

Carta do Editor

Normalmente, enquanto editor, tenho usado este espaço para apresentar os textos da edição corrente, proporcionando aos nossos leitores uma ideia daquilo que encontrarão na leitura de nossa revista. Peço desta vez a permissão e paciência dos leitores para falar de um tema diferente, certamente já muitas vezes discutido, mas que julgo importante sempre termos presente: a relevância da educação como instrumento de transformação da sociedade.

Este tema me ocorreu após assistir um longo e profundo debate entre um historiador, um filósofo e um jornalista sobre um recente escândalo que levou o presidente da República Federal da Alemanha a renunciar. A Alemanha nos parece muito distante e a cultura política muito diferente, mas o que é sintomático em todo o acontecimento e às causas que o precipitaram é a “cultura” universal daquilo que realmente parece dominar, hoje, nossas vidas: a busca de resultados sem esforço, de uma cultura de “mais aparência do que conteúdo”, da fama-relâmpago promovida pelas redes sociais, pelo fator QI (Quem Indica) como meio de ascensão econômica e social. Lá, como aqui, pasmem, a cultura social, educacional, política, tem mudado, e não necessariamente para melhor.

Durante este interessante debate

Não devemos trivializar o conhecimento; ele tem um preço: o trabalho árduo. E é um preço que vale a pena pagar. É o preço da transformação

que, sinceramente, eu gostaria de ver mais na TV aberta de nosso país, o filósofo comentou acerca da grande transformação que, na sua opinião, foi a mais importante contribuição do iluminismo francês à humanidade: a ideia de que se pode formar uma elite através da educação, e não por laços hereditários (ele tinha em mente a nobreza da época). Uso o termo “elite” em seu sentido positivo, pois parece-me que nos últimos anos conseguimos transformar o termo em algo que nos faz sentir vergonha de a ela pertencer. Creio que há aqui uma confusão de termos. Somos, de certo modo,

uma cultura estranha: não nos incomodamos em ser a “elite” do futebol, mas se estamos doentes, queremos, se possível, ser aten-

didos pelos melhores médicos, pela elite médica – mas confundimos “elite” com “elitismo”. Obviamente posso estar errado e não espero que todos concordem comigo, mas da mesma maneira que nem toda criança que aprenda a jogar bola vai um dia se tornar “O Fenômeno”, nem todos que se dedicam a uma profissão se tornarão expoentes – o que não significa que elas não devam ser competentes. Competência e excelência são coisas diferentes. Um dos expoentes do iluminismo francês, Denis Diderot (1713–1784) disse que devemos lutar pela democracia do acesso à educação,

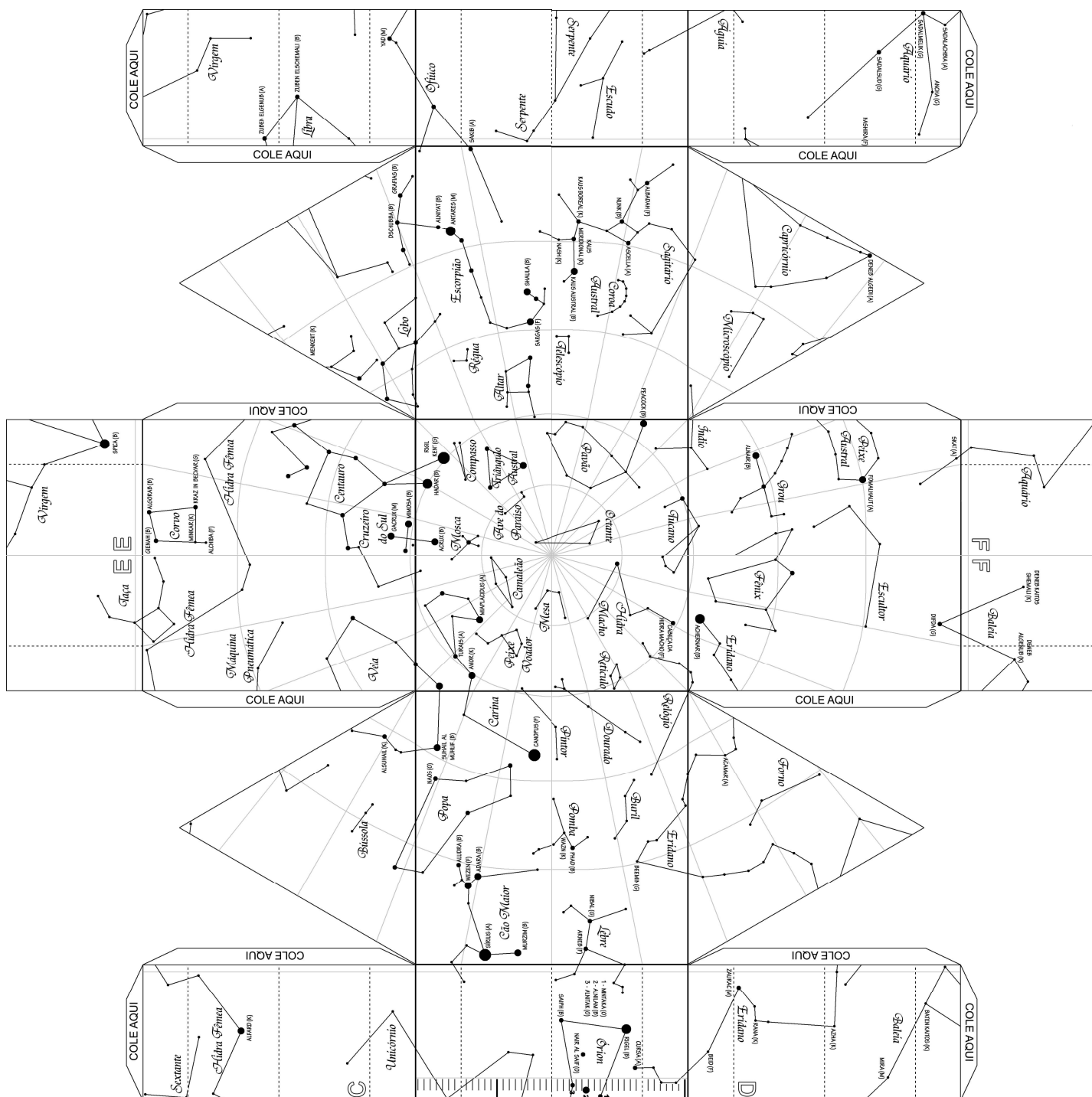
mas defender a supremacia do mérito. E ninguém mais que Diderot exemplificou em atos esta filosofia.

Enquanto físicos e educadores, acredito ser nossa obrigação garantir a qualidade do ensino de física em nosso país. A Física na Escola e a Revista Brasileira de Ensino de Física têm este objetivo. Mas tornar a física mais viva, mais interessante, mais próxima do dia-a-dia não significa torná-la mais fácil. Insisto muito neste ponto quando em sala-de-aula. Digo a meus alunos que não acho que a física seja fácil, e realmente acredito no que digo. Para mim a diferença é a paixão, que faz com que tentemos superar as dificuldades pela vontade de aprender, o que não se aplica exclusivamente à física. Não devemos trivializar o conhecimento; ele tem um preço – o trabalho árduo – e cabe a nós tentar incutir em nossos alunos que é um preço que vale a pena pagar. É o preço da transformação.

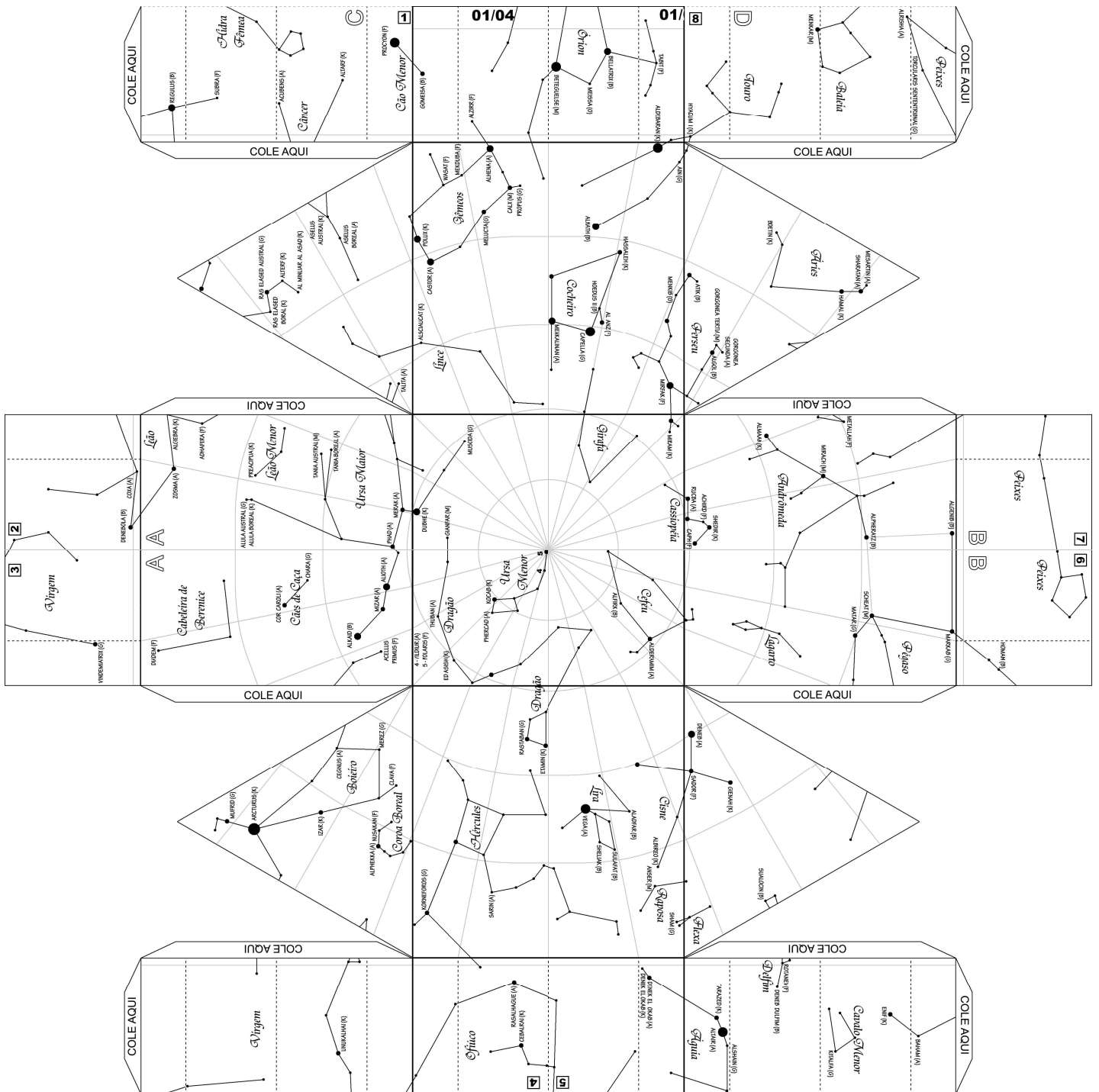
Uma boa leitura,
Sílvia R. Dahmen



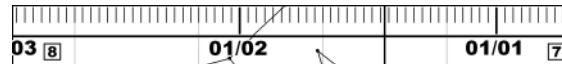
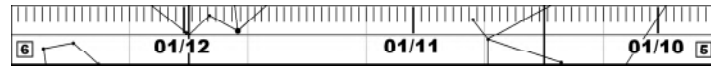
HEMISFÉRIO CELESTE SUL



HEMISFÉRIO CELESTE NORTE



CALENDÁRIO, ACESSÓRIOS E INSTRUÇÕES



Hemisfério Celeste Sul

MINI-PLANETÁRIO

Este material foi desenvolvido por Demetrius dos Santos Leão como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em sua graduação em Física (Licenciatura) na Universidade Católica de Brasília (UCB) e posteriormente aprimorado durante seu ingresso no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC), na Universidade de Brasília (UnB).

O mini-planetário mostrará a céu de 00h00min do dia que está indicado pela ponta da seta que está na lateral da base. Para ajustar a hora, gire o mini-planetário no sentido horário de for antes da meia noite e, no sentido anti-horário, se for depois da meia-noite. A distância entre cada linha radial (que está destacada pelas linhas pontilhadas na parte central) representa uma hora. Por exemplo, se você quiser visualizar o céu do dia 1º de fevereiro, às 21 horas, proceda do seguinte modo: posicione o traço que indica o dia 01/02 na ponta da seta cinza lateral, rente à borda da caixa. Gire o corpo principal do mini-planetário no sentido horário (por que é antes da meia-noite) o espaço correspondente a 3 horas (24h menos 21h é igual a 3). Pratique este exemplo e invente outros da maneira que quiser. Bom divertimento!

MAGNITUDES

• 1 • 0 • 1 • 2 • 3



Cleudson Carneiro Guimarães

Professor de Educação Tecnológica do Colégio Helyos, Feira de Santana, BA, Brasil

E-mail: cleidsonguimaraes@gmail.com

Os Parâmetros Curriculares Nacionais sugerem que o ensino de Física, nos níveis Fundamental e Médio, seja contextualizado à realidade do educando. Todavia, à medida que há um aprofundamento nos conteúdos, há um distanciamento da realidade imediata. Em uma concepção bachelardiana [1], a ciência caracteriza-se como uma ruptura da realidade; então, como ensinar ciência de forma associada a um contexto se o aprofundamento em ciências promove uma ruptura da realidade imediata? Isso significa que é impossível ensinar ciências associado a um contexto?

Compreender a ciência como ruptura não significa que os conteúdos de física ensinados existam apenas na escola e para a ela. É possível, e necessário, que o ensino dos conteúdos parta de um contexto que pode ser, por exemplo, uma situação experimental e que o distanciamento da realidade imediata rumo à abstração ocorra à medida que o educador avança na discussão. Mas para

Em uma concepção bachelardiana, a ciência caracteriza-se como uma ruptura da realidade; então, como ensinar ciência de forma associada a um contexto se o aprofundamento em ciências promove uma ruptura da realidade imediata?

que o experimento possa contribuir significativamente à aprendizagem do educando é necessário que o educador consiga inserir o educando no processo por meio de situações que desafiem o estudante. Ou seja, um experimento pouco ou nada contribui com o processo ensino-aprendizagem quando o mesmo apenas demonstra um princípio ou serve apenas para que o educando encontre os dados desejados pelo professor. É necessário que a situação desafie cognitivamente o estudante e para isso as questões são fundamentais e o professor deve incitá-las, agindo como mediador do processo. Segundo Izquierdo e cols. [2], a experimentação na escola pode ter diversas

funções, como a de ilustrar um princípio, desenvolver atividades práticas, testar hipóteses ou como investigação. No entanto, esta última, acrescentam os autores, é a que mais ajuda o aluno a aprender. Baseando-se nesse princípio, experimentos simples podem ser úteis para contribuir com a inserção do estudante no processo de construção dos saberes a partir de um contexto ao qual os conteúdos caracterizam-se como respostas às curiosidades mediadas ao longo do processo.

A construção

Nessa perspectiva é que se propõe a construção, por alunos do Ensino Fundamental e Médio, de bolinhas utilizando bexigas de aniversário. Para isso, a turma pode ser dividida em grupos de quatro componentes e cada grupo deve encher uma bolinha com água e outra com ar (Fig. 1) até atingir um diâmetro médio de 7 cm. Em seguida deve-se acrescentar várias bexigas, vazias, sucessivamente à bolinha formada. Essa

etapa é repetida até que as bolinhas iniciais (água e ar) sejam cobertas por 50 a 100 bexigas.

Avaliando e mediando o processo

Como sugerem vários autores [3-5], avaliar é muito mais do que dar uma nota. Avaliar significa coletar informações que permitam ao educador criar ações que intervenham no processo. Com essa compreensão (e intenção) o educador pode perceber como os estudantes explicam o fenômeno, suas dúvidas, dificuldades e interesse pela atividade. Esses dados, observados à medida que os estudantes agem, podem ser o diferencial na ação docente. Percebe-se que os estudantes se

Este artigo trata de uma sugestão de experimento de construção de uma bolinha utilizando bexigas para gerar o contexto ao qual os conteúdos relativos a energia cinética, potencial, conservação de energia, choque elástico e inelástico possam ser construídos de forma que o educando deixa de ser mero expectador da transmissão de informações e passa a ser agente ativo da construção de situação concreta a qual os conteúdos constituem respostas aos questionamentos, mediados pelo docente, gerados pelo envolvimento do educando em uma situação concreta e não por meio de um problema de papel.



Figura 1 - Alunas construindo a bolinha.

envolvem muito no processo de construção e ficam espantados com o “poder de retorno” da bolinha construída. Então os mesmos podem ser desafiados a medir o coeficiente de restituição da bolinha. Para isso, basta usar uma fita métrica com o zero no chão e a bolinha na marca 100 cm (Fig. 2). Ao largar a bolinha, o grupo de estudantes deve observar qual foi a maior altura em que a bolinha atingiu após o choque com o chão. Deve-se sugerir que o grupo observe os valores para a bolinha

de ar e de água, comparando-os em seguida. Esse é o momento em que o educador pode mediar as questões: qual bolinha, de água ou ar, tem maior coeficiente de restituição?; por que quanto mais bolas forem acrescentadas, maior será o coeficiente de restituição; por que uma bolinha feita com água e apenas uma bexiga tem restituição praticamente nula?

Percebeu-se, também, que esse experimento pode ser utilizado para trabalhar

os conteúdos relativos a energia. E nada melhor do que incitá-los por meio de questionamentos: qual bolinha, de ar ou de água, tem a maior energia potencial quando estão a mesma altura? Por que a bolinha de água faz mais barulho ao chocar-se com o chão? Se a energia é conservada, então por que a bolinha não retorna à altura inicial?

Considerações finais

A escola inverte o processo de construção do conhecimento quando ensina respostas sem que os estudantes tenham acesso às questões que geraram o conteúdo. É impossível, e desnecessário, que a escola resgate todos os questionamentos que, historicamente, geraram os conteúdos curriculares. Mas é perfeitamente possível, e útil, utilizar a experimentação mediada por problemas para criar o contexto que irá acompanhar a discussão dos conteúdos propostos pelo currículo. Não se pode pensar que a experimentação é a solução para os problemas do ensino de física ou que por meio dela todos os alunos irão se interessar no que está sendo ensinado, mas observa-se, por nossa prática em sala de aula, que quando inserimos um experimento, mediamos questionamentos e estabelecemos discussões em sala (onde as informações coletadas no experimento são consideradas), o envolvimento dos estudantes naquilo que está sendo ensinado é completamente diferente daquele que teriam se não houvesse a inserção.



Figura 2 - Alunas medindo a restituição.

Referências

- [1] G. Bachelard, *A Formação do Espírito Científico: Contribuição para uma Psicanálise do Conhecimento* (Contraponto, São Paulo, 1996).
- [2] M. Izquierdo, N. Sanmartí y M. Espinet, *Enseñanza de las Ciencias* **17**, 45 (1999).
- [3] J. Hoffmann, *Avaliar Para Promover: As Setas do Caminho* (Mediação, Porto Alegre, 2001).
- [4] C. C. Luckesi, *Avaliação da Aprendizagem na Escola: Reelaborando Conceitos e Recriando a Prática* (Malabares Comunicações e Eventos, Salvador, 2003).
- [5] P. Perrenoud, *Avaliação: da Excelência à Regulação das Aprendizagens - Entre Duas Lógicas* (Artes Médicas Sul, Porto Alegre, 1999).

Princípios básicos de imagens ultra-sônicas e a determinação da velocidade do som no ar através do eco

.....
Marisa Almeida Cavalcante*,
Renata Peçanha e
Vinicius Freitas Leite

Grupo de Pesquisa em Ensino de Física,
Departamento de Física, Pontifícia
Universidade Católica de São Paulo,
São Paulo, SP, Brasil

*E-mail: marisac@pucsp.br
.....

Os estudantes dos cursos técnicos de radioterapia e/ou dos cursos destinados a profissionais na área de saúde, em geral encontram muita dificuldade na compreensão dos conceitos físicos correlacionados à formação de imagens médicas. De um lado pela ausência de conhecimentos prévios em decorrência da pouca base adquirida nesta área de conhecimento, de outro pela ausência de recursos didáticos disponíveis que lhes possibilitem uma maior interação com a física envolvida na produção destas imagens.

O diagnóstico por imagem é bastante amplo e envolve diferentes tipos de interações e técnicas de tratamento e análise, tais como interação de radiações ionizantes com a matéria como as produzidas na tomografia computadorizada; interação com radiações na região de radiofrequência em aparelhos de ressonância magnética nuclear e interação de ondas ultra-sônicas em exames de ultra-sonografia. O experi-

mento proposto neste artigo permite tratar conceitualmente a produção de imagens ultra-sônicas e possibilita determinar de maneira simples a velocidade do som no ar.

Resumo teórico

Características gerais

Em uma primeira análise podemos dizer que uma onda é um movimento oscilatório de uma dada grandeza física que se propaga no espaço e no tempo. Se esta onda necessitar de um meio para se propagar, diz-se que é uma onda mecânica, como por exemplo um pulso que se propaga em uma corda. A Fig. 1 mostra a tela do simulador “Ondas em corda” do Project at the University of Colorado (Phet) [1], que representa uma onda transversal se propagando em uma corda. Temos, neste caso, um exemplo de onda transversal em que a geração da onda se dá como o resultado da oscilação para

Este trabalho apresenta um experimento simples e de fácil reprodução de determinação da velocidade do som no ar através do eco. Tubos de diferentes comprimentos são utilizados e para análise e coleta de dados utilizamos um programa *freeware* de análise sonora. Os resultados obtidos conduziram a precisões e exatidões inferiores a 1%, o que viabiliza sua implantação, em qualquer escola, como um bom recurso didático na compreensão de fenômenos correlacionados a acústica.

