se guiar. Emitem ultrassom e analisam a reflexão das vibrações no ambiente para mapear os obstáculos à sua volta. Esse, aliás, é o princípio do sonar. Nossos amigos golfinhos também têm ouvidos que trabalham numa faixa mais larga que a nossa, entre 70 Hz e 240.000 Hz, e também usam sua capacidade de emitir ultrassom para se guiar. Entre os animais que captam infrassom estão os elefantes e as toupeiras. Como os tremores de terra são vibrações mecânicas de baixa frequência, podendo ser na faixa do infrassom, há registros imprecisos de elefantes que mostraram certa agitação antes de terremotos e tsunamis. Nós próprios, ainda que não ouçamos infrassons, podemos perceber pela pele alguma vibração nessa faixa.

Sons de mesma frequência podem ser ouvidos por nós como sendo mais fortes ou mais fracos. Estamos falando da qualidade fisiológica do som chamada de intensidade e que é vulgarmente chamada de “volume”. A intensidade está relacionada à grandeza física “amplitude” da onda sonora. Assim, quando aumentamos o “volume” do som da TV, estamos gerando ondas sonoras com amplitude maior. Existe uma grandeza chamada intensidade física sonora ( $I$ ) que acaba por se confundir muitas vezes com a qualidade fisiológica intensidade. Para dirimir esse conflito, vamos usar a nomenclatura intensidade sonora  $I$  em uma região do espaço como

**Uma pergunta interessante e frequente entre os alunos é: os animais em geral conseguem captar infrassons ou ultrassons?**

sendo a grandeza física definida pelo valor da potência ( $P$ ) da fonte sonora por unidade de área ( $A$ ) (Fig. 1). Sendo a grandeza potência ( $P$ ) definida como a quantidade de energia ( $E$ ) na unidade de tempo ( $\Delta t$ ), e a área da esfera dada por  $A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ , temos:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{E}{4\pi r^2 \cdot \Delta t}$$

Essa grandeza, no Sistema Internacional, será expressa na unidade  $W/m^2$  ou  $J/m^2 \cdot s$ . Determinada fonte sonora emite som com uma certa potência, ou seja, com uma certa taxa de emissão de energia por unidade de tempo. A propagação do som se dá de forma esférica e a potência sonora ocupa áreas cada vez maiores à medida que se propaga. O valor  $4 \cdot \pi \cdot r^2$  corresponde à área da esfera no ponto considerado. Essa expressão mostra que a intensidade sonora cai com o quadrado da distância até a fonte sonora. A menor intensidade sonora capaz de sensibilizar o ouvido humano é  $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ , também chamada de limiar da audibilidade [19].

Já a intensidade percebida pelo ouvido humano será medida por um número que chamaremos de nível de intensidade sonora ou, simplificada-mente, nível sonoro ( $\beta$ ). Intensidade sonora ( $I$ ) e nível sonoro ( $\beta$ ) não podem ser confundidos. A relação entre as duas grandezas não é linear. Assim, se dobrarmos o valor da intensidade sonora  $I$ , não “ouviremos o dobro”,  $\beta$  não dobrará. Observa-se que para ouvirmos com o dobro de intensidade (dobro do nível sonoro) é preciso que a intensidade física seja elevada ao quadrado, o que sugere uma relação logarítmica entre as duas. Ernst Heinrich Weber (1795-1878) foi quem primeiro percebeu essa relação, não só para o som, mas para outras situações que envolvem nossos sentidos. Mais tarde, Gustav Theodor Fechner (1801-1887)

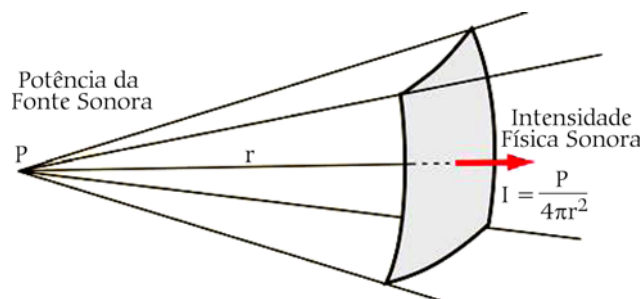


Figura 1: A intensidade sonora em uma região do espaço mede a quantidade de energia sonora ( $E$ ) que chega até ela na unidade de tempo e na unidade de área. Essa energia sonora partiu da fonte e se espalha esféricamente pelo espaço. (Fonte: Ref. [18]).



procurou uma interpretação teórica para a descoberta de Weber. Assim, a Lei de Weber-Fechner representa uma relação matemática entre o estímulo físico ( $I$ ) e a sensação sonora ( $\beta$ ) percebida por um indivíduo. Matematicamente, podemos enunciar a lei de Weber-Fechner como  $S = k \log I$ , onde  $S$  é a sensação e  $I$  o estímulo físico. Assim, no caso do som, definimos nível sonoro como  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$ . Embora o resultado desta operação ( $\beta$ ) seja uma grandeza adimensional, convencionou-se dar a ele o nome de Bell, em homenagem a Alexander Graham Bell. Para usar-se números maiores e mais cômodos, criou-se um múltiplo do Bell, o decibel (dB), apenas uma escala, resultado de:

$$\beta = 10 \cdot \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

A intensidade  $I = I_0$  corresponde a  $\beta = 0$  dB, ou seja, qualquer som com nível acima de 0 dB poderá ser ouvido por nós. O nível de 10 dB corresponde à intensidade de  $10I_0$ . Para “ouvirmos o dobro” disso, ou seja, 20 dB, será preciso que a intensidade sonora suba pra  $100I_0$ ; para conseguirmos 30 dB precisamos aumentar esse valor para  $1000I_0$  e assim sucessivamente.

Será que um som de 60 dB é muito intenso e causa desconforto? Para se ter uma ideia, uma conversa normal, sem tumultos ou exageros, corresponde a esse nível sonoro. Já uma reunião acalorada de crianças corresponde a algo como 90 dB e um avião jato decolando gera algo como 120 dB. O infográfico na Fig. 2 mostra os níveis sonoros relacionados a algumas situações cotidianas.

Essa definição do nível sonoro carrega uma estranha aritmética. Imagine que estamos diante de duas fontes sonoras e recebemos de cada uma delas 50 dB. Significa que estamos sujeitos a 100 dB? A resposta é não; nesse caso  $50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 53 \text{ dB}$ . Chamemos de  $I$  a intensidade sonora que nos chega de cada uma dessas fontes. Assim, a intensidade total que recebemos vale  $2I$  e o nível sonoro será<sup>1</sup>:

$$\beta = 10 \cdot \log_{10} \frac{2I}{I_0} = 10 \cdot \log_{10} \frac{I}{I_0} + 10 \cdot \log_{10} 2 = 50 + 10 \cdot 0,3 = 53 \text{ dB}$$

O mesmo resultado seria obtido para valores distintos de 50 dB. Assim,  $70 \text{ dB} + 70 \text{ dB} = 73 \text{ dB}$  ou  $3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$  ou ainda  $0 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 0 \text{ dB}$ . Evidentemente as igualdades que estamos usando só valem para decibels, já que, matematicamente falando,  $3 + 3 = 6$ . Por essa estranha matemática, dois sons, um de

30 dB e outro de 50 dB resultam praticamente em 50 dB<sup>1</sup>.

### Saúde vs. poluição sonora

Se de um lado a natureza nos inunda com sons agradáveis como o barulho das águas, do vento, das árvores etc., se a humanidade inventou a música que se impõe como uma das mais importantes expressões artísticas e a de maior mercado em todo o mundo, se a produção de som pelo homem permitiu o aparecimento das várias línguas do mundo, de outro lado a civilização humana trouxe também o ruído, raro na natureza, mas comum nas cidades. De maneira informal, podemos definir ruído como todo som que causa desconforto e insalubridade às pessoas. Igualmente, podemos definir poluição sonora como a exposição descontrolada e indesejada aos ruídos. Os grandes centros urbanos, com seus milhares de automóveis e indústrias ruidosas, trazem problemas vários de saúde e devem se submeter a normas de convivência e de salubridade. Mas não apenas os ruídos podem ser insalubres; o surgimento dos aparelhos de som, em especial os portáteis com fones de ouvido, trouxeram o costume, comum entre jovens, de ouvir músicas com alta intensidade.

Esse quadro de exposição aos ruídos, segundo a Sociedade Brasileira de Otolologia, é causa de 30 a 35% das perdas auditivas [21]. Segundo a OMS, 10% da população mundial está submetida a valores perigosos do nível sonoro que podem causar perda auditiva temporária ou permanente e “Sabe-se que as pessoas percebem, avaliam e reagem aos sons (ruído) mesmo quando estão dormindo. Por esse motivo, o organismo pode reagir ao ruído com aumento da produção de hormônios, elevação do ritmo cardíaco, contração dos vasos sanguíneos, entre outras reações” [22]. Essa mesma OMS “considera a poluição sonora como uma das formas mais graves de agressão ao ser humano e ao ambiente” [22] e aponta que 40% da população europeia está exposta a níveis

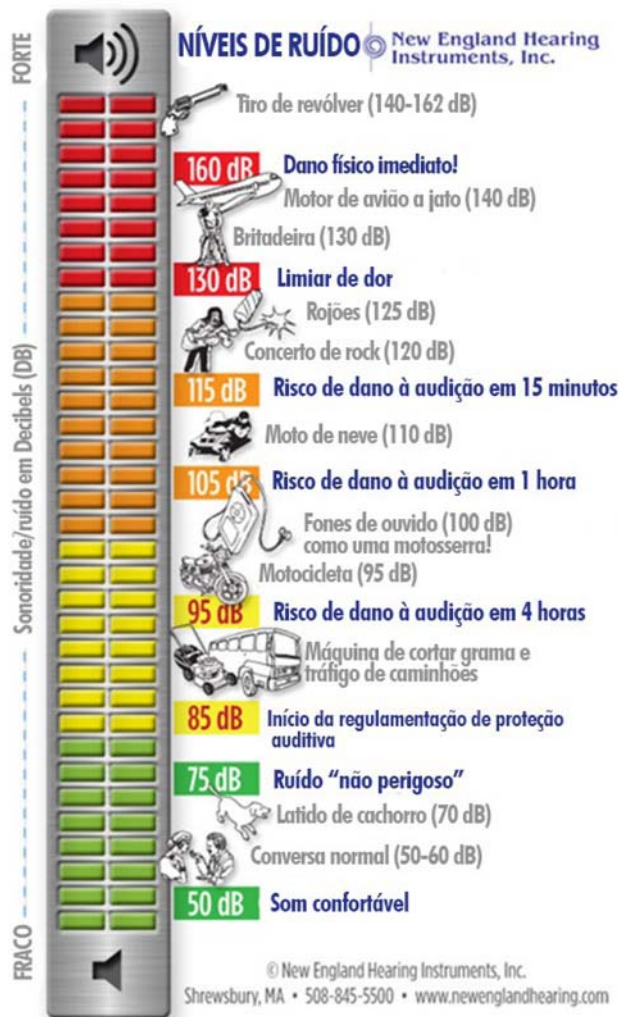


Figura 2: Sons muito intensos podem trazer desconforto e até sérios problemas se saúde. Fonte: adaptado da Ref. [20].

acima de 55 dB, diariamente, e 20%, a níveis acima de 65 dB [23]. Quando o ruído é intenso, acima de 85 dB, por períodos de oito horas por dia, podem ocorrer alterações no aparelho auditivo e levar ao PAIR (Perda Auditiva Induzida por Ruído). No Brasil existe um órgão, chamado ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), semelhante ao que existe em outros países, que aponta sérios problemas de saúde que podem ser causados pelos sons muito intensos [24]: “possibilidade de provocar úlcera, irritação, excitação maníaco-depressiva, desequilíbrios psicológicos, estresse degenerativo e aumentar o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, osteoporose, hipertensão arterial e perdas auditivas, entre outras enfermidades” e por esse motivo baixou normas que visam a diminuir esses problemas. Interessante trabalho realizado por investigador da Universidade de São Paulo [25], no município de Piracicaba, resume na Tabela 1 os principais problemas causados pela poluição sonora.

Tabela 1: Impactos dos ruídos na saúde humana. Fonte: Ref. [25].

Nível sonoro	Reação	Efeitos negativos	Exemplos de locais
Até 50 dB	Confortável (limite da OMS)	Nenhum	Rua sem tráfego
Acima de 50 dB	O organismo humano começa a sofrer impactos do ruído		
De 55 a 65 dB	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa	Diminui o poder de concentração e prejudica a produtividade no trabalho intelectual	Agência bancária
De 65 a 70 dB (início das epidemias de ruído)	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente, minando defesas	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o organismo dependente. É por isso que muitas pessoas só conseguem dormir em locais silenciosos com o rádio ou TV ligados. Aumenta a concentração de colesterol no sangue	Bar ou restaurante lotado
Acima de 70 dB	O organismo fica sujeito a estresse degenerativo, além de abalar a saúde mental	Aumentam os riscos de enfarte e infecções, entre outras doenças sérias	Praça de alimentação em shopping centers Ruas de tráfego intenso

## A poluição sonora ao redor do mundo e da história

A busca pelo silêncio ou por níveis suportáveis de ruídos não é recente. Em 44 a.C. Júlio César, imperador de Roma, impôs uma lei que proibia o tráfego de carroças pela cidade durante a noite, exatamente para favorecer o silêncio durante o sono. Vejam a lei [26]:

Doravante, nenhum veículo com rodas ou algo parecido será permitido dentro dos recintos da cidade do anoitecer até o nascer do sol... os que precisarem entrar durante a noite e ainda estiverem na cidade ao amanhecer deverão estacionar e descarregar até a hora indicada.

Tempos depois, o escritor Juvenal, em sua *Sátira* (117 d.C.) diria [26]: “É absolutamente impossível dormir em qualquer canto da cidade. O perpétuo movimento de carros nas ruas próximas... é suficiente para acordar os mortos”.

A preocupação com a poluição sonora, em especial nas cidades europeias, cresceu ao longo dos séculos. Sinos de igrejas, vendedores de peixes e frutas, trombetas dos correios etc., fizeram evoluir legislações que tratavam do direito ao silêncio. Mas foi na Inglaterra dos séculos XVIII e XIX que a discussão atingiu níveis mais conflitantes, com o surgimento da cha-

mada Revolução Industrial. Máquinas barulhentas e grandes obras ruidosas tomam conta do cenário, sendo que em 1825 é inaugurada a primeira linha ferroviária. Em 1861 surge o primeiro motor a combustão, invento que culminou no aparecimento do automóvel, maior vilão em nossos dias quando o assunto é poluição sonora. A partir da Revolução Industrial, o mundo estaria irremediavelmente tomado pelo ruído. Mais recentemente, o surgimento dos aparelhos eletrônicos de som e dos fones de ouvido agregaram novas fontes de sons intensos e há sérias preocupações dos profissionais com respeito à saúde de nossos ouvidos.

## A “lei do silêncio” no Brasil

Na verdade, não existe uma “lei do silêncio”, como as pessoas costumam dizer. Ao menos não existe uma lei com esse nome no Brasil. O que há é uma lei federal [27] (Lei federal 3.688 de 3 de outubro de 1941) que está em pleno vigor e que se chama Lei das Contravenções Penais. O capítulo IV da lei trata “Das Contravenções Referentes À Paz Pública” e em seu artigo 42 trata da perturbação do trabalho e do sossego.

*Art. 42. Perturbar alguém o trabalho ou o sossego alheios:*

*I – com gritaria ou algazarra;*

*II – exercendo profissão incômoda ou ruidosa, em desacordo com as prescrições legais;*

*III – abusando de instrumentos sonoros ou sinais acústicos;*

*IV – provocando ou não procurando impedir barulho produzido por animal de que tem a guarda:*

*Pena – prisão simples, de quinze dias a três meses, ou multa, de duzentos mil réis a dois contos de réis.*

Para nós, habitantes do século XXI, a redação cheira a um certo anacronismo, mas é a lei em vigor a ser usada no caso de abusos com a intensidade sonora. Observem que não há nenhuma referência a horários em que se pode abusar de sons intensos. Há uma crença popular de que a partir das 22:00 h, até as 6:00 h, não se pode produzir sons perturbadores, podendo uma britadeira invadir seu quarto logo de manhã, mas não há essa restrição na lei. Não há horário definido para se perturbar os outros, todos são igualmente contravenções. Do ponto de vista jurídico, crime ou contravenção penal somente se diferenciam pelo alcance da pena e aqueles que se sentem prejudicados por algum contraventor podem procurar um delegado de polícia, o juizado de pequenas causas ou o ministério público de sua cidade. Evidentemente, leis como essa não vêm para desestabilizar o convívio entre as pessoas e o bom senso deve prevalecer sobre os aspectos jurídicos. O primeiro passo deve ser sempre procurar o entendimento entre as partes. Além do que, muitas vezes é melhor suportar algum ruído desagradável de uma britadeira por um tempo para se ter em seguida uma rua bem asfaltada, bonita e segura. Os estados e os municípios têm, muitas vezes, suas próprias regras, regulamentadas em geral por decretos, que fazem parte do pacote do que se chama de “Lei do Silêncio”. Algumas dessas regras são realmente leis, pois foram aprovadas pelas assembleias legislativas ou pelas câmaras municipais. Assim, por exemplo, a lei distrital 4.092 [27] especifica atitudes ofensivas à saúde, à segurança e ao bem-estar da coletividade vindas da poluição sonora em Brasília (Fig. 3).

Já a prefeitura de São Paulo elaborou o Projeto de Silêncio Urbano (PSIU) [29] da Lei 15.133, que fiscaliza locais confinados como bares, boates, salões de festas, templos religiosos etc., mas não permite vistorias em residências. Estabelece que em zonas residenciais o limite é de 50 dB entre 7:00 h e 22:00 h e cai para 45 dB no restante do dia. Nas zonas mistas esses valores são respectivamente 65 e 55 dB e nas zonas industriais são 70 e 65 dB.



Figura 3: Ilustração encontrada no documento da lei citada, que mostra, com humor, os problemas trazidos pelos sons indesejados. Fonte: Ref. [281].

Para o professor que decidiu abordar esses assuntos com os seus alunos, é de enorme importância que ele conheça a legislação de seu país, de seu estado e de sua cidade, pois há variações consideráveis.

### Decibelímetros no *smartphone*

Apenas para o sistema operacional Android, em visita à Play Store, encontramos cerca de 130 aplicativos com a mesma finalidade: medir o nível sonoro em decibel. Quase 100% deles são disponibilizados gratuitamente. Não queremos nos ater a nenhum deles em especial para não sugerir uma tendência. Deixamos para o professor a escolha daquele que melhor lhe agradar. A Fig. 4 mostra, a título de exemplo, um desses, distribuído gratuitamente, chamado “decibelímetro”, nome comum a vários deles. Convém instalar vários e selecionar alguns, pois a qualidade e as características são diferentes. Alguns têm mostrador digital e outros analógicos; mostradores ora pequenos, ora grandes; alguns constroem um gráfico que mostra a curva de variação do nível sonoro, outros colocam referências a locais com aquele nível sonoro; alguns fornecem dados estatísticos como máximo, mínimo e valor médio encontrados durante o seu uso, outros entregam o espectro de frequências dos sons captados etc. Sugerimos escolher algum que registre graficamente as observações em função do tempo. Assim, usando um cronômetro em paralelo, pode-se obter uma coleta de dados com registro de alterações no nível sonoro ao longo dos minutos e dos acontecimentos. A escolha do aplicativo mais conveniente é por si só uma pesquisa curiosa, que vai certamente interessar os alunos. O professor pode fi-

zar algumas características importantes e deixar que a própria classe escolha o aplicativo. A precisão das medidas deverá ser diferente conforme a qualidade do aparelho e do aplicativo usados. Embora não tenhamos comparado os resultados com equipamentos profissionais de medição, a chance de nossos smartphones perderem nesse comparativo é grande. No entanto, eles se prestam bem aos nossos objetivos, que é detectar pontos onde o ruído é excessivo e permitir aos alunos que trabalhem com tecnologia de qualidade ao alcance de suas mãos.

É importante lembrar que esses aparelhos medem, na verdade, variações de pressão. Há uma relação direta entre intensidade sonora e as variações de pressão que são provocadas no meio de propagação. Os decibelímetros trabalham, portanto, com o Nível de Pressão Sonora e podemos escrever:

$$\beta = 10 \cdot \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

### Uso desses conceitos na escola

Primeiramente convém lembrar da necessidade de garantir a total segurança

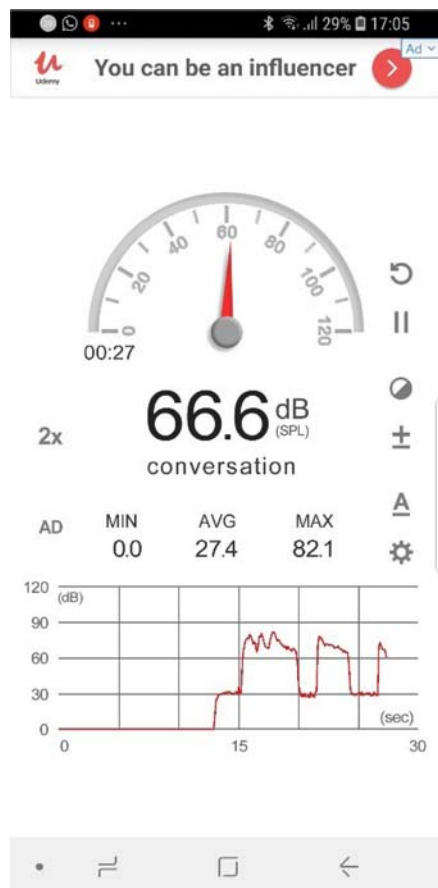


Figura 4: Tela de um dos aplicativos disponíveis para quantificar níveis sonoros.

dos alunos em estudos feitos fora da sala de aula ou da escola. Depois de escolhido o aplicativo Sound Meter que será usado, peça que todos o instalem em seu dispositivo móvel. Não há problemas se os sistemas operacionais forem diferentes; o importante é que os aplicativos escolhidos tenham funções parecidas. Basicamente, eles deverão medir o nível de intensidade sonora em pontos escolhidos. Os próprios alunos poderão anotar a data e o horário das respectivas coletas de dados. Convém que se façam medidas por um certo tempo (um ou dois minutos, por exemplo) e o resultado considerado seja o valor máximo medido.

Antes das medidas, é interessante que se convide um profissional da saúde para falar aos alunos sobre os problemas causados pela poluição sonora. Convém que esse especialista, que pode ser membro de alguma família da comunidade escolar, seja um médico otorrinolaringologista ou um fonoaudiólogo. Também podem contribuir com a discussão profissionais ligados ao meio ambiente. Seu colega professor de biologia poderá ajudar em seu projeto, explicando aos alunos como funciona o aparelho auditivo e questões de saúde ligadas a ele. Do mesmo modo, seu colega professor de matemática poderá dar aos alunos as ferramentas necessárias para se trabalhar com logaritmos.

Convém que a coleta de dados seja feita com um formulário pronto e impresso. Assim, pode-se uniformizar a coleta de dados e facilitar a leitura futura que se fará deles. Basicamente, deve-se registrar o local da medição, a data, o horário e o valor medido do nível sonoro naquele ponto, sempre que possível, visitado no horário de pico. Com os resultados encontrados, a classe pode montar um mapa indicando nele os valores máximos medidos do nível sonoro. Sugerimos usar o Google Maps, colocando alfinetes nesses pontos e registrando os valores encontrados. Pode-se usar alfinetes vermelhos para os pontos mais barulhentos (acima de 85 dB), amarelos para aqueles de um bloco intermediário (entre 65 dB e 85 dB) e verdes para os pontos mais silenciosos (abaixo de 65 dB). Assim, ele poderá ser disponibilizado a todos os alunos e a todos os membros da comunidade interessados. A Fig. 5 apresenta um mapa fictício focalizando alguns pontos da cidade de São Paulo. No arquivo original, quando se clica em um alfinete, abre-se uma janela indicando a hora da observação e o valor máximo medido. Em especial, temos um alfinete vermelho dividindo o espaço com um verde. Ali se encontra um teatro que apresenta um alto nível sonoro à noite e

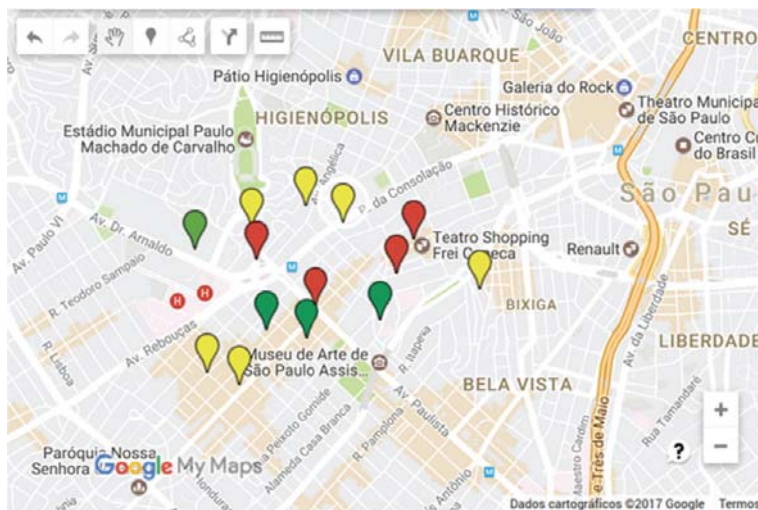


Figura 5: Mapa tendo como base o Google Maps (Fonte: Ref. [30]).

um valor bem menor no horário do almoço. Para um mesmo local, um mesmo ponto do mapa, podemos ter alfinetes com cores diferentes, mostrando medições em diferentes horários e dias.

### Conclusão

O uso de tecnologia na educação é altamente desejado, já que prepara o aluno para o mundo em que ele viverá, pautado

pela ciência e pela tecnologia. O artigo explora apenas um aplicativo, mas muitos outros estão à espera de professores que se disponham a pensar e montar um esquema didático que os utilize. Esperamos ter fornecido uma linha de construção, entre tantas outras possíveis, e contribuído para motivar jovens e educadores.

Para encerrar este artigo, depois de tudo o que foi dito aqui, lembrando Shakespeare, ao final de Hamlet [31]: “O resto é silêncio”.

### Nota

$\beta_1 = 30$  dB implica em  $\frac{I_1}{I_0} = 10^3$  enquanto

$\beta_2 = 50$  dB implica em  $\frac{I_2}{I_0} = 10^5$ . Assim, a

nova razão da intensidade física sonora será  $10^3 + 10^5 = 10^3 + 100 \cdot 10^3 = 101 \cdot 10^3$  que é muito próximo de  $10^5$ , resultando em  $\beta = 50$  dB.