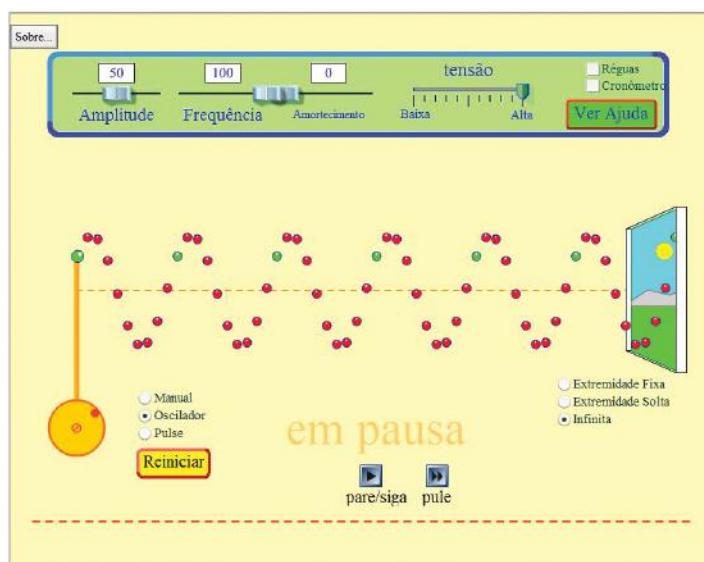


Figura 1 – Simulador em Java do sítio PhET – Project at the University of Colorado, onde se pode alterar amplitude, frequência da oscilação, amortecimento e tensão da corda.

cima e para baixo da extremidade esquerda do fio em um movimento harmônico simples de amplitude A e com frequência f dada por

$$f = \frac{v}{\lambda}, \quad (1)$$

onde λ representa o comprimento de onda e v a velocidade de propagação.

Podemos dizer que, para um movimento ondulatório, um efeito local pode estar associado a uma causa distante, e há uma defasagem de tempo entre causa e o efeito que depende das propriedades do meio e encontra sua expressão na velocidade da onda [2]. Assim se $\psi(x, t)$ representa a grandeza física que se propaga ao longo do eixo x com uma dada velocidade v , devemos ter que

$$\frac{\delta^2 \psi(x, t)}{\delta x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\delta^2 \psi(x, t)}{\delta t^2}. \quad (2)$$

Para ondas transversais em fio homogêneo, submetido a uma força tensora T e tendo densidade linear μ , como o exemplo do simulador da Fig. 1, a velocidade de propagação é dada pela relação

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}. \quad (3)$$

No entanto, podemos gerar um movimento ondulatório com propagação na mesma direção de oscilação e neste caso temos as chamadas ondas longitudinais.

Para compreender este tipo de movimento ondulatório vamos considerar a Fig. 2, relativa a um aplicativo em Java do curso em física do Prof. Angel Franco Garcia [3], que representa uma propagação longitudinal. Podemos ver tanto a função senoidal que representa o deslocamento do pistão ao longo do eixo horizontal e das demais partículas no interior do tubo, como também o deslocamento das partículas ao longo do tubo (eixo x) da posição destas partículas ao longo do tubo.

Fica fácil observar na Fig. 2 que o comprimento de onda representa a distância

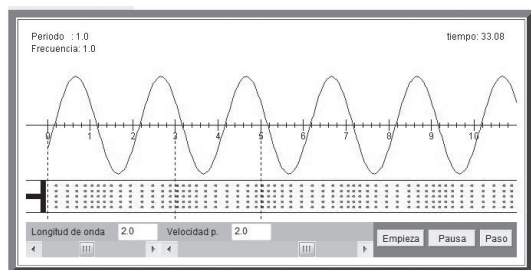


Figura 2 - Simulador em Java para ondas longitudinais. A função senoidal representa o deslocamento do pistão e de todas as partículas no interior do tubo.

cia entre os pontos de mesma fase. Quanto menor esta distância para uma mesma frequência de oscilação, mais rapidamente uma onda se propaga. Também é igualmente fácil perceber que o movimento de “vai e vem” do pistão gera zonas de rarefação e compressão destas partículas. Considerando $y(x, t)$ a função que representa o deslocamento das partículas no interior do tubo da Fig. 2, podemos dizer que a pressão P é representada pela função

$$P(x, t) = P_M \sin(kx - \omega t - \pi/2), \quad (4)$$

onde

$$P_M = \rho \cdot \omega \cdot v \cdot y_m, \quad (5)$$

com a função deslocamento dada por

$$y(x, t) = y_m \sin(kx - \omega t), \quad (6)$$

onde y_m corresponde ao deslocamento máximo das partículas (ou amplitude em relação à posição de equilíbrio), k é o número de onda, dado por $2\pi/\lambda$, ω é a frequência angular, dada por $2\pi/T$, ρ é a densidade do gás e v é a velocidade de propagação da onda no meio.

Note que a onda de pressão (Eq. (4)) está defasada de $\pi/2$, em relação à onda de deslocamento (Eq. (6)). Ou seja, quando em um ponto (x) do tubo da Fig. 2 o deslocamento das partículas em relação à posição de equilíbrio, for máximo/nulo, o “excesso” de pressão naquele ponto, em relação ao valor normal, será nulo/máximo. Isso, na prática, corresponde a uma rarefação/compressão das partículas do gás. Assim, o movimento de compressão e rarefação provoca a movimentação das moléculas presentes. Esse movimento organizado produz ondas longitudinais que chamamos de ondas sonoras.

Velocidade de propagação de ondas sonoras

A velocidade com a qual uma onda sonora percorre um meio, quando a variação da pressão não é muito grande, é dada por

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}, \quad (7)$$

onde ρ é a densidade do meio e B representa o módulo de elasticidade do meio e é dado por

$$B = -\frac{dP}{dV} = -V \frac{dP}{dV}, \quad (8)$$

que corresponde à razão da variação de pressão pela variação relativa no volume para um gás confinado no interior de um tubo como na Fig. 2. Como a propa-

gação do som se dá muito rapidamente, podemos considerar que o mecanismo desta propagação é adiabático [4], ou seja, não há trocas de calor entre as partículas que vibram e o ambiente. Desta forma podemos dizer que

$$PV^\gamma = \text{constante}, \quad (9)$$

onde $\gamma = C_p/C_v$, sendo C_p a capacidade calorífica do gás a pressão constante e C_v a capacidade calorífica a volume constante.

Assim teremos que

$$\frac{dP}{dV} = \gamma \frac{P}{V}. \quad (10)$$

Levando a Eq. (10) na Eq. (9), teremos

$$B = -\gamma P. \quad (11)$$

Considerando um gás ideal, onde $P = nRT/V$, teremos na Eq. (7) para a velocidade do som

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M_0}}. \quad (12)$$

Para o ar, γ é da ordem de 1,402; M_0 = massa molecular para o ar, $29,0 \times 10^{-3}$ kg/mol; R = constante universal do gases, $8,31$ J/mol K e T = temperatura absoluta. Substituindo-se estes valores, teremos para a velocidade do som o valor da ordem de 330 m/s, para 0°C .

A Eq. (12) mostra que a velocidade do som, em qualquer gás, é diretamente proporcional à raiz quadrada da temperatura absoluta. Assim, se conhecermos a velocidade do som à temperatura T_1 , poderemos determinar a sua velocidade a uma outra temperatura T_2 através da equação (T_1 e T_2 em graus Kelvin)

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}. \quad (13)$$

Se expressarmos a temperatura do gás em graus Celsius, obtemos a seguinte relação para a velocidade do som no ar [5]

$$v = 330,4 + 0,59 T \text{ (m/s)} \quad (14)$$

Intensidade sonora

Considerando a Eq. (4) relativa à propagação da “onda de pressão”, a intensidade sonora pode ser calculada pela relação

$$I = \frac{P_M^2}{2\rho v}, \quad (15)$$

onde P_M corresponde à amplitude máxima de pressão, ρ é densidade do meio e v a velocidade de propagação do som.

Como exemplo de ordem de grandeza, considere os seguintes dados: densidade do ar da ordem de $1,2$ g/cm³, velocidade

do som da ordem de 330 m/s e o menor som audível, cuja potência é da ordem de 0,0002 dinas/cm². Substituindo-se os valores na Eq. (14) teremos

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2.$$

Por outro lado, a máxima intensidade sonora que o ouvido humano pode suportar é da ordem de 1,0 W/m², ou seja, 10¹² vezes maior I_0 . Como este intervalo é demasiadamente grande, utilizamos uma base logarítmica para indicar intensidade sonora, que é denominada decibel (dB). A intensidade relativa I_r do som é, portanto,

$$I_r = 10 \log \frac{I}{I_0}, \quad (16)$$

onde I_0 corresponde a 10⁻¹² W/m². Assim, para uma intensidade máxima suportável de 1,0 W/m², teremos $I_r = 120$ dB.

Ondas sonoras e sua percepção pelo ouvido humano

O movimento de compressão e rarefação do ar provoca a movimentação de suas moléculas. Esse movimento organizado produz ondas longitudinais; assim, a energia usada para movimentação e produção do som é transmitida pelo ar, de molécula para molécula, de maneira que o som atinge o nosso ouvido. A Fig. 3 mostra um esquema morfofisiológico do ouvido humano.

Em nosso ouvido, essas ondas atingem uma membrana chamada tímpano, que vibra com a mesma frequência das

ondas, transmitindo ao cérebro, através de impulsos elétricos, a sensação sonora. A percepção sonora está relacionada tanto com a intensidade do som quanto com sua frequência. Em geral, percebemos sons acima de 0 dB com tolerância máxima até 120 dB. Por outro lado, o ouvido humano é sensibilizado em uma faixa de frequência compreendida entre 20 Hz e 20 kHz.

A curva da Fig. 4 [7] mostra o limiar da audição para diversas frequências. Observe que a região de máxima sensibilidade está compreendida entre 1000 e 5000 Hz. Para realizar um teste *online* de sensibilidade auditiva em função da frequência, recomendamos o vínculo disponível na Ref. [8]. Neste teste percebe-se que sons graves são aqueles que apresentam baixa frequência, e sons agudos, alta frequência.

Frequências abaixo de 20 Hz são classificadas como infra-som. O som decorrente de infra-som é extremamente grave e, apesar de não serem ouvidas, suas vibrações podem ser percebidas e até mesmo produzir efeitos sobre as pessoas. Como exemplos destas fontes sonoras temos os vulcões, avalanches e terremotos. A detecção destas ondas se dá através de sismógrafos e pode, portanto, “prever” catástrofes naturais. Alguns animais também utilizam este tipo de som para se comunicarem, como, por exemplo, os elefantes [9]. Já para frequência acima do limite superior de audição (20 kHz) temos o ultra-som. O seu uso em baixa intensidade

possibilita transmitir energia através de um meio e obter informações, como, por exemplo, ensaios não-destrutivos de materiais, medidas de propriedades elásticas dos materiais e diagnósticos médicos [10]. As aplicações de alta intensidade têm como objetivo produzir alteração do meio através do qual a onda se propaga. A terapia médica, atomização de líquidos, ruptura de células biológicas, solda e homogeneização de materiais são alguns exemplos de aplicações com ultra-som. O uso do ultra-som de baixa intensidade em medicina, para diagnóstico, se baseia na reflexão das ondas ultra-sônicas. Convém notar que o diagnóstico com ultra-som é mais seguro do que a radiação ionizante como os raios-X, e por isso é preferível em exames pré-natais. As vantagens do diagnóstico com o ultra-som são sua segurança, sua conveniência por ser não-invasivo, além de sua capacidade em detectar fenômenos não perceptíveis pelos raios-X.

Impedância acústica e a formação de imagens ultra-sônicas

O princípio básico de produção de imagem em equipamentos de ultra-sonografia é a produção de ecos. O princípio pulso-eco refere-se à emissão de um pulso curto de ultra-som que atravessa os tecidos [10]. Ao encontrar algum obstáculo, parte deste pulso será refletido e parte será transmitida. O equipamento guarda o tempo gasto entre a emissão do pulso e a recepção do eco, transformando-o em distância percorrida e representando-o em uma tela. A calibração destes aparelhos

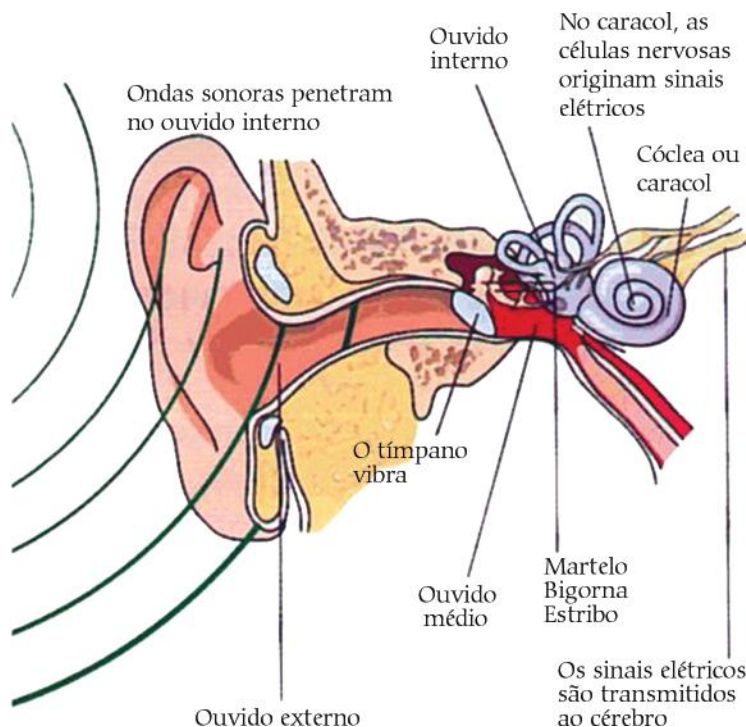


Figura 3 - Esquema morfofisiológico das principais estruturas do ouvido [6].

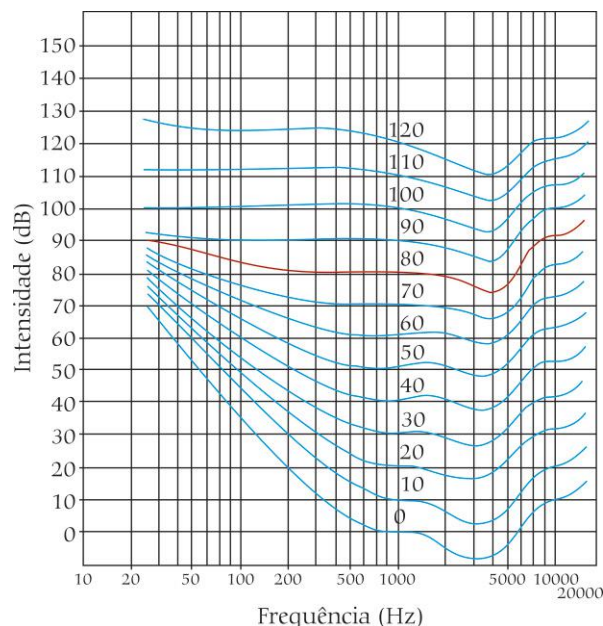


Figura 4 - Curva de limiar de audição para diferentes frequências.

utiliza um valor constante de velocidade do som igual a 1540 m/s, que corresponde à velocidade média de transmissão do som através dos constituintes do corpo humano, uma vez que suas velocidades são muito semelhantes, exceto a do ar (pulmão e intestino) e dos ossos.

No processo de interação som-tecido, uma grandeza que merece destaque é a impedância acústica e sua consequente atenuação. A impedância acústica de um meio está relacionada com a resistência ou dificuldade do meio à passagem do som. Corresponde ao produto da densidade do material pela velocidade do som no mesmo. Quando o feixe sonoro atravessa uma interface entre dois meios com a mesma impedância acústica, não há reflexão e a onda é toda transmitida ao segundo meio. É a diferença de impedância acústica entre dois tecidos que define a quantidade de reflexão na interface, promovendo sua identificação na imagem.

A Tabela 1 [11] mostra diferentes os diferentes valores de velocidade e de impedância acústica para alguns tecidos.

Por exemplo, um nódulo no fígado será mais facilmente identificado se sua impedância acústica for bastante diferente do parênquima hepático ao redor, ao contrário, quanto mais próxima sua impedância acústica do parênquima hepático normal, mais dificuldade teremos em identificá-lo, porque pouca reflexão sonora ocorrerá. Resumindo, quanto maior a diferença de impedância entre duas estruturas, maior será a intensidade de reflexão e mais facilmente podemos diferenciá-las na imagem [10].

Experimento realizado

O experimento consiste em utilizar um tubo fechado em uma de suas extremidades de comprimento conhecido e produzir um som em uma das extremidades. Um microfone colocado na extremidade aberta do tubo registrará o som emitido e após um determinado intervalo de tempo registrará o sinal decorrente do eco, produzido pela reflexão deste sinal na extremidade fechada do tubo. Para o registro e análise deste sinal utilizamos um programa de versão *freeware* de análise de som (Audacity), cuja versão 1.26 está disponível no vínculo da Ref. [12]. Este programa permite observar a evolução temporal do sinal com resoluções na faixa de 26 μ s, mais do que suficientes para o experimento proposto. Utilizamos tubos de 196,50 cm; 393,38 cm e 589,19 cm, designados por tubo 1, 2 e 3, respectivamente. Para a produção do sinal sonoro

utilizamos uma chave de contato tipo telégrafo, que permite a produção de um pulso de duração bastante pequena (menor que o tempo que se deseja determinar, $\cong$ 10 ms). Para fechar a extremidade dos tubos utilizamos um disco de PVC.

Cada tubo foi posicionado de modo que sua extremidade aberta ficasse em contato com a chave, pela qual o sinal sonoro foi emitido, e com o microfone capturamos tanto a emissão do sinal quanto a sua reflexão do som, como mostra a Fig. 5. Esse procedimento foi realizado para os três tubos.

A gravação foi feita através do software Audacity, e a Fig. 6 mostra o teste de som realizado antes da obtenção dos dados.

O programa também possui um editor de “envelope de amplitude”, espectrograma e uma janela para análise de frequências e áudio em geral. Assim, através dele foi possível reconhecer o sinal emitido, o eco, e suas propriedades: amplitude, frequência e sua evolução com o tempo.

Resultados

Verificamos inicialmente a forma de pulso sonoro emitido pela chave tipo “telégrafo” na ausência dos tubos, gerando o sinal da Fig. 7. Este procedimento é necessário para observarmos o tempo total de “duração” deste sinal, que deve ser menor do que intervalo de tempo que desejamos

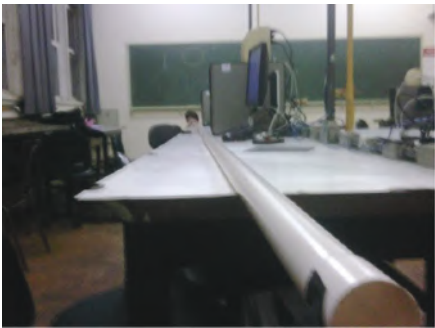


Figura 5 - Os tubos foram sempre mantidos na horizontal para facilitar a emissão e gravação do sinal sonoro.

determinar (para o menor tubo, 196,50 cm de comprimento que é ordem de 10 ms). A Fig. 7 mostra que a duração deste sinal é pelo menos metade do valor do tempo que se deseja medir. Vale lembrar que, enquanto o eixo horizontal indica o tempo em segundos, o vertical indica uma grandeza proporcional à amplitude do som.

Posteriormente foram feitas as medidas dos intervalos de tempo decorridos entre o sinal produzido e a detecção do eco para cada um dos tubos. É fácil perceber, nas Figs. 8, 9 e 10, que o efeito do eco é evidenciado pelo aumento nos intervalos de tempo entre os dois sinais, uma vez que o sinal correspondente ao eco demora mais a aparecer para os tubos de maiores comprimentos.

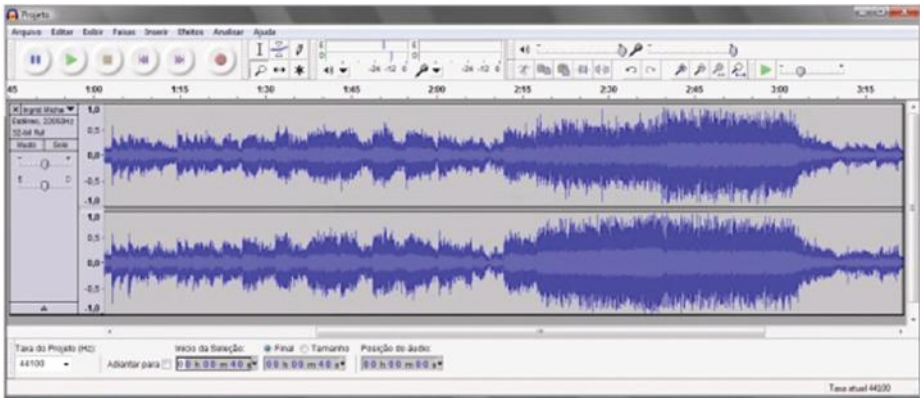


Figura 6 - Exemplo de um som qualquer para análise no Audacity.