### Referências

- [1] C. Sagan, *O Mundo Assombrado Pelos Demônios: A Ciência Vista Como Uma Vela no Escuro* (Companhia das Letras, São Paulo, 1996).
- [2] D. Camargo, *GM apreende 80 carros por som alto*. Correio Popular, Campinas, 20 jul. 2018. Cidades, p. A5.
- [3] A. Ramirez, *Jaguariúna: Silêncio às badaladas centenárias*. Correio Popular, Campinas, 27 jul. 2018. Cidades, p. A5.
- [4] B. Maineti, *'Teco-teco' gera receio em campineiro*. Correio Popular, Campinas, 28 jul. 2018. Cidades, p. A7.
- [5] W.P. da Silva, C.M.D.P.S. e Silva, D.D.P.S. e Silva, C.D.P.S. e Silva, Cad. Bras. Ens. Fís. **21**, 103 (2004).
- [6] T.G. Ribeiro, Clarice Parreira Senra e Mateus Antônio Resende, Física na Escola **16**(1), 43 (2018).
- [7] R.C. Diogo e S.T. Gobara, Revista Brasileira de Informática na Educação **16**, 23 (2008).
- [8] L.R. Rui, *Uma Proposta de Introdução de Conceitos Físicos na 8ª Série Através do Som, e Algumas Importantes Curiosidades e Aplicações do seu Estudo*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2006).
- [9] R.C. Diogo, *A Aprendizagem de Ondas Sonoras sob a Ótica de Desafios em um Ambiente Virtual Potencialmente Significativo*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2008).
- [10] R. Chierecci, *O Som da Física*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo (2013).
- [11] D. Correia, *Textos de Divulgação Científica: Leitura, Produção e Divulgação de Atividades Didáticas no Espaço do Estágio Supervisionado em Física*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria (2016).
- [12] M.D. Pereira, *Estudo da Poluição Sonora por Estudantes do Ensino Médio Usando Smartphone*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos (2017).
- [13] D.C. Stinglin, *Relações Entre a Percepção Musical e o Ensino das Características das Ondas Sonoras*. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2017).
- [14] P.W. Bastos e C.R. de Mattos, in: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, XI EPEF* (2008) disponível em <https://bit.ly/2Wetknq>.
- [15] M.I.A. Jardim, N.C.G. Errobidart e S.T. Gobara, in: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, XI EPEF* (2008), disponível em <https://bit.ly/2wwooQw>.
- [16] C. C. Moreira, C. C. de Macedo e D. G. de Oliveira, in: *Simpósio Nacional de Ensino de Física, XX SNEF* (2013), disponível em <https://bit.ly/2XoRbll>.
- [17] A.E. da Silva, J.F. da Costa, S. Camargo, T.R. Hilger e L.L. Samojeden, in: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, XI ENPEC* (2017), disponível em <https://bit.ly/2HUkCqL>.
- [18] Documentação disponível em <https://bit.ly/2dbc77R>, consultada em 31/12/2018.
- [19] M.F. Ferreira Neto, *60 + 60 = 63?* (Sociedade Brasileira de Física, São Paulo), disponível em <https://bit.ly/2W7fPWI>.
- [20] Documentação disponível em <https://bit.ly/2WILRTS>, consultada em 15/7/2018.
- [21] Documentação disponível em <https://bit.ly/2Wkv183>, consultada em 31/12/2018.
- [22] Documentação disponível em <https://bit.ly/2WJmuuy>, consultada em 31/12/2018.
- [23] D.F.B. Zajarkiewicz, *Poluição Sonora Urbana – Aspectos Jurídicos e Técnicos*. Tese de Mestrado em Direito na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, disponível em <https://bit.ly/2Z4u0ha>.
- [24] Norma 10.151 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, disponível em <https://bit.ly/2Llfe9M>.
- [25] D.F. da Silva Filho, *Estudo da Poluição Sonora no Ambiente Urbano da Cidade de Piracicaba* (Universidade de São Paulo, São Paulo), disponível em <https://bit.ly/2XorhyH>.
- [26] R.G. Rosset, *Lei do silêncio e tutela da tranquilidade pública*, disponível em <https://bit.ly/2YZD2vM>.
- [27] *Lei das Contravenções Penais – Lei Federal 3.688 de 3 de outubro de 1941*. Pode ser consultada em <https://bit.ly/2OXNWkA>.
- [28] *Lei Distrital 4.092 de 30 de janeiro de 2008 – Lei do Silêncio de Brasília* que pode ser encontrada em <https://bit.ly/2HTt8WS>.
- [29] PSIU – Programa de Silêncio Urbano da prefeitura de São Paulo, disponível em <https://bit.ly/1Lx75Pz>.
- [30] Google Maps - <https://www.google.com.br/maps>.
- [31] W. Shakespeare, *A Tragédia de Hamlet, Príncipe da Dinamarca* (Abril Cultural, São Paulo, 1976).

# O ensino de ressonância eletromagnética por um sistema emissor e receptor com rádio antena de quadro: Descrição e análise usando osciloscópio

.....

**André Luiz Alves**

Departamento de Ciências Naturais,  
Universidade Federal do Espírito Santo,  
ES, Brasil  
E-mail: andre.alves@ufes.br

**Daniel José Custódio Coura**

Departamento de Computação e  
Eletrônica, Universidade Federal do  
Espírito Santo, ES, Brasil

**Márcio Solino Pessoa**

Departamento de Ciências Naturais,  
Universidade Federal do Espírito Santo,  
ES, Brasil

**Sérgio Sousa Bento**

Departamento de Matemática  
Aplicada, Universidade Federal do  
Espírito Santo, ES, Brasil

**Paulo Sérgio Moscon**

Departamento de Ciências Naturais,  
Universidade Federal do Espírito Santo,  
ES, Brasil

.....

Neste trabalho foi montado um sistema de comunicação via ondas eletromagnéticas, que inclui um transmissor de ondas AM e um sistema de captação de ondas: o rádio antena de quadro. O sistema do rádio foi baseado em um circuito RLC simples onde a ressonância foi investigada com o uso de um osciloscópio. Foi possível identificar que quando a frequência de oscilação natural do rádio, variada através de um capacitor regulável, coincide com a frequência da onda proveniente do transmissor, o sistema composto pelo rádio submetido à onda entra em ressonância. Esse sistema possui fins puramente didáticos para o ensino prático da lei de Faraday, fenômeno da ressonância e sintonia de rádio.

## Introdução

**N**ovos métodos para o ensino de física tornam-se cada vez mais necessários, visto que os jovens estão inseridos em um mundo mais tecnológico e com maior acessibilidade. As aulas de física despertam cada vez menos o interesse dos alunos, pois ocupam-se de assuntos tradicionais fora do foco e com situações que não fazem sentido prático para o aluno [1]. Nesse contexto, o ensino da ressonância em circuitos elétricos consiste na abordagem de circuitos simples apresentados em livros, tendo pouca ênfase na contextualização de suas aplicações práticas. Geralmente, um resistor, um capacitor e um indutor são ligados em série e alimentados por um gerador de sinais, sendo discutidas questões como defasagens entre tensões nos elementos do circuito, corrente elétrica e a ressonância eletromagnética. Nesses experimentos tradicionais coleta-se um conjunto de dados visando verificar a validade das equações – percebidas como fórmulas por grande parte dos estudantes – relacionadas ao assunto [2,3]. Nenhum modelo para aplicação tecnológica é abordado nesses experimentos.

A motivação deste trabalho é implementar no ensino prático de circuitos ressonantes o rádio com antena de quadro. Ao contrário dos rádios comerciais, a montagem deste, assim como a do rádio de galena com antena varal, é de baixíssima complexidade, consistindo de apenas quatro componentes elétricos, não necessitando ligá-lo a fonte de tensão para seu funcionamento [4,5]. A simplicidade desse sistema instiga a curiosidade no aprendizado por parte dos alunos, pois rádio é um instrumento de comunicação

**Os jovens estão inseridos em um mundo cada vez mais tecnológico e com maior acessibilidade, portanto novos métodos para o ensino de física tornam-se cada vez mais necessários para atrair o interesse dos alunos**

global que faz parte do desenvolvimento tecnológico e tem grande importância na difusão do ensino de física e engenharia. Por exemplo, a questão da transmissão por milhares de quilômetros, sem conexão com fios elétricos, de informação que viaja a velocidade da luz geralmente atrai a atenção de muitos estudantes nas áreas de física e engenharias, tanto pelo rico contexto histórico como pela física deslumbrante envolvida.

Neste trabalho, um fio de cobre esmaltado, enrolado a um suporte de madeira, acoplado a um capacitor, forma um sistema ressonante capaz de captar ondas eletromagnéticas de um transmissor de ondas moduladas. Um diodo é usado como filtro, evitando a sobreposição de sinais elétricos. Foi explorado o fenômeno de ressonância por meio de um osciloscópio digital, ligado em paralelo a um fone de ouvido de alta impedância. Para isso, foram estudadas as amplitudes dos sinais de três frequências das ondas emitidas no transmissor. O valor eficaz, medido no osciloscópio, também foi verificado para várias frequências das ondas emitidas pelo transmissor.

Nas seções iniciais, será apresentada uma breve discussão sobre sistemas de comunicação via ondas de rádio e o fenômeno de ressonância. Posteriormente será feita uma descrição, por meio de simulação computacional, da onda eletromagnética captada pelo rádio. Esse sistema simples pode ser implementado tanto no ensino de eletromagnetismo no nível do Ensino Médio quanto no nível superior. Os autores deste trabalho estão à disposição para o apoio a quaisquer professores e/ou estudantes que almejem montar um sistema similar, bastando entrar em contato pelo seguinte endereço

## Noções de comunicação via Rádio

A comunicação via rádio se dá através de ondas eletromagnéticas provenientes de uma estação emissora, emitidas tridimensionalmente, podendo ser captadas em estações receptoras (Fig. 1). A estação transmissora geralmente é composta por um circuito transmissor, integrado por um transdutor, um modulador, uma linha de transmissão e uma antena transmissora [6]. Por outro lado, a estação receptora é composta por uma antena receptora, uma linha de transmissão e um circuito receptor, integrado por um demodulador e um transdutor de áudio. A linha de transmissão serve para conduzir um sinal elétrico a uma antena, onde são geradas ondas eletromagnéticas que transmitem as informações desejadas [7]. A finalidade da antena receptora é converter uma parte da energia da onda eletromagnética em um sinal elétrico que, conduzido através da linha de transmissão até o receptor, é processada visando sua conversão final em ondas sonoras por um sistema de alto-falantes. No demodulador, é feito um tipo de filtragem na forma da onda recebida na antena, por meio de dispositivos como diodos e capacitores [4,8].

No sistema de transmissão o transdutor, que pode ser um microfone, converte a onda sonora em sinais elétricos de mesma frequência. Essa conversão pode ocorrer por meio de dispositivos diferentes que usam bobinas móveis acopladas a ímãs permanentes, ou que empregam condensadores ou mate-

riais piezoelétricos [9]. Entretanto, para tornar possível a transmissão de sinais eletromagnéticos, faz-se necessário, no modulador, “multiplicar” o sinal que se deseja transmitir, em um sinal denominado portador, de frequência maior (de 530 kHz a 108 MHz) [10]. O dispositivo eletrônico que realiza a multiplicação desses sinais denomina-se *mixer*. O sinal que se deseja transmitir carrega todas as informações que compreendem as frequências de sons audíveis e é chamado de modulante, pois no sistema do *mixer* a amplitude da onda portadora é modulada de acordo com a forma desse sinal. Esse tipo de modulação é chamado de Amplitude Modulada (AM) [6,10]. Existem outros tipos de modulações, como por exemplo a Frequência Modulada (FM), que não serão abordados neste trabalho, visto que o sistema usado emprega um transmissor de ondas AM que apresenta boa eficiência para um aparato didático.

A modulação no sinal da onda transmissora se faz necessário pelo menos por:

**A corrente induzida na antena de quadro (indutor), por um sinal eletromagnético, é oscilatória quando um capacitor é acoplado na antena. Sintonizar o rádio significa colocar o sistema em ressonância: variar a capacitância ou a indutância do rádio, até que sua frequência de oscilação natural se iguale ao do sinal eletromagnético, produzindo correntes oscilantes com amplitudes máximas**

(i) permitir antenas viáveis, já que no caso de uma antena direcional do tipo varal ou do tipo dipolo, o comprimento da antena deve ser da ordem do comprimento de onda da onda modulante, o que exigiria antenas com quilômetros de extensão; (ii) redução de ruídos; (iii) permitir a seleção em frequências de uma das diferentes estações existentes [8].

Na antena, o movimento acelerado nas cargas elétricas produz “perturbações” nos campos elétricos e magnéticos por elas produzidos, gerando ondas eletromagnéticas que carregam todas as informações

que se deseja transmitir. As ondas eletromagnéticas geradas possuem a propriedade de irradiar, ou seja, transmitir energia a distâncias infinitamente longas da fonte [7]. Para ondas AM, as antenas de rádio, dos tipos sensíveis à componente elétrica da onda, podem ser simplesmente um condutor esticado ligado ao transmissor. Para conseguir boa eficiência na antena transmissora, esta deve ser de pelo menos um quarto do comprimento da onda emissora (1/4λ). Tamanhos menores também são usados, com resultados satisfatórios [11]. As antenas receptoras para as ondas AM também podem ser do tipo bobina de ferrite e de *loop* magnético pequeno como, por exemplo, a antena de quadro. Esta última é sensível à componente magnética do campo eletromagnético da onda e apresenta algumas vantagens com relação às antenas sensíveis ao campo elétrico [5,12]. Esse é o tipo de antena abordado neste trabalho.

Na descrição física para captação de sinais pela antena de quadro, a variação do fluxo magnético, devido a componente magnética da onda eletromagnética no plano da antena, produz um campo elétrico induzido (lei de Faraday), fazendo as cargas elétricas oscilarem com a mesma frequência da onda e, portanto, do sinal elétrico do transmissor [5]. Entretanto a amplitude das oscilações pode ser maximizada por meio de um capacitor colocado em paralelo com a antena de *loop*, onde entra em foco o fenômeno da ressonância eletromagnética.

### Ressonância no circuito LC do rádio

A ressonância é o estado de um sistema que vibra com amplitude acentuada, como resultado de estímulos externos que possuam a mesma frequência de vibração natural do sistema. Um circuito contendo um capacitor de capacitância  $C$ , um indutor de indutância  $L$  e um resistor de resistência  $R$ , ligados em série, produzem oscilações de cargas elétricas de frequência natural, similares a um oscilador harmônico [12]. Essa frequência é dada por:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (1)$$

Na antena receptora do rádio, as cargas elétricas vibram com a mesma frequência da onda emitida no transmissor. Entretanto, a amplitude do sinal elétrico não é suficiente para produzir, no transdutor de áudio, oscilações que produzam ondas sonoras perceptíveis. Portanto, para um rádio com antena de quadro a amplitude das cargas elétricas será máxima quando a frequência da onda eletromag-

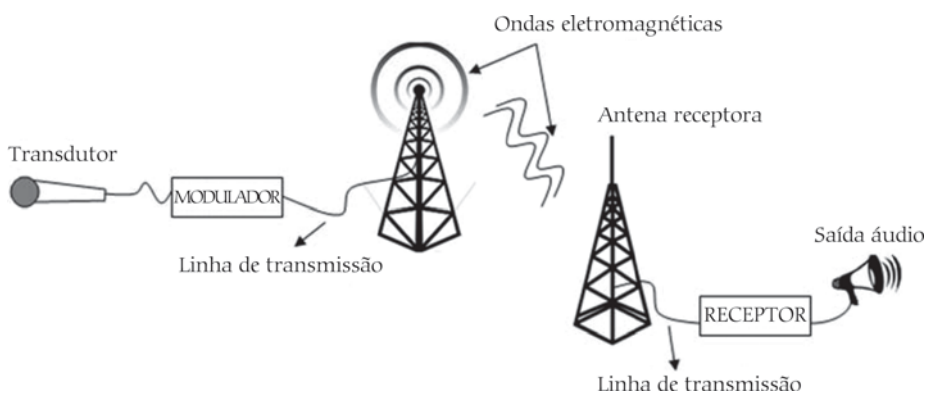


Figura 1: Ilustração de um sistema de comunicação via rádio. Ondas eletromagnéticas emitidas na antena da estação de transmissão (a) propagam-se até a antena da estação receptora, onde seu sinal é demodulado no sistema do receptor.

nética coincidir com a frequência natural do sistema (condição de ressonância). Nesse caso, essa frequência pode ser modificada, variando ou a capacitância  $C$  no capacitor ou a indutância  $L$  no indutor [Eq. (1)], até que coincida com a frequência de uma determinada estação. Capacitores variáveis são comumente utilizados para a sintonia do receptor. O termo sintonia é usado como sinônimo de “casar” a frequência da onda com a do circuito LC do rádio.

### Usando o Matlab na simulação de uma onda portadora do tipo AM

Para a compreensão intuitiva da comunicação via ondas de rádio, é de grande importância a interpretação da modulação AM segundo sua formulação teórica/matemática. Para isso, o programa Matlab 7.0 [13] foi utilizado para simular a forma de onda de um sinal do tipo AM. Uma descrição mais detalhada sobre as diferentes formas de se modular a amplitude de uma onda é descrita por Menezes e cols. (2014) [14].

Matematicamente, a modulação AM consiste em adicionar à amplitude da tensão ( $V_p$ ) da onda portadora o termo da onda modulante, dado por  $e_m(t) = V_m \cos(\omega_m t)$ , em que  $V_m$  e  $\omega_m$  são as amplitudes e a frequência angular da modulante, que carrega a mensagem que se deseja transmitir [14]. A relação entre

frequência da modulante ( $f_m$ ) e  $\omega_m$ , é dada por  $\omega_m = 2\pi f_m$ . Por simplicidade matemática, supõe-se que a modulante é dada apenas por um termo, de frequência  $\omega_m$  bem definida. Então:

$$e_m(t) = [V_p + V_m \cos(\omega_m t)] \cdot \cos(\omega_p t) \quad (2)$$

onde  $\omega_p = 2\pi f_p$ , e  $\omega_p$  e  $f_p$  são a frequência angular e a frequência da portadora, respectivamente. Desenvolvendo os termos na Eq. (2) e realizando manipulações trigonométricas adequadas, obtém-se:

$$e_m(t) = V_p \cos(\omega_p t) + \frac{V_m}{2} \cos(\omega_p + \omega_m)t + \frac{V_m}{2} \cos(\omega_p - \omega_m)t \quad (3)$$

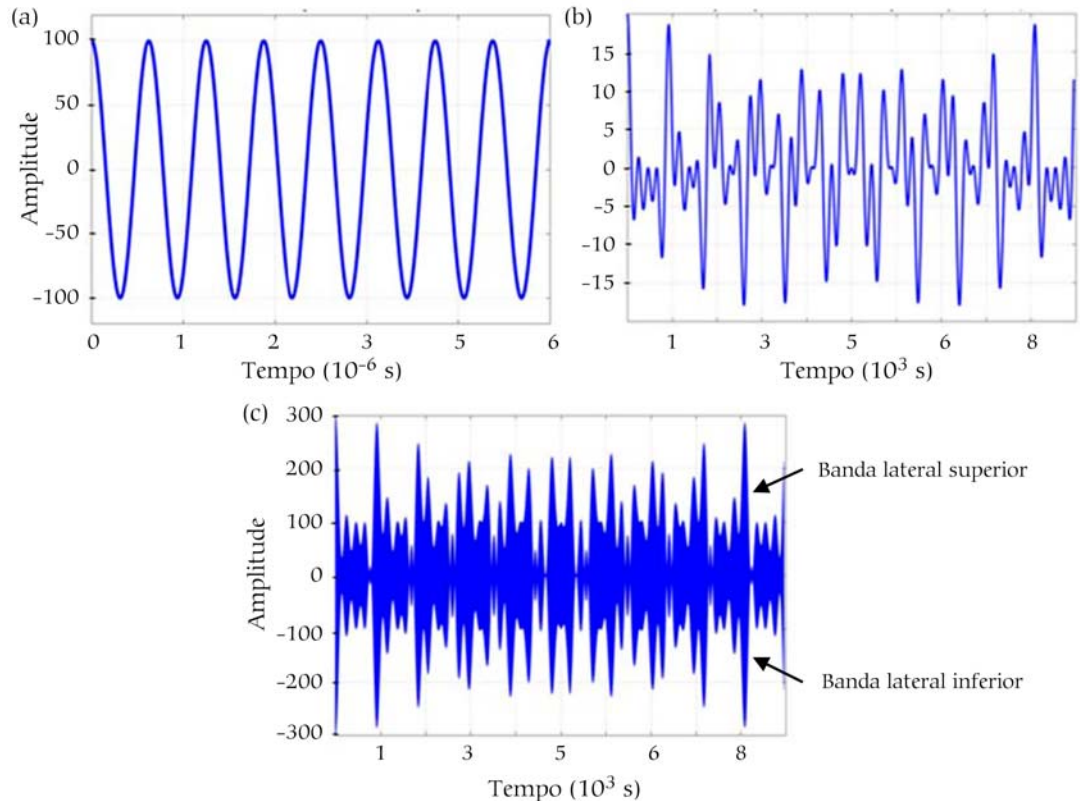
Observa-se na Eq. (3) que a forma da onda modulada consiste da onda portadora pura (primeiro termo) somada a dois outros termos, que caracterizam a banda lateral superior (segundo termo) e a banda lateral inferior (terceiro termo). Essas bandas contêm todas as informações que se deseja transmitir [14].

A forma de onda de um sinal de modulação de áudio pode possuir um espectro de frequências que começa no subgrave (16 Hz) indo até o agudo (16 kHz) [15]. Portanto, para um exemplo mais didático, de simulação de uma modulação AM, um sinal de onda portadora com 1600 kHz foi utilizado e quatro

sinais de frequências  $f_1 = 1000$  Hz,  $f_2 = 2100$  Hz,  $f_3 = 3300$  Hz e  $f_4 = 4400$  Hz foram utilizados como a forma da onda modulante. As formas de onda da portadora e da modulante, obtidas na simulação, estão apresentadas nas Figs. 2a e 2b, respectivamente. Para estas, foram usadas amplitudes de modulação de 100 ua e 20 ua respectivamente. Para melhor visualização, o intervalo de tempo da portadora foi reduzido comparativamente com o da modulante. A onda modulada está apresentada na Fig. 2c e, devido à elevada frequência da portadora, não é possível visualizar as oscilações desta, nessa figura.

Observa-se na Fig. 2c que a informação que se deseja transmitir pela modulante é duplicada, devido às bandas laterais, sendo necessário realizar uma filtragem. Nos demoduladores de onda AM, é comum o uso do diodo. Esse dispositivo é constituído por dois semicondutores, sendo construído de tal forma que permite a passagem da corrente elétrica apenas em um sentido, no circuito receptor do rádio [4]. O efeito é barrar uma das bandas laterais da onda transmitida, evitando a sobreposição de sinais e tornando clara a informação que se deseja transmitir. Para deixar apenas o sinal da moduladora, um capacitor da ordem de nano Farad (nF) é colocado em paralelo a esse circuito, formando um filtro passa-

Figura 2: Simulação no programa Matlab 7.0 da amplitude (u.a) da (a) onda portadora, (b) da modulante e (c) da onda transmitida em função do tempo. A onda transmitida constitui-se da portadora com amplitude modulada de acordo com a forma da onda da modulante.



baixa, eliminando a amplitude da tensão de alta frequência (portadora) [16]. Como neste trabalho foi possível distinguir, com certa clareza, o ruído proveniente da portadora da informação transmitida pela modulante, não foi utilizado o filtro passa-baixa. Adicionalmente, houve a intenção de tornar o rádio o mais simples e didático possível, para alunos e professores iniciantes no tema e aqueles interessados em montar um sistema semelhante em laboratório.

### Modelo aproximado para a tensão induzida na antena de quadro

O objetivo de qualquer antena receptora é converter uma onda eletromagnética em uma tensão. Para pontos próximos da antena, as disposições das linhas de campo elétrico e magnético da onda eletromagnética são complexas; entretanto, para distâncias consideravelmente afastadas da antena, elas podem ser consideradas planas: os campos elétricos e magnéticos oscilam em fase em um mesmo plano [7, 17]. O modelo aqui descrito considera uma onda plana que penetra na área da antena, provocando variações no fluxo do campo magnético e induzindo uma força eletromotriz. Além disso, considera em primeira aproximação que o fluxo do campo magnético da onda que atravessa a antena é composto apenas pela onda portadora. Assim, a modulante é tratada como uma perturbação na amplitude da onda portadora.

A lei de indução de Faraday afirma que a força eletromotriz induzida  $\varepsilon(t)$  nos terminais de uma bobina é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético  $\phi(t)$  com o tempo,

$$\varepsilon(t) = - \frac{d\phi(t)}{dt} \quad (4)$$

O campo magnético é escrito como  $\mathbf{B}(t) = B_p(t)\mathbf{u}$  onde  $B_p(t)$  é uma função oscilante do tipo  $B_p \cos(\omega_p t)$ , em que  $B_p$  é a amplitude da componente magnética da onda portadora e  $\mathbf{u}$  é o vetor unitário que define um eixo paralelo à direção de oscilação de  $\mathbf{B}(t)$ . Seja  $\mathbf{S}$  o vetor área da superfície plana da antena de quadro dado por  $\mathbf{S} = NA\mathbf{n}$  em que  $N$  é o número de espiras na antena e  $\mathbf{n}$  é a normal ao plano de área,  $A$ . Então,

$$\begin{aligned} \phi(t) &= \mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{S} \\ \phi(t) &= B_p \cos(\omega_p t) NA \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} \\ \phi(t) &= B_p \cos(\omega_p t) NA \cos\theta \end{aligned} \quad (5)$$

onde  $\mathbf{u} \cdot \mathbf{n} = \cos\theta$ , sendo  $\theta$  o ângulo entre os vetores unitários  $\mathbf{u}$  e  $\mathbf{n}$ . Substituindo a Eq. (5) na Eq. (4) e fazendo  $\omega_p = 2\pi f_p$

obtem-se

$$\varepsilon(t) = 2\pi f_p NAB_p \sin(2\pi f_p t) \cos\theta \quad (6)$$

Aplicando a definição do valor médio quadrático ( $V_{RMS}$ ) para  $\varepsilon(t)$ , também conhecido como tensão eficaz, e realizando as operações matemáticas devidas, obtém-se:

$$V_{RMS} = \frac{2\pi f_p NAB_p |\cos(\theta)|}{\sqrt{2}} \quad (7)$$

A Eq. (7) fornece um modelo idealizado para a tensão eficaz de saída na antena de quadro. De acordo com essa equação, esse tipo de antena fornece uma tensão proporcional à frequência do sinal emitido pela antena emissora. O desempenho da antena é influenciado pelo número de voltas e pela área da antena. Além disso, observa-se que essa antena é do tipo direcional, ou seja, o sinal máximo é obtido quando  $\theta = 0$  ( $\mathbf{B}$  é perpendicular ao plano da área) e mínimo para  $\theta = 90^\circ$  ( $\mathbf{B}$  é paralelo ao plano da área).