Tabela 1 - Transmissão do ultra-som em alguns tecidos.

Material	ρ (kg/m ³)	V (m/s)	Z (kg/m ² s)
Ar	1,29	331 (em CNTP)	426
Água	1000	1480	$1,48 \times 10^6$
Cérebro	1020	1530	$1,56 \times 10^6$
Músculo	1040	1580	$1,64 \times 10^6$
Gordura	920	1450	$1,33 \times 10^6$
Osso	1900	4040	$7,67 \times 10^6$

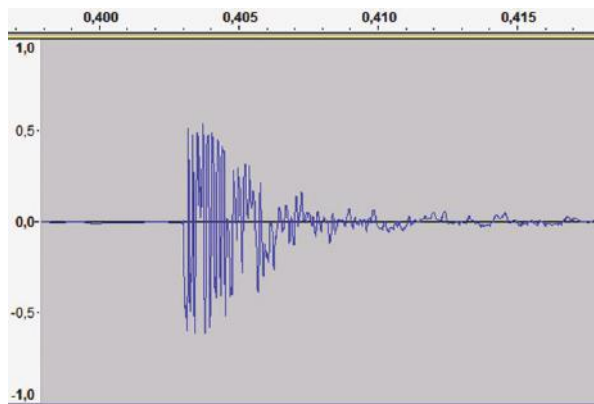


Figura 7 - Exemplo do sinal sonoro sem nenhum tubo.

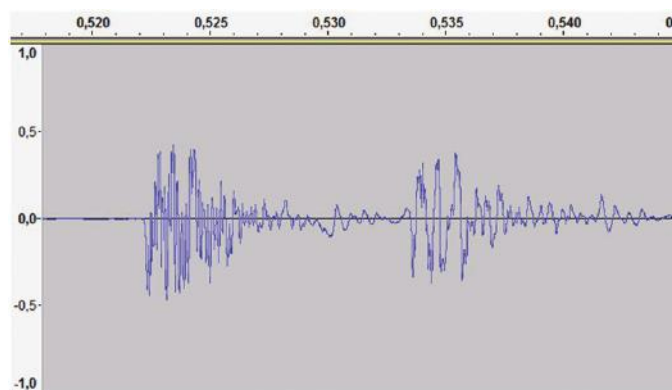


Figura 8 - Sinal sonoro propagado e refletido dentro do tubo 1.

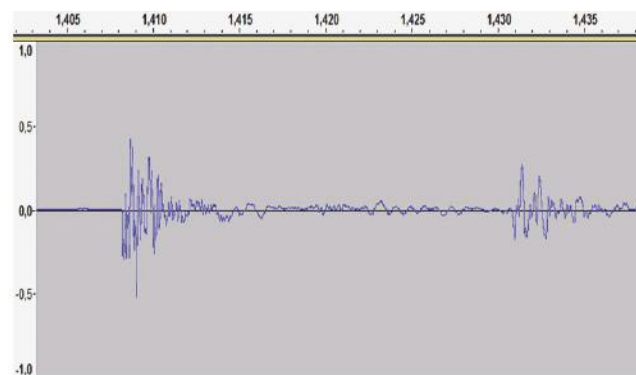


Figura 9 - Exemplo de sinal sonoro com o tubo 2.

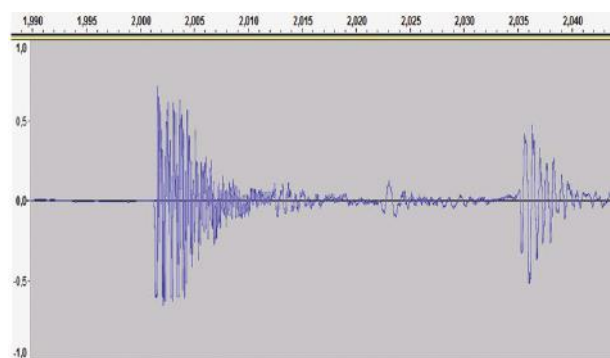


Figura 10 - Exemplo de sinal sonoro com o tubo 3.

Consideramos contribuição da incerteza tipo A para a medida de tempo bem como a correção de Studart [13] para grau de confiança em 90%. Já para a incerteza na medida do comprimento considera-se a incerteza da trena utilizada graduada em mm, ou seja, 0,5 mm. A Tabela 2 representa os dados obtidos.

Tabela 2 - Medidas experimentais nos tubos.

	Intervalo entre sinal e captura do sinal do eco (ms)	
Tubo 1	11,3	11,4
	11,4	11,4
	11,3	11,3
Tubo 2	11,4	11,4
	22,8	22,8
	22,7	22,7
	22,6	22,8
	22,7	22,8
Tubo 3	34,0	34,1
	34,0	33,9
	34,0	34,0
	34,1	

Com os valores fornecidos, foi calculado o valor da velocidade levando em conta as medidas em cada tubo, gerando uma velocidade para cada um deles, indicados na Tabela 3.

Tabela 3 - Velocidade no som.

	Velocidade (m/s)
Tubo 1	346 (1)
Tubo 2	346,0 (0,9)
Tubo 3	346,4 (0,5)

Dos valores obtidos, comparando com velocidade da Eq. (14) para valor da temperatura medida de 27 (0,5) °C, que nos fornece um valor de 346,3 (0,3) m/s, verifica-se uma total compatibilidade nos resultados.

Disponibilizamos os arquivos sonoros para os tubos 1, 2 e 3, bem como o arquivo obtido na ausência dos tubos no blog da disciplina Física Aplicada à Biologia e Medicina do curso de Física Médica da PUC/SP [14].

Considerações finais

O experimento proporciona de forma simples e de fácil reprodução a determinação da velocidade do som no ar, com uma boa margem de precisão e exatidão, principalmente se levarmos em conta a simplicidade do aparato experimental. A possibilidade de utilização de um programa *freeware* de análise de som é também bastante interessante e viabiliza sua aplicação em qualquer instituição de ensino. Outro fator de relevância é que permite-se ao estudante visualizar o fenômeno de reflexão sonora, tão importante para a compreensão das imagens de ultra-sonografia. Estudos adicionais estão sendo realizados para verificarmos a dependência da amplitude do sinal em função de diferentes parâmetros, tais como comprimento do tubo e material que constitui a sua extremidade e que dá origem à reflexão. Tal estudo permitirá melhor compreender a impedância acústica, bem como a atenuação do sinal, parâmetros importantes no processo de formação de imagens.

Referências

- [1] Sítio do simulador “Onda em corda” do projeto Phet da University of Colorado <http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string>, acesso em 17/6/2011.
- [2] A.P. French, *Vibrações e Ondas* (Editora da UnB, Brasília, 2001).
- [3] Sítio do prof. Angel Franco Garcia, simulação “Ondas longitudinais”, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/ondaArmonica/ondasArmonicas.html>, acesso em 17/6/2011.
- [4] Relatório para a determinação da velocidade do som no ar da Universidade de Maringá, disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABQLUUAJ/relatorio-velocidade-som>, acesso em 17/11/2011).
- [5] M.A. Cavalcante e C.F.C. Tavoraro, Física na Escola **4**(1), 29 (2003).
- [6] Retirado de <http://www.prof2000.pt/users/eta/Ruido.htm>, acesso em 18/6/2011.
- [7] Sítio “Ações integradas sobre o sentido da audição”, Projeto Ciência Viva, Ministério da Educação, Porto, Portugal. <http://telecom.inescn.pt/research/audio/cienciaviva/>, acesso em 18/7/2011.
- [8] Teste percepção sonora *online* <http://www.phys.unsw.edu.au/~jw/hearing.html>, acesso em 17/6/2011.
- [9] Sítio relativo a um seminário realizado pelos alunos da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Coimbra <http://esec.pt/~pcarvalho/>, acesso em 18/6/2011.
- [10] Apostila ultra-sonografia do Departamento de Radiologia da Faculdade de Medicina da USP/SP. Disponível em <http://www.hcnet.usp.br/inrad/departamento/graduacao/aula/apostilafisicausg.pdf>, acesso em 18/6/2011.
- [11] E. Okuno, I.L. Caldas e C. Chow, *Física para Ciências Biológicas e Biomédicas* (Harper & Row do Brasil, São Paulo, 1982).
- [12] Sítio em que se pode baixar a versão 1.2.6 do programa Audacity: <http://xviiiisnefnovastecnologias.blogspot.com/2009/01/software-de-analise-sonora.html>, acesso em 18/6/2011.
- [13] Acesso à tabela de correção de Studart, <http://labempucsp.blogspot.com/2011/03/tabela-de-student.html>, acesso em 18/6/2011.
- [14] Blog da disciplina de Física Aplicada a Biologia e Medicina do curso de Física Médica da PUC/SP - vínculo para acesso do arquivo de dados: <http://fambpucsp.blogspot.com/2011/01/arquivos-de-dados-para-experimento-de.html>, acesso em 18/6/2011.
-



.....
Ângela Maria Mendes Dias

Colégio Militar do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: angelamendesdias@gmail.com

.....
Cristina Novikoff e

Luiz Eduardo Silva Souza

Programa de Mestrado em Ensino das Ciências na Educação Básica da Universidade do Grande Rio, Duque de Caxias, RJ, Brasil

Propomos, neste trabalho, uma contribuição para a cadeira de física no 9º ano do Ensino Fundamental, com a introdução de Laboratórios de Aprendizagem de Física - LAF - em ambientes formais e não-formais de estudo, em turmas de duas instituições de ensino no município do Rio de Janeiro: o Colégio Estadual Federico Fellini e o Colégio Militar do Rio de Janeiro. As atividades utilizadas compreendem oficinas de baixo custo, com base na abordagem dos 3 R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar) e a introdução de música clássica no ambiente formal de estudo, com o objetivo de melhorar a concentração dos alunos. Assim, estes vivenciam interdisciplinarmente os fenômenos físicos descritos no conteúdo dos livros didáticos. Utilizando como primeira inspiração as oficinas propostas nas edições da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), mostramos, também, uma avaliação comparativa dos resultados dos alunos em turmas com e sem estes recursos. Projetos interdisciplinares sustentáveis resultantes do trabalho, assim como outras contribuições e atividades, são documentados em um blog criado pelos próprios alunos.

Um problema que professores de física enfrentam constantemente em sala de aula é a falta de interesse por parte dos alunos, que muitas vezes se dispersam e acabam apresentando um rendimento inferior ao esperado. Outro desafio a ser superado é a conscientização desses jovens quanto aos problemas relacionados ao planeta e sua preservação, sugerindo atitudes sustentáveis que, além de utilizadas em sala de aula, possam ser incorporadas também na rotina diária.

Acreditando que uma das razões para a dispersão dos alunos seja o fato dos conteúdos da matéria serem apresentados da mesma forma há gerações - e tendo como exemplo o trabalho prático realizado pelas Olimpíadas Brasileiras de Astronomia e Astronáutica (OBA) [1] - iniciamos um trabalho de inserção de atividades práticas, de baixo custo e confeccionadas com material reutilizado e reciclável no ambiente de ensino-aprendizagem, com o objetivo de dar aos alunos a chance de por em prática aquilo que aprendem em sala. O próprio ambiente de sala de aula também foi alvo de melhoramento, com a execução de faixas selecionadas de música clássica - este último elemento, com o objetivo específico de organizar o raciocínio lógico dos alunos.

Bases da pesquisa

Após alguns meses lecionando no Brasil, nos anos 1950, o Prêmio Nobel de Física, Feynman [2] observou as nossas práticas de ensino de física e o modo como os alunos memorizavam o conteúdo, mas não o associavam aos fenômenos do dia-

a-dia; simplesmente decoravam as aulas, e as repetiam nas provas, sem realmente saber o que estavam dizendo. Em sua palestra final, ressaltou que não existia ensino de física no Brasil, apenas memorização de conceitos sem entendimento. Finalmente, disse também que não conseguia ver como alguém poderia ser educado em um sistema autopropagante em que as pessoas passam nos exames e ensinam outras a passar nos exames, mas ninguém sabe nada.

Gleiser [3], por sua vez, alerta que o ensino da física deve sempre expressar sua característica mais fundamental, que é ser um processo de descoberta do mundo natural e de suas propriedades, uma apropriação desse mundo através de uma linguagem que nós, humanos, podemos compreender.

Acreditando que uma das razões para a dispersão dos alunos seja o fato dos conteúdos da matéria serem apresentados da mesma forma há gerações, iniciamos um trabalho de inserção de atividades práticas, de baixo custo e confeccionadas com material reutilizado e reciclável no ambiente de ensino-aprendizagem, com o objetivo de dar aos alunos a chance de por em prática aquilo que aprendem em sala

Japiassu [4] resalta a importância da comunicação entre as diferentes disciplinas como elemento integrador do conhecimento na vivência do aluno - e da própria habilitação do mesmo para a socialização e a cidadania.

Já Moreira [5] e Dorneles [6] mostram a necessidade de integrar o conhecimento teórico da escola à vivência anterior do

aluno, através de atividades práticas e que despertem o interesse, para que o conhecimento seja solidificado e posto em prática pelo próprio aluno.

Em Giacomini [7] é possível entender o valor dos jogos e o uso de materiais de baixo custo para o ensino de física.

Assim, os três princípios básicos que orientaram esta pesquisa foram: qualidade no ensino de física, laboratórios de

aprendizagem e interdisciplinaridade. Todos considerados abertura para pensar-fazer a física de modo auto-sustentável.

Relato da experiência

O evento que serviu de inspiração inicial para este trabalho foi a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica, exemplo principal da execução de oficinas práticas e de baixo custo como elemento de fixação do conteúdo teórico.

Na busca de um sistema pedagógico completo, que pudesse integrar a música e as oficinas sem abandonar o foco na facilidade e na inovação – características próprias de ações do mundo moderno – buscamos maiores informações nos seguintes cursos e instituições: A Física na Música, da professora Maria Lúcia Grillo e Projeto Com Ciência Física, ambos na UERJ; Museu de Astronomia; Museu Ciência e Vida; Planetários da Gávea e Escola Naval; Observatório do Valongo.

Em 2010, apoiados pela Universidade do Grande Rio, desenvolvemos uma pesquisa de campo, objetivando medir os resultados destas práticas em turmas de Ensino Médio de uma instituição estadual do Rio de Janeiro – o Colégio Estadual Federico Fellini. Lá, a partir das turmas de física, organizaram-se dois grupos com alunos voluntários e divididos de forma aleatória: em uma delas os alunos tinham os recursos de música e oficinas e, na outra, os conteúdos eram ministrados da forma tradicional.

Após seis semanas, o rendimento dos alunos das duas turmas foi avaliado com questões idênticas. Houve uma pesquisa de satisfação e outra sobre os conceitos físicos ensinados. O que se viu foi uma diferença significativa (Fig. 1) entre os resultados das duas turmas: a média dos alunos da turma com música e oficinas foi 7,5, enquanto a turma com ensino tradicional obteve média 4,5.

Na pesquisa de satisfação com a música e as oficinas (Fig. 2), 98% dos alu-

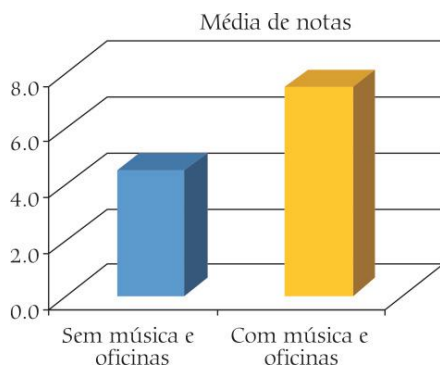


Figura 1 – Pesquisa de satisfação com a música.

nos responderam ter visto os conteúdos de física com maior clareza através das oficinas, e 90,9% alegaram ter tido mais concentração com a presença da música clássica.

Após esta comprovação dos bons resultados com as turmas do colégio estadual, decidiu-se expandir o uso das oficinas para os alunos do 9º ano do Ensino Fundamental do Colégio Militar do Rio de Janeiro (CMRJ), exemplificando o conteúdo do livro didático com experimentos simples e criando-se um sistema cíclico de atividades que pudessem ser implementadas em todo o colégio. Estas oficinas eram desenvolvidas ora em sala de aula, ora em outro ambiente do CMRJ, fazendo com que o jovem vivenciasse um espaço não-formal de estudo.

No ano de 2011 observaram-se avanços no envolvimento dos alunos: extremamente motivados e inspirados pelas atividades da OBA e pelo exemplo de um colégio estadual em Itaocara, norte fluminense, intensificaram-se as reuniões semanais com os alunos, em espaço não-formal de estudo, que foram nomeadas pelos alunos como Clube de Astronomia; nelas, desenvolvemos as práticas da OBA e outras que, a *posteriore*, foram levadas para dentro de sala. Assim, os alunos tiveram a iniciativa de criar um blog, em que registram seus experimentos e atividades, trocam informações e se socializam, realizam pesquisas e postam iniciativas inovadoras relacionadas ao conteúdo das aulas, para que os novos integrantes possam acompanhar as atividades anteriores e também aprender com o que os alunos já produziram.

O projeto Com Ciência Física² e as oficinas da OBA³ constituem a principal fonte de idéias para as oficinas.

Na Fig. 3 vemos o exemplo de uma das oficinas realizadas com os alunos e

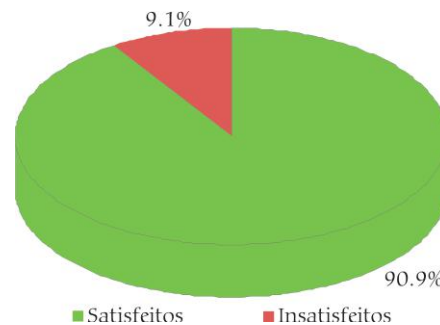


Figura 2 – Pesquisa de satisfação com as outras oficinas.

postadas no blog: o foguete de garrafa PET movido a álcool.

Professores de outras matérias participam da execução das oficinas, ilustrando também o conteúdo de suas aulas naquele momento. Neste caso, houve a oportunidade de integração com os professores de química, que perguntaram aos alunos por que o foguete não funcionou da segunda vez (a garrafa estava cheia de CO₂, produto da primeira combustão).

Nessas práticas, vivenciamos os conceitos dos fenômenos envolvidos, e os próprios jovens se manifestam na direção de medir as grandezas. Assim, a parte de conduzi-los às formulas torna-se uma consequência, uma necessidade do experimento – e não somente algo imposto pelo professor e cobrado apenas nos testes e provas, para depois ser totalmente esquecido.

A partir das oficinas, propõem-se outras atividades relacionadas, como a pesquisa sobre garrafas PET e modos de reaproveitá-la. Os alunos coletam dados, e o melhor trabalho é publicado no blog supracitado, juntamente com a experiência. Neste caso, foi encontrado o exemplo de uma casa inteira construída com garrafas PET, além de diversos outros utensílios e móveis.

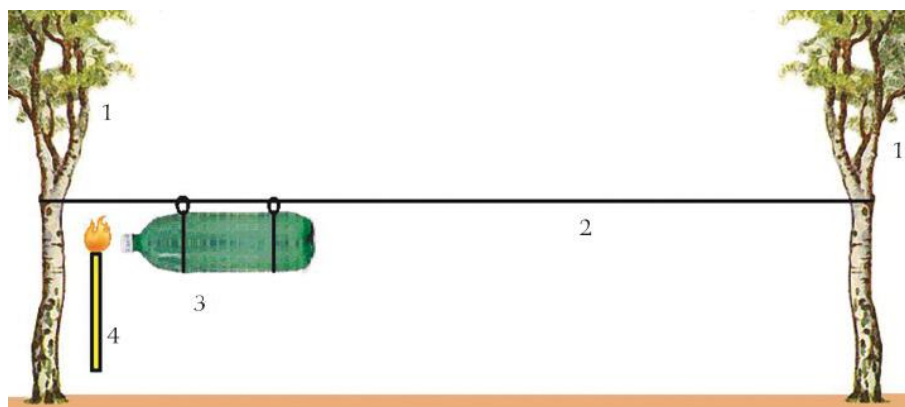


Figura 3 – Foguete movido a álcool. Legenda: 1. Árvores com distância aproximada de 35 m entre si; 2. Cabo de nylon; 3. Garrafa Pet contendo álcool, presa ao cabo por suportes de arame e com um orifício na tampa; 4. Fonte de chama (canudo longo de fast food com 4 fósforos grandes – 5 cm – na ponta, por razões de segurança).

Essa experiência em particular, juntamente com as pesquisas realizadas, levou os alunos a colocar em prática ações de sustentabilidade: pediram aos professores que os ajudassem a criar um projeto funcional de reaproveitamento. O resultado é um projeto conjunto com a cadeira de química para coleta do óleo de cozinha utilizado no CMRJ e nas casas dos alunos. Esse óleo, depois de vendido para uma empresa especializada em reaproveitamento, gera recursos que são revertidos em outras atividades sustentáveis, como uma horta orgânica.

Os 26 (vinte e seis) primeiros alunos que participaram das oficinas foram convidados a responder a um questionário simples, sobre como o trabalho com as oficinas alterou sua vivência com a cadeira de física. Seguem as questões do questionário:

1. A prática de experimentos tornou o conteúdo da matéria de física mais claro?
2. Com a prática das oficinas em sala de aula, você se sente mais motivado(a) a participar da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica?
3. As oficinas contribuíram para o entendimento dos fenômenos físicos?

As respostas de impacto positivo do experimento qualitativo com uso de música e oficinas para o ensino

de física, por parte dos alunos podem ser observadas na Fig. 4.