### Materiais e métodos

Na Fig. 3 estão representados todos os componentes usados na montagem do circuito do rádio. A antena (moldura branca) possui arestas de 40 cm com 10 voltas de fio de cobre 28 awg. Na Fig. 4(a), um multímetro do tipo LCR foi conectado em paralelo com a antena, medindo uma indutância de  $(151,7 \pm 0,4) \mu\text{H}$ , conforme especificações do aparelho. Um capacitor de placas paralelas, retirado de um rádio antigo, foi conectado em paralelo com o indutor.

A capacitância é variada por um botão de giro (botão de sintonia). Uma curva de calibração, utilizando um transferidor acoplado, é obtida visando-se associar as marcações da escala do transferidor às respectivas frequências de oscilação naturais. Um diodo de Germânio tipo 1N34 é então conectado em série com um fone de alta impedância. Esses dois componentes são conectados em paralelo com o capacitor. Uma ilustração da conexão de todos os componentes pode ser observada na Fig. 4b. Na ilustração da Fig. 4c o sinal modulado, com as bandas laterais, fornece uma mensagem sobreposta e o diodo realiza a filtragem, permitindo a passagem de apenas uma banda.

Para a observação da onda transmitida, foi utilizado um osciloscópio de marca Minipa, modelo MO 2100. O fio do cabo do osciloscópio que mede o sinal (positivo) foi conectado no pino vermelho, na saída do diodo, enquanto o cabo referencial (negativo) foi conectado ao pino preto, na saída do capacitor.

Para a “estação emissora” foi usado um transmissor de ondas médias AM de 1 W de potência e seleção de frequências de 600 a 1500 kHz [18]. A antena transmissora consistiu de um fio de 30 m de comprimento, esticado na horizontal, a 3 m de altura. O som emitido do fone foi perceptível até aproximadamente 30 m do ponto central da antena. Todas as medidas foram realizadas a uma distância de cerca de 8 m da antena, o que é suficiente para conduzir uma aula em laboratório.

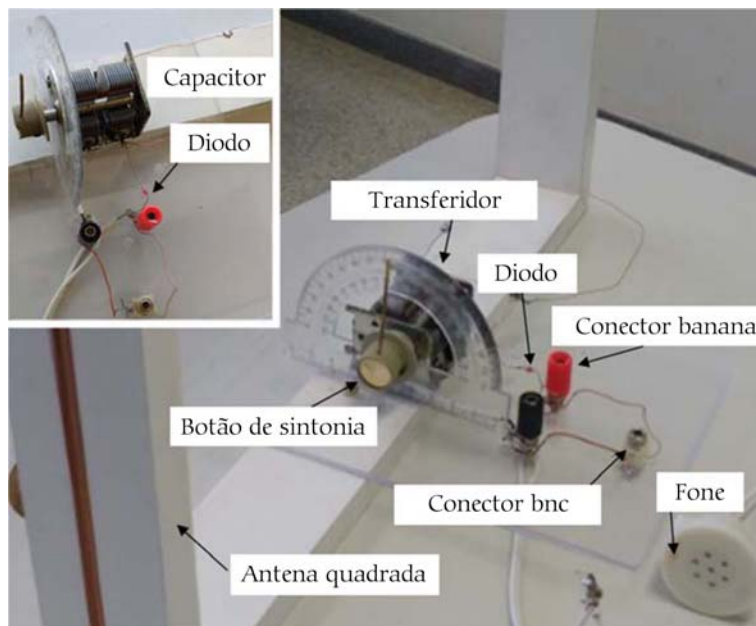


Figura 3: Montagem do rádio com antena de quadro e todos os seus componentes.



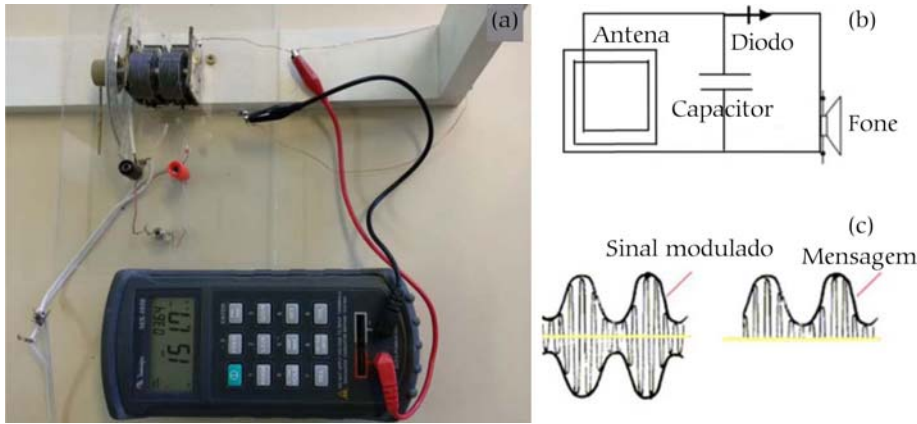


Figura 4: (a) Conexões com o multímetro LCR para obtenção da indutância (em  $\mu\text{H}$ ) da antena de quadro. (b) Diagrama da ligação dos componentes do rádio. (c) À esquerda, ilustração do sinal da onda portadora com a modulação, que seria observado com um osciloscópio ligado aos terminais do capacitor. À direita, a filtragem realizada pelo diodo permite a passagem de apenas uma banda do sinal modulado, transmitindo a mensagem.

## Resultados e discussões

### Ressonância no circuito LC do rádio

Nas Figs. 5a-c, está representado um sinal obtido do transmissor, na frequência de 1600 kHz, após filtro pelo diodo no rádio, para diferentes escalas de tempo. Esse sinal foi obtido de um transmissor que, ligado a um computador, transmitiu sinais de áudio de músicas. Conforme pode ser observado na Fig. 5a, a modulação do sinal (que carrega a mensagem) está sobreposta a fontes aleatórias de ruídos. Adicionalmente, a forma da modulação não segue um padrão bem definido, como o de uma onda senoidal, devido ao conjunto de diversas frequências da mensagem transmitida (músicas) que compõe o sinal. Esses fatores impossibilitam a investigação da forma da onda modulada, diferentemente daquela simulada computacionalmente (Fig. 2). Por outro lado, as oscilações da onda portadora, de alta frequência, ficam mais perceptíveis quando se diminui gradualmente a escala no tempo [veja as Figs. 5b-c]. Na Fig. 5c, foi realizada uma ampliação da ordem de mil vezes, tornando possível medir a frequência da portadora diretamente da tela do osciloscópio, por meio da leitura do período da mesma e cálculo de seu inverso.

Na Fig. 6a, está representada a curva de calibração do capacitor, que consiste da capacitância ( $C$ ) em nF, em função do ângulo ( $\theta$ ) do transferidor, em graus. As barras em forma de cruz representam as incertezas nos valores de  $C$  e  $\theta$ . A função de calibração polinomial foi:

$$C(\text{nF}) = 0,646 - 4,6 \times 10^{-3}\theta - 8,8 \times 10^{-6}\theta^2 + 8,9 \times 10^{-8}\theta^3 \quad (8)$$

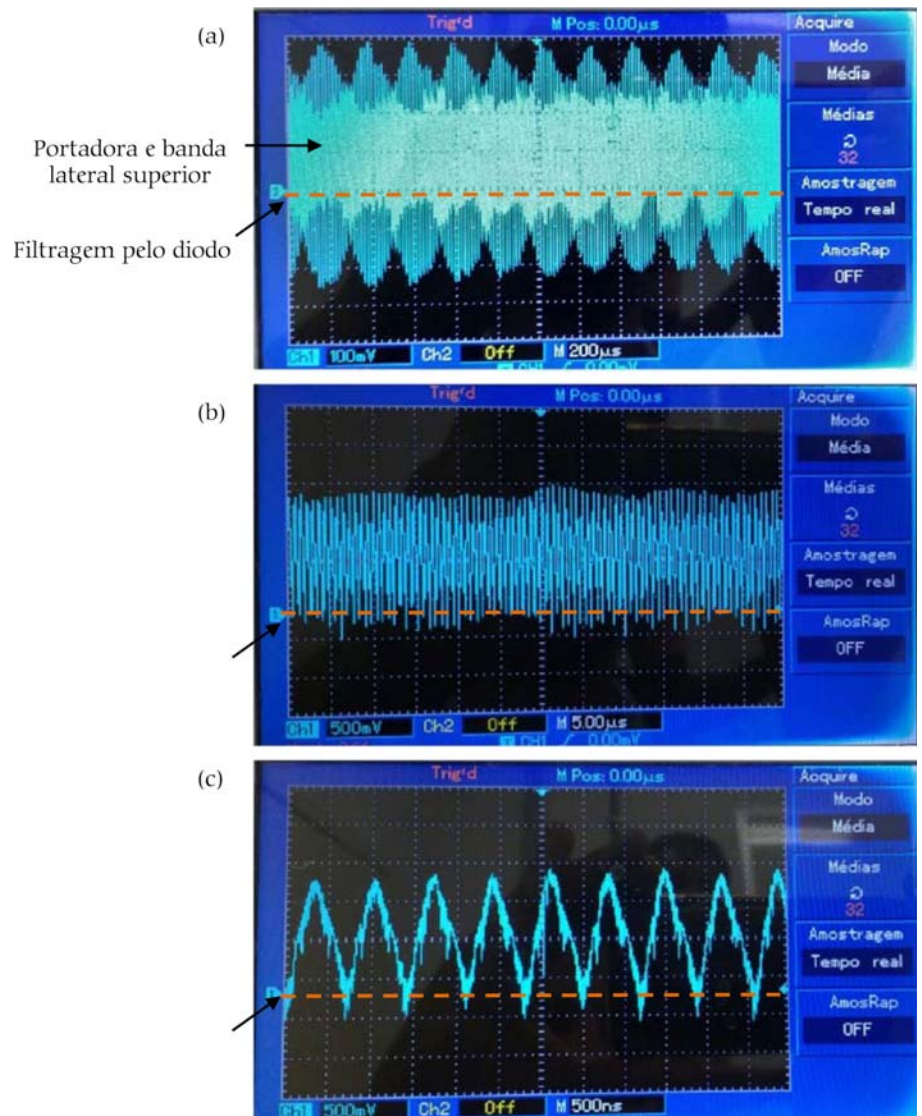


Figura 5: Sinal da onda transmitida (portadora com modulante) no osciloscópio, em unidades de mV, para as escalas temporais (horizontal) de (a) 200  $\mu\text{s}$ , (b) 500  $\mu\text{s}$  e (c) 500 ns. Para melhor percepção do sinal, a frequência foi variada, até se atingir a condição de ressonância.

O ajuste computacional para a obtenção da função foi obtido com o uso do programa *Origin* [19]. A quantidade de algarismos significativos de cada termo da potência, em  $\theta$ , está de acordo com o primeiro algarismo significativo da incerteza obtido do ajuste dessa função. Portanto, os valores de capacitância obtidos para um determinado ângulo  $\theta$ , juntamente com o valor de indutância da antena, foram usados na Eq. (1) para a obtenção das frequências naturais de oscilação do circuito LC do rádio, com suas respectivas incertezas.

Nas Figs. 6b-d estão representadas as amplitudes das oscilações da onda portadora, em função das frequências naturais do circuito LC do rádio. Na parte superior à direita de cada uma delas, estão inseridas as oscilações de tensão, provenientes da

portadora, com seus respectivos Período ( $T$ ), na faixa de frequências correspondentes à ressonância. Os valores de  $T$  das oscilações estão impressos nessa figura em um fundo branco e simbolizados por uma seta dupla branca. Por uma questão visual e de comparação, os valores de frequência, depois de calculados, foram inseridos no gráfico por meio de uma linha pontilhada vertical, seguida de uma barra vertical que representa as mínimas e máximas variações em seus valores calculados.

Em cada caso, foi observado que as amplitudes das oscilações das tensões (pontos com “cruzes”) atingem valores máximos em frequências naturais de oscilação coincidentes, dentro das faixas de incerteza, com as frequências ( $f$ ) das ondas eletromag-

néticas, calculadas por  $f = 1/T$ . Isso evidencia a ressonância eletromagnética observada neste estudo. Esse sistema então pode ser usado em laboratório, para o ensino da ressonância eletromagnética em circuitos, implementando os kits tradicionais utilizados corriqueiramente.

### Relação entre a tensão eficaz e a frequência

De acordo com a Eq. (7) é possível prever que a dependência da tensão eficaz com a frequência da onda emitida pelo transmissor é linear. Para a verificação dessa dependência, foi medido como a tensão eficaz, obtida com o osciloscópio, varia com a frequência, na condição de ressonância. Os dados coletados estão representados por meio da Fig. 7, onde é possível

vel observar a dependência linear prevista. Considerando as aproximações de que a onda eletromagnética que atravessa a antena é plana e que a onda modulada é apenas uma perturbação na portadora, os resultados estão em boa concordância com a previsão teórica.

Por outro lado, o estudo para a verificação da polarização da antena de quadro não pode ser realizado com precisão, usando o osciloscópio, devido às variações de amplitude estarem dentro da faixa de incerteza da onda observada, quando se gira a antena. Para contornar essa situação, foi realizado um estudo de percepção audível, com a colaboração de três estudantes, onde se analisou a percepção em uma faixa de ângulos. As percepções foram definidas como nenhuma, razoável,

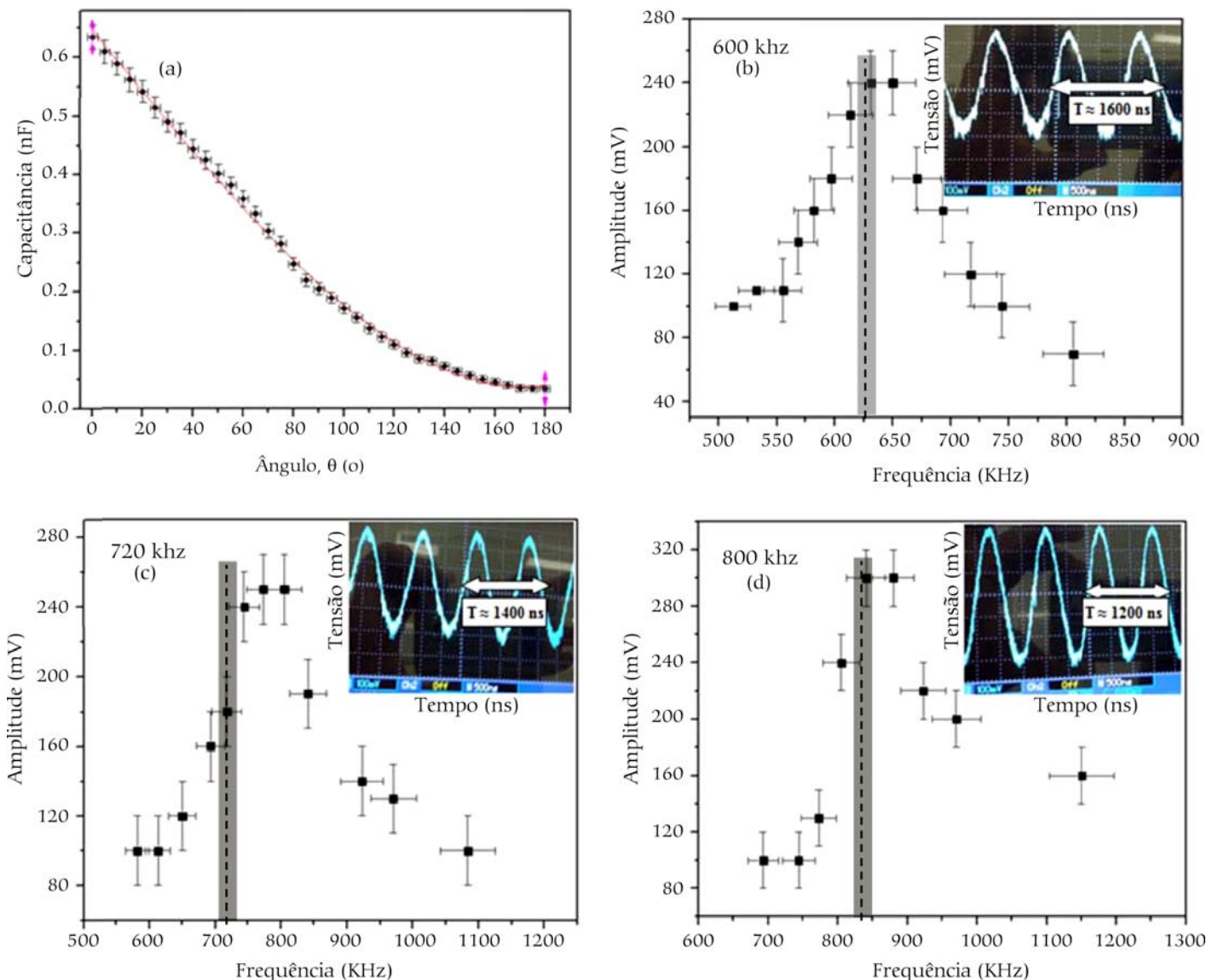
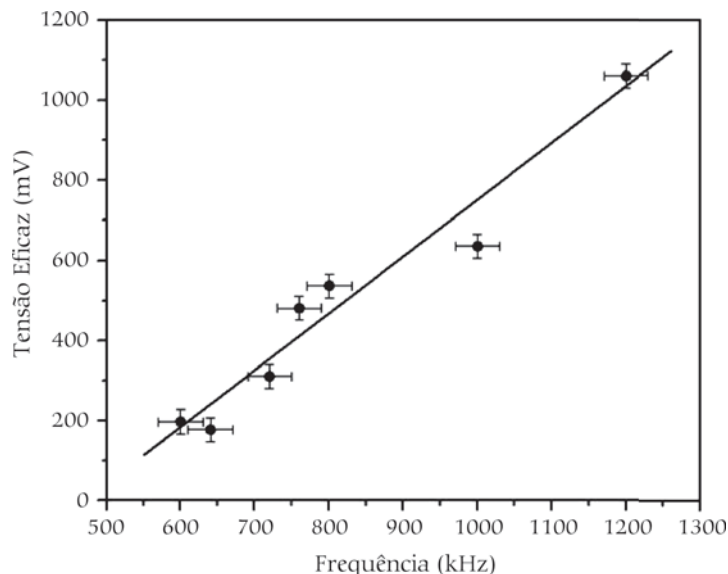


Figura 6: (a) Curva de calibração para o capacitor. Nas frequências de (b) 600 kHz, (c) 720 kHz e (d) 800 kHz estão as dependências da amplitude do sinal da onda captada com a frequência natural do circuito LC do rádio. Na parte superior à direita estão as oscilações de tensão de máxima amplitude. Foram usadas escalas de tensão de 100 mV e tempo de 500 ns. As barras verticais representam os valores de frequência média (linha vertical) com as incertezas (largura da barra), calculadas como o inverso do período.

Figura 7: Dependência da tensão eficaz ( $V_{RMS}$ ) com a frequência da onda portadora emitida pelo transmissor.



boa e muito boa. Inicialmente a antena foi girada até que não houvesse percepção de nenhum som vindo do fone de alta impedância. Foi colocado sob a antena um transferidor no qual foi marcado um ângulo igual a  $90^\circ$ , como referência apenas. A antena então foi girada de  $+90^\circ$  até  $-90^\circ$  e a percepção do sinal emitido pelo fone foi anotada em função do ângulo. Então os estudantes definiram faixas de ângulos correspondentes a cada uma das percepções definidas, obtendo médias. Os dados obtidos estão mostrados na Tabela 1.

De acordo com essa tabela, é possível analisar qualitativamente a polarização da antena, considerando que percepção nula de sinal audível corresponde ao fluxo nulo da onda eletromagnética na antena e que o sinal muito bom corresponde ao fluxo máximo através da antena. Além disso, os dados apresentados nessa tabela são

condizentes com o esperado pela Eq. (7). De acordo com essa equação, espera-se que os maiores valores de tensão eficaz devem corresponder às melhores percepções audíveis. Sendo assim, espera-se que a percepção audível varie com o cosseno do ângulo. Embora os dados coletados na Tabela 1 não forneçam com precisão a questão da polarização, esse experimento permite ao estudante uma noção sobre a

Tabela 1: Percepção sonora para a faixa de ângulos em que a antena de quadro foi rotacionada.

Percepção do som	Faixa de ângulos ( $^\circ$ )	
Nenhuma	90 a 60	0 a -10
Razoável	60 a 30	-10 a -30
Boa	30 a 10	-30 a -50
Muito boa	10 a 0	-50 a -90

polarização da antena de quadro, associando teoria e prática.

## Conclusão

Neste trabalho, verificou-se a teoria e o funcionamento básico dos rádios, usando como modelo o rádio com antena de quadro. Foi possível estudar e coletar dados para a verificação do fenômeno da ressonância. Na parte prática, observou-se que, possivelmente, o cabo coaxial do osciloscópio contribuía com uma pequena capacitância, tendo uma leve interferência no sistema estudado. Mesmo assim, o fenômeno de ressonância eletromagnética pode ser verificado experimentalmente e graficamente, pela coleta de dados, tornando esse sistema útil no ensino das oscilações eletromagnéticas em circuitos RLC.

Na região de ressonância, ocorreu a melhor percepção audível com maior potência sonora; entretanto, os sinais eram acompanhados de um leve ruído que não afetou a investigação do sistema do rádio. Quanto maior a frequência da onda emitida no transmissor, maior foi o valor eficaz, medido no osciloscópio. Verificaram-se também os fenômenos de polarização associada com a disposição geométrica da antena receptora relativamente à antena emissora, bem como as dependências da intensidade do sinal detectado com a frequência de ressonância. Assim, considera-se que o experimento pode ser aplicado para o ensino de oscilações eletromagnéticas por meio da emissão e da recepção de dados.

Professores de física podem contar com essa opção experimental para o ensino do fenômeno da ressonância eletromagnética, juntamente com uma de suas mais populares e importantes aplicações práticas.

## Referências

- [1] M.A. Moreira. Revista do Professor de Física **1**, n.1 (2017).
- [2] G.C Bruscato e P.M. Mors, Rev. Bras. Ens. Fis. **36**, 1506 (2014).
- [3] A. L. Alves e Cols., in: *Atas do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, São Carlos, 2017, 1 CD.
- [4] A. Figueiredo e E. Terrazan, Rev. Ens. de Ciênc. **17**, 32 (1987).
- [5] L. Loudet. Disponível em <https://sidstationloudet.org/antenna-theory-en.xhtml>, acesso em 03 de março de 2018.
- [6] L.F. Netto. Disponível em [http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15\\_3\\_3e.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15_3_3e.asp), acesso em 28 de fevereiro de 2018.
- [7] D.J. Griffiths, *Eletrodinâmica* (Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2011), v. 1, p. 309.
- [8] C.A. Balanis, *Teoria de Antenas - Análise e Síntese* (LTC, Rio de Janeiro, 2014), v. 2, p. 19.
- [9] N.C. Braga, *Fundamentos de Som e Acústica* (Newton C. Braga, São Paulo, 2015a), v. 8, p. 48.
- [10] D. Gonçalves. Disponível em <https://jornalismou.wordpress.com/2015/04/18/entenda-a-diferenca-entre-as-faixas-am-e-fm/>, acesso em 3 de março de 2018.
- [11] Ondas Médias. Disponível em <http://www.amantesdoradiocom.br/novo/mw.htm>, acesso em 28/4/2018.
- [12] H.D. Young e R.A. Freedman, *Física III: Eletromagnetismo* (São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009a), v. 3, p. 377.
- [13] MathWorks, Inc. Matlab: *The Language of Technical Computing. Desktop Tools and Development Environment, ver. 7, v. 9* (MathWorks, Natick, 2005).
- [14] A.B Menezes e F.F Lima, Rev. Ciênc. Exat. e Tecnol. **6**, 95 (2014).
- [15] N.C. Braga, *Fundamentos de Som e Acústica* (Newton C. Braga, São Paulo, 2015b), v. 8, p. 48.
- [16] J.W. Nilson e S.A Riedel, *Circuitos Elétricos* (Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2009), v. 1, p. 417.
- [17] H.D. Young e R.A. Freedman, *Física III: Eletromagnetismo* (São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009b), v. 3, p. 362.
- [18] Eletrônica Elementar. Disponível em <https://www.youtube.com/channel/UCNjRgX9A7hK4q4QDQFAZPVQ>, acesso em 01 de março de 2017.
- [19] ORIGIN 8, *Getting Started Booklet* (OriginLab, Northampton, 2009).

# O estudo da refração e a lei angular

## Marcos Martinho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Sacra Família do Tinguá, Engenheiro Paulo de Frontin, RJ, Brasil  
E-mail: marcos.martinho@ifrj.edu.br

## Vitorvani Soares

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
E-mail: vsoares@if.ufrj.br

O estudo da refração luminosa, a partir da experimentação, tem sido apresentado pelo viés da ótica física, tanto em livros didáticos como em artigos científicos. Poucas propostas têm se preocupado em apresentar o fenômeno na perspectiva da ótica geométrica, ou seja, pela percepção da imagem formada através de um diopetro. Neste trabalho, em vez de usar ponteiras laser para visualizar a trajetória do raio de luz (recurso instrucional comum no estudo da ótica), descrevemos um método para o estudo da refração a partir da análise de imagens refratadas através de uma lente semicilíndrica. Com a análise dos dados angulares obtidos com o experimento, derivamos a lei de Snell-Descartes partindo da variação geométrica das posições observadas. A proposta é simples e fácil de ser desenvolvida em qualquer sala de aula. Além da apresentação do aparato experimental, também apresentamos os procedimentos necessários para o uso do recurso instrucional, mostrando um roteiro para guiar a atividade e as possibilidades didáticas do experimento. O professor de física poderá utilizar o aparato experimental com intuito de explicar a formação de imagens. Desse modo, ele pode relacionar os resultados e as conclusões obtidas para comparação das imagens projetadas por reflexão ou projeção (sombras e câmara escura) e levar o estudante a compreender, no sentido mais amplo, o significado da ótica geométrica.

## Introdução

Desde a Antiguidade existe uma preocupação com o entendimento da visão, que se dividia em três tradições de pesquisa (filosófica, médica e matemática) [1]. O uso da geometria proporcionou um grande avanço para a compreensão da formação das imagens observadas por projeções, reflexão e refração. Podemos dizer que, naquele período, os estudiosos procuravam localizar as imagens produzidas por efeitos ópticos por meio de relações de causa e efeito. Esse procedimento permitia que eles descrevessem vários fenômenos naturais como, por exemplo, a refração atmosférica.

Atualmente, podemos caracterizar o estudo da ótica geométrica a partir dos princípios da propagação retilínea da luz e da reversibilidade luminosa. Os livros didáticos explicam os fenômenos ópticos apresentando cons-truções de imagens através da formação de sombras, das câmaras escuras, espelhos e lentes. Para tal, usam as noções de raio de luz e as leis que regem seu comportamento. Contudo, quando o assunto é o fenômeno da refração, partem da ótica física, priorizando aspectos da natureza da luz, tais como sua velocidade e o conceito de índice de refração. A formação de imagens por diopetros planos é pouco discutida, tanto nos livros como em sala de aula [2]. Por exemplo, a imagem de uma colher dentro de um copo com água não é discutida, mas apenas apresentada como ilustração de um efeito proporcionado pelo fenômeno da refração.

No contexto educacional, o ensino da refração deve desenvolver nos estudantes

a compreensão da formação de imagens conjugadas em diopetros planos e lentes, localizando-as graficamente, e fornecer uma descrição matemática do fenômeno observado, a conhecida lei de Snell-Descartes. Em sala de aula, as atividades didáticas seguem o caminho dos livros didáticos. Alguns autores evidenciam o comportamento dos raios de luz e da determinação do índice de refração [3-4], e não a formação ou a localização da imagem de um objeto através de dois meios diferentes e homogêneos.

Geralmente, as atividades experimentais associadas à refração são apresentadas com o auxílio de um feixe laser [5-7] e existem poucas propostas didáticas que apresentem uma abordagem experimental para a verificação direta da lei dos senos a partir da imagem refratada de um objeto por um diopetro. Dentre essas propostas,

**Quando o assunto é difração, alguns autores partem da ótica física e priorizam aspectos da natureza da luz tais como a sua velocidade e o conceito de índice de refração e não a formação ou a localização da imagem de um objeto através de dois meios diferentes e homogêneos**

podemos destacar a de Grushe e Wagner, que apresenta uma variação do experimento de Kepler para a dedução da lei de Snell [8]. Com base no exposto, nosso objetivo é apresentar uma proposta didática que permita descrever a refração segundo as tradições da ótica

geométrica e, a partir das observações realizadas, deduzir a lei matemática aceita para o fenômeno. Nas próximas seções, apresentamos os materiais utilizados no experimento, a metodologia experimental, os resultados e suas respectivas análises.

## Materiais utilizados

A descrição geométrica da posição da imagem de um objeto, quando este é observado através de um meio transparente, pode ser compreendida inicialmente com o uso dos seguintes materiais, ilus-

trados na Fig. 1 e descritos a seguir.

- Uma lente semicilíndrica feita em acrílico e de diâmetro  $D = 56,0$  cm e altura  $h = 2,0$  cm, que compõe o dioptra ar-acrílico.
- Sete cilindros equiláteros de diâmetro  $d = 2,0$  cm, representando os objetos.
- Cinco discos opacos, de diâmetro  $d = 2,0$  cm, para indicar a posição da respectiva imagem de cada objeto.
- Um esquadro e uma régua milimetrada, para a orientação das posições dos objetos e suas imagens.

### Metodologia

O objetivo desse arranjo experimental é localizar as imagens de objetos colocados ao redor do arco de circunferên-

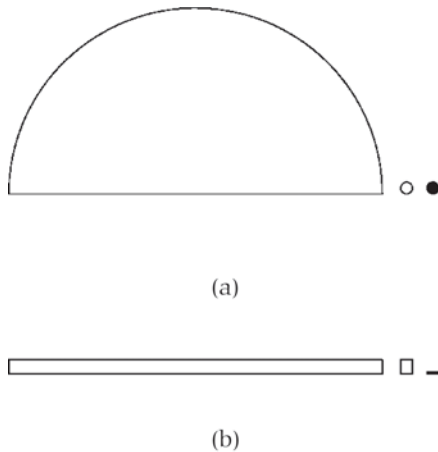
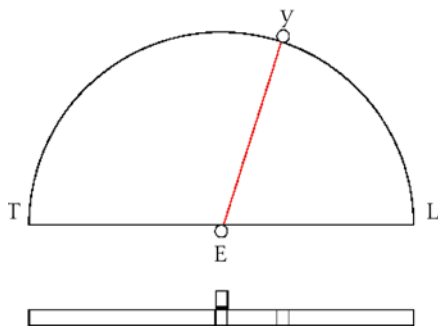


Figura 1: (a) Vista superior e (b) vista de frente de um disco semicilíndrico feito em acrílico, de diâmetro  $D = 56,0$  cm e altura  $h = 2,0$  cm, igual à altura do pequeno cilindro equilátero em acrílico, de diâmetro  $d = 2,0$  cm. Um pequeno disco opaco (em preto, na figura), de diâmetro igual ao do pequeno cilindro também é utilizado na atividade.



cia da lente semicilíndrica. Para tal, devemos proceder da seguinte maneira: o disco semicilíndrico é colocado sobre um plano horizontal e, com uma régua milimetrada, localizamos o ponto médio  $E$  que indica o centro da interface reta do nosso sistema óptico, o dioptra ar-acrílico. Para indicar esse ponto  $E$ , colocamos um dos pequenos cilindros de acrílico nessa posição, como indicado na Fig. 2a. Em seguida, colocamos um outro cilindro na posição  $y$  e devemos localizar sua imagem olhando pelo centro óptico  $E$ , na face frontal do arranjo experimental.

A partir disso, observamos que a imagem dos objetos é formada no interior da lente semicilíndrica. Com o auxílio de um terceiro cilindro, deslizamos sobre a face superior, fazendo suas geratrizes coincidir com as geratrizes da imagem observada. Marcamos essa posição com os discos opacos, que podem ser colocados embaixo do cilindro deslizante antes de começar o procedimento. Desse modo, quando as geratrizes se encontram, podemos remover o cilindro deslizante e deixar o disco opaco indicando a posição  $H$  da imagem observada. Esse procedimento está ilustrado na Fig. 2.

Esse procedimento permite definir univocamente o ponto  $H$  sobre o semidisco com a posição correspondente da imagem do objeto, percebida através do dioptra pelo observador em  $E$ , como indicado na Fig. 2c. Em seguida, distribuímos aleatoriamente outros cilindros similares ao longo da face curva e localizamos geometricamente as respectivas imagens desses objetos, vistas pelo mesmo observador através do mesmo disco semicilíndrico transparente, como ilustrado na Fig. 3.

### Resultados e discussões

Podemos observar, da Fig. 3, que: (1) todas as posições das imagens dos seus respectivos objetos apresentam uma posi-

ção angular em relação a reta  $EK$ , normal à interface ar-acrílico, maior do que a posição angular do objeto ao ser observado com o observador no meio menos denso. Dizemos então que o dioptra ar-acrílico apresenta a propriedade de refração: encurvamento do raio visual;<sup>1</sup> (2) todas as posições das imagens dos seus respectivos objetos se localizam sobre uma reta perpendicular à interface ar-acrílico que vai da posição original do objeto até essa interface; (3) todas as posições das imagens dos seus respectivos objetos se localizam sobre um arco de curva particular; (4) existe uma posição particular,  $K$ , definida pelo segmento de reta perpendicular à interface que passa pelo seu ponto médio  $E$ , onde a imagem do objeto não sofre nenhum desvio, e (5) existe uma posição limite,  $w$ , para a observação da imagem objeto. Quando ele for colocado além desse limite, não haverá condições de observação da imagem correspondente.

A partir dessas observações podemos formular a seguinte questão: Conhecida a posição angular da imagem de um objeto, podemos determinar a sua posição real? Nos dias de hoje, um observador

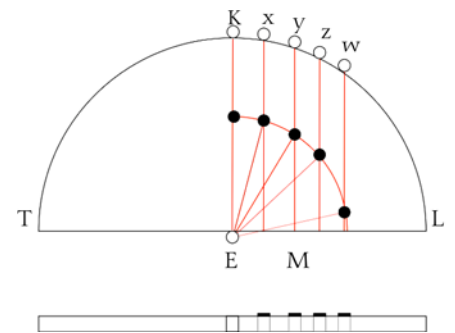


Figura 3: A imagem dos objetos (círculos opacos) e os objetos (círculos brancos) distribuídos ao redor do semicilindro. Os segmentos que partem de  $E$  são a linha de visão dos objetos pelos estudantes.

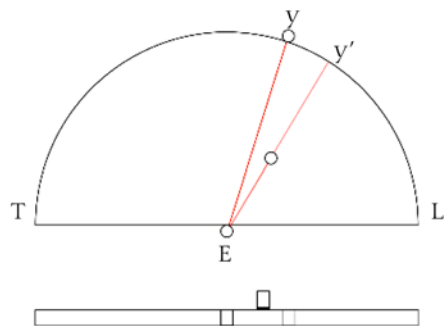
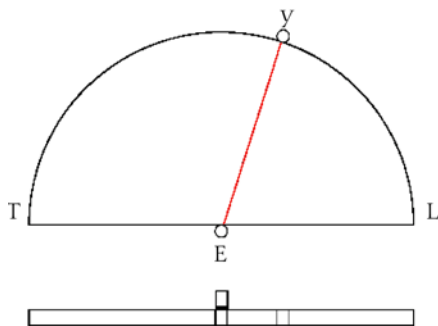


Figura 2: Processo de localização de imagens: a) colocação em  $y$  do objeto a ser visualizado; b) objeto visualizado sob o segmento  $Ey'$ ; c) imagem e objeto sob a mesma vertical.

treinado em trigonometria pode perceber da Fig. 4 que, se as dimensões do objeto observado e do objeto guia são muito menores do que as dimensões características do dioptro, ela pode ser representada como indicado na Fig. 4. Se as posições  $z$  e  $z'$  estão sobre a mesma perpendicular  $z'M$ , então podemos escrever que

$$\frac{\sin \hat{\delta}}{\sin \hat{i}} = \frac{Ez'}{Ez} = \frac{1}{k} \quad (1)$$

onde  $k$  é um parâmetro a ser determinado e  $\hat{\delta} = Kz$  e  $\hat{i} = K'z'$  são, respectivamente, a orientação angular do objeto e a da imagem.

Esse observador pode conjecturar que o arco da curva é aproximadamente um arco de circunferência e, assim, o parâmetro  $k$  é independente da localização do objeto considerado. Nesse caso, o valor de  $k$  pode ser determinado pela razão

$$\frac{EK}{EK'} = k \quad (2)$$

onde  $EK$  é o *radius verus* e  $EK'$  é o *radius apparens*. Desse modo, a posição angular do objeto,  $\hat{\delta}$ , é dada pela expressão

$$\hat{\delta} = \arcsen \left( \frac{\sin \hat{i}}{k} \right) \quad (3)$$

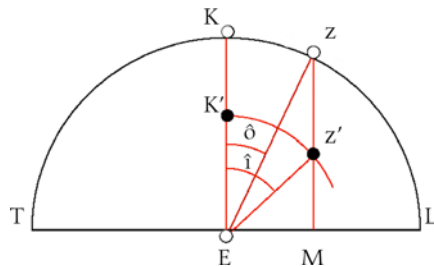


Figura 4: Representação da formação de imagens da primeira atividade: o semi-disco de acrílico que representa o dioptro ar-acrílico, os pequenos cilindros e os pequenos discos pretos que servem como objeto e guia de localização, respectivamente. (a) A posição  $z'$  da imagem do objeto em  $z$ , em relação a  $EK$ , e suas orientações, estão indicadas pelos discos pretos.

Portanto, podemos concluir da Eq. (3) que, conhecendo-se o parâmetro  $k$  e a posição angular  $\hat{i}$  da imagem, a posição angular do objeto,  $\hat{\delta}$ , fica completamente determinada.

### Considerações finais

A atividade proposta é facilmente realizável e tem como objetivo a compre-

ensão do fenômeno da refração através de uma perspectiva fenomenológica envolvendo apenas a observação direta das imagens de objetos interpostos entre dois meios ópticos diferentes. Como mostrado, deduzimos a lei de Snell-Descartes para a refração com uso de geometria básica, estabelecendo uma relação angular entre os ângulos de incidência ( $\hat{\delta}$ ) e o de refração ( $\hat{i}$ ).

Deixamos de discutir o conceito de índice de refração, pois queríamos resgatar no experimento as tradições da óptica geométrica, ao nosso ver relegada ao segundo plano pelos autores de livros didáticos e por professores que se orientam por esses materiais. Para finalizar, como apontado por Feynman, a matemática colabora com a física, no que tange às inferências necessárias para a legitimação das teorias [9]. Julgamos importante que as ações didáticas levem ao estudante uma melhor compreensão das leis da física, contribuindo assim para uma melhor significação da linguagem e do processo científico.

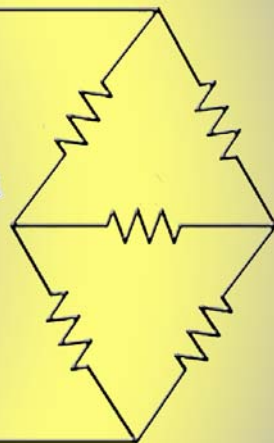
### Notas

<sup>1</sup>É o segmento de reta que une o objeto ou sua imagem ao observador.

### Referências

- [1] C.R. Tossato, *Scientiae Studia* **3**(3), 415 (2005).
- [2] M. Martinho, *O Experimento de Ptolomeu: Uma Introdução ao Estudo da Refração Luminosa*. Dissertação de Mestrado, Mestrado Profissional em Ensino de Física, UFRJ, 2013.
- [3] B. Sant'Anna, G. Martini, H.C. Reis e W. Spinelli, *Conexões com a Física* (Editora Moderna, São Paulo, 2015), v. 2, 1ª ed.
- [4] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física - Gravitação, Ondas e Termodinâmica* (LTC, São Paulo, 2012), v. 2, 9ª ed.
- [5] M. Rodrigues e P.S. Carvalho, *Physics Education* **49**(6), 671 (2014).
- [6] P.C. Lanchester, *Physics Education* **49**(5), 532 (2014).
- [7] S.L. Wong and S.-Y. MAK, *Physics Education* **43**(2), 198 (2008).
- [8] S. Grusche and S. Wagner, *Physics Education* **51**(6), 064001 (2016).
- [9] R. Feynman. *O Que É Uma Lei Física?* (Gradiva, Lisboa, 1989).

# Produção de material didático no ensino das leis de Kirchhoff para estudantes com deficiência visual: Uma proposta de ensino



.....  
**Simonalha Santos França**

Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, Brasil  
E-mail: simonalha\_fisica@hotmail.com

**Maxwell Siqueira**

Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, Brasil  
E-mail: mrpsiqueira@uesc.br  
.....

## Introdução

Um dos caminhos para a consolidação da educação inclusiva é o respeito às diferenças, reconhecendo e valorizando a diversidade étnica-racial, de gênero, sexual, religiosa e de faixa geracional [1]. Sendo assim, para que ela se efetive deve haver algumas adaptações curriculares que possibilitem a atuação frente às necessidades educacionais dos alunos. Diante disso, salienta que essas adaptações curriculares são mudanças operacionalizadas para atender às necessidades das pessoas com deficiência inclusas na escola regular [2].

Dado o exposto, fica evidenciada a necessidade de os professores, juntamente com a equipe pedagógica da escola, elaborarem novas estratégias didáticas a fim de tornar significativo o aprendizado para toda diversidade. Particularmente no ensino de física, existem dificuldades que afetam diretamente o processo de ensino e aprendizagem, tais como aprender e ensinar física de modo significativo e consistente [3], dificuldades que se agravam ainda

**As dificuldades na compreensão dos fenômenos físicos estudados pelos deficientes visuais podem ser amenizadas pela produção de materiais adaptados**

mais quando os sujeitos envolvidos são estudantes cegos, pois as atividades de ensino, em sua maioria, são baseadas nos alunos videntes, centradas em representações visuais [4].

Nessa perspectiva, a atividade experimental surge como uma das estratégias didáticas práticas de ensino, pois permite aos estudantes vivenciar de forma real o que está sendo observado no fenômeno estudado, e sua utilização no ensino de física, seja ela de caráter qualitativo ou quantitativo, possibilita a aprendizagem do discente [5]. Essa estratégia de ensino tem sido apontada por professores e alunos de forma satisfatória por minimizar as dificuldades

em aprender e em ensinar física de forma significativa e consistente [3].

Entendendo que o conhecimento dos alunos cegos se dá principalmente por meio da audição e do tato, para compreender o mundo ao seu redor [6], é preciso que sejam apresentados materiais que possam ser tocados e manipulados; por meio da observação tátil desses materiais, o aluno poderá conhecer suas propriedades físicas. Essa experiência visual tende a unificar o conhecimento desses alunos em sua totalidade [7].

Embora existam trabalhos que descrevem propostas de atividades abordando conteúdos de física voltados para o ensino e aprendizagem de alunos cegos [7-14], ainda são poucos os materiais que permitem trabalhar o ensino de circuito elétrico com ênfase no ensino dos conceitos de corrente elétrica, potencial elétrico e resistência. Contudo, existe um estudo desenvolvido que aborda o ensino de eletrodinâmica para alunos com deficiência visual [15], permitindo tratar de conceitos fundamentais como corrente, tensão e resistência elétrica.

Porém, tratam de circuitos elétricos simples, sem discutir as leis de Kirchhoff.

Com base nessa discussão, este artigo apresenta a produção de uma maquete voltada para o ensino das leis de Kirchhoff para alunos com deficiência visual, buscando sanar as dificuldades tanto por parte dos professores em ensinar assuntos de física, quanto por parte dos alunos em compreender os fenômenos estudados. Além da construção, há também uma discussão sobre os limites e desafios da elaboração desse material didático-pedagógico. Diante disso, o presente estudo poderá contribuir para a dinâmica de práticas pedagógicas por meio de mate-

Este estudo tem como objetivo propor a construção de uma maquete tátil de um circuito elétrico e indicar os limites e desafios da elaboração desse material didático pedagógico. Para tanto, é elaborada uma atividade com o uso dessa maquete, voltada para o ensino das leis de Kirchhoff para alunos com deficiência visual, visando diminuir as dificuldades tanto por parte dos professores em ensinar assuntos de física, quanto por parte dos alunos em compreender os fenômenos estudados. O material foi implementado em uma sala de aula de uma escola pública contendo duas alunas com deficiência visual (uma com perda total e a outra, parcial) e 20 alunos videntes (16 com deficiência intelectual e 4 sem). Por meio da implementação percebeu-se que o material contribuiu para a discussão e compreensão de circuitos elétricos simples, bem como os conceitos das leis de Kirchhoff.

riais táteis, colaborando para o ensino-aprendizado de alunos videntes e não-videntes.

### **Lei de Kirchhoff e sua importância para o ensino de física na educação básica**

As leis de Kirchhoff foram formuladas em 1845 e são utilizadas em uma associação de resistores para se adquirir um valor equivalente ao circuito resistivo. São necessárias para equacionar um circuito elétrico que descreve o comportamento da tensão e da corrente elétrica em circuitos compostos por ramificações (malhas e nós). Ao trabalhar essas leis dentro de um circuito fechado é preciso utilizar-se de uma outra ferramenta chamada força eletromotriz.

Sendo assim, as leis de Kirchhoff são de fundamental importância para trabalhar com circuitos elétricos mais complexos, como por exemplo circuitos com mais de um resistor, que podem estar em série ou em paralelo, pois o comportamento desses circuitos é governado pelas leis básicas de Kirchhoff, as quais decorrem diretamente das leis de conservação de carga e da energia. As leis de Kirchhoff estabelecem relações entre as tensões e correntes entre os diversos elementos dos circuitos, servindo assim como base para o equacionamento matemático dos circuitos elétricos.

Diante disso, o ensino dessas leis torna-se importante no ensino de física na educação básica, pois é onde começam os primeiros contatos entre os alunos e os circuitos dentro da escola. Além disso, esses conceitos, presentes na eletrodinâmica, estão inseridos no cotidiano dos alunos, fazendo parte de seu senso comum [15].

### **A atividade**

A atividade consiste na montagem de um circuito que permita a “visualização” e percepção dos elementos relevantes para a discussão das leis de Kirchhoff, sendo em forma de uma maquete tátil que viabiliza aos estudantes cegos analisar o circuito e observar o conceito dos componentes envolvidos. Isso porque são indispensáveis para a aprendizagem do estudante cego o desenvolvimento de aparatos táteis e novas metodologias que auxiliem no ensino de diversos conteúdos da física [6].

A maquete foi construída levando em consideração alguns critérios didáticos, tais como: uso de material que faça referência à função de alguns componentes, sem oferecer risco de danos físicos aos alunos; produção de uma maquete acessível com a utilização de legendas em tinta e

Braille [10].

Assim, a atividade tem como objetivo a visualização de um circuito elétrico, permitindo a discussão de conceitos relevantes para sua compreensão, como o caso de malhas e nós, que são conceitos importantes para o entendimento das leis de Kirchhoff. Além disso, permite discutir sobre corrente e seu sentido em um circuito, analisar os circuitos elétricos e verificar a validade dessas leis na divisão de correntes e de tensão, compreender o conceito de força eletromotriz  $e$ , por fim, relacionar as leis de Kirchhoff com o cotidiano dos alunos.

Para que haja compreensão dos assuntos por parte dos estudantes, a maquete utiliza a identificação dos elementos, seus significados e suas funções em um circuito.

### **Materiais utilizados**

Nesta seção são descritos os materiais que foram utilizados para a confecção da maquete:

- Uma folha de isopor (25 mm);
- Folha de papel camurça;
- Lixa;
- Cola de isopor;
- Cola relevo;
- Tinta guache;
- Tesoura;
- Estilete;
- Régua milimetrada;
- Fita adesiva;
- Caneta hidrográfica.

### **Componentes e procedimentos para a construção da atividade**

A maquete foi confeccionada com peças encaixáveis (módulos), facilitando seu transporte e montagem, tornando-a mais prática e possibilitando que novos elementos pudessem ser incorporados ou não. Com os materiais descritos anteriormente, os componentes foram confeccionados como a seguir (Figs. 1 a 4).

- Fonte de tensão: Desenhe uma fonte com 6 cm de largura e 10 cm de comprimento e recorte. Trace uma linha no meio da fonte e corte a outra metade, deixando um lado alto e o outro baixo para dar a ideia de diferença de potencial. Em seguida, pinte a fonte da cor que preferir (na atividade, foram aplicadas tinta azul e vermelha). Depois que a tinta secar, com o auxílio de uma tinta relevo, desenhe o lado positivo (+) e o negativo (-) da fonte, para indicar a polaridade.
- Resistências: Recorte as resistências no formato usado na representação simbólica de um circuito. Desenhe

no isopor três resistências na mesma proporção da fonte (6 cm de largura x 10 cm de comprimento). Após desenhá-las no isopor, recorte as resistências e use como molde para traçar a forma em uma lixa (isso permitirá perceber a função da resistência num circuito, que é o de regular a passagem da corrente elétrica), depois recorte e cole na resistência feita com isopor.

- Condutores: Com o lápis e a régua, desenhe na folha de isopor oito retângulos com aproximadamente 4 cm de largura por 10 cm de comprimento e três retângulos com 4 cm de largura x 30 cm comprimento e recorte-os. Com a folha de papel camurça, meça a folha com os recortes dos desenhos de forma que a folha os cubra, corte o papel e cole no isopor. No final do procedimento serão encaixados uns nos outros e aos componentes do circuito, permitindo assim a montagem e depois a análise de malha e de nó.
- Correntes elétricas: Corte o isopor no formato de pequenas setas (para representar tanto a corrente como seu sentido), cubra com o papel camurça e pinte com a cor que preferir; após a secagem, faça os números em Braille, com valores diferentes, para que ocorra diferenciação e identificação entre as correntes, e envolva a parte de baixo da seta com fita adesiva para facilitar o deslizamento quando passar pelos fios e as resistências, permitindo que se sinta a diferença na textura dos materiais.

Depois de confeccionados todos os elementos (Figs. 1 a 4), use palitos de dente para unir uns aos outros, conforme a figura a seguir (Fig. 5), deixando as correntes (Fig. 4) soltas para poder manuseá-la no circuito.

Observações: Esta maquete tem 72 cm de comprimento x 30 cm de largura. Essas dimensões foram pensadas para que a maquete pudesse ser transportada com facilidade, além de permitir uma montagem rápida e possibilitar o manu-

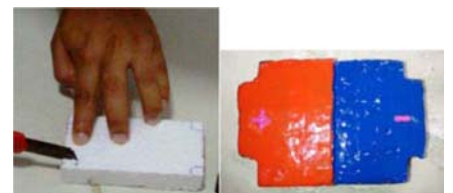


Figura 1: Recorte do desenho da fonte no isopor e desenho da parte (+ e -) com a cola relevo. Fonte: acervo do autor.



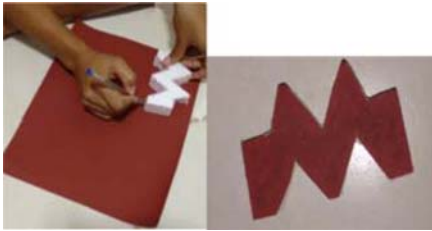


Figura 2: Desenho e recorte da resistência na lixa e resistência pronta. Fonte: acervo do autor.



Figura 3: Recorte da sobra do papel e retângulo de isopor já colado na folha de papel. Fonte: acervo do autor.

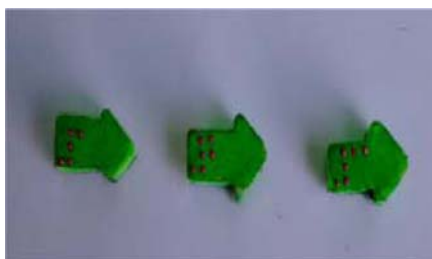


Figura 4: Correntes elétricas enumeradas da esquerda para a direita (1, 2 e 3). Fonte: acervo do autor.

seio pelos alunos.

### **Análise da escolha do material**

Cada material foi pensado com uma função. O isopor foi usado por ser um material leve e fácil de manusear (trabalhar e cortar), além de permitir o encaixe com palitos e uma fácil colagem. A folha de camurça é um papel liso, aveludado, que proporciona “suavidade” ao se deslizar a mão sobre ele, permitindo aos alunos cegos notarem a diferença de um material para o outro sem que haja atrito perceptível entre os elementos, relacionando assim com a passagem das correntes pelos fios condutores. A lixa foi usada por ter graduações que permitam diferenciar sua aspereza, possibilitando relacionar com a função do elemento ao qual ela representa, no caso, os resistores. A cola em relevo permite uma secagem rápida e sobressai com relação às demais, proporcionando uma elevação, o que permite senti-la ao manuseá-la. A tinta guache é fácil de ser trabalhada, além de ser encontrada com facilidade e baixo custo; além disso, melhora a estética do material. Como a atividade poderá ser trabalhada também com alunos videntes, as diferentes cores ajudarão esses alunos a diferenciar os elementos do circuito. Os demais materiais, tais como a tesoura, o estilete, a régua e a hidrocor são usados para confeccionar os elementos da atividade.