Na Fig. 5 apresentamos um esquema demonstrando o funcionamento do experimento qualitativo adotado no 9º ano do Ensino Fundamental. Este experimento denominado de Laboratório de Aprendizagem de Física Auto-Sustentável, que por sua natureza interdisciplinar permite o uso de materiais reaproveitados de baixo custo, com prática pedagógica pautada na criação e autonomia dos alunos. Assim, pode ser utilizado em qualquer nível de ensino. O que despertaria maior interesse nos jovens pela física.

Uma vantagem do Laboratório de Aprendizagem de Física Auto-sustentável é a de ser um lugar em que se pode aplicar conhecimentos sobre as questões das provas, assim como questionar erros conceituais tradicionalmente encontrados em livros didáticos [8].

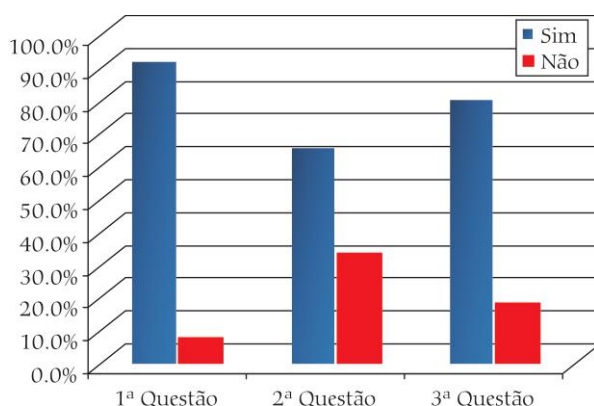
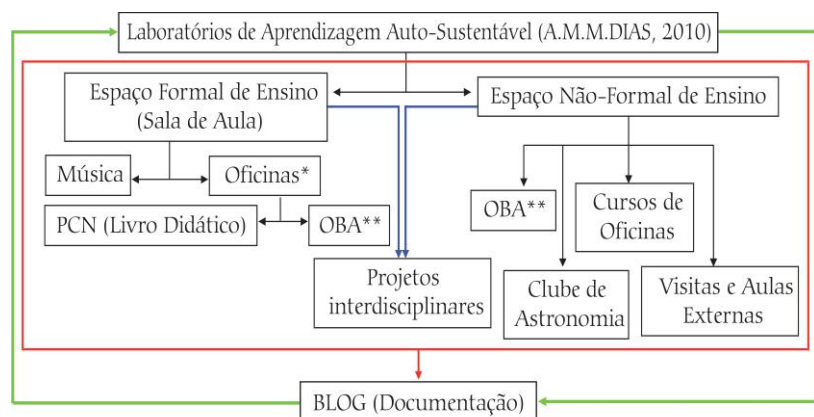


Figura4 - Gráfico de aprendizagem.



*Oficinas: Atividades práticas executadas com material de baixo custo, reutilizado ou reciclado, visando a vivenciar o fenômeno físico.

** OBA: Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica.

Figura 5 - Laboratórios de Aprendizagem Auto-Sustentável (A.M.M.DIAS, 2010), onde os professores podem desenvolver atividades interdisciplinares de modo a incentivar a criação de atividades que demonstrem conhecimento do fenômeno e conceitos de física em espaços formais e não-formais, usando a música e oficinas diversas. As atividades ali desenvolvidas com materiais reaproveitáveis podem ser descritas e/ou exemplificadas em blogs criados pelos próprios alunos são redimensionados no laboratório favorecendo uma retroalimentação de conhecimentos.

Conclusão

A análise dos casos do C.E. Federico Fellini (Ensino Médio) e do Colégio Militar do Rio de Janeiro (Ensino Fundamental) indica que iniciativas simples e de baixo custo, no sentido por em prática os conhecimentos teóricos de sala de aula, podem despertar o interesse e provocar mudanças na forma como os alunos se relacionam com o currículo em seu cotidiano. Em outras palavras, inovações podem ser associadas a orientações curriculares e pedagógicas capazes de provocar alterações no ensino de física durante o ano letivo, criando uma relação dialética entre as atividades formais e extra-classe.

O que se obteve com as iniciativas apresentadas com as turmas de 9º ano do Ensino Fundamental é um sistema lógico de ensino-aprendizagem, documentado eletronicamente pelos próprios alunos, auto-alimentado e com práticas de cidadania, visando a uma formação completa do aluno como indivíduo preparado para exercitar seus conhecimentos na construção de uma sociedade inovadora, sustentável e digna.

Notas

¹<http://clubedeastronomia.tumblr.com/>.

²<http://comcienciafísica.org/>.

³<http://www.oba.org.br/site/index.php>.

Referências

- [1] J.B.G. Canalle, J.F.V. da Rocha, J.L. Ferreira, J.B. Pessoa Filho, M. Maia, T.M. Diniz e H.J.R. Pinto, in: *A XII Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica no Ano Internacional da Astronomia*. Relatório disponível em <http://www.oba.org.br/site/>, acesso em 20/3/2011.
- [2] R. Feynman, *O Senhor Está Brincando, Sr. Feynman! As Estranhas Aventuras de um Físico Excêntrico*. Trad. de Alexandre Carlos Tort (Elsevier, Rio de Janeiro, 2006).
- [3] M. Gleiser, *Física na Escola* **1**(1), 4 (2000).
- [4] H. Japiassu, *Interdisciplinaridade e Patologia do Saber*, (Imago, Rio de Janeiro, 1976).
- [5] M.A. Moreira, *Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino da Física; a Teoria de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização do Ensino de Ciências* (Editora da UFRGS, Porto Alegre, 1983).
- [6] B.V. Dorneles, in: *Ciclos na Escola, Tempos na Vida: Criando Possibilidades*, organizado por Jaqueline Mool (Artmed, Porto Alegre, 2004) p. 209-217.
- [7] A.O. Bernardes e R. Giacomini, *Física na Escola* **11**(1), 41 (2010).
- [8] D.F. Lavouras e J.B.G. Canalle, *Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira* **18**(3), 1 (1999).



“Da Arca de Noé à Enterprise”: uma atividade investigativa envolvendo sistema métrico

Referencial teórico

O ensino de ciências

As propostas curriculares afirmam que o conhecimento científico é essencial para a tomada de decisões na vida cotidiana, porém muitas pessoas vivem perfeitamente bem sem nunca terem tido acesso a uma cultura científica. “Em que extensão as pessoas estão empregando conceitos científicos para tomar decisões na vida cotidiana?” [1]. Temos uma grande oportunidade, utilizando os problemas que temos ao nosso redor, para aplicar os conceitos de ciências e resolver as situações difíceis do nosso dia a dia. Já temos problemas demais que podem ser explorados para ficarmos a perder tempo com nossos alunos resolvendo problemas hipotéticos. A escola deve se preocupar e se esforçar para resolver os problemas reais da comunidade.

Outro aspecto a considerar são as tentativas de reformas trazidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) [2] que através de uma visão construtivista mistura estratégias de ensino, temas de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e preocupações com a natureza do conhecimento e com história das ciências. Cada vez mais há um grande hiato entre o que se ensina e o que se aprende. Em pesquisa, foi verificado que mais de 70% dos estudantes, ao terminarem o seu Ensino Médio, não se lembravam de quase nada que estudaram nos anos anteriores, mostrando que há um grande abismo entre o que o professor ensina e o que o aluno aprende, e que ensinar ciências deve ser muito mais do que substituir as ideias prévias por teorias mais consistentes [3].

O desenvolvimento científico tem

trazido grandes benefícios e muitos problemas ambientais para a sociedade, e nossos estudantes devem estar aptos a entender e discutir essas relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Um desafio da escola é justamente como transmitir a ciência promovendo a enculturação científica e fazendo com que os estudantes gostem, entendam e valorizem o conhecimento científico para que eles possam se formar como cidadãos participativos e socialmente ativos.

Nesse contexto é importante a elaboração de currículos e projetos em ensino de ciências, que devem ser estruturados de

modo a possibilitar o engajamento reflexivo dos estudantes em assuntos científicos que sejam do seu interesse e preocupação [4].

Atividade investigativa

Durante uma atividade investigativa o aluno deve ser acompanhado integralmente, e o professor não pode perder a oportunidade de relatar todos os eventos que ocorrem na sala de aula. Tudo que o aluno fizer é relevante e deve ser identificado. Tudo que tiver importância educativa, e que sirva para compreender o seu comportamento em sala, deve ser levado em consideração na hora de se analisar os dados. Todas essas informações devem ser devidamente analisadas, primeiro por grupo e depois de maneira mais global e através dos resultados será possível tentar entender como o aluno pensou e organizou suas ideias, quais eram seus conhecimentos prévios sobre o assunto abordado, o que mudou e o que se transformou a partir do processo de discussão.

Partindo daí o professor poderá orientar seu aluno para as próximas tarefas já

Sandro Soares Fernandes

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil e Colégio Pedro II, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: sandrorjbr@if.ufrj.br

Deise Miranda Vianna

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

Propomos uma atividade de ensino por investigação, usando como tema da física o Sistema Métrico Decimal. Antigamente o homem usava partes do seu corpo para comparar e medir distâncias. O cotidiano mudou, agora em algumas situações, usa-se a distância entre as estrelas como padrão de medida. Serão utilizados textos, vídeos e projetos da construção da Arca de Noé e da nave Enterprise, do filme *Star Trek*, para servir de motivação. Um problema aberto será resolvido por alunos do Ensino Médio. A busca por um instrumento padrão de medida e a sua utilização para comparar as dimensões de objetos desconhecidos será a grande temática da aula.

com as mudanças necessárias para que seja mais eficaz a formação do seu conhecimento. O professor mostra ao aluno como seguir as instruções para o correto desenvolvimento científico, fazendo as atividades em sala de aula ter um papel mais ativo na formação do aluno.

Em um grande laboratório, durante uma pesquisa, podemos perceber disputas sociais, econômicas, de conhecimento e até de poder. Há quem queira ser líder, há quem queira ganhar mais, aparecer mais através de publicações e até mesmo quem boicote informações para ter mérito no resultado final. Iremos também analisar nas discussões dos alunos estas características que existem em um ambiente de laboratório, procurando relacioná-los.

Geralmente, as demonstrações de experimentos em ciências são feitas com o objetivo de ilustrar uma teoria, ou seja, o fenômeno é demonstrado a fim de comprovar uma teoria já estudada ou em estudo. O papel do professor é o de construir com os alunos uma passagem do saber cotidiano para o saber científico, por meio da investigação e do próprio questionamento acerca do fenômeno [5]. Durante essas demonstrações, as atividades devem deixar de ser apenas uma ilustração da teoria e tornar-se um instrumento rico no processo de ensino.

Podemos perceber depois disso que, no ensino por investigação, a novidade da resolução de problemas está na participação do aluno, que deixa de ter uma postura passiva e aprende a pensar, elaborando raciocínios, hipóteses, trocando e justificando suas ideias.

Fazer com que os alunos resolvam problemas em pequenos grupos facilita o entendimento, por parte do aluno e dos professores, do caráter social da ciência, já que durante a realização da tarefa há uma série de relações entre os estudantes que podem também ser vistas no dia-a-dia da vida de um grande cientista ou de uma equipe de pesquisa como, por exemplo, aceitar outros pontos de vista, aprender a negociar, renunciar do seu ponto de vista, buscar um objetivo coletivo e um desenvolvimento conceitual mais rico, já que a troca de informações e conhecimentos será mais intensa [6].

Discurso e argumentação

A comunicação na aula deve permitir aos alunos e professores construir significados que servem tanto para áreas

cognitivas como para social. Porém isto nem sempre ocorre, pois os estudantes podem compartilhar tarefas e atividades sem compartilhar conhecimento, sendo esta uma das razões pelas quais, na prática, diferentes estudantes em um mesmo grupo têm diferentes acessos ao conhecimento. A análise dos discursos pretende

se aprofundar em alguns dos problemas e dificuldades que estão relacionadas ao acesso ao conhecimento.

Devemos tentar entender como o conhecimento se constrói na mente de nossos alu-

nos, desde a leitura de textos ou tomada de dados em um laboratório até o resultado final de processo de aprendizagem.

Que passos dão os nossos alunos para solucionar os seus problemas e em que ordem? Que obstáculos os alunos enfrentam e quais são as suas origens? Como se manifestam os aspectos sociais, tais como as interações entre seus colegas?

O professor precisa estar mais presente acompanhando a sequência de raciocínio utilizada por seu aluno, pois só assim poderá influenciá-lo para buscar maneiras mais simples de formar suas ideias e tirar suas conclusões. Uma maneira de tentar decifrar este código é através da análise dos *discursos e argumentações* durante as aulas.

Tema da física

O tema escolhido para a atividade investigativa foi o Sistema Métrico.

As variáveis exploradas durante a investigação serão: o instrumento utilizado para as medições (partes do corpo) e o objeto a ser medido (dimensões da sala de aula e instrumentos que nela estão).

Desenvolvimento da atividade

Objetivos

Entre os objetivos principais desta atividade podemos destacar:

- Identificar aspectos envolvidos na construção de um “clima” adequado para os alunos argumentarem na direção da cultura científica.
- Busca de uma relação entre a linguagem científica e a do cotidiano usada pelo aluno.
- Identificar se há conceitos prévios sobre o tema.
- Gerar envolvimento do aluno através da argumentação, fazendo com que ele não encare a ciência como instrumento autoritário de validação dos fatos.

- Visar a construção de explicações coletivas.
- Identificar elementos básicos que compõem um argumento e suas relações (padrão de argumento de Toulmin [7]).

Apresentação do problema

A apresentação do problema será através de uma situação que tem por objetivo motivar a turma. Serão apresentados para os alunos: um trailer do último filme da série *Star Trek* [8] onde a nave Enterprise aparece com destaque, um vídeo sobre a Arca de Noé [9], o projeto de construção da Enterprise e da Arca e a apresentação do problema.

Material utilizado

- Sala de aula e pequeno pedaço de madeira que serão os objetos a serem medidos.
- Alunos que utilizarão partes do corpo como instrumento de medida.

Proposta de desenvolvimento para os alunos

O nosso público alvo será formado por alunos do primeiro ano do Ensino Médio. O tempo previsto para a atividade será de 4 aulas (50 min cada) e os alunos farão as atividades propostas divididos em grupos de 4 alunos, de forma autônoma e de acordo com os seus interesses. Os alunos receberão o roteiro abaixo, que juntamente com o professor serão os guias da atividade investigativa.

Roteiro do Aluno

Primeira parte

Texto I

“Então disse Deus a Noé: O fim de toda a carne é vindo perante a minha face; porque a terra está cheia de violência; e eis que os desfarei com a terra. Faze para ti uma arca de madeira de Gofer: farás compartimentos na arca, e a betumarás por dentro e por fora com betume.

E desta maneira farás: de *trezentos côvados o comprimento da arca, e de cinquenta côvados a sua largura e de trinta côvados a sua altura.*

Farás na arca uma janela, e de *um côvado a acabarás em cima*; e a porta da arca porás ao seu lado; far-lhe-ás andares baixos, segundos e terceiros(...). Assim fez Noé: conforme a tudo o que Deus lhe mandou, assim o fez” (Gêneses, 6, 13-21).

Texto II

Spock: estamos a uma *distância aproximada de 12 parsecs* da nave do capitão.

Scott: jamais chegaremos a tempo de salvar a nave.

Spock: seria possível se conseguíssemos *velocidade de dobra quatro*.

Scott: mais essa velocidade é impossível de ser atingida.

Spock: você já descobriu como fazer isso.

Scott: Não sou capaz de gerar essa velocidade na Enterprise.

Abaixo, podemos verificar um desenho da Arca de Noé (Fig. 1) [10], com as suas dimensões em côvados e uma imagem da nave Enterprise (Fig. 2) [11], onde podemos observar que a unidade usada em seu projeto de construção foi o metro.

Em um futuro não muito distante... o nosso planeta está ameaçado de extinção devido à colisão de um imenso asteroide de 100 km de diâmetro. Será o fim da vida na Terra. Devido às circunstâncias do desastre iminente, não há como reconstruir a Arca de Noé e salvar um casal de cada ser do planeta para uma futura proliferação das espécies. Nossa única chance é a utilização da Enterprise, nave capaz de viajar para fora do nosso sistema solar em busca de novos lares, construída com a mais avançada tecnologia conhecida. Você acha que seria possível colocar um casal de cada espécie na Enterprise, assim como foi feito por Noé com sua Arca? Justifique a sua resposta.

Observação: aqui, o que esperamos é que com as diferenças de unidades apresentadas nos textos e projetos, os alunos percebam que para resolver o problema será necessário descobrir qual a relação entre o côvado e o metro.

Segunda parte

Texto III

As medidas e o homem

As medidas surgiram da necessidade de estabelecer comparações que permitissem o escambo entre as pessoas, quando as primeiras comunidades começaram a dispor de excedente agrícola, alguns milhares de anos antes de Cristo. Era preciso criar um sistema de



Figura 1 – Arca de Noé.



Figura 2 – Nave Enterprise.

equivalência entre o produto e um padrão previamente determinado que fosse aceito por todos os membros do grupo. As unidades primitivas tomaram como referência o corpo humano; *palmas, braços e pés ajudavam a dimensionar comprimento e área*. Depois, vieram as balanças, as régua, as ânforas e outras tantas medidas até a criação, em 1960, do sistema internacional de unidades, que estabelece grandezas universais para serem empregadas mundialmente.

O homem tomou então a si próprio como padrão de medida. Esse foi o sistema de medidas mais antigo e universal, pois, definido dessa forma, era altamente cômodo. Esta era uma maneira de todos compreenderem.

1) Utilizando alguma parte do seu corpo, meça o comprimento dessa sala. Cada grupo escolhe duas partes diferentes. Organize as medidas obtidas, indicando também vantagens e desvantagens da escolha.

Observações: a necessidade de se escolher duas partes do corpo é justamente para que percebam a vantagem de uma sobre a outra durante as medições que realizam. Outra análise a ser feita é de como os alunos irão organizar os dados obtidos. Nesse momento se espera uma boa discussão entre os integrantes dos grupos sobre a melhor estratégia de medição e de organização dos dados.

2) Preencha um quadro com os dados de todos os grupos fornecidos pelo professor.

Observações: depois de todos os grupos realizarem suas medidas, o professor toma todos os dados e os organiza no quadro com a ajuda dos alunos, construindo uma tabela para facilitar a visualização. O professor agora tem papel crucial ao conduzir uma discussão sobre a escolha, pela turma, de qual o melhor instrumento dentre todos os utilizados para a medição do comprimento da sala.

3) Utilizando o melhor instrumento de medida escolhido pela turma, cada grupo mede o comprimento da sala.

Observações: após uma nova medição dos alunos com o “melhor” instrumento, será feita nova discussão sobre os resultados diferentes obtidos, embora todos tenham usado o mesmo

instrumento. Espera-se que comecem a perceber que a escolha de instrumentos de medidas utilizando partes do corpo não seja conveniente. O professor pode também, nesse momento, explorar o conceito de precisão e erro nas medidas efetuadas agora.

4) Utilizando partes do seu corpo, meça o comprimento da vara de madeira que está sobre a mesa. Cada grupo deve escolher duas partes diferentes do corpo. Organize as medidas obtidas, indicando também vantagens e desvantagens dessa escolha.

Observação: o aluno já está envolvido com a atividade e a medição de um novo objeto deve ser mais fácil para o grupo do que a anterior. Agora o objeto a ser medido é bem menor do que o anterior e o que se espera e que escolham instrumentos (partes do corpo) menores também.

5) Preencha um quadro com os dados de todos os grupos fornecidos pelo professor.

Observação: o professor toma novamente todos os dados e os organiza no quadro com a ajuda dos alunos, construindo uma nova tabela. O professor novamente deve conduzir a turma a uma nova escolha do “melhor” instrumento para medir o novo objeto.

6) Utilizando o melhor instrumento de medida escolhido pela turma, cada grupo mede o comprimento da vara de madeira que está sobre a mesa.

Observações: após uma nova medição dos alunos com o “melhor” instrumento, será feita nova discussão sobre os resultados diferentes obtidos, embora todos tenham usado o mesmo instrumento. Na Antiguidade a maioria dos povos tinha dois padrões de medidas, que eram usados para pequenas e longas distâncias. Esse detalhe pode ser explorado pelo professor, já que provavelmente as escolhas dos instrumentos a serem utilizados pelos alunos, para medir a sala e a barra de madeira, serão diferentes assim como antigamente.

Texto IV

Essa diversidade de medidas obstruía a comunicação e o comércio e atrapalhava a administração racional do Estado. Além disso, tais medidas raramente eram precisas. “Até o fim do século XVIII, a precisão não era essencial porque a prática capitalista ainda não estava difundida no mundo”, diz o historiador da ciência Shozo Motoyama, da USP, em entrevista a revista Super Interessante. “A precisão adquire importância quando se passa a considerar o lucro e o ganho que cada um pode obter numa transação econômica”. A decisão de criar um modelo de unidades que fosse universal, prático e exato finalmente se concretizou com a Revolução Francesa, em 1789. O rompimento com as tradições

feudais abriu caminho para ideias inovadoras. O plano era elaborar um sistema de unidades baseado em um padrão da natureza, imutável e indiscutível. Como a natureza não pertence a ninguém, tal padrão poderia ser aceito por todas as nações e se tornaria um sistema universal.

7) Os sistemas apresentados anteriormente, utilizados pelos diversos povos ao longo da história, são bons ou não para serem usados como padrão de unidades? Justifique

Observação: com uma boa condução da atividade até o momento é bem possível que os alunos percebam que a utilização de partes do corpo para padrão de medidas não é eficiente.