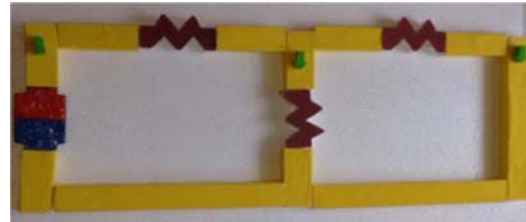


Figura 5: Maquete do circuito pronta. Fonte: acervo do autor.

O desenvolvimento de aparatos inclusivos, usando materiais como os descritos acima, busca estimular os estudantes, facilitando a compreensão dos conceitos, uma vez que o processo de ensino e aprendizagem possui mais eficácia quando existe motivação para a aprendizagem e avaliações frequentes para constantes aprimoramentos, sendo necessário o envolvimento de múltiplas visões na avaliação [16].

### **Valores dos materiais usados**

Encontram-se na Tabela 1 os preços dos materiais que foram utilizados na confecção das maquetes.

### **Limites e possibilidade da proposta**

Pensar em elaborar uma proposta didática requer conhecimento para que possibilite discussão e possível apreensão das ideias que estão contidas nas leis de Kirchhoff, demandando tempo para desenvolvê-la. Uma dificuldade encontrada era não possuir formação adequada, principalmente na escrita em Braille, e bases metodológicas voltadas para o ensino de alunos cegos, aspectos que são fundamentais para o desenvolvimento da proposta. Diante disso, concordamos que faltam ainda, ao educador em formação, conteúdos, disciplinas e programas que apresentem bases metodológicas e que incorporem em suas ações pedagógicas a experiência de ter um aluno cego ou com qualquer outra deficiência [6]. Também é necessário que a instituição de ensino, além de proporcionar a formação do professor, também lhe dê apoio, disponibilizando materiais didáticos e recursos educacionais voltados para esse público, configurando uma educação continuada de professores.

Durante o processo da elaboração da

proposta, uma outra dificuldade foi encontrar materiais que pudessem fazer relação com as leis tratadas, permitindo sua visualização, além de facilitar o entendimento dos alunos. Um exemplo é o uso da lixa, pois suas graduações permitem diferentes percepções com relação à textura. Pois entendemos que objetos confeccionados com materiais diversos

que se aproximam da representação real diminuem o verbalismo das aulas e aumentam o conteúdo experimental [17].

Diante disso, é possível pensar e desenvolver atividades que possibilitem a aprendizagem de alunos videntes e não videntes, desde que sejam levados em consideração os apontamentos da literatura, especialmente os que descrevem atividades que possibilitam a educação inclusiva no ensino de física.

### **Contexto da implementação**

A escola escolhida foi uma estadual, localizada em um bairro da capital baiana, que funciona com as modalidades do Ensino Fundamental II (anos finais - 6° ao 9° ano), Ensino Médio e Educação Especial. Nessa escola havia alunos videntes e com deficiência visual, além de alunos com outras deficiências, como a intelectual. A escola é dividida em dois blocos: um de ensino regular e o outro com recursos multifuncionais para atendimento dos alunos com Necessidades Educacionais Especiais (NEE) e deficientes. O local de implementação da atividade foi o bloco com o ensino regular. A sala escolhida foi uma sala de aula inclusiva, na qual os alunos com deficiência visual (duas alunas) assistem às aulas juntamente com os demais alunos. No período da manhã, uma das alunas frequentava o instituto de

Tabela 1: Preços dos materiais.

Materiais	Preço (R\$)
Folha de isopor (25 mm)	7,80
Estilete	4,90
Papel camurça	1,50
Cola para isopor	4,00
Cola relevo	4,50
Tinta guache	0,60
Lixa	0,80
Fita adesiva	3,50
Caneta hidrográfica	3,00
Régua	2,00
Total	32,60

Obs.: Nem todos os materiais foram usados completamente. Houve sobras da folha de isopor, da cola em relevo e das tintas guache.

cegos, aprendendo o Braille. No período da tarde, as alunas tinham aula na sala regular.

Sendo assim, desenvolvemos um material de apoio ao estudo das leis de Kirchhoff para alunos com deficiência visual, possibilitando a avaliação do material e sua eficácia.

Foram realizados dois encontros, cada um com cerca de 4 horas/aula (aulas de 50 minutos), totalizando 8 horas/aula, divididas da seguinte maneira:

No primeiro encontro (dia 1) foi usado o material de

[15] com uma leve adaptação nas resistências, pois no material desses autores usa-se o feltro simbo-

**Conhecer as concepções prévias dos alunos com deficiência visual favorece o ensino dos conceitos científicos**

lizando as resistências e no adaptado para a implementação o feltro foi substituído por lixas de diferentes graduações, que permitiram diferenciar a aspereza. Esse estudo foi usado como base porque permite a discussão de conceitos que antecedem as leis de Kirchhoff. Com essa adaptação os alunos perceberam que as lixas não eram iguais, que uma era mais áspera que a outra, de modo que o circuito apresentava diferentes resistências que dificultavam a passagem da corrente. Assim, começaram a perceber que quanto maior a resistência, menor seria a passagem de corrente pelo resistor.

No segundo encontro (dia 2) foi usada a maquete tátil descrita acima para o estudo das leis de Kirchhoff. Nesse encontro foi possível tratar os conceitos de malhas e nós, buscando verificar o que os alunos entendiam desses conceitos no seu cotidiano para que pudessem fazer relação desse conhecimento com o conhecimento científico, visando uma melhor compreensão. Assim, as maquetes foram entregues em partes para que os alunos analisassem, descrevessem o material e, após essa descrição, fizessem relação com os conceitos. Todos os alunos (com deficiência visual e videntes), ao entrarem em contato com as maquetes e após a explicação dos conceitos estudados, conseguiram explicar como se definia um circuito e como se comportavam os elementos dentro do circuito (ex.: sinal real e convencional da corrente, resistências diferentes, relação quanto maior resistência, menor a corrente), quantos nós e malhas havia no circuito montado, como se comportava a corrente percorrendo o circuito (antes de entrar e ao sair do nó). Sendo assim, diante das análises do entendimento dos alunos, observou-se que houve aquisição de conhecimento.

Embora tenham ocorrido dois encon-

tros, descreveremos o segundo, pois o mesmo trata dos assuntos abordados com a maquete em questão (leis de Kirchhoff). Esse encontro foi dividido em dois momentos e teve como participante uma aluna com deficiência visual (parcial - enxerga 20% com o olho direito e vultos com o olho esquerdo), 13 alunos com deficiência intelectual - DI (duas alunas também tinham deficiência auditiva - DA - e eram acompanhadas por uma intérprete de libras) e um vidente; os demais alunos não compareceram ao encontro por motivos pessoais. Esses

alunos foram divididos em grupos, deixando-os à vontade para escolher com quem queriam formar seu grupo. Assim, tivemos 4 grupos, cada um com duas maquetes, exceto o grupo 2, que só tinha uma. No grupo 1 estava a aluna com deficiência visual e mais duas alunas com DI e DA associadas. No grupo 2, três alunos com DI. No grupo 3, uma aluna sem deficiência mais quatro alunos com DI. No grupo 4, quatro alunos com DI. Além desses alunos e o aplicador da atividade, estavam na sala de aula uma intérprete de libras e os professores das disciplinas que seriam ensinadas nos dias da implementação (cada professor acompanhava a atividade dentro de seu horário).

O registro dos momentos para a análise posterior foi realizado por meio de gravações em vídeo e áudio e registro fotográfico.

1º momento: Foram estudados os conceitos de malhas e nós, devido aos alunos terem abstraído os conceitos de circuito elétrico, corrente, resistência e tensão discutidos na oficina anterior. Para a introdução de uma nova discussão, os alunos foram questionados sobre o que entendiam por “nó” e “malha”. Esses questionamentos foram necessários para saber a compreensão dos conceitos prévios dos alunos e relacionar esses conceitos com o científico. Assim, pôde ser explicada a definição desses conceitos concebidos pela ciência e consequentemente as definições e explicações das leis de Kirchhoff.

2º momento: Em nova situação (circuito maior), os alunos (com deficiência visual e sem) relatavam a quantidade de malhas e nós, bem como o comportamento das correntes ao passar pelo nó e as tensões nas malhas.

Essa descrição pode ser percebida na fala de uma das estudantes com deficiência

visual (DV). Restringimo-nos a essa aluna devido à maquete ter sido construída visando ensinar o público em que ela se insere (DV) e, além disso, essa aluna participou dos dois encontros. Assim ela descreve:

i1 entra no nó e i2 e i3 sai do nó. i2 mais i3 tem que ser igual a i1

Foram dados os elementos do circuito para os alunos montarem. A aluna (DV) montou o circuito e, quando perguntada sobre sua montagem, ela respondeu que:

ligou os fios no lado positivo e negativo da bateria.

Ao ser questionada sobre o comportamento da corrente elétrica na descrição da malha 1, a aluna conseguiu analisar que nessa malha havia a fonte, a corrente i1 e a i2 que passava pelo resistor r1 e voltava para a fonte:

a corrente entra no nó... divide e *essa* passa *aqui*... sai e chega na bateria. É... i2 é positivo com r1 e... a bateria... entra negativo.

E tem que ser igual a?

igual a ... zero

A aluna usa a palavra *essa* indicando a corrente i2 e a palavra *aqui* indicando r1. Percebe-se que na análise da malha 1 feita pela aluna, saindo de um ponto pelo lado positivo da fonte (sentido convencional da corrente) ela percebeu que na queda de tensão a corrente era positiva, passando por r1 e chegando na fonte (bateria), entrando pelo lado negativo. Todo esse somatório ela disse que tinha que ser igual a zero.

Pela lei das malhas, o somatório das tensões em cada malha tem que ser igual a zero.

### **Considerações finais**

O material instrucional produzido proporcionou à aluna com deficiência visual maior envolvimento, motivação e interesse pelo assunto abordado nas sessões de aprendizagem. Esse interesse foi evidenciado pelo número de perguntas e o tempo despendido por ela manuseando os artefatos mesmo após o término da sessão.

Uma avaliação mais bem fundamentada do uso da tecnologia educacional proposta neste trabalho requer desenvolvimento de mais pesquisas no ensino de física para deficientes visuais. No presente

caso, foi possível perceber que a aluna cega está em processo de apropriação de conceitos básicos da eletrodinâmica discutidos no Ensino Médio, sem que a ausência de visão se tornasse um empecilho à aprendizagem. Essa conclusão pode ser percebida pelas falas dela.

Podemos concluir, ao final dessa experiência educacional, que os artefatos produzidos mostraram-se eficazes na compreensão dos conceitos básicos, bem como das leis de um circuito elétrico simples.

A atividade desenvolvida proporcionou aos estudantes maior envolvimento,

motivação e interesse pelos assuntos que foram abordados na sala de aula por meio das maquetes táteis. Isso pode ser percebido nas relações aluno-aluno e aluno-professor, assim como nos relatos deles sobre a atividade.

Embora na sala de aula em que ocorreu a implementação da atividade houvesse alunos com outras deficiências além da visual, e os resultados terem de certa forma sido interessantes, estes precisam ser analisados cuidadosamente com o viés dessas limitações. Contudo, a análise feita com mais detalhes está associada à aluna

com baixa visão, que compareceu aos dois encontros, além de que o material foi desenvolvido pensando nos alunos com deficiência visual.

Sendo assim, pode-se observar que a aluna com deficiência visual começou a compreender os conceitos sobre as leis de Kirchhof e que sua deficiência não foi uma barreira à aprendizagem. Assim, concluímos que as maquetes e a comunicação entre professor e aluno mostraram-se eficazes na compreensão dos conceitos de circuito e seus componentes, bem como das leis de Kirchhoff.

## Referências

- [1] BRASIL, Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial em Nível Superior e para a Formação Continuada (MEC, Brasília, 2015).
- [2] S.C. Pimentel, Cadernos de Educação **45**, 44 (2013).
- [3] M.S.T. Araújo e M.L.V.S. Abib, Revista Brasileira de Ensino de Física **25**(2), 176 (2003).
- [4] E.P. Camargo e R. Nardi, in: Atas do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luiz, 2007.
- [5] E.P. Camargo, R. Nardi, C.R. Evangelista e N. Sutil, in: Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Espírito Santo, 2009.
- [6] G.K. Amaral, A.C. Ferreira e A.G. Dickman, in: Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Espírito Santo, 2009.
- [7] E.P. Camargo e D. Silva, in: Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, 2003.
- [8] E.P. Camargo e D. Silva, in: Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatuba, 2004.
- [9] E.P. Camargo, D. Silva e J. Barros Filho, Investigações em Ensino de Ciências **11**(3), 343 (2006).
- [10] A.A. Medeiros, M.J. Nascimento Júnior, F. Japiassú Júnior, W.C. Oliveira e N.S.M. Oliveira, in: Atas do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luiz, 2007.
- [11] J. Borges, S.E. Silva e Z. Santos, in: Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, 2008.
- [12] E.P. Camargo, R. Nardi, P.R.P. Maciel Filho e D.R.V. Almeida, Física na Escola **9**(1), 20 (2008).
- [13] E.P. Camargo, A. C. Beneti, I. A. Molero, R. Nardi e N. Sutil, in: Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, 2009.
- [14] A.L. Rizzo, S. Bortolini e P.V.S. Rebeque, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências **14**(1), 191 (2014).
- [15] M.M. Souza, M.P.R. Costa e N. Studart, Física na Escola **9**(2), 10 (2008).
- [16] F.A.O. Cruz, M.C. Barbosa-Lima, A.M. Santos, Y.E. Nicot e P.S. Carvalho, in: XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Campos do Jordão, 2018.
- [17] D. Costa-Pinto, G.A. Souza, D.M. Silva, T.P.D. Farias, R.M.S. Meirelles e T.C. Araújo-Jorge, in: Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência, n. 5, Bauru, 2005.



.....  
Samuel W.S. Costiche, Diheiny C. Kemper, Ana K.S. Gomes, Ayessa L. Frare, Dinara E.R. Cezaro, Janaina Firbina, Letícia L. Baumgarten, Mayara L. Mendes, Wesley D. Almeida, Victória A. Martins, Ana Paula Ramão da Silva, Mara Fernanda Parisoto\* e Leidi Cecília Friedrich

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

E-mail: marafernandaparisoto@gmail.com  
.....

## Introdução

O humanismo trouxe grandes e importantes transformações para a organização humana em sociedade. Uma vez que o homem foi, a partir de sua ascensão, tomado como o centro das análises éticas, políticas e sociais [1], a forma como cada parte do mundo ajustou-se a tal corrente de pensamento variou em função de suas características sociais e culturais. Enquanto a Europa experimentava a difusão de correntes de pensamento como o Empirismo e o Racionalismo que, somados ao método matemático-dedutivo de Galileu, construíram a forma como o conhecimento científico é atualmente formalizado [2], no Brasil, a construção do conhecimento científico voltou-se muito mais para as questões humanas relacionadas ao desenvolvimento jurídico e administrativo de uma nova colônia de Portugal [3].

Esse cenário pode ser verificado ainda hoje. Segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP) Anísio Teixeira [4], os três maiores cursos em número de matrículas, no ano de 2016, são respectivamente a pedagogia, a administração e o direito, a saber, que seguem exatamente o padrão cultural desde o período colonial construído por meio da valorização do saber humano e social. Os cursos diretamente ligados às ciências naturais, pelo contrário, representam uma pequena parcela do número de matrículas para os cursos de graduação, principalmente para os cursos de licenciatura. Apenas 18,9% do total de alunos no ensino superior cursam uma licenciatura,

e destes, 5,6% estão na matemática, 5,4% na biologia, 2,4% na química e 1,7% na física.

## Importância da formação científica

Diante de uma realidade altamente desenvolvida tecnologicamente, o conhecimento específico relacionado às ciências naturais tem se tornado indispensável para a vida em sociedade. E isto porque, ao passo que a tecnologia passa a ocupar a massiva maioria dos dispositivos de interação social e profissional, é preciso que o

conhecimento acerca dos processos naturais que permeiam o funcionamento de tais tecnologias sejam cada vez mais amplamente conhecidos e difundidos, de forma que se pode estabelecer, para além da alfabetização comum, o conceito de alfabetização científica, pela

**Enquanto a Europa experimentava a difusão de correntes de pensamento como o Empirismo e o Racionalismo, no Brasil, a construção do conhecimento científico voltou-se muito mais para as questões humanas relacionadas ao desenvolvimento jurídico e administrativo de uma nova colônia de Portugal**

qual os benefícios do desenvolvimento tecnológico são experimentados e desenvolvidos:

"[...] la alfabetización científica es la finalidad más importante de la enseñanza de las ciencias; estas razones se basan en beneficios prácticos personales, prácticos sociales, para la propia cultura y para la humanidad, las cuales se obtienen por la combinación de dos escalas binarias: individual/grupal y práctica/conceptual, dando lugar a los cuatro dominios indicados." [5, p. 3]

Assim, é preciso que o jovem inserido no ambiente escolar mantenha um contato direto e gradualmente aprofundado com as ciências naturais, de modo a buscar na ciência uma referência para sua idealização pessoal e profissional. O professor possui papel essencial nessa etapa

Neste trabalho apresentamos uma dramatização em forma de peça teatral como um recurso didático para divulgar a ciência de forma lúdica e atrativa, voltado ao público infantil, a fim de produzir o apreço pela experimentação científica criando uma interseção entre a fantasia das histórias infantis e os princípios físicos e químicos ligados a alguns experimentos. Concluímos que o desenvolvimento da alfabetização científica por tais meios constitui uma importante ferramenta para o desenvolvimento de uma juventude consciente dos processos que constituem a tecnologia, a ciência e a vida na sociedade contemporânea de modo geral.

da alfabetização científica do jovem, não apenas pela sua atividade profissional, mas também por sua posição social. Na adolescência o jovem passa a buscar referências para padrões de comportamento e decisões que vão além do referencial paterno [6]. Dessa forma, uma vez que o professor exerce grande influência sobre o comportamento, bem como a idealização profissional do adolescente, também é fato que o modo como ensina e o que ensina será considerado como um ideal para o jovem na medida em que isso lhe seja agradável e atrativo.

No entanto, assim como acontece com os alunos de graduação, o número dos profissionais que atuam na docência e que possuem formação específica em licenciatura, na área das ciências naturais, é muito reduzido. Segundo levantamento preliminar realizado pela Secretaria da Educação do Estado do Paraná (SEED) via Censo Escolar 2011 e dados repassados no I Fórum Permanente de Apoio à Formação Docente do Paraná, o número de profissionais atuando na docência sem a formação específica em licenciatura chega a 60,1% e 68,5% do quadro de professores que ministram as disciplinas de química e física, respectivamente, estatísticas estas que não se alteram substancialmente se estendidas para o nível nacional [7]. Segundo Araújo e Vianna [8], a formação de professores de física no Brasil é historicamente deficitária, tendo formado apenas 25% da demanda estimada para 2002, e 4% do necessário para o ano de 2005, especificamente. Eles afirmam:

“O último item, em especial, é crítico! O Brasil formou, no período de 1990 a 2005, 13.504 licenciados em física. Tem-se, portanto, uma média de 900 licenciados/ano. No ano de 2003, além dos professores formados no período anterior a 1990, havia aproximadamente 11.7 mil licenciados em física. Contudo, nas salas de aulas, o MEC encontrou apenas 3.095 licenciados em física, menos de 26% dos licenciados formados entre 1990 e 2003. Um grande percentual dos licenciados em física, que poderiam contribuir para a redução do déficit de professores da Educação Básica, não estão nas salas de aula da Educação Básica!” [8, p. 5]

Na área da química, um cenário semelhante pode ser verificado ao se analisarem os dados, como afirmam Sá e Santos [9]:

“O Estudo Exploratório sobre o Professor Brasileiro (BRASIL/MEC/INEP, 2009) mostra que a disciplina química

no EM brasileiro é ensinada por diversos profissionais que incluem: profissionais da química (38,2%); profissionais de áreas afins (17,4%); profissionais da pedagogia (5,5%); e profissionais de outras áreas (38,9%). Percebe-se que o percentual de profissionais de áreas totalmente desvinculadas do conhecimento químico atuando nessa disciplina na EB supera os profissionais formados em química.” [9, p. 5]

Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de metodologias que incentivem a popularização das ciências e a criação de uma personificação do ideal da busca pelo conhecimento na pessoa do cientista, bem como do professor. Essas medidas devem ser atrativas e cativarem a idealização profissional do jovem criando no professor, no cientista e na própria ciência uma forma de alcançar a realização profissional. Além disso, é preciso buscar uma valorização do conhecimento científico como a principal fonte dos discursos difundidos na sociedade, bem como promover a alfabetização científica a fim de concretizar o bom desenvolvimento do cidadão inserido em uma sociedade permeada pelo desenvolvimento tecnológico, que depende tanto em sentido amplo quanto restrito do conhecimento ligado às ciências naturais.

## O projeto

O Show das Ciências é um projeto de extensão criado e mantido por alunos e professores da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Com o objetivo geral de popularizar as ciências naturais a partir da peça teatral denominada “Não é magia, não é bruxaria: é ciência”. A peça é interdisciplinar, articulando as disciplinas de física, química, literatura, artes e história, e é desenvolvida visando o diálogo entre a sociedade e a universidade, a fim de atrair os alunos de Ensino Médio e Fundamental para a universidade, em especial para os cursos de licenciatura em ciências exatas. O objetivo deste artigo é publicar a peça teatral para que outras pessoas possam utilizá-la.

Iniciado em março de 2018, o projeto passou por diversas fases de construção e elaboração das atividades propostas, por meio de reuniões semanais compostas pelos professores e alunos integrantes.

## Metodologia

A construção da peça teatral contou com diversas etapas até sua finalização, a saber:

- Seleção dos acadêmicos interessados.
- Pesquisa dos conteúdos a serem abordados.
- Escolha dos experimentos que seriam utilizados.
- Construção dos experimentos.
- Apresentação dos experimentos inseridos na peça.
- Construção do roteiro contextualizando os experimentos.
- Ensaios com os acadêmicos para a identificação pessoal e construção dos personagens.
- Ensaios para marcação de palco e interação com o público.
- Construção do cenário.
- Pré-estreia com professores da universidade, a fim de avaliar previamente a estrutura da peça.
- Apresentações.

As primeiras seis etapas demandaram cerca de quatro meses para sua concretização, desde a seleção até a finalização do roteiro. Da sétima até a última etapa decorreram três meses, de modo que a etapa mais longa foi a elaboração do roteiro, uma vez que era preciso inserir os experimentos anteriormente apresentados, de modo que a história apresentada fosse dinâmica, atrativa e interdisciplinar.

Para tornar a história por trás dos experimentos atrativa, a peça foi pensada como uma forma de unir o imaginário ao conhecimento científico. Trata-se de

**Faz-se necessário o desenvolvimento de metodologias que incentivem a popularização das ciências e a criação de uma personificação do ideal da busca pelo conhecimento na pessoa do cientista, bem como do professor**

uma intersecção do padrão comum das histórias infantis, inserindo o cientista como a principal fonte de conhecimento e poder dos personagens. Dentre os personagens, portanto, estão uma bruxa (a personagem principal) e pesquisadores de três períodos históricos dentre os quais a ciência passou por profundas transformações (o medieval, o iluminista e o atual). Essa bruxa, no entanto, difere-se das histórias infantis comuns pelo fato de perder seus poderes mágicos e buscar novos poderes no conhecimento científico, fazendo com que a ideia central da peça passe para o público a mensagem de que, quer seja no imaginário, quer seja no mundo real, a ciência é a verdadeira forma de adquirir poderes, especialmente através do estudo e tendo como principal ícone a pessoa do cientista.

## Estrutura formal do roteiro Não é Magia, Não é Bruxaria: É Ciência

### Primeiro Ato

#### Cena 1

A Bruxa está sentada sobre o *Experimento do Espelho*, no lado oposto ao narrador. Desde o início da peça ela se posiciona de modo a erguer o pé visto pelo público que, refletido pelo espelho, dará a sensação de que ela está flutuando sobre a vassoura. A roupa, preta e longa, ajuda a esconder os aparatos que evidenciarão o mecanismo por trás da sustentação do espelho. O narrador, sentado em uma cadeira de balanço, por seu caráter sério e antigo, manipula um livro como se o estivesse lendo. Ao iniciar da peça, 5 segundos são deixados vagos para que o público aprecie de forma geral o cenário, e então o narrador começa sua fala ao levantar da cadeira e dirigir-se para o centro do palco.

**Narrador:** Todos nós já ouvimos histórias sobre heróis, bruxas e seres mágicos, cheios de poder e força, que vivem uma aventura atrás da outra. Mas... esta bruxa não, ela parece um tanto desengonçada. Perdida, flutua com sua vassoura pela cidade e às vezes esquece onde deixou ou estraga sua varinha mágica, que, por sinal, guarda todo o seu poder.

**Bruxa** (saca a varinha, escondida atrás do espelho, e diz): Não acredito que a minha varinha parou de funcionar... Sem ela, tudo o que posso fazer é voar por aí. Ah, como seria bom não depender dela para ter poderes...

**Narrador** (sentado em sua cadeira de balanço): A Bruxa toda irritada começa a andar de um lado para o outro, estava perdida... perdidinha... Sem falar que seu ajudante, um corvo muito do petulante, não servia para nada! Ela tinha em sua cabeça ser igual às bruxas de sucesso, a Malévola, a Morgana, a Elvira, mas não... não... estava ali, sem seus poderes e sem poder contar com o estorvo de seu ajudante...

**Bruxa** (caminhando de um lado para o outro, começa a chamar seu ajudante se dirigindo para a lateral do palco): Corvinus, Corvinus, venha cá, rápido!

#### Cena 2

Corvinus, anteriormente posicionado fora da visão do público, aparece e se aproxima da Bruxa. Esse personagem possui um tom de superioridade e tem uma fala um tanto enigmática, que serve para deixar o público apreensivo quanto ao que ele realmente quer dizer, ou a quem exatamente se refere em sua fala (os cientistas, que são revelados posteriormente).

**Corvinus:** Ai, ai, ai, o que seria de você sem mim!? Você não sabe que há pessoas

especiais que escondem as melhores habilidades? Se você parasse de se lamentar e fosse atrás delas, conseguiria poderes muito melhores do que essas suas peripécias.

**Bruxa** (irritada, andando de um lado para outro) (Fig. 1): Corvinus, Corvinus... pare de falar utilizando enigmas. Detesto essa sua mania. Eu não entendi nada, nada do que você disse, corvo atrevido! Se você é tão esperto quanto se acha, me diga, onde estão essas pes-so-as es-pe-ci-ais (a separação de sílabas refere-se ao modo pausado com que a Bruxa pronuncia a fala), como elas podem me ajudar, hein, hein?

**Corvinus:** É tão fácil quanto difícil encontrá-los. Eles convivem conosco todos os dias, e até usam seus poderes, mas nos acostumamos tanto que nem sequer percebemos. Para a sua sorte e alegria, ouvi falar de uma casa onde você poderá encontrar ajuda... Ela fica a alguns quilômetros daqui (A Bruxa e Corvinus posicionam-se como se olhassem para um horizonte longínquo, na direção do cenário dos cientistas. Depois, a Bruxa pega sua vassoura, sua varinha, e se dirige aos mesmos).

### Segundo Ato

#### Cena 3

O cenário dos cientistas transparece um laboratório da atualidade. Sobre uma bancada são colocados Béqueres, Balões volumétricos (com Líquidos coloridos) e livros. Além disso, é posicionado o *Experimento do Gerador de Van de Graaff*, que será diretamente utilizado na cena. A Bruxa chega, observa de forma geral o laboratório e então o cientista inicia sua fala (Fig. 2).

**Cientista 1:** Olá, dona Bruxa, o que faz aqui em nossa casa?

**Bruxa:** É minha varinha! Ela não fun-

ciona mais... perdi meus poderes e agora preciso arranjar um jeito de conseguir novas habilidades.

**Cientista 2:** Ok, Ok. Mas você sabe que nós não temos nossos habilidades por natureza. Estudamos, aprendemos e construímos nossos habilidades. Se você quiser nossas poderes, vai ter que buscar o fonte deles. Essas poderes são diversos, venha cá. Já ouviu falar sobre levitação? (O cientista 2 possui um sotaque ao estilo gringo. Isto é feito trocando os artigos masculino e feminino das palavras).

**Bruxa:** Levitação?

**Cientista 1:** Isso mesmo. Venha conosco, vamos medir qual é o nível de suas habilidades. (Ele a conduz para a realização do experimento do gerador com copos. A bruxa encosta a mão no gerador, sobre o qual estão posicionados copos de alumínio. Ao ser ligado, o gerador concentra as cargas na mão da Bruxa até o momento em que ela tira a mão do Gerador, causando um "desastre", uma vez que o gerador irá repelir os copos de alumínio, que caem no chão).

#### Cena 4

Mesmo cenário da cena anterior, mas agora os personagens juntam os copos no chão e balançam a cabeça em sinal de negação.

**Narrador** (falando para o público e balançando a cabeça em sinal de repressão): Mas como é atrapalhada nossa heróina...

**Cientista 2:** (fala para a Bruxa em tom condenatório): Você não tem o habilidade necessária para manipular todos os nossas poderes. (Cientista fica balançando a cabeça como se estivesse dizendo NÃO).

**Bruxa:** Mas... mas o que eu faço? É dinheiro é, olha só: Eu tenho dinheiro! Eu posso comprar!



Figura 1: Primeiro ato.



Figura 2: Segundo ato.

**Cientista 1:** Dona Bruxa, parece que nossos poderes não são a única coisa de que precisa. Antes, deve aprender que nem tudo se compra com dinheiro. Esse conhecimento vale mais, muito mais, porque o dinheiro não seria nada se não houvesse a ciência para criar coisas, e então você poder comprar.

**Bruxa:** Tudo bem, tudo bem, me desculpem. É que eu quero muito conseguir essas habilidades. Me ajudem! O que eu devo fazer?

**Cientista 2:** Vá até o casa dos alquimistas. Eles lhe darão os primeiras ideias sobre como trabalhar com nossas poderes. Mas uma dica... eles não costumam ser receptivos às bruxas... sabe... são camponeses antigas, tenha cuidado.

**Bruxa:** Ah, se é assim eu deveria ter trazido Corvinus comigo. (O corvo fica escondido até o final da cena, aparecendo na lateral da coxa fazendo sinal negativo para o público). Tudo bem, eu tentarei não ser desastrada dessa vez...

**Narrador** (levanta da cadeira, dirige-se ao centro do palco e conversa com o público): HUUUUUM, sei não... será que ela consegue? O que vocês acham?

### Terceiro Ato

#### Cena 5

O cenário é medieval, representando uma confeitaria. Sobre a bancada são colocados bolos, cupcakes (feitos de plástico e enfeitados com EVA) e colheres. Enquanto a Bruxa caminha até o cenário, uma música ao estilo medieval é colocada de fundo.

**Narrador** (continuando a fala anterior): Ai...ai...ai...ai...ai, onde ela foi parar... É o período medieval, em que há muito misticismo. Aqueles camponeses ali (apontando para o cenário) estão fazendo alguma atividade de trabalho. Acho que

eles não vão gostar da bruxa. Vai dar ruiiim.

**Camponês 1:** Veja, Demetrius! Finalmente vamos sintetizar aquele creme que tanto queríamos para nossos bolos (Enquanto isso, o outro camponês realiza o *Experimento da pasta de dente de elefante* e, ao passo que a reação ocorre e transborda pela proveta, faz parecer que esse é o “creme” referido). Com esse novo fermento, seremos os confeitadores do Rei!

**Narrador:** Então, finalmente a bruxa chega aos alquimistas (Fig. 3).

**Bruxa** (toda animada): Olá, soube que vocês poderiam me ensinar alguns poderes básicos...

**Camponês 2** (bravo): Não ensinaremos nada a uma Bruxa. Tudo o que você faz é lançar feitiços contra nós e nossas plantações. Vá embora!

**Bruxa** (confusa/surpresa): Mas...

mas... eu nunca fiz nada a ninguém. Me deixem ajudar! (A Bruxa, por ser desastrada, tenta mexer no creme dos camponeses e acaba derrubando um copo onde estavam as colheres dos camponeses).

**Camponês 1** (irritado): Ah, se eu tivesse em mãos o martelo das bruxas você seria encaminhada para a fogueira! O que você fez!?! (Fig. 4)

**Camponês 2:** Estragou todo o nosso trabalho. Suma daqui! (Enquanto isso, a Bruxa caminha de costas assustada e acaba desmaiando de medo)

**Camponês 1:** E agora, o que fazemos com essa bruxa?

**Camponês 2:** Deixe-a aí mesmo onde está, Sancho. É o melhor a ser feito... (Preocupado) E o que fazemos com essas espadas? Será que foram enfeitadas ao tocar na Bruxa?

**Camponês 1:** É melhor destruí-las e sairmos daqui, Demetrius, antes que ela acorde. (Os camponeses voltam para seu cenário e destroem as espadas feitas com o *Experimento do isopor na acetona*).

**Narrador:** Viram? Eu sabia que essa história não poderia dar certo. Uma Bruxa na Idade Média... (balançando a cabeça em sinal de negação).

#### Cena 6

Corvinus reaparece na cena e se dirige à Bruxa. Após acordá-la, ele tenta se informar acerca do ocorrido e orienta onde a Bruxa deve ir novamente.

**Corvinus** (aproxima-se, cutuca a Bruxa até ela acordar e diz): O que aconteceu com você, dona Bruxa?

**Bruxa:** Ah, Corvinus, agora que você resolveu aparecer? Me diga, onde posso encontrar alguém para me ajudar. Aqueles camponeses ignorantes me expulsaram sem mais nem menos.



Figura 3: Terceiro ato.



Figura 4: Terceiro ato: cena do ataque à Bruxa.

**Corvinus:** Ah tá, sei. O que você fez dessa vez?

**Bruxa:** Foi um acidente, Corvinus, todo mundo aqui viu (apontando para o público). Só me diga para onde devo ir.

**Corvinus:** Vamos até à casa de Marie Curie. Ela é uma ótima química, além de ser bem receptiva e gentil (após isso, eles se dirigem até o cenário final enquanto o narrador pronuncia sua fala).

#### Quarto Ato

##### Cena 7

Sobre a bancada está uma planetário, livros de química, béqueres e balões volumétricos preenchidos com água e corante. Além disso, uma cadeira que será utilizada pela Bruxa é posicionada ao lado da bancada, além das vidrarias necessárias aos experimentos.

**Narrador:** Agora ela foi parar no Período Iluminista. É uma época mais tolerante a bruxas. Ainda está um pouco assustada do episódio anterior, mas Marie Curie a conforta dizendo que o período das trevas já havia passado, e que agora todos estão convidados a participar de estudos e experimentos. Então ela a convida para acompanhar seus primeiros experimentos.

**Bruxa:** Sra. Marie Curie, Sra. Marie Curie (a Bruxa pronuncia o nome de forma errada)

**Corvinus** (corrigindo a pronúncia): É Marie Curie.

**Bruxa:** É... É... isso aí! Marie Curie (pronúncia correta), me ajude por favor.

**Marie Curie:** O que foi, minha cara? (sotaque francês).

**Bruxa:** Foram os camponeses, me atacaram por conta de um acidente bobo.

**Marie Curie:** Acalme-se, agora está tudo bem. Esses camponeses são de outros tempos... ficaram no passado. Aqui a se-

nhora está segura e em boa companhia. Quando excitamos nosso sistema nervoso, ficamos como este líquido aqui (experimento da água furiosa, que Marie Curie mostra para a Bruxa e para o público, evidenciando que a água transparente que se torna azul é como quando ficamos nervosos). Veja, quanto mais eu mexo, mais ela se altera, porém quando eu paro, tudo volta ao normal, como deve ser (Fig. 5).

**Bruxa** (pronunciando de forma errada): Nossa senhora Marie Curie!

**Corvinus** (corrigindo): É Marie Curie.

**Bruxa:** Tá, eu já sei (falando para Corvinus). O que é isso? (falando para Marie Curie)

**Marie Curie:** Isto, minha cara, são os primeiros poderes que aqueles cientistas mandaram a senhora buscar. Venha, vamos cuidar de você primeiro (experimento do sangue do diabo, que é utilizado como o "medicamento mágico": Irene, que é uma cientista auxiliar de Marie Curie, borriфа um pouco do líquido em um papel toalha, que fica rosa. Ao esfregar no braço da Bruxa, o líquido se torna

transparente e a Bruxa mostra o papel para o público).

**Marie Curie:** Irene, borriфа um pouco deste líquido no braço de nossa amiga.

**Irene:** Fique calma e me diga, o que acontece?

**Bruxa** (muito surpresa e olhando para o público): Bem, fica rosa e depois some.

**Irene:** Muito bem. E depois disso?

**Bruxa:** Nossa! A dor foi embora. Como a senhora fez isto?

**Irene:** Bom, creio que meus amigos cientistas já lhe disseram. Estudamos muito, trabalhamos e calculamos como cada coisa se comporta na natureza e, às vezes, podemos criar superpoderes com elas. Olhe para a medicina, a tecnologia, os carros, os aviões, as casas e tudo ao seu redor. Qualquer coisa que vemos e nos acostumamos a usar foi estudada e construída ao longo de muito tempo pelos cientistas. Eles são verdadeiros heróis!

**Bruxa** (errando a pronúncia): Senhora Marie Curie!

**Corvinus:** Ela não aprende, não é possível... (batendo a mão na testa) É MARIE CURIE!

**Bruxa** (irritada): Tá, tá, Marie Curie... (balançando as mãos). Se tudo isso foi construído pelos cientistas, então eu quero ter esses poderes também, ora. Estou procurando isso há tempos, desde que perdi meus poderes.

**Marie Curie:** Muito bem. Sabe do que a senhora precisa? Olhe este outro líquido aqui (experimento da água que muda de cor). A senhora é este copo transparente,



Figura 5: Quarto ato.



e esta não é a forma de um cientista. Nós somos coloridos, vibrantes e cheios de vontade. Está vendo este outro copo aqui? Ele é o estudo. Sabe o que acontece quando juntamos os dois?

**Bruxa:** Não sei não, os dois são transparentes...

**Marie Curie:** Pois então veja, agora sim temos um cientista (Marie Curie mistura dois líquidos transparentes: um copo com água e algumas gotas de fenolftaleína diluídas, e outro com Hidróxido de Sódio).

**Bruxa:** Uau! Dois líquidos transparentes que formam o rosa? Como isso acontece?

**Marie Curie:** Esse é o resultado do estudo, minha cara Bruxa. E sabe... na verdade, não é só a senhora que se parece com este copo transparente.

**Bruxa:** Não? E quem mais então?

**Marie Curie:** Ora, todos estes estudantes, professores e as pessoas que estão por aí fora. Estes alunos aqui, por exemplo, estudam todos os dias. Pouco a pouco eles estão se tornando cientistas, como o copo rosa. E tem mais... os cientistas já lhe contaram sobre a nossa "fonte de poderes"?

**Bruxa:** Sim, eu já utilizei aquele aparelho, como é o mesmo o nome... sim, é isso, me lembrei, o gerador! Ele indicou que eu não estava preparada para ser cientista ainda, por isso procurei a senhora.

**Irene:** Pois muito bem. Para utilizá-lo, a senhora precisa estudar muito e, quando se sentir cansada, descansar para voltar ao trabalho!

**Bruxa:** Poxa, quer dizer então que eu não vou poder utilizar esses poderes sem antes colocar a bunda na cadeira e estudar anos? (A Bruxa, enquanto fala, senta na cadeira posicionada ao lado da bancada. Então, Corvinus traz alguns dos livros de física e química que estavam sobre a mesa e coloca no colo dela).

**Irene:** Esse é o melhor caminho, dona Bruxa. Mas podemos fazer o seguinte: esses alunos aqui da plateia já estudaram durante anos. Se juntarmos as mãos e utilizarmos esta garrafa (ela pega a garrafa de Leyden, posicionada inicialmente sobre a bancada, nas mãos), podemos passar um pouco do conhecimento deles para você. E como vamos carregar nosso aparelho no gerador, para fornecer uma parte de seu estudo à senhora, cada aluno vai receber um pouco do poder dos cientistas. É uma troca justa, não?

**Bruxa:** Ahã! Era isso o que eu estava esperando. (Dirigindo-se para o público) Ei pessoal, me ajudem com isso, por favor! Deem as mãos todos vocês para que eu possa conseguir ser uma cientista tam-

bém, por favor, por favor, vamos todos ser cientistas! Bravo, senhora Marie Curie (pronúncia correta).

**Corvinus:** (preparando-se para corrigi-la): Como? Você acertou o nome dela? Como isso é possível?

**Bruxa:** Acho que já comecei a ter os poderes dos cientistas. Vamos pessoal! (A garrafa é carregada no gerador enquanto todos dão as mãos. Marie Curie se posiciona em uma extremidade da corrente, segurando a garrafa, e no final da corrente a Bruxa, que irá tocar para dar a descarga. Após o choque, o público volta para seus lugares e os atores se posicionam na frente do palco, quando o narrador pronuncia a fala final).

**Narrador:** E assim, termina a aventura de nossa heroína, que descobriu a verdadeira fonte dos poderes: o conhecimento. (O narrador saca um isqueiro do bolso interno do terno que está usando e queima um balão de hidrogênio feito a partir do *Experimento do balão de Hidrogênio*. Ver Fig. 6).

Os personagens dão as mãos e pronunciam: NÃO É MAGIA, É CIÊNCIA!

Ao final da apresentação ocorre a divulgação do curso (que pode ser feita por um professor orientador, o narrador ou algum dos personagens): "Se vocês perceberam, a jornada dessa Bruxa é bem parecida com a jornada de vocês ao longo dos anos de estudo. No início, as coisas podem parecer estranhas, desastradas, talvez você não saiba ao certo como utilizar seus dons. Mas eu tenho certeza de que, assim como a Bruxa, você é curioso e está disposto a buscar conhecimento, ainda mais agora que recebeu o poder dos cientistas. O conhecimento não é algo achado ou ganho assim de repente, mas você pode construí-lo, assim como o poder dos cien-

tistas, se procurar pelo lugar certo: a universidade. Aqui em Palotina, a Universidade Federal do Paraná está cheia de oportunidades para você explorar sua curiosidade e se tornar um cientista de verdade. Se você é curioso; se gosta do conhecimento; de entender como o mundo funciona e como você pode fazer coisas incríveis através da sua inteligência, então a universidade é o lugar certo para você, jovem cientista."

## Resultados

Atualmente o projeto contabiliza aproximadamente 965 pessoas que prestigiaram a apresentação teatral proposta, sendo sua maioria composta por crianças e jovens alunos da cidade de Palotina – PR, dentro de um curto período de um mês de atuação prática do projeto. Isso se deve ao espaço cedido pela Universidade ao projeto na Feira de Ciências e Tecnologia (FECITEC), bem como pela Escola Infantil Vitorino Roggia de Palotina.

Uma vez que a peça está finalizada, o projeto entra em sua última etapa, o agendamento de apresentações. Espera-se atingir, senão todos, a maioria dos colégios e escolas do município, fortalecendo o diálogo e a aproximação da universidade para com a comunidade local. Além disso, ao atrair a curiosidade dos jovens e expor a atividade científica de forma lúdica, aproximamos os jovens palotinos do curso de Licenciatura em Ciências Exatas, visando fazer deste uma perspectiva atrativa de futuro pessoal e profissional.

## Conclusão

Os aspectos sócio-históricos que moldaram a cultura brasileira influenciaram diretamente na formação acadêmica remota e atual do Brasil. O desenvolvi-



Figura 6: Cena final.

mento como colônia priorizou majoritariamente a formação ligada à atividade agrária, bem como as organizações jurídicas surgidas no início do período colonial. Esse fato, portanto, leva à criação de um cenário em que a licenciatura, especialmente na área das ciências naturais, apresenta-se como deficitária em número de profissionais, na totalidade do território nacional.

Sendo necessário alterar esse cenário, dada a grande necessidade de profissionais

especializados na formação docente, propomos uma peça teatral como forma de contextualizar e aproximar o público infante-juvenil da atividade científica. Além disso, ao desenvolvê-la criou-se um roteiro com experimentos simples e facilmente reproduzidos que podem ser montados em diversas escolas, universidades e organizações culturais do país, fazendo do teatro também uma forma de gerar alfabetização científica e atrair jovens para a carreira universitária na área

das ciências naturais.

Esperamos atingir a totalidade das escolas do município de Palotina, difundindo o curso regionalmente, e ampliar os horizontes de alcance da alfabetização científica ao propor o roteiro como uma metodologia aplicável em qualquer instituição de ensino, tendo um público-alvo que inclui desde o mais infantil até o adolescente prestes a viver a realidade do vestibular e da escolha de uma carreira profissional.

## Apêndice - Descrição geral dos experimentos

**Experimento do espelho:** Constitui-se de uma caixa formada por arestas que formam um cubo e duas travessas diagonais, na base e no topo da caixa, formando uma estrutura que permite a alocação de um espelho plano em posição diagonal no centro da caixa, fazendo com que a reflexão dê a impressão de que a caixa está visível por inteiro. A descrição formal de montagem do experimento pode ser obtida em <https://bit.ly/2JUo2vF>.

**Experimento do Gerador de Van de Graaff:** Consiste em um aparelho que permite criar grandes diferenças de potencial elétrico, porém com baixa intensidade de corrente. Isso se deve à movimentação de uma corrente de material isolante que acumula muitas cargas em uma esfera de material metálico, podendo assim ser utilizado para trocas de cargas externas ao gerador. Beltrami [10] faz uma abordagem completa ao experimento, desde sua base teórica até o processo de montagem em <https://bit.ly/2HN5v3p>.

**Experimento da pasta de dente de elefante:** É formado a partir da reação de decomposição da água oxigenada, acelerada por um catalizador, o iodeto de potássio. Mistura-se a água oxigenada ( $H_2O_2$ ) com detergente, em uma proveta, e ao acrescentar o catalizador ocorre a liberação de oxigênio, criando uma espuma que transborda pela proveta. Uma descrição mais detalhada da reação pode ser obtida em <https://bit.ly/2Wh6ko8>.

**Experimento do isopor na acetona:** O poliestireno (isopor) é constituído de uma união de várias moléculas iguais entre si, criando macromoléculas. O processo de fabricação do isopor envolve o aquecimento do polímero através de diversos gases, o que faz com que este inche e se torne extremamente leve. A acetona ( $CH_3(CO)CH_3$ ), ou propanona, ao entrar em contato com o poliestireno enfraquece essas ligações macromoleculares liberando o gás contido, derretendo o isopor. Mais informações podem ser obtidas em <https://bit.ly/2Wh6ko8>.

**Experimento da água furiosa:** Consiste no preparo de três soluções aquosas - 3,5 g de soda cáustica em 100 mL de água, 6 g de glicose em 100 mL de água e 0,3 g de azul de metileno em 300 mL de água. Em seguida, misturam-se as soluções de NaOH e glicose e adicionam-se algumas gotas da solução de azul de metileno. Após certo tempo, a solução final ficará transparente.

**Experimento da água que muda de cor:** Preencher dois béqueres (de 100 mL) com 35 mL de água destilada. Dissolva 15 g de soda cáustica (NaOH) no primeiro e algumas gotas de fenolftaleína ( $C_{20}H_{16}O_4$ ) no segundo. O experimento consiste, no momento correto da fala, em juntar o conteúdo de ambos em um só béquer, reagindo o NaOH com o indicador ácido-base, o que dará à solução final uma coloração rosa.

**Experimento do sangue do diabo:** Dissolver 20 g de fenolftaleína em 30 mL de álcool etílico. A solução deve ser novamente dissolvida em 50 mL de água e adiciona-se 10 mL de amoníaco à solução final. O resultado é uma solução avermelhada.

**Experimento da garrafa de Leyden:** Trata-se, resumidamente, de um capacitor. É composta de uma garrafa de material isolante, uma lâmina de papel alumínio envolvendo a parte externa da garrafa e um fio metálico que liga a parte interna à externa da garrafa. Geralmente, a parte interna é preenchida com água e sal para aumentar o potencial elétrico (na peça, no entanto, esse processo não foi realizado para reduzir a intensidade do choque dado no público, que era majoritariamente infantil). Informações detalhadas sobre o experimento podem ser obtidas em <https://bit.ly/3181NYs>.

**Experimento do balão de hidrogênio:** Dissolver 160 g de soda cáustica (NaOH) em 500 mL de água. Transferir a solução para um erlenmeyer e adicionar pequenos pedaços de papel alumínio à solução. A reação irá liberar gás hidrogênio que deve ser armazenado em balões (colocados na boca do erlenmeyer durante a reação) para, ao final da peça, serem estourados como forma de finalizar a mesma.

## Referências

- [1] J. Marques, *Revista de Filosofia* **4**, 135 (2010).
- [2] F. Appolinário, *Metodologia da Ciência: Filosofia e Prática da Pesquisa* (Cengage Learning, São Paulo, 2012) 2. ed., rev. e atual, p. 20.
- [3] M.R. Horta, *Rev. da Faculdade de Direito* **1**, 138 (1949).
- [4] Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, *Censo da Educação Superior 2016* (INEP, Brasília, (2017).
- [5] J.A.A. Díaz, A.V. Alonso y M.A.M. Mas, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2**, 80 (2003).
- [6] P. Cairolí e G.J.C. Gauer, *Estudos de Psicologia* **26**, 205 (2009).
- [7] C.E.M. Sampaio, C.P. Sousa, J.R.S. Santos, J.V. Pereira, J.M.R. Pinto, L.L.N.A. Oliveira, M.C. Mello e V. Néspoli, *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos* **83**, 85 (2002).
- [8] R.S. Araújo e D.M. Vianna, in: *XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Curitiba, (2008), disponível em [bit.ly/2wxtYIE](https://bit.ly/2wxtYIE).
- [9] C.S.S. Sá e W.L.P. Santos, in: *XVI ENDIPE - Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino*, UNICAMP, Campinas, CD-Rom (2012).
- [10] G.C. Beltrami e R. Landers, *Construção de um Mini-Gerador de Van der Graaff*. Relatório (2007), disponível em <https://bit.ly/2HN5v3p>, acesso em 4/6/2019.



# Obtenção de redes de difração e filmes polarizadores para laboratórios de ensino a partir de telas de LCD descartados

.....  
**André Diestel**

Colégio Israelita Brasileiro, Porto Alegre, RS, Brasil

E-mail: andre@colegioisraelita.com.br  
.....

## Introdução

**A**o contrário de muitas situações da prática do ensino escolar, em que o improvisado ou substituições de matérias fornece o resultado esperado, na análise de fenômenos como polarização e difração a substituição de um filtro polarizador ou uma rede de difração mostram-se virtualmente impossíveis, sendo estes fenômenos para os quais necessitamos do equipamento específico. Não obstante, a dificuldade em obtermos os referidos materiais mostra-se bastante desafiadora e onerosa, pois, como se sabe, não compramos uma lâmina polarizadora no comércio ordinário, e a mesma ou maior dificuldade observamos para redes de difração. Segundo Catelli [1], o custo de boas redes de difração e a dificuldade em adquiri-las faz com que essas demonstrações se tornem, via de regra, privilégio dos laboratórios das universidades.

**O estudo da polarização e da difração sem um filtro polarizador ou uma rede de difração, materiais muito caros, é virtualmente impossível. Mas podemos construir esses equipamentos de maneira simples e barata**

## Onde estão esses materiais?

Redes de difração e polarizadores possuem um campo de atuação comercial bastante específico. No caso dos polarizadores, podem ser encontrados com robusta frequência no campo da fotografia, pois ainda são utilizados em situações específicas, em que pese o avanço contínuo dos recursos da fotografia digital. Nesse tipo de aplicação, observam-se filtros polarizadores em forma de disco e invariavelmente de vidro, apresentando um custo alto e limitações em sua geometria. Já as redes de difração possuem um campo de atuação bem mais específico, reduzindo em muito o acesso a esse recurso. De fato, sua obtenção era tão específica que, em

muitos casos, universidades e algumas escolas fabricavam suas próprias redes de difração, utilizando técnicas de holografia, que, por sua vez, exigem equipamento específico e dispendioso.

Ao final da década de 1990, um importante fenômeno foi observado, a substituição dos já cinquentenários tubos de raios catódicos (TRC), utilizados na reprodução de imagens, em especial nos televisores, pela promissora tecnologia das telas de cristal líquido ou *light crystal display* (LCD). Inicialmente, como quase tudo referente a novas tecnologias, esses equi-

pamentos eram caros, em especial televisores, e sua aquisição era discreta e resumia-se a um público restrito. Porém, hoje observamos que essa tecnologia assumiu um papel protagonista e está presente em 97,2% [2]

dos domicílios brasileiros. Isso fez com que seu custo decrescesse muito, a ponto de encontrarmos esses equipamentos com muita intensidade em descartes eletrônicos (sucatas).

## Como funcionam as atuais telas

De forma muito simplificada, podemos resumir o funcionamento das atuais telas em três partes: a) placa controladora, b) tela LCD e c) back light. Um maior detalhamento sobre esse funcionamento pode ser encontrado através do vínculo em TecMundo [3].

Dessas três partes, duas, "b" e "c", são fundamentais para a aquisição a baixíssimo custo dos materiais polarizador e rede de difração.