8) Discuta com seu grupo e apresente uma sugestão de padrão que seja indiscutível e imutável.

Observação: uma pedra, uma barra de metal (já usada historicamente), algo que seja relativamente imutável e que possa servir de padrão para a turma.

9) Preencha uma tabela com todos os padrões sugeridos pelos grupos.

Observação: após sugestão de todos os grupos, o professor encaminha a escolha do "padrão" da turma, procurando explorar com os alunos as vantagens e desvantagens da escolha, tendo como experiência as medições feitas anteriormente utilizando partes do corpo.

Usando a unidade padrão escolhida pela turma e a relação dada pelo professor entre o côvado e o metro, tente agora:

a) Dar as dimensões da arca de Noé e da Enterprise usando o padrão da turma.

b) Responda a pergunta proposta no início da atividade.

O que esperamos dos alunos

O grau de discussão não depende só do aluno, mais também do professor que deve encaminhar a atividade, guiando-os para o objetivo e construção dos conceitos esperados. *Abaixo de cada pergunta do roteiro do aluno foi colocada uma observação do que se espera de cada grupo ao resolvê-la.*

A coleta dos dados por parte dos alunos será feita após cada medida e o ideal é

que se organizem esses dados em tabelas ou de outra forma sistemática para que se percebam as regularidades das medidas feitas por eles e pelos outros grupos.

Para análise posterior dos dados pelo professor, tudo deve gravado em áudio ou, se possível, filmado. Realizamos a análise dos dados levando em consideração a importância das conversas entre os alunos, tendo em vista que a atividade científica é um trabalho coletivo e não individual.

Outra preocupação nessa fase de análise é a busca pela identificação de elementos básicos que compõem um argumento e suas relações. Na Fig. 3, abaixo, está representada a estrutura completa do padrão proposta por Toulmin [12] para relacionar um fato ou dado (D) a uma conclusão (C) e é esse padrão que iremos buscar também na análise dos dados coletados. Essa análise do padrão nos será útil em tornar mais evidente os trechos argumentativos das falas dos alunos e das questões por eles respondidas.

Considerações finais

Após corrigir uma centena de provas, de um dos inúmeros colégios onde lecionamos, fazemos sempre os mesmos comentários nas salas de professores da vida: *Nossa! Como os alunos estão fracos. Eles não sabem nada. Onde vamos chegar? As notas foram baixíssimas.* Que linguagem é essa que só nós entendemos? Por que será que os alunos já chegam ao primeiro ano do Ensino Médio com tanto medo da física?

Precisamos fazer com que as nossas aulas sejam inesquecíveis para nossos alunos. Ao lançarmos mão de uma aula como essa que foi apresentada, estamos tentando trazer o aluno para um novo modelo de aprendizagem, um modelo em que o aluno deve ser privilegiado e valorizado no processo de ensino. É claro que o papel do professor, em uma atividade como essa, não se detém a expor um assunto no quadro, preparar uma prova e depois corrigi-la. Não! Nesse tipo de atividade investigativa, o professor passa de avaliador para avaliado, pois é continuamente forçado a pensar, montar estratégias de aulas, fazer a pergunta certa na hora certa e deve estar

sempre pronto para enfrentar situações problema que até então não havia passado. Realmente é desafiador; contudo, o retorno deverá ser mais confortante.

Com a resolução do problema proposto nesse trabalho, esperamos que possa ser analisada e avaliada as etapas de um processo investigativo, desde o início do processo com o lançamento do problema até a análise dos dados provenientes da solução. Com o professor atuando como um guia durante a atividade, os alunos poderão compreender a importância da criação e manutenção de um padrão de medidas imutável e universal e a relevância da sua utilização na sociedade antiga e moderna. O ato de medir e comparar faz sentido para o aluno, que passa por um processo onde através da discussão com os outros colegas do grupo, da tomada de dados, da organização de tabelas e utilização de um pensamento científico, passa a fazer uso da linguagem da ciência e o professor então, pode finalmente buscar o produto de todo esse processo, que é o fazer ciência com seu aluno na sala de aula.

Referências

- [1] E.F. Mortimer, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências **2**(1), 25 (2002).
- [2] Brasil, PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (MEC/SEMTEC, Brasília, 2002).
- [3] A.M.P. Carvalho, Texto apresentado no XIV ENDIPE, Porto Alegre (2008), 12 p.
- [4] P. Perrenoud, *A Prática Reflexiva no Ofício do Professor* (Artmed, Porto Alegre, 2002), p. 71-88.
- [5] M.C.P.S. Azevedo, in: *Ensino de Ciências* (Pioneira Thomson Learning São Paulo, 2004), p. 19-34.
- [6] S.P. Penha, A.M.P. Carvalho e D.M. Vianna, in: *Anais do VII ENPEC*, Florianópolis (2009). Disponível em <http://www.foco.fae.ufmg.br/viiienpec/index.php/enpec/viiienpec/paper/viewFile/612/117>.
- [7] S.E. Toulmin, *Os Usos do Argumento* (São Paulo, Martins Fontes, 2006), p. 137-207.
- [8] <http://www.youtube.com/watch?v=-TUptZhKkMo>, acesso em 21/07/2010.
- [9] <http://www.youtube.com/watch?v=tmk2Kd5QNw0>, acesso em 21/7/2010.
- [10] <http://www.bibleportraits.org/14901/15222.html>, acesso em 21/07/2010
- [11] <http://www.startrek-wallpapers.com/Enterprise/Enterprise-NC01-Schematics/> acesso em 21/07/2010
- [12] S.S. Nascimento e R.D. Vieira, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências **8**(2) (2008), disponível em <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V8N2/v8n2a1.pdf>.

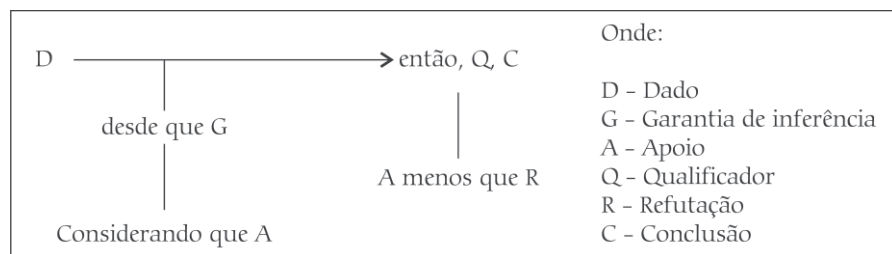


Figura 3 – Padrão de argumento segundo Toulmin [12].



Enxergando no escuro: a física do invisível

O mundo ao nosso redor está repleto de informação e a cada dia que passa ela é cada vez mais produzida e disponibilizada. Para que nos atualizemos e estejamos sempre conectados e integrados com a sociedade, precisamos saber processar estas informações que recebemos e selecionar o que pode nos ser útil e nos fazer crescer.

Por questões de sobrevivência,¹ no decorrer da evolução de nossa espécie, aprendemos a captar e a processar as informações que chegam até nós. Essas atividades só são possíveis graças aos nossos órgãos sensores e ao nosso sistema nervoso, que juntos compõem os nossos cinco sentidos. É sabido que nossos sentidos são limitados, isto é, não apresentam respostas a todas as faixas de estímulo externo a que estamos submetidos. Podem-se citar os casos da audição e da visão humanas.

Nossos órgãos auriculares, responsáveis pela audição, são sensíveis a ondas mecânicas como o som, de frequências na faixa de 20 Hz a 20.000 Hz. A faixa de intensidades de ondas mecânicas que conseguimos ouvir varia de pessoa para pessoa, mas geralmente, o nível mais baixo é da ordem de 10^{-12} W/cm² e o mais alto (quando chegamos ao 'limiar de dor'), é de 1 W/cm². Porém, fora dessas faixas, ainda existem ondas mecânicas que não percebemos. Um exemplo bem conhecido de onda sonora fora de nosso alcance auditivo é o ultra-som, com frequência

acima de 20.000 Hz, usado em exames médicos de ultrassonografia e sentido por animais como cães, golfinhos e morcegos.

A visão humana, sensível às ondas eletromagnéticas, também está restrita a uma faixa pequena de frequências e intensidades. O espectro eletromagnético, mostrado na Fig. 1, nos dá a ideia da variedade de ondas eletromagnéticas existentes na natureza. Dentre as ondas que conhecemos, que vão desde os raios-γ, as de mais alta energia, até as ondas de rádio/TV, as de mais baixa energia, só conseguimos captar a região denominada 'visível', que vai do violeta ao vermelho.

Apesar de não enxergá-la, o ser humano é capaz de captar a radiação eletromagnética através de sensores artificiais e, com isso, utilizá-la em diversas aplicações. Exemplos comuns em nosso cotidiano são o forno de microondas, aparelhos de imageamento por raios-X, telefone celular, rádio, televisão, sensores de presença, etc.

Em resumo, conseguimos captar os estímulos externos que nossos órgãos naturais não conseguem perceber através de sensores apropriados e, através da informação recebida por eles, utilizar esses estímulos para um fim útil [1-3].

Neste artigo propomos alguns experimentos com o objetivo primário de auxiliar a introdução experimental ao espectro eletromagnético, em particular a região infravermelha. A segunda intenção

Daniel Neves Micha^{1,2,4,*},
Germano Maioli Penello^{2,4},
Rudy Massami Sakamoto
Kawabata^{3,4}, Teo Camarotti^{3,4},
Guilherme Torelly^{3,4} e
Patrícia Lustoza de Souza^{3,4}

¹Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca,
Petrópolis, RJ, Brasil

²Instituto de Física, Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Reio de
Janeiro, RJ, Brasil

³Departamento de Engenharia Elétrica,
Pontifícia Universidade Católica do Rio
de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁴Instituto Nacional de Ciência e
Tecnologia de Nanodispositivos
Semicondutores, Pontifícia
Universidade Católica do Rio de
Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

*E-mails: micha@if.ufrj.br;
danielmicha@hotmail.com

Propriedades gerais das ondas

Para ondas harmônicas, podem-se definir algumas grandezas gerais, devido ao seu caráter periódico:

- Comprimento de onda (λ): distância entre dois ciclos;
- Período (T): intervalo de tempo entre dois ciclos;
- Frequência (f): o inverso do período. Taxa temporal com a qual a onda se propaga;
- Velocidade de propagação (v): velocidade com a qual a energia e o momento são transferidos de um ponto a outro. Essa grandeza é o vínculo entre as propriedades espaciais e temporais das ondas:

$$v = \lambda / T = \lambda \cdot f.$$

Apresentamos técnicas de imageamento no infravermelho, que possibilitam ver no escuro e medir as temperaturas de um corpo ou de um ambiente. Alguns experimentos são propostos com o objetivo de auxiliar a visualização desse tipo de radiação, que está fora da faixa que conseguimos enxergar, e, por isso, dizemos invisível. O grande diferencial desses experimentos é uma câmera fotográfica digital modificada, que permite observar fenômenos no infravermelho próximo. A facilidade de acesso, o baixo custo dos componentes e a familiaridade com os materiais envolvidos nos experimentos fazem-nos acessíveis a qualquer pessoa. Esperamos que o leitor se torne um multiplicador desses conhecimentos, irradiando-os para seus amigos, alunos e familiares.

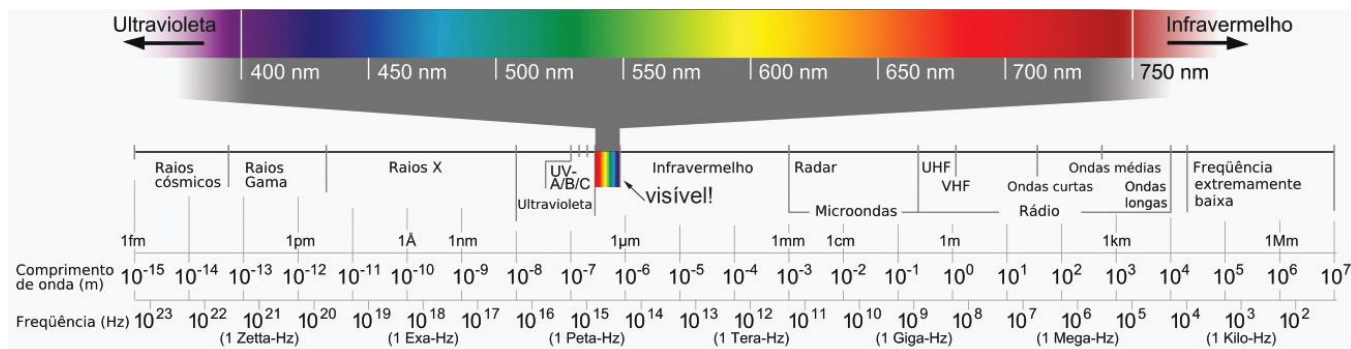
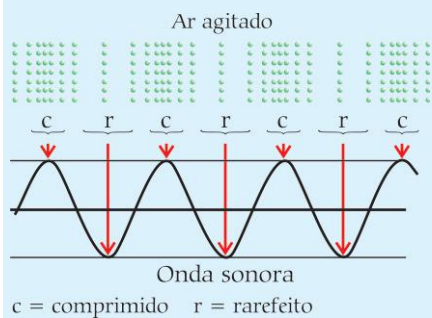


Figura 1 - Espectro eletromagnético.

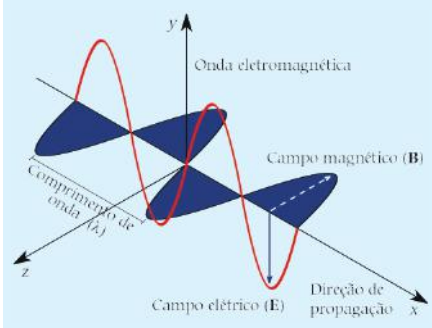
Ondas

Na natureza, existem dois tipos conhecidos de ondas: as mecânicas e as eletromagnéticas. Em ambas, há a transferência de energia e momento de um ponto a outro do espaço, porém de formas bem diferentes.

As ondas mecânicas são perturbações que se propagam ao longo de um material. Isto ocorre devido às propriedades elásticas do mesmo: uma vez que um elemento do material é deslocado de sua posição original ele tende a retornar, deslocando o elemento seguinte. Quando este novo elemento deslocado retorna, desloca o seguinte e, assim, sucessivamente, criando um perfil de deslocamentos que se propaga no material. Um exemplo de onda mecânica presente em nosso dia-a-dia é o som.



As ondas eletromagnéticas são geradas por perturbações dos campos eletromagnéticos no espaço. Isso pode ocorrer quando uma carga elétrica é acelerada ou uma corrente elétrica é acionada. Um exemplo de onda eletromagnética muito comum é a luz.



do artigo consiste em exemplificar a utilização dessa radiação no cotidiano e, assim, tornar o leitor mais familiar com as tecnologias vigentes.

Como “ver” o invisível

Existem diversas maneiras de se detectar a radiação infravermelha. No experimento original que comprovou a existência dessa radiação [4], simples termômetros foram posicionados em todo o espectro visível da luz do sol, bem como após a região do vermelho, como pode ser visto na Fig. 2b. Curiosamente, o termômetro colocado nesta última região registrou a maior temperatura, indicando que havia alguma radiação após o espectro visível pelo homem. Essa radiação foi batizada inicialmente de calorífica e posteriormente (no século XIX) de infravermelho.

Assim como no caso dos termômetros, há outras formas de detectar a radiação infravermelha baseadas na mudança de alguma propriedade física dos mate-

riais. Uma classe particular de materiais, chamados semicondutores, é muito utilizada para esse fim. Eles possuem a característica de modificar suas propriedades elétricas quando submetidos a radiação. Dentre os materiais semicondutores, o que mais se destaca, por seu uso comercial, é o silício (Si). Além de ter um custo baixo, ele é conveniente para aplicações onde se deseja detectar a faixa de radiação do visível (400 nm a 700 nm) e do infravermelho próximo (700 nm a 1400 nm) por possuir absorção deste tipo de radiação nesta faixa de comprimentos de onda [6] (Fig. 3b). Uma aplicação direta das propriedades ópticas do Si é a utilização desse material em sistemas de imageamento no visível, ou seja, as tão populares câmeras fotográficas digitais.

Além do silício, existem diversos materiais semicondutores que tornam possível a detecção da radiação infravermelha. Normalmente, eles ocupam a família IVA ou combinações das famílias IIA, IIIA, VA e VIA da tabela periódica (Fig. 4). Exemplos típicos são [7]: o germânio (Ge), o arseneto de gálio (GaAs), o fosfeto de índio (InP), o telureto de cádmio (CdTe), etc. Cada um desses materiais tem uma faixa específica de absorção de radiação, o que faz com que cada um sirva a uma aplicação específica, sendo uma delas o imageamento térmico, responsável pelo mapeamento de temperaturas de um corpo ou ambiente.

Experimentos que permitem “ver” o invisível

Para sair da teoria e entrar um pouco na prática, recomendamos alguns experimentos [8-11]. Os materiais necessários para sua execução são de fácil obtenção e muito simples de serem feitos.

O experimento 1 ajuda a demonstrar que apesar da radiação infravermelha não ser muito conhecida fora dos meios técnicos, é bastante utilizada em nosso cotidiano e é, também, o princípio da visão noturna. Já o experimento 2 demonstra a existência da radiação infravermelha

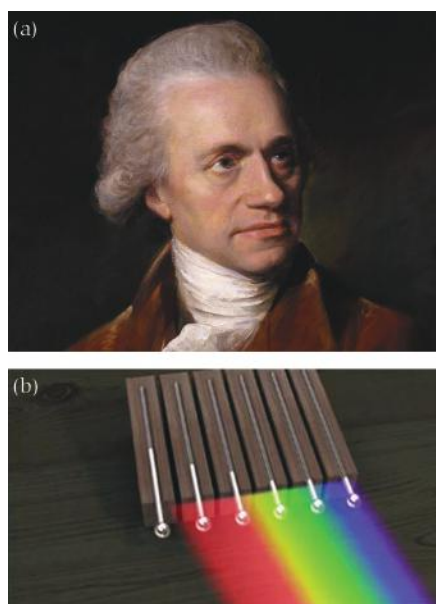


Figura 2 - (a) William Herschel. (b) Representação do experimento original que permitiu a William Herschel a descoberta do infravermelho [5].

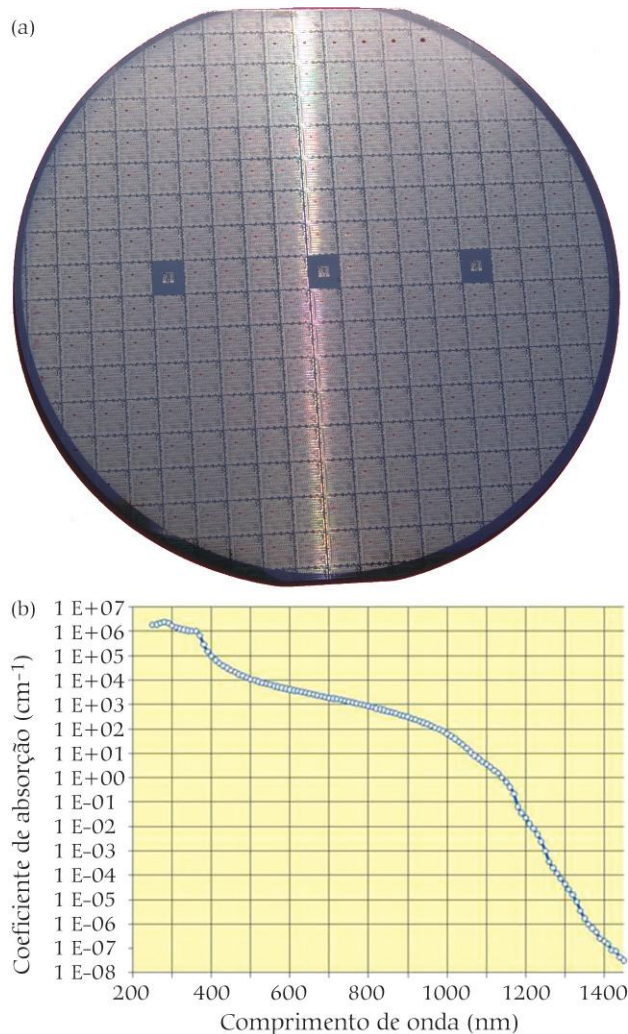


Figura 3 - (a) *Wafer* de silício, geralmente usado para fabricação de dispositivos eletrônicos [5]. (b) Espectro do coeficiente de absorção do silício, indica como se dá a absorção de luz pelo silício para diversos comprimentos de onda [6].

1A	2A	Elementos de transição										3A	4A	5A	6A	7A	8A
1 H	2 He											3 B	4 C	5 N	6 O	7 F	8 Ne
3 Li	4 Be											5 Al	6 Si	7 P	8 S	9 Cl	10 Ar
11 Na	12 Mg											13 Ga	14 Ge	15 As	16 Se	17 Br	18 Kr
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 In	32 Sn	33 Sb	34 Te	35 I	36 Xe
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 Tl	50 Pb	51 Bi	52 Po	53 At	54 Rn
55 Cs	56 Ba	57-71 Lanthanides	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89-103 Actinides	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
105 La	106 Ce	107 Pr	108 Nd	109 Pm	110 Sm	111 Eu	112 Gd	113 Tb	114 Dy	115 Ho	116 Er	117 Tm	118 Yb	119 Lu			
119 Ac	120 Th	121 Pa	122 U	123 Np	124 Pu	125 Am	126 Cm	127 Bk	128 Cf	129 Es	130 Fm	131 Md	132 No	133 Lw			

Figura 4 - Tabela periódica dos elementos. A área demarcada dentro da linha vermelha indica os elementos que formam sólidos semicondutores.

presente em fenômenos naturais, tais como o arco-íris, porém simulada através de meios artificiais análogos.