Tela LCD: esse dispositivo, Fig. 1, é formado por duas lâminas de vidro, uma camada de cristal líquido e dois filtros polarizadores, que cobrem a extensão total da tela. Estes filtros possuem, em um monitor

Este artigo descreve uma forma barata e eficaz para obtenção de uma quantidade significativa de filmes polarizadores e redes de difração. A obtenção desses recursos poderá facilitar a realização de experimentos no campo da óptica física e geométrica, estendendo-se até a física moderna, em questões de emaranhamento e difração de elétrons.



Figura 1: A figura mostra uma tela de LCD para retirada dos filmes polarizador e difrator.

de 20", uma área total de 2580 cm<sup>2</sup>, contando as duas folhas.

Considerando cada filtro cortado, Fig. 2, com uma área de 25 cm<sup>2</sup>, podemos obter, com uma tela dessas dimensões, mais de 100 elementos polarizadores, o que é suficiente para que, em uma sala de aula, cada aluno possa receber um par de polarizadores para desenvolver os experimentos ligados a essa área, conforme mostra a Fig. 3.



Figura 2: A figura mostra as duas camadas de polarizadores aderidos ao vidro do LCD.

Já na parte "c" de nossa sucata eletrônica, temos o gerador de luz e o um conjunto de difusores de luz, Fig. 4, para que esta seja distribuída homogêaneamente sobre a tela, resplandecendo por igual a imagem formada no LCD. Esse eficiente difusor é formado por uma série de camadas plásticas para que tal fim seja atingido.

Uma dessas camadas é exatamente uma rede de difração extremamente uni-

forme, contendo barras paralelas na ordem de dezenas por milímetro, o que confere a essa camada uma excelente propriedade difratora. A exemplo do que foi comentado, esta ocupa também a área total da tela. Sendo assim, para uma tela de 20", na diagonal, cerca de 50,8 cm, encontramos uma superfície de 1290 cm<sup>2</sup>; admitindo um corte retangular com 5 cm de lado, alcançamos, com apenas uma tela, o número de 51 redes de difração,



Figura 3: A figura mostra algumas lâminas polarizadoras após o corte.



Figura 4: A figura mostra a folha difratora encontrada no monitor de LCD.

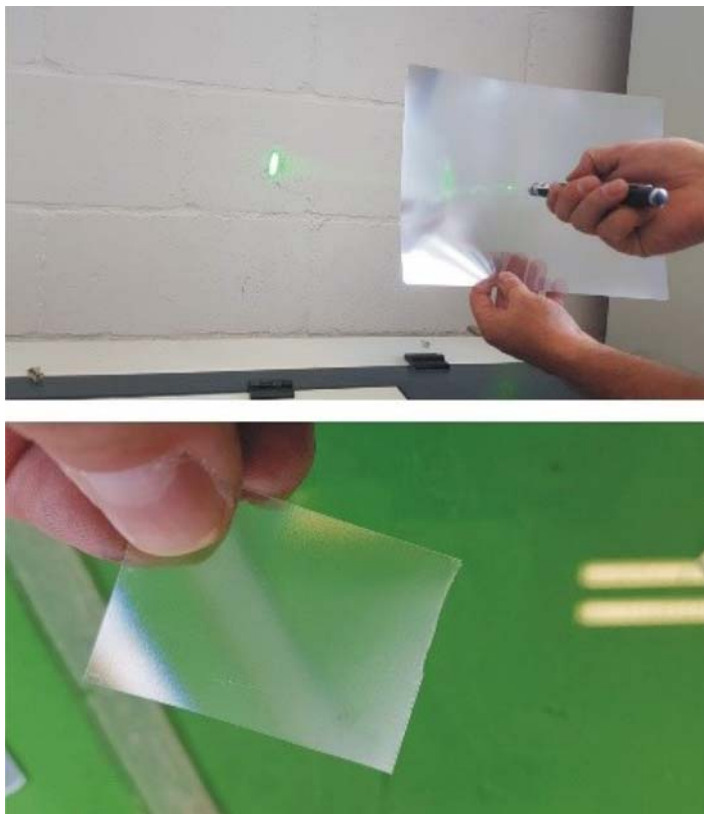


Figura 5: Lâmina difratora após o corte, pronta para o uso.

quantidade mais que suficiente para o efetivo trabalho de uma turma. A Fig. 5 mostra uma sugestão de trabalho e o resultado após o corte do material.

Sugestões de trabalhos com esse tipo de material podem ser encontrados em diversos sites da internet; nas referências apresentamos alguns deles, em especial o bom artigo de Cavalcante [4], onde é mostrada uma proposta para o ensino de física moderna por meio de redes de difração.

### Referências

- [1] F. Catelli, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **16**(1), 123 (1999).
- [2] IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística, *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Síntese de Indicadores 2001* (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2002).
- [3] <https://www.tecmundo.com.br/televisao/2058-como-funcionam-as-telas-de-lcd-.htm> (acessado 12/2018).
- [4] M.A. Cavalcante e C.R.C. Tavoraro, in: 5 SBPC JOVEM, 1997, Belo Horizonte.

# Produto educacional: “Kit” de física moderna para aplicação experimental relacionada à constante de Planck para jovens e adultos do ensino médio

.....

**Halisson de Souza Pinheiro**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape, CE, Brasil  
E-mail: halisson@unilab.edu.br

**Djalma Gomes de Sousa**

MNPEF/Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil  
E-mail: djalma.gomes@fisica.ufc.br

**João Dionizio de Melo Neto**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape, CE, Brasil  
E-mail: joaodionizio@unilab.edu.br

**Thales Guimarães Rocha**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape, CE, Brasil  
E-mail: thales@aluno.unilab.edu.br

.....

Esta proposta de trabalho tem como ênfase sugerir a implementação e elaboração de novas metodologias para ensino de Física Moderna no ensino médio e em CEJAs (Centro Educacional para Jovens e Adultos) que visem uma participação mais atuante dos estudantes. Para tal finalidade, produziu-se um material, aplicado ao ensino do tema Constante de Planck, constituído de um experimento de baixo custo em conjunto com a aplicação de um modelo de relatório. Aos resultados, viu-se que a didática implementada contribuiu com uma maior divulgação da Física Contemporânea e com o maior entendimento dos estudantes para fenômenos físicos diários antes tidos como complexos.

## Introdução

Desde a década de 1970, foi incluída de forma permanente a disciplina de física no Ensino Médio. Atualmente, ela está incluída no currículo da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, como constatado nos Parâmetros Curriculares. Entretanto, sempre foi um desafio ensinar física no Ensino Médio, isso porque a metodologia voltada para aulas expositivas e, em grande parte, descontextualizada dos problemas atuais e do dia a dia dos alunos. Como explica [1], mesmo com toda a pesquisa e esforços desenvolvidos desde os anos 1980, viu-se pouco impacto positivo nos processos de ensino e aprendizagem, sendo isso observado não só formação dos alunos, mas também na instrução dos professores. De maneira geral, as dificuldades encontradas estão relacionadas à compreensão dos conceitos por trás das fórmulas, pois a reprodução de uma prática que visa à repetição de rotinas de cálculos que não discutem a importância dos fatores ou termos da equação, nem as constantes relacionadas aos princípios de conservação muitas vezes envolvidos, é, sem sombra de dúvida, o cerne da questão do ensino de física.

Tomando-se o ensino diário em sala de aula como referência, algumas das dificuldades encontradas no aprendizado de física para alunos de Ensino Médio relacionam-se à falta de entusiasmo para o estudo de tal disciplina [2]. Sendo esta uma observação datada já de há alguns anos, pesquisadores e estudiosos da área pedagógica formulam possíveis causas e consequências dessas dificuldades, bus-

cando propostas em conjunto com novas fórmulas de ensino que desenvolvam uma educação voltada à capacitação dos indivíduos nos avanços tecnológicos e suas interferências na sociedade.

Concomitantemente a isso, inúmeras discussões relacionadas a experimentos no ensino de física vêm sendo estudadas [3, 4] defende a importância das aulas práticas nas quais o aluno pode, além de seguir um método científico já testado e finalizado, criar novas possibilidades com hipóteses próprias sobre fenômenos corriqueiros. De forma complementar, para [5], além da proposta de aulas práticas provocarem efeito positivo no aprendizado discente, a elaboração de “laboratórios virtuais”, com simulações computacionais, é uma solução válida para a estrutura carente em laboratórios de ciências no ensino público brasileiro, solução essa que, de modo semelhante ao que será

**Sempre foi um desafio ensinar física no ensino médio, isto porque a metodologia empregada tem sido voltada para aulas expositivas e, em grande parte, descontextualizada dos problemas atuais e do dia-a-dia dos alunos**

abordado no presente artigo, visa sanar as dificuldades estruturais que possam obstruir a boa qualidade do aprendizado.

## A EJA no Brasil

A EJA, Educação de Jovens e Adultos, surgiu devido à necessidade histórica de sanar o altíssimo nível de analfabetismo herdado da sociedade brasileira colonial. Tornou-se inicialmente uma política de compensação ou de inclusão de uma imensa classe de alfabetizados ou jovens e adultos pouco escolarizados. Portanto, aqueles que não concluíram seus estudos por meio do ensino regular passaram a ter a oportunidade de fazê-lo de forma mais acelerada para chegar em igualdade de condições ao mercado de trabalho.

Na temática de um kit educacional intitulado constante de Planck, o presente

artigo propõe a construção de um produto educacional que, diferente de outros já existentes no mercado, pudesse ser mais funcional e de fácil execução experimental para os alunos do Ensino Médio.

### Montagem do kit educacional "constante de Planck"

No caso específico, foi observada a existência no mercado de kits experimentais que já fazem tal procedimento experimental de determinação da constante de Planck, mas vislumbrou-se a possibilidade de construir um kit mais funcional e de fácil execução experimental para os alunos do Ensino Médio.

Assim, foi feito antes um levantamento dos materiais necessários à construção do kit, e logo em seguida uma busca no mercado de insumos mais baratos, assim como um aproveitamento de muitos materiais já disponíveis para serem

reutilizados.

Todos os materiais necessários para construção do experimento são apresentados na Tabela 1 a seguir, com exceção das ferramentas usadas na execução da montagem e de insumos de uso geral, como por exemplo: diversos tipos de cola, pregos, tinta, entre outros.

Antes da construção em si, faz-se necessário desenhar um esquema elétrico que balizará a montagem do mesmo em uma prancheta previamente adquirida. O esquema desenhado no circuito apresentado na Fig. 1 é formado por um conjunto de LEDs; da esquerda para direita, LED0, LED1, LED2, LED3, LED4 e LED5, respectivamente associados aos LEDs ultravioleta, violeta, azul, verde, amarelo e vermelho, todos interligados individualmente a uma chave seletora de seis posições, chave S1.

Os números 3 e 4 representam os bor-

nes vermelho (+) e preto (-), respectivamente, que são usados para medidas de tensão dos LEDs por meio do multímetro. S2 representa a chave individual à qual está ligado o LED de infravermelho, denominado no circuito da Fig. 1 por LED6.

Antes da construção em si, faz-se necessário desenhar um esquema elétrico que balizará a montagem do mesmo em uma prancheta previamente adquirida. O esquema desenhado no circuito apresentado na Fig. 1 é formado por um conjunto de LEDs; da esquerda para direita, LED0, LED1, LED2, LED3, LED4 e LED5, respectivamente associados aos LEDs ultravioleta, violeta, azul, verde, amarelo e vermelho, todos interligados individualmente a uma chave seletora de seis posições, chave S1.

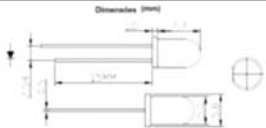


Os números 3 e 4 representam os bornes vermelho (+) e preto (-), respectivamente, que são usados para medidas de tensão dos LEDs por meio do multímetro. S2 representa a chave individual à qual está ligado o LED de infravermelho, denominado no circuito da Fig. 1 por LED6.

O dispositivo R1/100 R representa a resistência de 100  $\Omega$  que está associada em série com os LEDs interligados em paralelo ao seu polo positivo. Já o dispositivo R2/1 K representa uma resistência de 1 k $\Omega$  que funciona como um falso curto, permitindo assim que a corrente circule pelos LEDs antes de retornar ao polo negativo da alimentação. Há também no circuito um potenciômetro representado pela nomenclatura R3/10 K, ou seja, uma resistência variável de 0 a 10 k $\Omega$ .

A nomenclatura +6 VCC representa a fonte de alimentação que fornece uma tensão transformada de 110-220 V/AC para 4-6 V/CC ao kit 2. Por fim, há mais dois bornes, números 1 e 2, que são interligados por meio de um cabo que funciona como *jump* (com dois bornes, vermelho e preto, nas extremidades) que permite a passagem de corrente e a medida da mesma quando se substitui o cabo pelo multímetro incluído no circuito entre os bornes 1 e 2.

Inicialmente, devem-se desenhar na prancheta as posições dos LEDs e de outros dispositivos a serem manuseados durante o experimento. Com estas posições bem definidas fazem-se os furos e fixam-se os dispositivos na prancheta conforme detalhe da Fig. 2. Em seguida, faz-se a montagem do circuito com a adição de outros dispositivos na parte de trás da prancheta, ou seja, adiciona-se ao circuito, soldados a fios de telefone paralelos, as resistências de 100  $\Omega$  e de 1 k $\Omega$ . Os polos positivos dos LEDs (vermelho, amarelo, verde, azul, violeta e ultravioleta) são soldados aos fios

Tabela 1: Materiais necessários para o kit relacionado à constante de Planck.

SQ.	DETALHES	IMAGEM	CARACTERÍSTICAS
I.	Um conjunto de LEDs de alto brilho (infravermelho, vermelho, amarelo, verde, azul, violeta e ultravioleta).		
II.	Um potenciômetro de 10 k $\Omega$ .		
III.	Bornes elétricos pretos e brancos.		Observação: um par para medida de tensão e outro para medida de corrente quando necessário.
IV.	Um adaptador AC/DC.		Adaptador AC/DC Modelo: HLD3513-036250 Entrada: AC 110-220 V 50/60 Hz Saída: DC 3,6V 250 mA
V.	Uma chave de 2 pólos e 6 posições.		Observação: As seis posições correspondem às fontes vermelha, amarela, verde, azul, violeta e ultravioleta.
VI.	Um resistor de 100 $\Omega$ e de 1 k $\Omega$ .		O de 1 k $\Omega$ é utilizado para criar um falso curto entre os pólos positivo e negativo da alimentação, já o de 100 $\Omega$ controla a corrente que circula pelos LED's.
VII.	Chave seletora individual ligadesliga.		Essa chave é usada para um acionamento individual do LED de infravermelho (IR).
VIII.	Madeira de prancheta e MDF		Todos os dispositivos foram fixados na prancheta e o MDF foi usado no acabamento que permite o melhor manuseio.
IX.	Cabos de multimetro e fio paralelo de telefone (várias cores).		Os cabos foram usados para alimentação e os fios paralelos para interligar os LEDs as chaves e dispositivos do circuito.

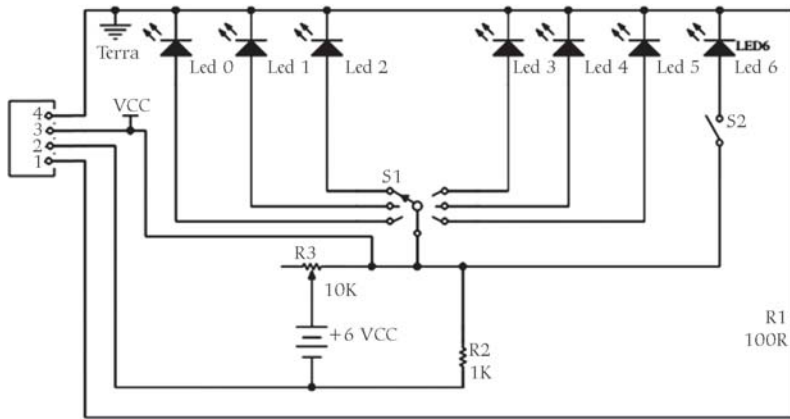


Figura 1: Circuito mostrando o esquema elétrico das ligações dos dispositivos presentes no kit. Fonte: Cortesia LAB Eletrônica e eletromagnetismo/Física/UFC.

de telefone que estavam soldados de forma individualizada a cada uma das seis posições da chave seletora de dois polos, enquanto os polos negativos são soldados ao fio de telefone conectado ao borne preto (negativo); todavia, o borne vermelho

(positivo) é posicionado entre o potenciômetro de 10 kΩ e a chave seletora de dois polos e seis posições.

Vale lembrar que dois outros bornes mais próximos entre si (par preto-vermelho) têm a finalidade de medir corrente

quando exigido no experimento; já os dois mencionados anteriormente são para medidas de tensão com o uso direto do multímetro, enquanto se faz a seleção da fonte de luz pela chave seletora central e as mudanças de tensão para cada deslocamento do cursor do potenciômetro.

Uma visão mais detalhada da ligação entre os LEDs, os bornes e as chaves pode ser observada na Fig. 3, onde se pode observar com cuidado como deve ser feita a ligação individualizada de cada LED com a chave seletora de dois polos e seis posições.

Pode-se ainda observar um LED que não está ligado à chave seletora: trata-se do LED de infravermelho, que deve ser ligado a uma chave individual liga-desliga conectada diretamente à entrada da alimentação de 6 V. Mais detalhes das ligações podem ser vistos na Fig. 4, onde também é fácil visualizar o resistor de 1 kΩ que deve ter seus terminais ligados à saída do potenciômetro e ao negativo da alimentação de 6 V.

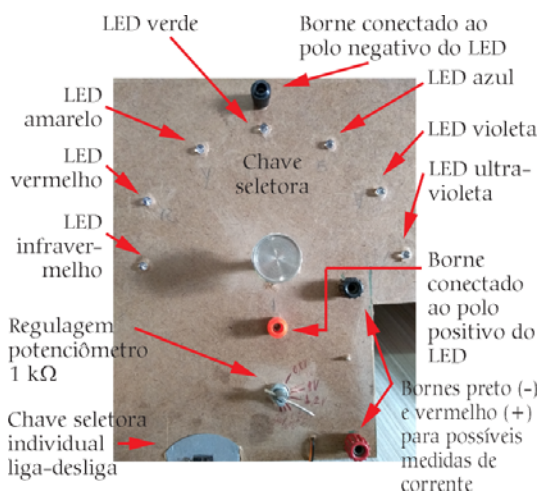


Figura 2: Detalhe (frontal) da prancheta com os dispositivos já posicionados antes de serem interligados.

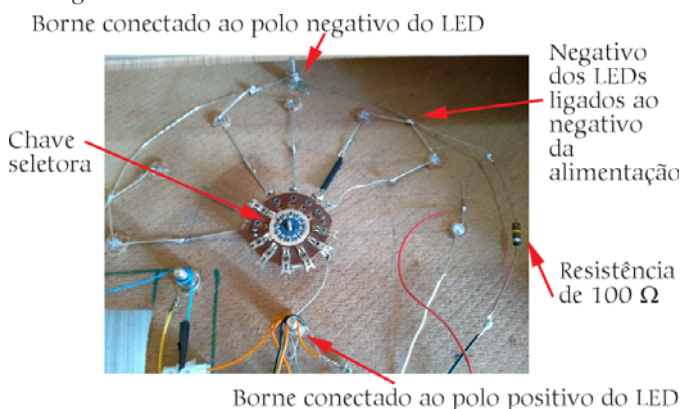


Figura 3: Detalhe (anterior) da prancheta com os LEDs interligados, a chave seletora e os bornes.

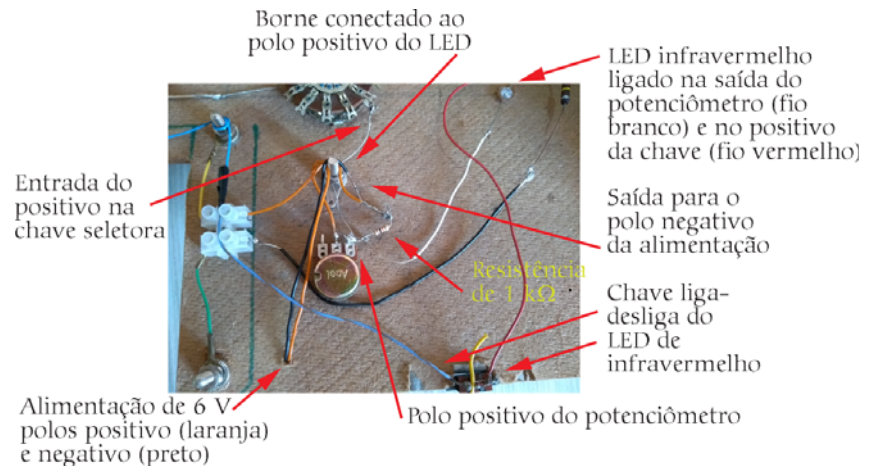


Figura 4: Detalhe da ligação da alimentação para o potenciômetro, deste para a chave de seis posições e ligação do LED de infravermelho na chave liga-desliga individual.

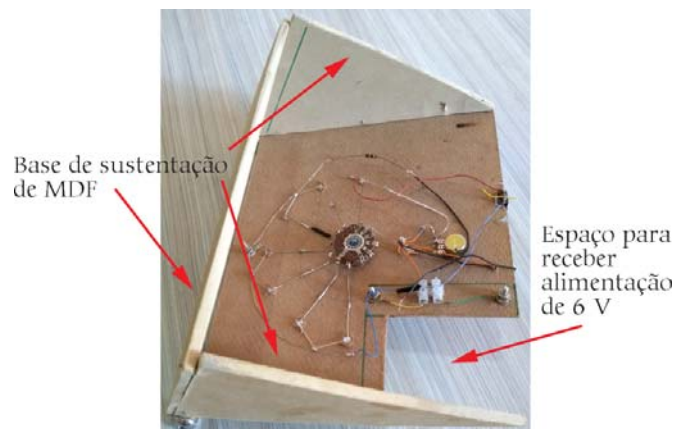


Figura 5: Vista geral do circuito com a inclusão da base de MDF e espaço para a alimentação de 6 V.



Já na Fig. 5, nota-se a base de sustentação de MDF (Medium Density Fiber-board) e o local que deverá receber a alimentação de 6 V.

A base de MDF deve ser fixada com pregos à prancheta que comporta os dispositivos. Em seguida, no espaço indicado na Fig. 5 deve ser fixado um suporte cúbico de MDF que recebe uma tomada de dois pinos para receber a alimentação da fonte de 6 V ou, quando necessário, um conjunto de baterias, em situações em que não se tenha acesso a energia.

Depois de montado o “Kit de medida da constante de Planck” o suporte deve ser lixado e receber uma pintura. Uma vista da parte frontal mostrando o kit pintado pode ser visto na Fig. 6.

Um dos momentos importantes na elaboração do kit é a determinação da frequência central de cada espectro de emissão dos LEDs. Na Fig. 7 a seguir é possível

visualizar os espectros dos LEDs desde o infravermelho ao ultravioleta. A partir desse espectro é possível a determinação da frequência central por meio da intensidade máxima. Os comprimentos de onda determinados, do infravermelho ao ultravioleta, respectivamente, são 934 nm, 627 nm, 592 nm, 537 nm, 456 nm, 402 nm, 396 nm.

Também é necessária, pela necessidade de melhor orientar o aluno na execução e controle das medidas por meio do acionamento do cursor do potenciômetro, uma interpolação entre os valores das marcações do potenciômetro e das tensões medidas no multímetro para evitar uma variação brusca da tensão pelo estudante no momento da execução do experimento. O gráfico da Fig. 8 apresenta uma interpolação já executada e uma tabela com os valores obtidos por meio da função de interpolação.

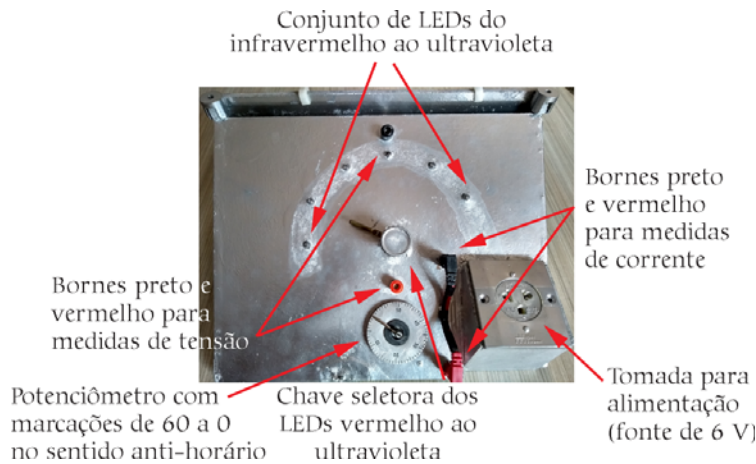


Figura 6: Visão frontal do conjunto já pintado e pronto para uso.

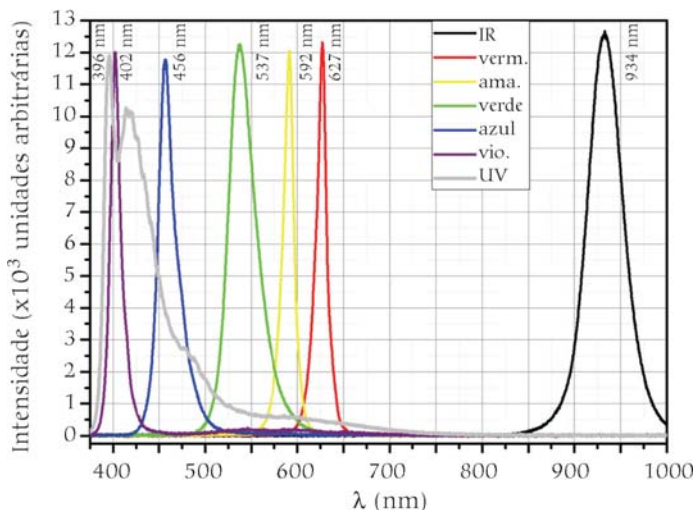


Figura 7: Gráfico mostrando o pico da frequência central (comprimento de onda) de cada LED, do infravermelho ao ultravioleta, medidos num espectrômetro. Fonte: Cortesia LOCEM/UFC.

De posse dessas informações, é possível realizar um procedimento experimental previamente, como teste. Com esse procedimento é possível obter um resultado muito aproximado para a constante de Planck, um resultado com um erro de 0,33% do valor da literatura, que é  $4,135667 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$  [7].

A Fig. 9 mostra esse resultado, onde os pontos no gráfico são os valores medidos e a reta foi obtida pelo método de regressão linear a partir dos pontos experimentais. A inclinação da reta, igual a  $4,12166 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ , corresponde à constante de Planck ( $h$ ) obtida experimentalmente.

### Metodologia experimental do “kit experimental para determinação da constante de Planck”

Optamos por procedimentos experimentais que estimulem a construção autônoma do conhecimento científico; no entanto, por limitações experimentais, o aluno é orientado a seguir mais amíúde e bem mais atento os procedimentos apresentados, pois passam a lidar com medidas e equipamentos de precisão e com maiores possibilidades de danos materiais.

Todavia, ainda assim, os alunos participam ativamente da construção do próprio conhecimento, buscando respeitarem-se nas etapas diferenciadas em que se encontram nos CEJAs e as escolas regulares.

Os procedimentos iniciais dessa prática estimulam mais a coordenação motora e a observação atenta e detalhista; enfim, o domínio da técnica de medição e leitura instrumental, talvez associada à prática já vivenciada por alguns alunos em seus ambientes de trabalho. O controle minucioso do potenciômetro e a observação detalhada para perceber o estímulo luminoso engatilhado pela tensão, controlada manualmente pelo estudante, é o momento de maior exigência técnica. Aqui também é estimulada a percepção intuitiva e possíveis deduções construídas por analogias inerentes ao exercício da observação ativa no experimento. Em paralelo a isso, a atividade leva o aluno a trabalhar com anotações, organização de dados em tabela (matriz) e a análise desses na construção de gráficos em sistema cartesiano, atribuições que estimulam a lógica matemática, desde conjuntos, funções até relações de proporcionalidade entre as grandezas medidas e/ou calculadas.

Por último, um questionário complementa a ação investigativa proposta por meio de questões que fazem analogias e estimulam também a compreensão lógico-dedutiva das relações entre as grande-

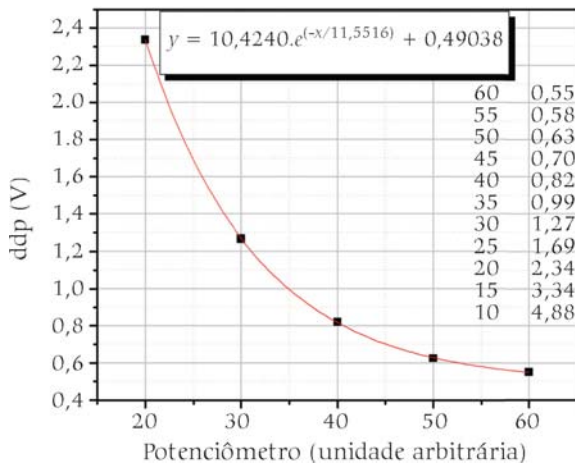


Figura 8: Relação entre as marcações do potenciômetro e a tensões medidas produzidas no Microsoft Excel.

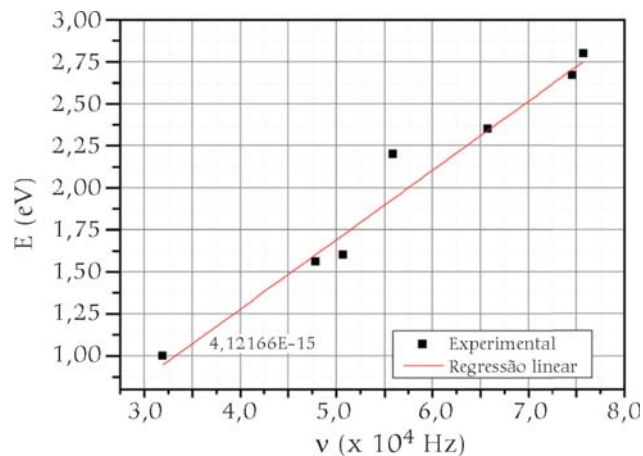


Figura 9: Gráfico mostrando os pontos experimentais e a reta de regressão linear para determinação da constante de Planck, valor que corresponde a 0,33% de erro do valor da literatura ( $4,135667 \times 10^{-15}$  eV.s).

zas envolvidas, assim como questões que aprofundam o tema por meio do estímulo à pesquisa e do uso do computador para avaliar o grau de precisão dos resultados obtidos por meio do gráfico construído manualmente.

### Resultados e discussões

#### Observações referentes à aplicação do experimento

No experimento para a determinação da constante de Planck, fica claro que o fato do efeito fotoelétrico está relacionado apenas à frequência e não à intensidade, ou seja, abaixo de uma dada frequência, não adianta aumentar a potência da radiação incidente - essa energia não será distribuída entre os elétrons a serem arrancados, pois na verdade a frequência é que determina a energia que cada fóton individual deve ter para interagir individualmente com um elétron e arrancá-lo da placa [7].

A Fig. 10 apresenta as tabelas com resultados medidos de tensão, que corresponde à energia em eletrovolts (eV), como também as frequências calculadas a partir dos comprimentos de onda de cada LED específico.

Após a apresentação aos alunos da Fig. 9, os discentes foram orientados sobre a forma correta de localizar as coordenadas desses pontos no plano cartesiano. Determinadas as coordenadas, sete pontos correspondentes aos pares de medidas tensão-frequência dos sete LEDs, foi feita uma orientação no sentido de determinar uma reta de regressão manual, ou seja, uma reta que se aproximasse do máximo de pontos possível.

É importante observar que, mesmo manualmente, o valor da constante de Planck determinado pela reta de regressão foi de  $3,43 \times 10^{-15}$  eV.s a  $3,62 \times 10^{-15}$  eV.s. Usando esses dados e determinando a inclinação por um método de regressão linear por computador, encontra-se de  $3,59 \times 10^{-15}$  eV.s a  $3,75 \times 10^{-15}$  eV.s, ou seja, o erro, que oscilava entre 17% a 12% na regressão manual, cai para um intervalo de 13% a 9%, o que é relevante dado que muitos dos alunos que executaram os procedimentos não tinham habilidades ou vivência experimental na área. Vale

lembrar que o teste realizado pelo professor, Fig. 9, tem um erro equivalente a 0,33% do valor da literatura.

Após aplicarem os procedimentos experimentais, os alunos responderam algumas questões. As respostas ao questionário podem ser visualizadas na Fig. 11.

Depois que os alunos responderam ao questionário, junto com eles chegou-se à conclusão de que o efeito fotoelétrico relaciona a energia do fóton que interage com o elétron de uma placa de zinco, por exemplo, e que é suficiente para arrancá-lo da

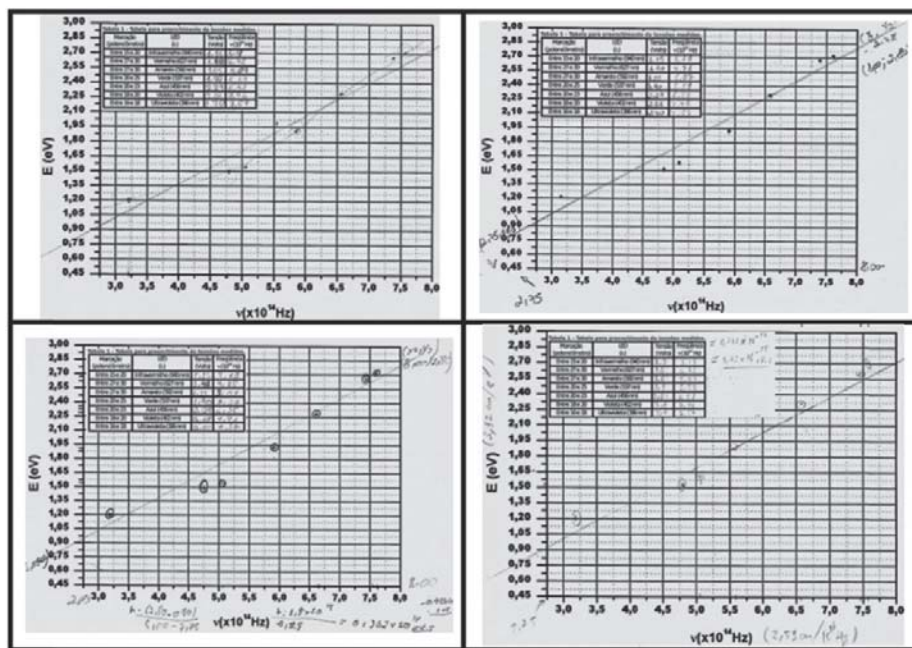


Figura 10: Gráficos (energia × frequência) obtidos a partir dos pontos experimentais. Reta de regressão manual para determinação da constante de Planck pela inclinação da reta.

1. O LED é um dispositivo semicondutor que quando energizado emite luz visível. Foi possível perceber que existe uma energia específica para cada cor específica de LED, ou seja, o LED só acenderá se atingir a quantidade de energia adequada para tal?

*Sim foi possível perceber que existe uma energia*  
 Sim foi possível perceber que existe uma energia.

*Sim o LED só acenderá se atingir a quantidade de energia para tal*  
 Sim o LED só acenderá se atingir a quantidade de energia para tal.

2. Quando acionamos um LED e o seguinte, observamos que o comprimento de onda ( $\lambda$ ) diminui, enquanto a energia necessária (tensão) aumenta. Qual a relação de proporcionalidade entre a tensão e o comprimento de onda? No entanto quando aumenta a frequência ( $\nu$ ) aumenta também a tensão, agora qual a relação de proporcionalidade entre estas grandezas?

~~essa~~ *inversamente proporcional*  
 Inversamente proporcional.

3. As tensões medidas no experimento nos dão de forma direta as energias em eletrovolts (eV). Olhando os dados da tabela, do gráfico e pelas discussões anteriores, qual frequência, e qual cor de LED, precisa de maior energia para ser dado o gatilho fazendo acender o LED? E qual LED corresponde a menor energia?

*Infra vermelha precisa de maior energia e a menor ultra violeta*  
 Infravermelho precisa de maior energia e a menor ultravioleta.

*Maior ultravioleta, e menor infravermelho*  
 Maior ultravioleta, e o menor infravermelho.

*Ultravioleta é o infravermelho*  
 Ultravioleta e infravermelho.

4. Observando os procedimentos realizados de 6 a 14, o que faz você acreditar que a energia da radiação luminosa, como observada por Einstein, é quantizada?

*Os raios UV*  
 Os raios UV.

Figura 11: Respostas dos alunos ao questionário do roteiro de determinação da constante de Planck.

placa, desde que se utilize a frequência adequada para tal, ou seja, o efeito não depende da intensidade da radiação incidente, mas é função apenas da frequência dessa radiação, que está associada à sua cor ou tipo de fonte envolvida.

### Enquete sobre a aplicação do produto e da Oficina de Física Moderna

Para concluir a análise sob o ponto de vista pedagógico, foi feito um questionário, do tipo enquete, na intenção de veri-

ficar a satisfação dos alunos quanto aos objetivos alcançados. Vale destacar a intervenção escrita que fizeram espontaneamente dois dos 19 alunos entrevistados e que pode ser visualizada na Fig. 12.

Os resultados da enquete sobre as questões pedagógicas e logístico-operacionais, como também sobre a satisfação dos participantes da oficina, podem ser observados a seguir. Primeiro perguntou-se sobre o nível escolar dos participantes. Observa-se, na Fig. 13, que o público foi bem diversificado.

6. Faça uma avaliação geral dos experimentos e da oficina e coloque sugestões de melhoria da metodologia e exposição dos temas abordados.

*A oficina foi muito satisfatória poderia acontecer com mais frequência.*

6. Faça uma avaliação geral dos experimentos e da oficina e coloque sugestões de melhoria da metodologia e exposição dos temas abordados.

*Calento.*

Figura 12: Destaque de respostas a uma pergunta do questionário realizado ao final da oficina de física.

Depois, perguntou-se sobre o nível de dificuldade dos experimentos e roteiros, como observado na Fig. 14.

Apesar da participação de quatro grupos bem diversificados, desde o fundamental incompleto ao médio completo, passando por níveis intermediários, quase 60% não acharam o experimento de difícil execução e compreensão, como pode ser observado na Fig. 15.

O Fig. 16 apresenta o grau de satisfação com o resultado da oficina de física e dos experimentos proporcionados pelo kit educacional. Foi visível a satisfação dos participantes, eles apontaram como de boa qualidade (58%) e de alta qualidade (16%) os experimentos, o que corresponde a uma satisfação total de 74%.

### Conclusão

Os resultados pedagógicos apontam uma postura, mesmo que acanhada, de observação curiosa, intuição e dedução por parte dos participantes das oficinas em que foi feita a aplicação do produto educacional. Essa característica é nata de uma investigação científica inerente àquele que utiliza um método prescrito que leva à transição da cognição da observação para a aplicação prática da ciência. Ainda assim, observa-se que se deve aumentar a frequência dessa participação nas oficinas com aplicação do produto

1. Qual seu nível de escolarização?

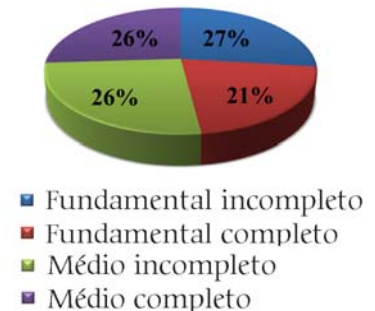


Figura 13: Nível escolar dos participantes da oficina.

2. Você achou o experimento complicado?



Figura 14: Nível de dificuldade experimental.

educacional, pois os alunos ainda têm aversão ao trabalho manual escrito e a trabalhar com material diferente do seu material didático e apresentam ainda dificuldade de trabalhar em equipe. Todavia, a grande maioria aponta que a metodologia adotada por meio da oficina com aplicação do produto educacional é de mais fácil contextualização com o dia a dia.

A grande maioria dos participantes da oficina de física não achou o experimento complicado e opina que ele é de mais fácil execução e contextualização, comparado a outras metodologias, apesar de se ter trabalhado com grupos de alunos bem diversificados, com quase 25% de representatividade de cada um dos quatro grupos.

Foi visível a satisfação dos participantes; eles apontaram como de boa qualidade (58%) e de alta qualidade (16%) os experimentos, o que corresponde a uma satisfação total de 74%, resultado que corrobora com 100% de satisfação com a Oficina de Física Moderna Experimental. No entanto, um total de 26% declarou a necessidade de se implementar algumas melhorias; não esclareceram quais devam ser, mas acredita-se que sejam relativos à logística, pois houve pouco tempo para realizar a prática, anotar procedimentos e responder a questionários.

De maneira geral, o produto e sua aplicação atenderam aos objetivos esperados. Vale ressaltar a declaração espontânea dos alunos de que a oficina foi excelente e que deveria ser disponibilizada com maior frequência.

na dos alunos de que a oficina foi excelente e que deveria ser disponibilizada com maior frequência.

3. Em comparação com outras metodologias de ensino, você acredita que a metodologia experimental:

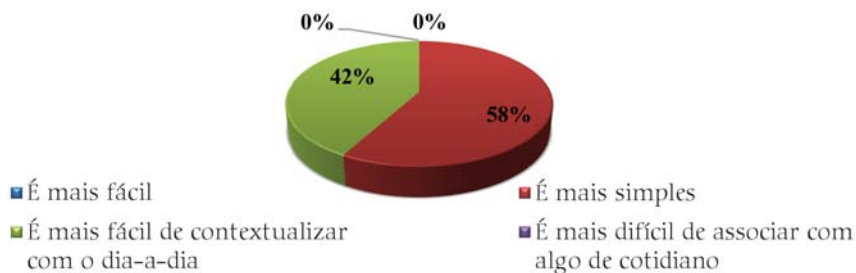


Figura 16: Comparação da metodologia experimental em grau de dificuldade com metodologias tradicionais.

4. De maneira geral, os experimentos apresentados na Oficina de Física Moderna foram:



Figura 16: Satisfação estudiantil com a Oficina de Física Moderna.

## Referências

- [1] M.F. Barroso, G. Rubini, T. Silva, Revista Brasileira de Ensino de Física **40**, 4402 (2018).
- [2] J.S. Sarmento, *Construção e Análise de um Forno Solar como Atividade Prática Não Formal no Ensino Médio de Física*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2015.
- [3] P. Freitas-Lemes, D.C. Vilela, M.G. Guarnieri, R.O. Prado, T.F. Medeiros e J.S.E. Germano, Revista Brasileira de Ensino de Física **41**, 20180090 (2018).
- [4] T.A. Borges, Cad. Bras. Ens. Fís. **19**, 291 (2002).
- [5] J.C. Santos e A.G. Dickman. Revista Brasileira de Ensino de Física **41**, 20180161 (2018).
- [6] P.A. Tipler e R.A. Llewellyn, *Física Moderna* (LTC, Rio de Janeiro, 2009), v. 3, p. 304.
- [7] M.A. Cavalcante e R. Haag, Revista Brasileira de Ensino de Física **27**, 443 (2005).



## Na Prateleira

### **A Vida Misteriosa dos Matemáticos**

Celso Costa

1ª ed., Editora Kuzuá, São Paulo, 283 p.

O livro, publicado no final de 2018 pela Editora Kuzuá, é uma ficção fantástica de Celso Costa, ilustre matemático da Universidade Federal Fluminense, conhecido internacionalmente pela concepção da chamada *Costa Surface*, com a qual ele completou a compreensão de um problema tratado há 200 anos. Como qualquer obra, seja científica ou artística, o livro tem uma história que o inspira e influencia.

Na genealogia da presente obra, sobressaem alguns trabalhos do escritor argentino Jorge Luis Borges, que talvez tenha levado a narrativa fantástica a um apogeu ainda não igualado. Dois mistérios assombravam a mente de Borges, o fluir do tempo e os alucinantes conjuntos infinitos, nos quais “uma parte não é menor do que o todo”. A essa imperiosa obsessão, Borges dedicou poemas, contos e ensaios. A Biblioteca de Babel tem infinitos livros, o Livro de Areia tem infinitas páginas, alguns labirintos borgeanos são infinitos. Em mais de um ensaio, Borges fala, com surpreendente propriedade, dos conjuntos infinitos de Georg Cantor e do famoso paradoxo, posto a público por Bertrand Russell, referente a conjuntos de conjuntos.

Num conto medonho, Borges descreve o Aleph, um local ínfimo do porão de uma casa de Buenos Aires, no qual estão presentes todos os outros pontos, sem se confundirem, e que podem ser vistos de qualquer parte do universo. Paradoxalmente, no ínfimo local os objetos adquirem extensão. Há espelhos que nada refletem e também espelhos paralelamente opostos que replicam objetos numa sucessão infinita. Aleph é a primeira letra do alfabeto semítico, que deu origem a todos os outros. É também o símbolo, na grafia do alfabeto hebraico, que designa a cardinalidade – o tamanho – dos conjuntos infinitos.

Vladimir Niévski, um filósofo dedicado aos fundamentos da matemática, vê-

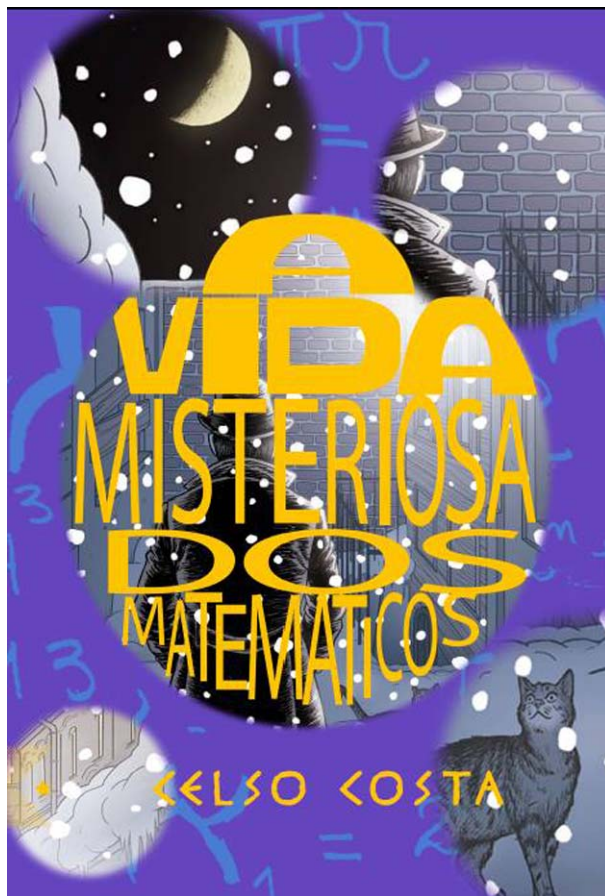
se acochado por uma nevasca e encontra refúgio numa edificação de aspecto normal, em cujo topo se vê a palavra ALEPH. O edifício revela ser o Aleph de Borges e ainda muito mais. É infinito, fascinante e misterioso. Suas entradas e saídas para o mundo exterior, num simbolismo de rara inspiração, são sinalizadas por uma imagem da fita de Möbius. Essa imagem e a da letra Aleph adornam todo o livro de Celso Costa. O Aleph contém o hotel infinito de David Hilbert, ampliado de forma escandalosa. Aquele hotel tem infinitos quartos enumeráveis, cuja cardinalidade é Aleph zero. Já no Aleph onde Vladimir se refugia, o hotel tem infinitas alas cujos respectivos quartos formam conjuntos com as cardinalidades Aleph zero, Aleph um – a cardinalidade do conjunto dos números reais – e assim por diante. Contém ainda um planetário flutuante no espaço, no qual todos os astros podem ser vistos, de qualquer ponto e talvez – pois o autor deixa ao leitor a incumbência de completar lacunas intencionais de informação – também em qualquer época.

No Aleph, Vladimir encontra muitos dos maiores matemáticos da história, desde Tales de Mileto até o tempo presente, e presencia disputas entre eles que envolvem não só ideias, mas também egos inflados. Toda a história é divertida e também instrutiva. Com sua competência de excelente matemático, Celso embute na narrativa uma história resumida da matemática, que inclui os números, a geometria e a incompreensível eficácia da matemática na teorização do mundo físico. Há também matemáticos que Vladimir não sabe identificar, talvez oriundos do futuro.

O Aleph desrespeita

todas as leis e princípios naturais, exceto o da causalidade. Para respeitar este, obedece ao Postulado do Esquecimento, cujos limites são matéria de indagação de todos ali presentes. Alguns hóspedes do Aleph aparentemente residem no hotel, a maioria deles lhe faz visitas temporárias. Um dos hóspedes permanentes, que responde pela interlocução entre os hóspedes, chama-se Georg, que mais tarde Vladimir reconhece ser Georg Cantor, criador da teoria moderna dos conjuntos, a quem David Hilbert se refere como O Príncipe dos Infinitos. Os conjuntos infinitos, que Cantor demonstrou ter cardinalidades distintas e hierarquizadas de maneira ordinal, são um dos principais tópicos da narrativa e das discussões. Outro habitante do Aleph é o onipresente Krieger, que realiza todas as tarefas do hotel.

Com o objetivo de esclarecer os limites do Postulado do Esquecimento e ainda o Fluxo Caótico do Tempo, Hilbert convoca todos os grandes matemáticos do universo, do passado e do presente. A elucidação dessas questões, pensava Hilbert, levaria à inteira compreensão da matemática. O número dos atendentes à Convenção dos Tempos é infinito. Parte deles pertence ao conjunto enumerável dos números naturais, e a outra pertence ao conjunto contínuo dos números reais. A ala dos quartos enumeráveis – o Aleph zero – fica



toda ocupada, quando chega uma caravana infinita de novos hóspedes enumerados. Hilbert resolve o vastíssimo *overbooking* com uma operação trivial. Instrui que os ocupantes de todos os quartos com números naturais  $n$  se transfiram para os quartos números  $2n-1$ , e assim libera os infinitos números pares para os hóspedes recém-chegados. Alguém questiona que a transferência do hóspede de qualquer quarto  $n$  para o quarto  $2n$  seria mais natural, pois liberaria todos os quartos de número ímpar e daria o mesmo tratamento a todos os hóspedes, enquanto pela instrução de Hilbert o ocupante do quarto 1 ficava poupado do incômodo. Hilbert explicou que esse hóspede era Georg Cantor, que por ser o príncipe dos infinitos merecia o privilégio.

Eis que uma nova caravana de hóspedes, identificados por números reais, começa a chegar, desfilar em blocos de densidade assombrosa, e pede acomodação no Aleph zero já ocupado, em cuja recepção encontram-se vários personagens. Hilbert retrucou que isso seria impossível mesmo que o hotel estivesse inteiramente vazio. Confiante na competência do novato Vladimir, incumbiu-o de demonstrar a impossibilidade, o que este faz com argumentação, pelo que me parece, original. Após elogiar o desempenho de Vladimir, Hilbert ordena que os recém-chegados se dirijam à ala Aleph 1, onde caberiam todos.

O estilo do livro é despojado e agradável. Creio ter nele notado elementos lusitanos de linguagem, que no princípio me intrigaram. Após acostumar-me, prossegui com muito gosto a leitura. Numa segunda leitura parcial do livro, apreciei ainda mais o estilo. Vale aqui a máxima: bons livros não são para ser apenas lidos, mas também relidos. Os personagens são caracterizados com humor. Kurt Gödel, o grande gênio da lógica matemática, também com carinhosa piedade. Idoso e já tomado pela paranoia de que querem matá-lo pelo seu pecado imperdoável: demonstrar que a infinita matemática não pode ser enquadrada na lógica humana, inerentemente limitada. Também Paul Cohen e Georg Cantor, advertia Gödel, poderiam ser assassinados na Convenção dos Tempos. Principalmente este, por ter incorrido no delito de pôr a nu a existência de infinitos de infinitos tamanhos. Alan Turing e Charles Babbage, enquanto consideraram se atendem à Convenção dos Tempos, trancam-se num porão – para cuja entrada tinham criado uma senha criptografada –, onde funcionam as máquinas com as quais Turing decifrara o código de comunicação entre os nazistas durante a Grande Guerra. Babbage delicia-se ao ver o resultado de sua obra pioneira em cálculo por máquinas.

A última sentença do livro remete a uma bela imagem, talvez primeiro expressa pelo poeta Samuel Coleridge:

*“What if you slept  
And what if  
In your sleep  
You dreamed  
And what if  
In your dream  
You went to heaven  
And there plucked a strange and  
beautiful flower  
And what if  
When you awoke  
You had that flower in your hand  
Ah, what then?”*

Isso não é plágio, é comum no mundo literário. Belas ideias, assim como belas metáforas, ensinou Borges, existem para serem revividas em novos contextos.

Há no texto uma distração referente à narrativa de Tales sobre sua medida da altura da pirâmide de Queóps. Segundo Tales, para a medida ele se posicionou à tarde a oeste da pirâmide. Na página 38, há uma figura em que tanto a sombra de Tales quanto a da pirâmide projetam-para ao oeste. Ocorre que à tarde a sombra dos objetos projeta-se rumo ao leste.

Encerrando, aconselho a leitura do belo livro de Celso Costa, com os propósitos de diversão e de aprendizagem. Nas escolas, tanto alunos quanto professores se beneficiariam da leitura.

Alaor Chaves  
Universidade Federal de Minas Gerais  
(alaor@fisica.ufmg.br)