Experimento 1: “visão noturna”

Através desse experimento conseguiremos demonstrar a existência da luz infravermelha emitida por um diodo emissor

de luz (*LED*, do inglês “Light Emitting Diode”) e fazer observações no escuro. Como já discutido anteriormente, a luz infravermelha é invisível ao olho humano. O que faremos para poder enxergá-la é apontar um dispositivo sensível a essa radiação que a traduzirá em informação compreensível a nós. Isso será feito com

uma câmera fotográfica digital de computador (*webcam*) modificada e a informação processada aparecerá na tela de um computador, permitindo que vejamos o invisível.

Para que a *webcam* seja sensível tanto ao visível quanto à radiação infravermelha, o filtro de infravermelho foi retirado (um guia de como fazer essa etapa é apresentado no Quadro 1). Ela é conectada ao computador e, após instalação dos *drivers*, imagem como uma câmera de vídeo. Neste momento, a câmera já é sensível ao infravermelho, mas a imagem observada é dada muito mais pelo visível. Por esse motivo, colocamos na frente da câmera um filtro de luz visível. Materiais que podem ser utilizados para tal fim são o material magnético presente no interior de um disquete *floppy* 3,5” e um negativo totalmente revelado de filme de máquina fotográfica. Os materiais necessários para essa experiência podem ser vistos na Fig. 5.

Ao acionar um *LED*, como se faz ao pressionar um botão de um controle remoto, gera-se radiação na faixa espectral do infravermelho. Quando visualizado por nós, aparentemente nada acontece, já que não enxergamos a radiação emitida pelo *LED*. Estamos diante de uma radiação invisível. Porém, quando apontamos o mesmo *LED* para a *webcam* modificada, vemos a fonte de radiação acionada, como pode ser visto na Fig. 6. Estamos, então, “vendo o invisível”. Na verdade, o sensor de silício contido na câmera está nos traduzindo esta radiação invisível, tornando-a visível através da conversão dessa radiação em um sinal elétrico que é enviado ao computador e depois transformado em imagem.



Figura 5 - Materiais utilizados na montagem do experimento 1.

Agora, faça o seguinte: apague as luzes do ambiente em que se encontra e aponte o controle e a câmera para um objeto ou até mesmo para você. Mantenha pressionado um botão do controle remoto, de modo a emitir sua radiação. Você verá o objeto ou, no caso de ter apontado para si próprio, você na tela do computador, mesmo sem a presença de luz visível. Dessa forma, você estará enxergando no escuro! Veja o exemplo dessa proposta na Fig. 6-b, quando os autores apontaram o LED para si próprios.

Experimento 2: “enxergando a luz invisível além do vermelho”

Com esse experimento, demonstra-se a continuidade do espectro eletro-



Figura 6 – Experimento mostrando a existência de luz invisível (radiação infravermelha). (a) O LED de um controle remoto, cuja radiação não pode ser enxergada pelos olhos humanos, é identificado por uma webcam. (b) O LED e a webcam são apontadas para um objeto ou pessoas em uma região não iluminada por luz visível, permitindo ao observador ver no escuro.

magnético após a última cor visível – o vermelho. Ao separar o espectro de cores de uma fonte de luz branca, como uma lanterna de filamento, por exemplo, através de um fenômeno dispersivo (refração, difração), observam-se as cores do arco-íris. O interessante é que após o vermelho existe mais radiação, mas não a vemos. Nesse experimento, utilizamos um DVD para dispersar as diversas componentes de uma fonte de luz branca, como num arco-íris artificial, e através da webcam modificada percebemos a radiação não visível ao olho humano. Os materiais utilizados nesse experimento podem ser vistos na Fig. 7.

Em um ambiente escuro, aponte a luz branca da lanterna para um DVD e observe seu espectro devido ao fenômeno da difração. Na região onde se visualiza o espectro decomposto, coloque um anteparo para uma melhor visualização. A olho nu, as cores visíveis são observadas dispersas como em um arco íris. Um exemplo pode ser visto na Fig. 8.

Após o vermelho nenhuma cor é observada a olho nu no espectro da luz branca. Porém, nessa região existe radiação, o infravermelho, que não pode ser vista pelo olho humano. Aponte a webcam alterada para essa região. O resultado, isto é, a imagem apresentada no computador será parecida com a da Fig. 9-a, onde podemos ver que surge um clarão branco após a cor vermelha. Esta é a radiação

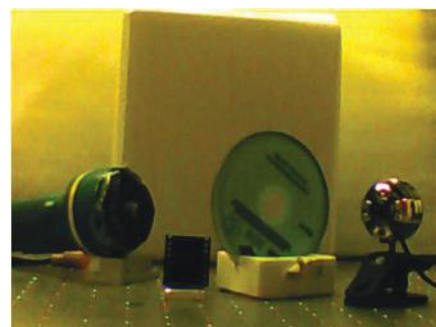


Figura 7 – Equipamentos utilizados na montagem do experimento 2.

infravermelha emitida pela lanterna e que está sendo capturada pelo sensor da câmera. É a luz invisível que agora podemos enxergar. Para não deixar nenhuma dúvida de que este clarão é radiação infravermelha, fizemos uma sequência de fotos inserindo um filtro de luz visível, o negativo revelado de um filme fotográfico (similar ao usado no experimento anterior), na frente da lanterna. Na Fig. 9, podemos ver a sequência da inserção do filtro de luz visível no caminho óptico do feixe de luz e a consequente imagem que é formada. A sequência mostra que a radiação visível é cortada pelo filtro, mas, ainda assim, o clarão branco após a cor vermelha continua existindo. Agora, tente você.

Com esses experimentos, esperamos que você, leitor, tenha se convencido da existência de luz fora da faixa que enxergamos e entenda um pouco mais do mundo ao seu redor. Esperamos também que você se torne um multiplicador dessas



Figura 8 – Decomposição da luz branca de uma lanterna por um DVD através do fenômeno da difração. Fotografia obtida com uma câmera convencional cujo filtro de infravermelho não foi removido.

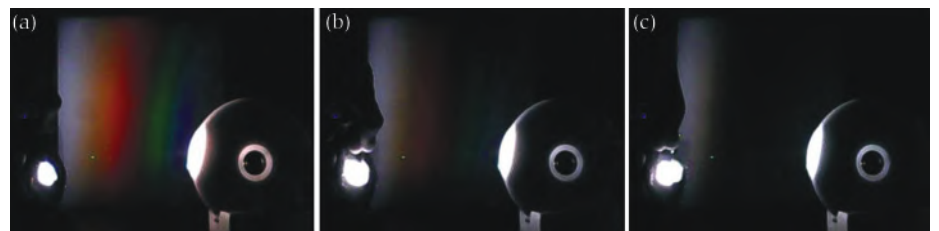


Figura 9 – Sequência de fotografias do experimento 2 retiradas com a webcam “alterada”: luz branca de uma lanterna é difratada por um DVD gerando a divisão de seu espectro visualizada no anteparo. (a) feixe de luz sem filtragem, (b) parte do feixe passando pelo filtro, (c) feixe de luz passando totalmente pelo filtro.

informações e se divirta com seus amigos, alunos e familiares refazendo os experimentos aqui propostos e os que surjam com a criatividade de cada um. Sugestões e propostas são sempre bem-vindas e podem ser enviadas aos autores para o endereço eletrônico divulgado na revista.

Divirta-se!

Nota

¹De acordo com a teoria de evolução das espécies, as limitações de nossos sentidos se devem à interação de nossos antepassados com os elementos existentes na

natureza em suas épocas. Por exemplo, o espectro óptico de resposta visual do olho humano (luz visível) encontra-se na faixa em que a absorção de radiação pela água é mínima. Isso favorecerá a sobrevivência de espécies subaquáticas, uma das formas da evolução da vida.

Quadro 1 - Guia para retirada do filtro de infravermelho de uma webcam [8,12]

Retirar o filtro de infravermelho de uma webcam é bem simples, mas requer alguns cuidados para não prejudicar o sensor CCD nem o alinhamento das lentes. O primeiro passo é abrir a webcam, isolando a placa do circuito elétrico impresso que contém o CCD e as lentes (Fig. 10a). Feito isso, as lentes ópticas podem ser removidas girando-as da mesma forma que se ajusta o foco da câmera (Fig. 10b). Atenção, o sensor CCD ficará exposto! Qualquer sujeira que grudar ou objeto que bater no sensor prejudicará a imagem final. Cubra o sensor e mantenha-o assim até o momento da remontagem.

Agora, com muito cuidado, as lentes podem ser retiradas do conjunto lentes/suporte. Como fazer isso dependerá da webcam utilizada. Em algumas das marcas testadas basta desrosquear o sistema de lentes, já em outras este vem colado ao suporte e a desmontagem requer a habilidade de cortar ou serrar o suporte de maneira que seja possível remontá-lo novamente. Este passo requer muita cautela, pois as lentes, o filtro de infravermelho e os espaçadores podem se soltar no momento em que se desmonta o conjunto. Ao abri-lo (Fig. 10c), memorize a posição e a ordem de cada lente e espaçador para fazer a remontagem. Se apenas uma lente for colocada no sentido errado, a webcam não formará uma imagem nítida. Para finalizar, separe o filtro de infravermelho e remonte o conjunto lembrando a ordem em que as lentes e suportes foram retirados (Fig. 10d).

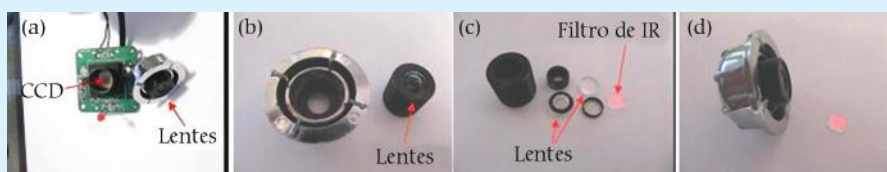


Figura 10 - Sequência de retirada do filtro infravermelho: (a) desmontagem da webcam, (b) remoção do sistema de lentes, (c) separação do filtro de IR e (d) remontagem do sistema de lentes [8].

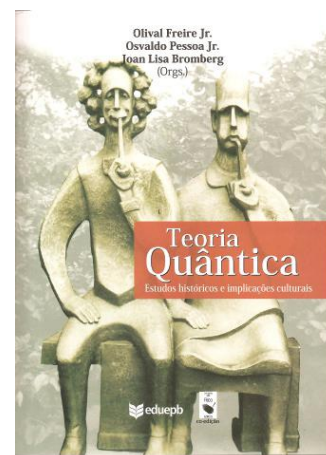
Referências

- [1] Vídeo de divulgação das tecnologias e aplicações em infravermelho: http://www.youtube.com/watch?v=JFw_hktTcf4.
- [2] D.N. Micha, *Fabricação de Fotodetectores de Radiação Infravermelha Baseados em Poços Quânticos para Detecção de Gases*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [3] website da empresa Cartronic: <http://www.cartronic.com.br/produtos/cameras-traseiras-e-visao-noturna/80-night-vision>.
- [4] W. Herschel, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **90**, 284 (1800).
- [5] website de divulgação da agência especial Americana (NASA): <http://www.nasa.gov>.
- [6] M.A. Green and M.J. Keevers, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* **3**, 189 (1995).
- [7] S.M. Rezende, *Materiais e Dispositivos Eletrônicos* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004), 2ª ed 548 p.
- [8] D.N. Micha, G.M. Penello, R.M.S. Kawabata e T. Camarotti, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **33**, 1501 (2011).
- [9] N.A. Gross, M. Hersek and A. Bansil, *American Journal of Physics* **73**, 986 (2005).
- [10] K.-P. Mollmann and M. Vollmer, *European Journal of Physics* **28**, S37 (2007).
- [11] Z. Bochnicek, *Physics Education* **43**, 51 (2008).
- [12] website de divulgação: <http://www.hoagieshouse.com/IR/>.

Prêmio Jabuti 2011 em Ciências Exatas vai para livro de física

Teoria Quântica - Estudos Históricos e Implicações Culturais, organizado por Olival Freire Jr., Osvaldo Pessoa Jr. e Joan Lisa Brumberg, Editora Livraria da Física, São Paulo, 2010, 456 p.

O livro *Teoria Quântica: Estudos Históricos e Implicações Culturais* conquistou prêmio Jabuti de 2011 na categoria Ciências Exatas. Trata-se de uma coletânea de artigos de diversos pesquisadores brasileiros e estrangeiros sobre o impacto da mecânica quântica na física e na sociedade de um modo geral. Alguns artigos versam sobre os primórdios da teoria, enquanto outros se ocupam do fenômeno mais recente da febre "quântica", um termo muitas vezes usado e abusado em diferentes contextos. O livro surgiu de conferência que reuniu diversos pesquisadores do Brasil, Itália, Alemanha e EUA e foi realizado pela Universidade Estadual da Paraíba, em Campina Grande, no ano de 2009. Os organizadores do livro são os profs. Joan Brumberg, Osvaldo Pessoa Jr. e Olival Freire Jr., este último co-editor para a área de história da física e ciências afins da Revista Brasileira de Ensino de Física.





Decodificando o código de barras

.....
Luís Gustavo Pires Rodrigues*,
Leonardo Albuquerque Heidemann,
Eloir De Carli e Lucas Gabriel Mota
da Silveira

Universidade Federal do Rio Grande do
 Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

E-mail: lgustavo.prodrigues@gmail.com

Apresentar os conteúdos da física dentro de um contexto que envolva o cotidiano dos seus alunos deve ser um dos objetivos dos professores de física, pois é fundamental para o processo de aprendizagem que sejam proporcionadas aos alunos situações que deem sentido aos conceitos abordados. No entanto, esse desafio ganha maiores proporções quando tratamos de assuntos mais abstratos, como o funcionamento de semicondutores, por exemplo. Frente ao fato de que esse componente está presente na grande maioria dos aparelhos eletrônicos que nos circundam hoje em dia, é justificável dedicar esforços para dissecá-lo em nossas aulas.

Apresentamos aqui um leitor de códigos de barras de baixo custo como uma opção para a abordagem de tópicos de física moderna no ensino de física. Devido ao fato de existirem inúmeros padrões de códigos de barras, definimos um com a finalidade de englobar o princípio central de decodificação deles: a atribuição, em um sistema binário, de zeros e uns para barras brancas e pretas. Os códigos são impressos em lâminas transparentes. O aparelho é constituído fundamentalmente por um fotodiodo emissor e um fotodiodo receptor dispostos frente a frente. Acoplado à entrada de microfone de um computador, o leitor capta, através do *software* gratuito *Audacity*, as variações da luz incidente sobre o fotodiodo receptor quando o código é manualmente movido entre os dois componentes do leitor. Por fim, confeccionamos um programa na linguagem C que converte os dados do sistema binário para o seu correspondente número decimal.

Um pouco sobre a história dos códigos de barras

O código de barras atualmente utilizado deriva de um sistema de codificação de dados baseado em círculos concêntricos desenvolvido pelos norte-americanos Bernard Silver e Norman Woodland. Esse sistema ficou conhecido como *bull's eyes* (olhos de touro) e foi patenteado em 1949. No entanto, esse sistema não era muito eficaz, pois era um padrão de código de difícil leitura. Atenta a esses problemas, a empresa IBM, onde Woodland trabalhava, resolveu criar um novo padrão que originou o código de barras como conhecemos. Esse sistema de barras verticais paralelas mostrou-se muito eficaz e é amplamente utilizado. Em supermercados, por exemplo, o código de barras tem contribuído muito para facilitar o controle dos estoques, assim como para agilizar o trabalho dos caixas [1].

Hoje temos diferentes padrões de códigos de barras. O mais popular deles é o EAN-13,¹ que é o padrão que encontramos na maioria dos produtos do varejo e é utilizado mundialmente. Um código de barras é, então, a representação gráfica de números (ou letras) que possibilitam através da sua leitura obterem-se informações referentes ao produto, desde seu preço, fabricante, até o país onde foi registrado.

O EAN-13, como o nome sugere, é composto por treze dígitos. Cada um deles é formado por quatro barras (que podem assumir de uma a qua-

tro unidades de largura) sendo duas pretas e duas brancas. A soma das larguras das barras é sempre igual a sete. Os três primeiros números indicam o país onde o

O código de barras atualmente utilizado deriva de um sistema de codificação de dados baseado em círculos concêntricos conhecido como *bull's eyes* (olhos de touro) e foi patenteado em 1949. Como o sistema não era muito eficaz, a IBM criou um novo padrão que originou o código de barras como conhecemos

O aprendizado de física perpassa pela assimilação de situações que forneçam sentido aos seus conceitos. Apesar disso, quantos dos nossos alunos são capazes de identificar essas situações para os conteúdos estudados em suas aulas de física? Neste artigo apresentamos um leitor de código de barras de baixo custo como uma alternativa para a abordagem e contextualização de tópicos de física moderna. Acoplado à entrada de som de um computador, o equipamento é constituído fundamentalmente por um fotodiodo emissor e um fotodiodo receptor dispostos frente a frente. Além disso, disponibilizamos um programa confeccionado na linguagem C que converte os dados captados pelo computador de um sistema de código baseado em números binários para o seu correspondente número decimal.

produto foi registrado (para o Brasil este número é o 789), os próximos 4, 5 ou 6 números, o fabricante e os restantes são o número do item à exceção do último, que é chamado de dígito de verificação. É a partir dele que o leitor confere se a leitura foi feita corretamente ou se será necessário realizá-la novamente. Nas extremidades e no centro dos códigos, existem três barras (unitárias). Elas servem de margens e possibilitam ao leitor reconhecer o início, o meio e o fim da leitura [2-3]. As propriedades do código EAN-13 estão representadas na Fig. 1.

Mas como funcionam os leitores?

Os leitores que vemos nos supermercados, por exemplo, baseiam-se na reflexão da luz. Um laser varre uma determinada área e, quando aproximamos o código que desejamos, as barras pretas absorvem a luz e as brancas refletem. Dentro do leitor existem vários receptores. A partir da posição e da recepção (ou não) de luz em cada um deles, o leitor reconhece a disposição e a largura das barras. Ao final, ele examina o dígito de verificação e, se esse for compatível, são exibidas em uma tela as informações do produto.

Devido à dificuldade em reproduzir um leitor baseado em reflexão e absorção, mas também porque um leitor baseado na transmissão da luz cumpre completamente a finalidade didática da atividade que propomos, optamos por um leitor desse tipo. Também por razões didáticas, não utilizamos o código EAN-13, com seus 13 dígitos decimais, mas criamos um código com apenas 3 dígitos decimais, que passamos a descrever.

Um exemplo de código de barras

O código de barras utilizado para a realização deste experimento é uma simplificação dos códigos utilizados comercialmente. Nosso padrão é baseado no sistema binário e cada algarismo é composto por quatro dígitos binários. A Fig. 2 exem-



Figura 1 - Informações sobre o código EAN-13.

plifica a decodificação do número binário 1001 para o decimal 9.

Partindo desse princípio, foi construído um padrão de código de barras no qual se atribuem ao dígito binário 1 as barras pretas e ao dígito binário 0 as barras brancas. A Tabela 1 apresenta a representação binária e gráfica dos números decimais de 1 a 9 no padrão proposto.

As sequências de números representados são sempre compostas por três algarismos e, portanto, possuem 12 barras (4 para cada algarismo). Para indicar ao leitor o início e o final da leitura, foram acrescentadas duas barras pretas nas extremidades, totalizando 16 barras. A Fig. 3 exemplifica a representação gráfica do número 524 no padrão de código de barras que sugerimos.

Um leitor de baixo custo

O leitor proposto aqui tem seu funcionamento intimamente ligado com o comportamento de um fotodiodo receptor. Esse componente eletrônico varia sua resistência elétrica em função da intensidade de luz incidente. Valendo-se disso, o leitor funciona pela interrupção (ou não) no fotodiodo receptor da luz proveniente do fotodiodo emissor. Para a realização do experimento, os códigos devem ser impressos em folhas transparentes. Quando as barras pretas passam entre os fotodiodos, o receptor bloqueia a passagem de corrente elétrica. O oposto ocorre quando as barras brancas (que nesse caso serão transparentes) passam pelo leitor. Nessa situação, o receptor permite a circulação de corrente elétrica. Essas variações são registradas e permitem a leitura do código de barras.

Materiais necessários

- 1 fotodiodo infravermelho de 5 mm;

2^3	2^2	2^1	2^0
1	0	0	1
$2^3 + 0 + 0 + 2^0 = 9$			

Figura 2 - Conversão do número binário 1001 para o decimal 9.

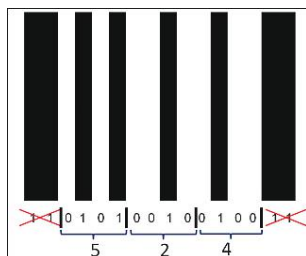


Figura 3 - Número 524 representado no código de barras proposto.

- 1 fotodiodo de luz visível de 5 mm²;
- 1 fotodiodo receptor de 5 mm;
- 1 suporte de pilhas AA (para 2 unidades);
- 1 chave liga/desliga (pode ser retirada de um rádio inutilizado);²
- 1 resistor de 1000 Ω ;
- 2 pilhas AA;
- Folhas transparentes;
- Madeiras para suporte;
- Plug P2 mono.

Montagem do Leitor

Fixam-se três pedaços de madeira de modo a formar um "U".

Faz-se dois furos de 5 mm de diâmetro à mesma altura em cada lado da base e encaixam-se os fotodiodos nos mesmos. O resistor de 1000 Ω é ligado ao pólo positivo do emissor que é ligado ao suporte das pilhas. O plug da entrada de microfone é ligado ao fotodiodo receptor. Depois disso, é só conectar o leitor à entrada de microfone do computador. A chave liga/desliga e o fotodiodo de luz visível são opcionais. Quando utilizados, o LED deve

Tabela 1 - Representação dos decimais 1 a 9 no padrão de código de barras proposto.

Número decimal	Número binário	Código associado
0	0000	[Diagrama de código de barras para 0: 4 barras brancas]
1	0001	[Diagrama de código de barras para 1: 3 barras brancas, 1 barra preta]
2	0010	[Diagrama de código de barras para 2: 2 barras brancas, 2 barras pretas]
3	0011	[Diagrama de código de barras para 3: 1 barra branca, 3 barras pretas]
4	0100	[Diagrama de código de barras para 4: 1 barra preta, 3 barras brancas]
5	0101	[Diagrama de código de barras para 5: 2 barras brancas, 1 barra preta, 1 barra branca]
6	0110	[Diagrama de código de barras para 6: 1 barra branca, 2 barras pretas, 1 barra branca]
7	0111	[Diagrama de código de barras para 7: 1 barra preta, 3 barras brancas]
8	1000	[Diagrama de código de barras para 8: 3 barras brancas, 1 barra preta]
9	1001	[Diagrama de código de barras para 9: 2 barras brancas, 1 barra preta, 1 barra branca]

ser conectado em série ao emissor de infravermelho (informando se o leitor está ligado e se as pilhas estão carregadas) e a chave liga/desliga deve ser conectada ao polo positivo (o mesmo onde é ligado o resistor) do emissor de infravermelho e ao suporte das pilhas. A Fig. 4 ilustra a montagem experimental.

Realizando a leitura e a decodificação visual

Para a realização da leitura e da decodificação dos códigos é necessário o *download* do *software Audacity*.³ Este é um *software* inicialmente dedicado à edição de áudio (isso é facilmente observado pelo próprio *layout* do programa). No entanto, também pode servir como recurso didático, uma vez que possibilita a utilização da entrada de microfone do computador para a realização de aquisição de dados [4-7].

Primeiro conecta-se o leitor à entrada de microfone do computador e inicializa-se o *software Audacity*. Em seguida, ativa-se o modo de gravação do programa. Após, passa-se o código de barras, impresso na folha transparente, com velocidade aproximadamente constante através do leitor e finaliza-se a gravação. A variação de corrente elétrica no fotodiodo receptor que é capturada pelo programa durante a passagem do código através do leitor já permite uma análise prévia da numeração que está representada, comparando as espessuras das barras com o gráfico apresentado pelo *software*. É importante notar que, para computadores diferentes, o conjunto de capacitores da entrada de microfone é diferente. Portanto, é necessária a realização de testes para a seleção de uma taxa de amostragem conveniente.⁴ No computador no qual foi realizada pela primeira vez a leitura a taxa de amostragem foi de 22050 (essa opção fica no canto inferior esquerdo do *Audacity*). Também cabe ressaltar a importância do sentido em que o código é passado nesse leitor. Ao contrário dos aparelhos comerciais, que realizam a decodificação independente do sentido em que o código é lido, o funcionamento do leitor proposto neste trabalho depende do sentido no qual as barras são passadas pelo aparelho. Um exemplo é

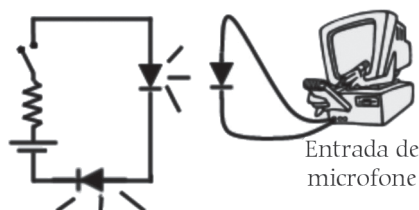


Figura 4 - Esquema representando a montagem do leitor.

apresentado na Fig. 5.

Decodificação automática

Para a realização desta etapa (que é opcional) é necessário o *download* de um programa elaborado especificamente para decodificar o padrão de código de barras que propomos.⁵ O programa decodificador foi confeccionado na linguagem de programação C e funciona apenas com o sistema operacional *Microsoft Windows*. Esse, em suma, é responsável por receber um arquivo de áudio .WAV que é exportado do *software Audacity* como única informação de entrada e criar um arquivo de texto contendo o respectivo código decimal do sinal lido.

Após a análise visual, o próximo passo para o uso do programa de decodificação automática é a seleção da parte do sinal captado relativa à leitura do código submetido ao leitor. Os sinais captados antes e depois da passagem do código devem ser descartados. Após, exporta-se o arquivo para o formato .WAV e salva-se ele na mesma pasta onde se encontra o programa conversor para decimais. Por fim, executa-se o programa decodificador que vai solicitar o nome do arquivo de entrada (.WAV) e o nome do arquivo de saída, que será um arquivo no formato .txt. Se todo o procedimento foi realizado de forma correta, os três números neste arquivo de texto corresponderão ao código utilizado.

O leitor pode ser usado ainda para a realização de experimentos para a medida da aceleração gravitacional local, semelhante ao proposto por Cavalcante e cols. [4]. Para isso, basta que o mesmo seja posicionado “de lado”, de modo que uma régua com marcações passe através do leitor em queda livre.

Considerações finais

Apresentamos neste trabalho noções

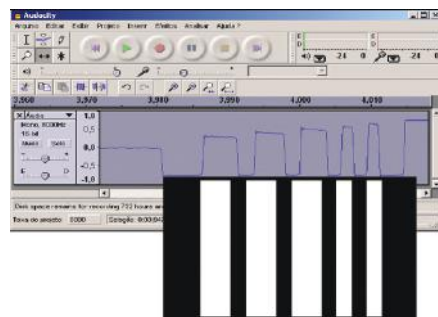


Figura 5 - Visualização do sinal registrado pelo *software Audacity*, após a leitura do código de barras correspondente ao número 524. Na parte de baixo da figura foi sobreposto o código de barras que gerou tal sinal.

básicas para a compreensão de como é feita a decodificação de um sistema de código de barras e indicamos como um leitor do tipo transmissor pode ser construído com baixo custo. Por razões didáticas, não trabalhamos com códigos no padrão EAN-13, o mais frequente em produtos. Criamos um com apenas três dígitos, cuja decodificação requer a transformação de números binários em decimais. A mera observação visual e decodificação mental de tais códigos, por si só, já pode se constituir em uma atividade interessante para alunos do Ensino Médio. Porém, para ilustrar como o código pode ser lido e registrado pelo computador, usamos o *software* livre *Audacity*. Por fim, ilustramos como a decodificação poderia ser feita automaticamente por meio de um programa que converte o arquivo lido pelo *software Audacity* (no formato WAV) no correspondente código de barras.

A aquisição de dados pelo computador é um recurso para o ensino de física que possibilita a execução de uma série de experimentos que não poderiam ser realizados sem essa ferramenta. No entanto, pouco se tem explorado tal possibilidade nas aulas da educação básica. Nesse sentido, o leitor de códigos de barras proposto nesse trabalho é mais uma opção para o uso das potencialidades desse recurso.

Agradecimentos

Agradecemos à professora Dra. Eliane Angela Veit (UFRGS), pelo incentivo e pelas importantes sugestões sobre a organização desse trabalho, e ao professor Dr. Carlos Eduardo Aguiar (UFRJ), pelas valiosas contribuições na confecção do programa para decodificação do sinal captado para números decimais.

Notas

¹EAN é uma sigla para *European Article Number*, que foi renomeado para *International Article Number*.

²Materiais opcionais.

³Disponível em <http://audacity.sourceforge.net/>, sugerimos a versão 1.2.6, que foi utilizada para a realização do procedimento.

⁴Taxas de amostragem muito baixas podem implicar em “pulsos triangulares” no gráfico produzido com os dados captados pelo computador diferentemente de pulsos quadrados, como ilustrados na Fig. 5. Taxas altas demais podem produzir pequenos “picos” nas interfaces entre barras pretas e transparentes devido aos capacitores localizados na entrada de microfone dos computadores.

⁵Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/codigoBarras.exe>.

Referências

- [1] A. Greco, *Código de Barras: Lembra que os Supermercados Usavam*, disponível em <http://historia.abril.com.br/comportamento/codigo-barras-434117.shtml>, acesso em 22/8/2010.
- [2] C.V.C.L. Rocha, *Código de Barras Sem Mistérios*, disponível em <http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/cc580676.aspx>, acesso em 22/8/2010.
- [3] Ramos, S.J. *Como Funciona o Código de Barras*, disponível em http://www.ramosdainformatica.com.br/art_recentes01.php?CDA=66, acesso em 22/8/2010.
- [4] M.A. Cavalcante, A. Bonizzia e L.C.P. Gomes, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **30**, 2501 (2008).
- [5] L.F. Silva e E.A. Veit, in: *Textos de Apoio ao Professor de Física* (Instituto de Física, UFRGS, 2005).
- [6] R. Haag, I.S. Araujo e E.A. Veit, *Física na Escola* **6**(1), 69 (2005).
- [7] M.A. Cavalcante, R.C.C. Tavoraro e D. Guimarães, *Física na Escola* **7**(2), 73 (2006).
-



.....
Luiz Marcelo Darroz* e
Carlos Ariel Samudio Pérez
 Universidade de Passo Fundo, Passo
 Fundo, RS, Brasil
 *E-mail: ldarroz@upf.br

O ensino de física na escola de nível médio possui, entre outros objetivos, a pretensão de levar o estudante à interpretação correta dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando-o e dimensionando a interação do ser humano com a natureza e como parte da própria natureza em transformação [1]. Para isso, é essencial considerar como ponto de partida para o estudo dos fenômenos físicos o mundo vivencial dos estudantes, sua realidade próxima, os objetos e fenômenos que rotineiramente estão presentes em seu cotidiano.

Dos conteúdos ensinados atualmente na disciplina de física, o princípio de Arquimedes é um dos assuntos presentes na

Dos conteúdos ensinados atualmente na disciplina de física, o princípio de Arquimedes é um dos assuntos presentes na vida diária dos estudantes, mas o ensino privilegia a teoria e a abstração, enfatizando a utilização de fórmulas, mantendo um ensino vazio de significados e com interpretações equivocadas do fenômeno

vida diária dos estudantes. Eles comumente observam corpos boiando sobre líquidos ou percebem que os corpos parecem mais leves do que no ar ao serem submersos em um líquido. No entanto, muitas vezes, o ensino privilegia a teoria e a abstração, enfatizando a utilização de fórmulas, em situações artificiais distantes do mundo vivido por estudantes e professores [2]. Isso mantém um ensino vazio de significados e com interpretações equivocadas do fenômeno.

Com o objetivo de tornar os conteúdos da física próximos à realidade dos estudantes, este artigo apresenta uma atividade experimental para mostrar a existência da força de empuxo, obter a sua intensidade, identificar a sua relação com o volume de fluido deslocado pelo corpo submerso e demonstrar a independência da força de empuxo em relação ao peso do corpo submerso. A atividade permite que o estudante tenha a oportunidade de visualizar o con-

ceito abordado em sala de aula, facilitando a construção de um conhecimento que não se fixe apenas na memorização de equações matemáticas, que para ele são aplicações de fórmulas sem muito sentido.

O princípio de Arquimedes

Conta a história que Arquimedes, físico e matemático grego que viveu na Sicília de 287 a.C a 212 a.C, teria recebido de Heirão, rei de Siracusa, província onde vivia, a incumbência de descobrir se a coroa que o soberano havia mandado confeccionar fora feita apenas com o ouro fornecido ao joalheiro. O rei desconfiava que o artesão misturara prata ao ouro, embolsando

parte do material. Coube a Arquimedes descobrir se houve fraude ou não, sem destruir a peça. Consta que, depois de passar longo tempo tentando resolver o problema, a inspiração veio ao sábio ao notar o transbordamento de água quando ele mergulhou em uma banheira na casa de banhos públicos [3, p. 75]. É provável que, ao mergulhar nas águas da banheira, Arquimedes tenha notado que seu corpo parecia mais leve e, a partir dessa constatação, tenha realizado experimentos que o levaram a enunciar o princípio que tem seu nome [3, p. 77]: "Todo corpo completa ou parcialmente mergulhado em um fluido experimenta uma força de flutuação (empuxo) para cima, cujo valor é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo" [4, p. 522].

Esse princípio pode ser escrito matematicamente como

$$E = P_F \quad (1)$$

sendo E o empuxo e P_F o peso do fluido

Este artigo tem como principal objetivo oferecer uma alternativa para tornar os conteúdos físicos, ensinados em sala de aula próximos à realidade dos estudantes. Para isso, apresenta-se uma atividade experimental que demonstra a existência da força de empuxo, permite determinar a sua intensidade, identificar a relação que há entre ela e o volume do corpo submerso e observar que não existe relação entre o peso do corpo e o empuxo sobre ele exercido pelo fluido. A atividade é um experimento simples, com materiais alternativos e foi elaborada para subsidiar aulas da disciplina de física em nível médio. Ela foi testada em uma turma da 2ª série do Ensino Médio de uma escola particular do município de Passo Fundo, RS. Os resultados obtidos foram muito próximos do esperado, o que valida a atividade experimental, tornando-a uma excelente opção para professores desse nível de ensino.

deslocado. Considerando

$$P_F = m_F g, \quad (2)$$

onde g representa a aceleração gravitacional e m_F a massa do fluido deslocado, ao substituir a Eq. (2) na Eq. (1) tem-se

$$E = m_F g. \quad (3)$$

Considerando que a massa do fluido (m_F) pode ser expressa em termos de sua densidade (μ_F) como

$$m_F = \mu_F V_F, \quad (4)$$

onde V_F representa o volume do fluido deslocado, e substituindo a Eq. (4) na Eq. (3), obtém-se

$$E = \mu_F V_F g. \quad (5)$$

Da Eq. (5), observa-se que a força de empuxo exercida por um fluido sobre um corpo completa ou parcialmente mergulhado não é determinada pelas propriedades do corpo, exceto pela quantidade de fluido deslocado por ele. Sendo assim, corpos de diferentes densidades, mas de mesmo volume, ao serem imersos em um fluido, experimentarão o mesmo empuxo dado por

$$E = P_c - P_{apa}, \quad (6)$$

onde P_c representa o peso do corpo no ar e P_{apa} o peso do corpo quando total ou parcialmente submerso em outro fluido. O peso aparente (P_{apa}) pode ser interpretado como a soma vetorial entre o peso do corpo e a força de empuxo.

Normalmente, essa é a maneira como se repassa aos estudantes em sala de aula e nos livros didáticos o princípio de Arquimedes. Como a abordagem teórica é a forma privilegiada para repassar os conhecimentos, nem sempre os estudantes conseguem fazer a leitura correta da situação física envolvida ou dos fatores que interferem na força de empuxo. Isso, quase sempre, conduz à interpretações equivocadas dessa grandeza e, por vezes, mantém ou gera concepções alternativas sobre o assunto. Em função disso, a atividade experimental proposta visa fornecer subsídios para o estudo do princípio de Arquimedes de forma prática e próxima ao mundo vivencial do estudante.

A atividade experimental

A atividade proposta constitui-se de um experimento simples para demonstrar a existência da força de empuxo e determinar a sua intensidade. Pretende-se mostrar que a força de empuxo independe do peso do corpo submerso, mas depende de seu volume. Também, almeja-se tornar evidente que um corpo, ao não estar completamente submerso, sofre ação de uma

força de empuxo proporcional ao volume do corpo que está dentro do fluido. Para isso, são necessários os seguintes materiais:

- um bquer com capacidade de 1000 mL;
- um dinamômetro;
- esferas metálicas encontradas em rolamentos, com diâmetros medindo entre 8 e 16 mm;
- uma embalagem plástica de filmes fotográficos;
- um pedaço de fio com aproximadamente 10 centímetros de comprimento;
- estilete;
- marcadores de quadro branco.

Primeiramente, é necessário montar um corpo de teste que sofrerá a ação da força de empuxo. Como se pretende demonstrar que essa força não depende do peso do corpo, usa-se a embalagem plástica de filmes fotográficos. A escolha desse material se deve ao fato de ser possível alterar sua densidade adicionando objetos ao seu interior e, assim, modificar seu peso. Nessa embalagem, perfura-se a tampa com uma agulha e com o pedaço de fio forma-se uma alça. Para representar $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ do volume do recipiente, sua altura é dividida em quatro partes iguais. Com o estilete, faz-se uma ranhura em forma de linha em cada altura anotada na parede do objeto cuidando para não furá-la. Para ficar mais evidente, pinta-se a ranhura com os marcadores de quadro branco (Fig. 1).

Após a montagem do corpo de teste, parte-se para a atividade. Sugere-se que ela seja realizada por grupos de 3 a 4 estudantes, assim os procedimentos podem ser divididos, obtendo uma maior participação dos estudantes. Isso também promove um ambiente favorável para a discussão dos resultados encontrados. O professor deve atuar como mediador, resgatando os conceitos relevantes, auxiliando na realização da atividade, na elaboração das hipóteses e na formulação das conclusões.

A primeira parte da atividade, como referido anteriormente, procura demonstrar a existência da força de empuxo e a

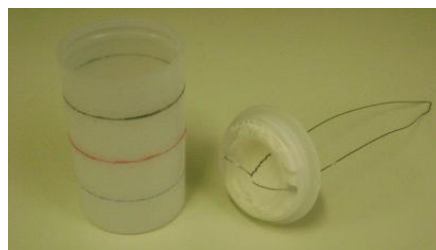


Figura 1 – Corpo de teste que é submetido à ação da força de empuxo.

sua independência em relação ao peso do corpo de teste. Para isso, inicialmente inserem-se dentro da embalagem plástica de filmes fotográficos duas esferas metálicas de diâmetro igual a 16 mm e, em seguida, fecha-se o recipiente. Com o auxílio do dinamômetro, mede-se o peso do corpo no ar. Na sequência, com as esferas dentro da embalagem plástica fechada e presa ao dinamômetro, deve-se mergulhá-la completamente na água contida no bquer (sugere-se um volume de 600 mL de água). Ao mergulhar, é preciso ter cuidado para que o corpo não toque o fundo do bquer e o dinamômetro fique totalmente fora da água (Fig. 2). Solicita-se, então, que os alunos anotem os valores encontrados para o peso do corpo quando medido no ar (P_c) e quando medido mergulhado completamente na água (P_{apa}).

Na sequência da atividade, insere-se no interior da embalagem plástica de filmes fotográficos mais três esferas com de diâmetro igual a 8 milímetros e repete-se os procedimentos. Novamente é necessário registrar os valores indicados pelo dinamômetro quando o corpo está suspenso no ar e submerso em água. Realiza-se esse procedimento no mínimo mais três vezes. Em cada repetição, acrescentam-se esferas no interior do corpo e se efetuam os procedimentos iniciais. Com os dados de P_c e P_{apa} deve-se organizar uma tabela com três colunas: na primeira, registram-se os valores encontrados para o peso do corpo quando suspenso no ar, na segunda o peso do corpo quando totalmente

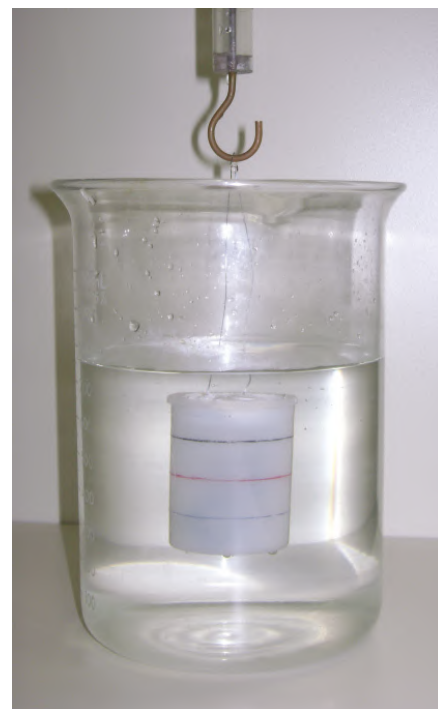


Figura 2 – Corpo mergulhado em água.

mergulhado e, na terceira, o valor encontrado para a diferença $P_c - P_{apa}$. Os resultados devem induzir a interpretação dessa aparente perda de peso do corpo de teste como sendo a força de empuxo (E) exercida pelo fluido sobre o corpo.

A partir da tabela, constrói-se o diagrama da força de empuxo em função do peso do corpo de teste. A interpretação dos resultados levará à verificação de que a força de empuxo não depende do peso do corpo mergulhado.

Na segunda parte da atividade, pretende-se que os estudantes observem a relação existente entre a força de empuxo e o volume de líquido deslocado. Para isso, os procedimentos são os mesmos, ou seja, colocam-se, no interior do recipiente, esferas metálicas e mede-se seu peso fora e dentro da água. Porém, nessa etapa da atividade, deve-se submergir a embalagem somente até a marcação que corresponde a $\frac{1}{4}$ de seu volume. Como na atividade anterior, devem-se repetir os procedimentos no mínimo cinco vezes, em cada repetição usam-se números diferentes de esferas e registram-se os valores de P_c e P_{apa} . Na sequência, repetem-se os mesmos procedimentos com a embalagem sendo submersa em $\frac{1}{2}$ de seu volume e, por fim, com a embalagem sendo submersa até $\frac{3}{4}$ de seu volume (Fig. 3).

Com os valores de P_c e P_{apa} para cada situação, constrói-se uma nova tabela, que terá nove colunas, as três primeiras relacionando o P_c , P_{apa} e E para a situação em que o corpo foi submerso até $\frac{1}{4}$ de seu volume, as três seguintes para os valores encontrados quando o corpo foi submerso até $\frac{1}{2}$ de seu volume e, nas três últimas, os valores obtidos durante a submersão de $\frac{3}{4}$ do volume do corpo.

A partir da tabela constroem-se, em um mesmo diagrama, as curvas que representam a força de empuxo em função do peso do corpo quando ele está submerso $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ de seu volume. Através da interpretação dos resultados encontrados, os alunos podem concluir

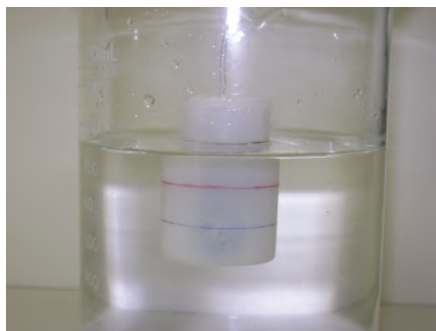


Figura 3 – Corpo submerso até $\frac{3}{4}$ de seu volume.

que o empuxo depende de volume do fluido deslocado e que essas grandezas são diretamente proporcionais.

Implementação da atividade proposta

Com o objetivo de obter elementos que identifiquem os efeitos dessa atividade no estudo do princípio de Arquimedes em nível médio, testou-se a atividade proposta com os estudantes da turma 201, da segunda série do Ensino Médio da Escola Redentorista Instituto Menino Deus (IMD), do município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Para essa implementação, a turma – composta de 36 estudantes – foi dividida em nove grupos. Após expor os objetivos da proposta, fazer uma breve revisão dos conceitos envolvidos, apresentar a metodologia utilizada e distribuir os materiais necessários, solicitou-se aos estudantes que, ao término da atividade, além da construção da tabela e dos diagramas, também elaborassem um pequeno relato contendo as conclusões obtidas na atividade.

Durante a realização da atividade, os estudantes demonstraram-se motivados, interessados e completamente comprometidos com os objetivos do trabalho. A Tabela 1 e o diagrama contido na Fig. 4 apresentam os resultados obtidos por um dos grupos durante a primeira parte da atividade.

Através das conclusões expressas pelos estudantes no relato final da atividade, foi possível perceber que eles foram capazes de concluir que a intensidade da força de empuxo não depende do peso do corpo imerso no fluido. Conclusão que pode ser exemplificada no seguinte trecho do relatório final do grupo 1: “...quando aumenta o número de esferas no recipiente, aumenta o peso do corpo no ar. Porém, esse aumento no peso do corpo não provoca alteração no valor do empuxo. Assim, conclui-se que o empuxo é constante para um corpo de mesmo volume totalmente imerso em um fluido”. Essa conclusão é partilhada pelos demais grupos, uma vez que se apresenta em todos os relatos.

A seguir, são apresentados a Tabela 2, elaborada pelo grupo 1 durante a realização da segunda parte da atividade experimental, e o diagrama (Fig. 5), construído pelo mesmo grupo, que expressa a relação entre a intensidade da

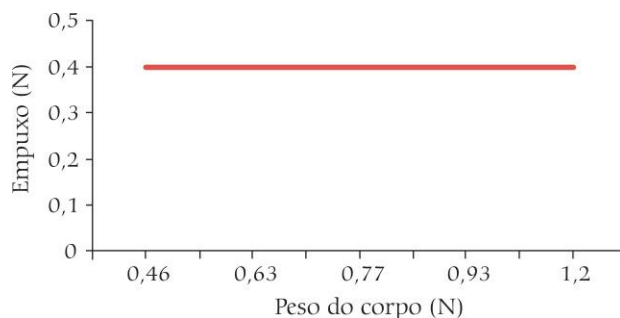


Figura 4 – Diagrama E vs. P_c construído pelo grupo 1 ao término da primeira parte da atividade.

Tabela 1 – Valores obtidos para P_c e P_{apa} pelo grupo 1 durante a primeira parte da atividade.

P_c (N)	P_{apa} (N)	$E = P_c - P_{apa}$ (N)
0,46	0,06	0,40
0,63	0,23	0,40
0,77	0,37	0,40
0,93	0,53	0,40
1,20	0,80	0,40

força de empuxo e o volume do corpo submerso.

Nessa segunda parte da atividade, os relatos dos estudantes comprovam que eles compreenderam a relação existente entre a intensidade da força de empuxo e o volume do corpo submerso. Isso se torna evidente em uma das partes do relato final dos membros do grupo 1 que afirmam: “...quanto mais submerso estiver o corpo, maior é o empuxo sofrido por ele. Assim, podemos concluir que o empuxo depende de quanto o corpo está submerso e não depende do peso do corpo”.

Conclusão

A atividade proposta é uma alternativa interessante para professores de nível básico mostrarem a existência da força de empuxo, assim como a relação que há entre a intensidade dessa força, o peso do corpo e o volume de fluido deslocado, uma

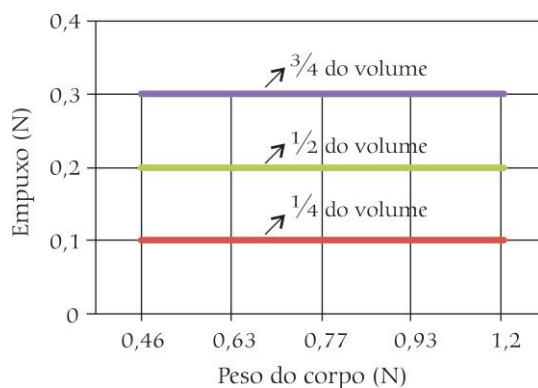


Figura 5 – Diagrama E vs. P_c construído pelo grupo 1 ao término da segunda parte da atividade.

Tabela 2 – Valores obtidos para P_c e P_{apa} pelo grupo 1 durante a segunda parte da atividade.

$\frac{1}{4}$ do volume			$\frac{1}{2}$ do volume			$\frac{3}{4}$ do volume		
P_c (N)	P_{apa} (N)	$E = P_c - P_{apa}$ (N)	P_c (N)	P_{apa} (N)	$E = P_c - P_{apa}$ (N)	P_c (N)	P_{apa} (N)	$E = P_c - P_{apa}$ (N)
0,46	0,36	0,10	0,46	0,26	0,20	0,46	0,16	0,30
0,63	0,53	0,10	0,63	0,43	0,20	0,63	0,33	0,30
0,77	0,67	0,10	0,77	0,57	0,20	0,77	0,47	0,30
0,93	0,83	0,10	0,93	0,73	0,20	0,93	0,63	0,30
1,20	1,10	0,10	1,20	1,00	0,20	1,20	0,90	0,30

vez que utiliza materiais alternativos e busca propiciar uma maior proximidade entre os conceitos físicos estudados em sala de aula e o mundo no qual os estudantes estão inseridos. A partir da implementação da atividade, ficou evidenciado

que os objetivos foram alcançados, pois, no decorrer da atividade, os estudantes demonstraram-se interessados, curiosos e altamente motivados. Acharam a aula atrativa e comentaram que gostariam que outros conteúdos também fossem abor-

dados da mesma maneira. Os resultados obtidos se mostraram muito próximos do esperado, o que valida ainda mais a atividade experimental, tornando-a uma excelente opção para professores desse nível de ensino.

Referências

- [1] Brasil, PCN+ *Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2002).
- [2] M.M. Pereira, in: Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, 2009. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0140-2.pdf>, acesso 19/9/2011).
- [3] C.M.A. Torres, N.G. Ferraro, P.C.N. Penteadó e P.A.T. Soares, *Física: Ciência e Tecnologia* (Ed. Moderna, São Paulo, 2001).
- [4] R.A. Serway e W. Jewett Jr, *Princípios de Física – Mecânica Clássica* (Ed. Cengage Learning, São Paulo, 2009).



.....
Antonio Romero Lopes Neto
 no Liceu de Artes e Ofícios de São
 Paulo, São Paulo, SP, Brasil
 E-mail: antonio-romero@uol.com.br

Professor de física há alguns anos, deparo-me constantemente com a dificuldade de abstração e estabelecimento de relações, tão necessárias para o aprendizado dessa disciplina, por parte não só dos alunos, mas também dos professores que a ministram.

Como já discutido em situações anteriores, a “disciplinarização” ou compartimentalização do conhecimento se fez necessária em um momento em que se massificou o ensino, no intuito de torná-lo acessível a todos. Não há dúvida que tal procedimento traz prejuízos ao ensino, visto que a excessiva especialização tende a alijar do contexto determinados conhecimentos.

Em um exemplo claro, em nossa área mesmo, é a cinemática: há conhecimento mais inútil? Na cinemática (no Ensino Médio, é claro), tratamos a velocidade e a aceleração como grandezas escalares e constantes, em uma clara violação das leis da natureza! No entanto, professores, coordenadores e principalmente alunos, engolem essa falácia e perpetuam um conhecimento desprovido de contexto e significado.

Os exemplos negativos não param por aí: as leis de Newton, inércia, dinâmica e ação e reação são tidas como verdades absolutas, exigindo de mestres e alunos a decoração de conceitos, sem relacioná-los com o cotidiano. Por outro lado, como ensinar física moderna e relatividade sem antes compreender os fundamentos da física clássica?

No mundo atual sabe-se muito mais de um dedo do que se sabia do corpo humano inteiro há trinta anos! Como não segmentar o ensino e o conhecimento por ele promovido em um mundo tão complexo e repleto de informações, e como

transformar informação em conhecimento nesse contexto?

Organizar currículos por projetos de trabalho é algo extremamente utópico nos dias de hoje: a estrutura de todo o ensino no Brasil se organiza em disciplinas. Possivelmente, nas séries iniciais, tais barreiras sejam mais facilmente transpostas, mas a partir do segundo ciclo e principalmente no Ensino Médio, tal intento representa mais que um desafio: é uma verdadeira luta quixotesca contra moinhos de vento. Como integrar disciplinas se nos vestibulares elas serão cobradas individualmente? Felizmente, observamos nos últi-

mos anos um movimento contrário: ENEM e algumas instituições integram em um mesmo texto os conhecimentos de diversas áreas.

O ensino por projetos tende a trazer ao aluno a significância do saber. Não basta agora decorar fórmulas e teoremas, deve-se saber onde estes se aplicam ao seu dia-a-dia.

No entanto, integrar por integrar, na utopia do multi, trans, poli ou interdisciplinaridade, acompanhando algo que surge como o novo modismo da educação, não passa disso mesmo: atendimento a um modismo, mais um modelo importado e enfiado goela abaixo dos educadores. Pedagogos de gabinete, que jamais pisaram em uma sala de aula real, fundamentam suas teses em estágios, escolas de aplicação ou cursos de formação de professores, onde no máximo têm uma visão parcial das venturas e desventuras dos educadores reais, que para sobreviverem abarrotam-se de aulas e, por consequência, de provas, diários, trabalhos, recuperações...

Um projeto de ensino remete a reflexões: como ou porque devo ensinar tal

O ensino por projetos tende a trazer ao aluno a significância do saber. Não basta agora decorar fórmulas e teoremas, deve-se saber onde estes se aplicam ao seu dia-a-dia

Este artigo tem por finalidade descrever uma experiência bem sucedida no ensino de física através da utilização das leis de Newton para construção de um objeto material em atendimento a um desafio. Os alunos envolvidos cursavam o primeiro ano do Ensino Médio e técnico integrado.

assunto? Como torná-lo no mínimo plausível? Como revesti-lo de significado? Como torná-lo mais interessante que os múltiplos estímulos a que os jovens estão submetidos? Além disso, ao organizar um currículo por projeto, obrigamos os professores a mais reuniões, desde a elaboração, escolha dos temas, sistemas de avaliação e acompanhamento. Mais sobrecarga de trabalho! Nesse panorama nada amigável, pequenas atitudes, como integrações parciais, de apenas duas ou três disciplinas, configuram-se uma proposta alternativa razoável, um ensaio, uma prospecção.

Metodologia

Na ânsia de que meus alunos extrapolassem as paredes da sala de aula e vissem um significado para tantas fórmulas e equações, propus um trabalho diferente para o fechamento do segundo trimestre, justamente após todo o massacre da cinemática e leis de Newton. Antes é claro, planejei adequadamente e prospectei possíveis resultados, afinal, são nove salas de primeiros anos, perfazendo quase 300 alunos! Brincar com suas cabeças é algo inimaginável!

A proposta: denominei "Projeto OVO" - Utilização das leis de Newton no desenvolvimento de uma embalagem resistente a quedas". O desafio, tal qual foi entregue aos alunos, está anexado junto a um sistema de avaliação. Basicamente, consiste no projeto e confecção de uma caixa onde seria colocado um ovo de galinha cru, sendo esta lançada de uma altura equivalente a dois andares (cerca de seis metros) (Fig. 1). Após a queda, o ovo obviamente deveria estar intacto. Deviam ser usados exclusivamente materiais de reuso (reciclados). Apenas cola, fitas colantes e materiais de fixação ou decoração, desde que não influenciassem nos resultados, poderiam ser novos (Fig. 2).



Figura 1 - Embalagem com "cintos de segurança".

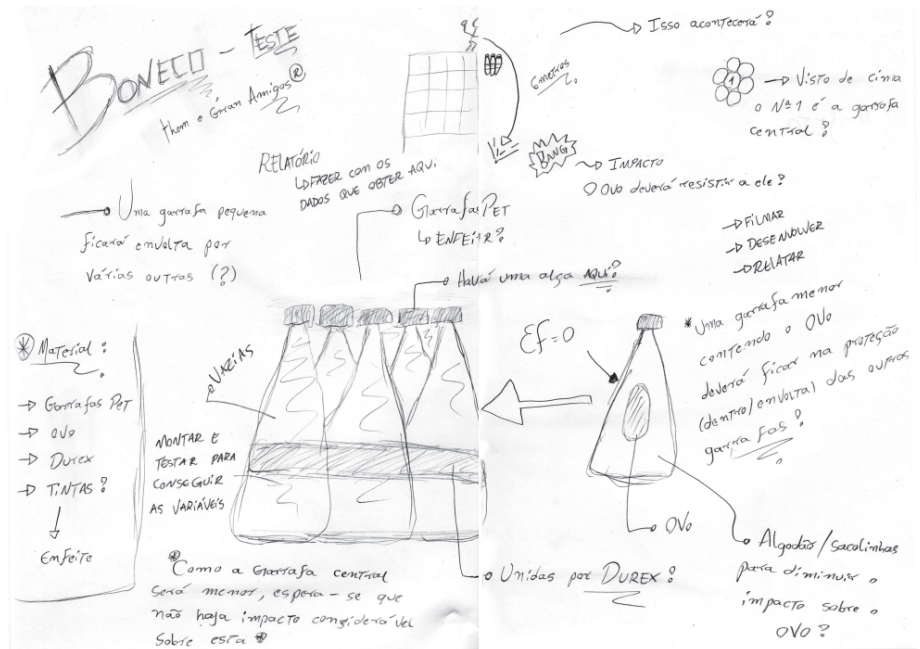


Figura 2 - Diagrama de projeto.

A caixa em si não representaria um desafio à altura dos alunos, pois poderiam partir da antiga e consagrada técnica do empirismo, ou tentativa e erro. Mas o fato relevante aqui se deu pela elaboração de um relatório experimental simplificado, onde o grupo de alunos devia explicar, inclusive com cálculos, o sucesso ou não de seu protótipo. Esse foi o grande desafio: integrar teoria e prática.

No relatório (Fig. 3), além do embasamento teórico, dos cálculos e fotografias os alunos precisavam elaborar uma conclusão ou discussão final, estabelecendo um diálogo entre a teoria estudada e os resultados obtidos, mostrando o que eles realmente aprenderam além dos livros. Os testes foram realizados nas dependências da escola, onde os funcionários da manutenção montaram um conjunto de andaimes (Fig. 4), que contava ainda com um suporte composto por uma barra de ferro com uma roldana. Os protótipos construídos pelos alunos dispunham de uma alça, para sua suspensão através de um gancho fixado a uma corda. Os testes se configuraram em um evento de proporções apreciáveis, assistidos por praticamente toda a escola. A cada embalagem que atingia seu objetivo, ouvia-se a satisfação dos construtores expressa em gritos e aplausos (Fig. 5).

Apenas pelos testes o projeto já seria vitorioso, tal o empenho dos alunos com pesquisas de diferentes materiais e técnicas construtivas. Vale ressaltar que entre os

Altura de lançamento = 5,2 metros
Tempo de queda = 1,1 segundos
Massa do ovo = aproximadamente 45 gramas
Massa do protótipo = 0,535 quilogramas
Aceleração da gravidade = 9,8m/s

$$V^2 = V_0^2 + 2a\Delta S$$

$$V^2 = 0 + 2 \cdot 9,8 \cdot 5,2$$

$$V = 10,0955 \text{ m/s}^2$$

$$a = V/t$$

$$a = 10,0955/1,1$$

$$a = 9,177 \text{ m/s}^2$$

$$F = m \cdot a$$

$$F = 0,535 \cdot 9,8$$

$$F = 5,253 \text{ Kg}$$

$$P = F/A$$

$$P = 5,243/16,15,5$$

$$P = 0,02014 \text{ Kg/cm}^2$$

Desaceleração:
 $a = v/t$, sendo $v = 10,0955 \text{ m/s}$ e t um valor muito próximo de zero, o protótipo possui desaceleração de aproximadamente dez metros por segundo ao quadrado

Figura 3 - Cálculos realizados por um dos grupos.

alunos havia duas salas de técnicos em edificações e, aparentemente, estruturas e cálculos associados lhes deveriam parecer familiares.

As estruturas construídas por eles em muito superaram minhas expectativas: conjuntos de molas, proveniente de espirais de cadernos, treliças de papel ou papelão, cintos de segurança e air bags, feitos de tecido e barbantes, uma parafernália



Figura 4 - Local dos testes. Em detalhe: andaimes de lançamento.

digna dos mais avançados cursos de criatividade para engenheiros! (Fig. 6). Mas nada disso teria valia se não estivesse acompanhado do respectivo relatório, onde se elucidaria cada fase do projeto, demonstrando claramente a intenção de seus criadores com cada material e sua disposição, os estudos das leis de Newton com cálculos, diagramas de força (Fig. 7) e demais particularidades, e, principalmente, as conclusões e discussões finais. A seguir, excertos dos relatórios dos alunos:

"... as somatórias de forças do protótipo são mais complicadas que uma somatória de força de, por exemplo, uma treliça, pois na somatória de força nas treliças só há um tipo de força, mas no protótipo era mais de uma força atuando sobre o corpo."

"Nós observamos que as leis de Newton podem determinar desde pequenos problemas, como realizar esse protótipo, até problemas em escala universal, como descrever o movimento de planetas..."



Figura 5 - Grupos comemorando resultado positivo. Em detalhe: embalagem aberta.

"Com a realização deste projeto, conseguimos observar que as leis de Newton estão inseridas em nossas vidas, mais frequentemente do que imaginávamos e também aprendemos como a lidar com elas..."

"Nós não tínhamos todos os conhecimentos físicos e matemáticos necessários para criarmos uma idéia de protótipo a partir de cálculos, porém, conhecendo algumas propriedades dos materiais e os

requisitos que o projeto deveria cumprir, como manter o sistema todo em equilíbrio, pudemos criar o experimento e após isso achar argumentos matemáticos para explicação"

"As leis de Newton estão em todos os momentos, em todos os movimentos e ações da natureza, pois em todo momento estamos exercendo alguma força, estamos nos movimentando, estão havendo resistências e reações a este movimento."

"A tarefa de criar um recipiente que impedisse a quebra do ovo nos pareceu inicialmente muito difícil ou até mesmo impossível. No entanto, percebemos que, relacionando conteúdos simples que aprendemos em classe, como as três leis de Newton, poderíamos confeccioná-lo sem grandes dificuldades."

"O desafio de criar uma embalagem que suportasse uma queda livre de seis metros nos pareceu algo pesado e de grandes elaborações. Porém, aplicando as temáticas descritas anteriormente, através dos conceitos estudados ao longo da etapa, percebemos que a tarefa não foi complicada como parecia"

"...pudemos perceber que a física se encaixa em praticamente todos os momentos do nosso dia a dia..."

"Observamos então... diversos conceitos aprendidos em sala de aula, tais como ação e reação, pres-



Figura 6 - Embalagem com molas e amortecedores de algodão.

são, inércia, força normal, velocidade e aceleração..."

"...usamos as leis de Newton para as coisas mais fúteis do nosso dia a dia e que mesmo às vezes utilizamos essas leis e nem sabemos disso, como no caso da embalagem resistente."

"Pesquisamos vários livros e assuntos correlatos, observando que em sua maioria os eventos tratados de forma bastante teórica e inconsistente se comprovam na prática."

"O que podemos concluir e tirar como aprendizado dessa experiência é que para fazer o protótipo funcionar não é necessário o uso de materiais sofisticados ou de alta tecnologia, e sim de um estudo lógico, por meio de contas, testes e principalmente princípios físicos existentes, os quais explicam fenômenos ocorridos que vivenciamos diariamente de uma maneira inteligente e racional."

Estes são alguns trechos das conclusões dos alunos, escolhidos por mim, tarefa difícil, pois todos os quase 50 relatórios apresentavam reflexões interessantes.

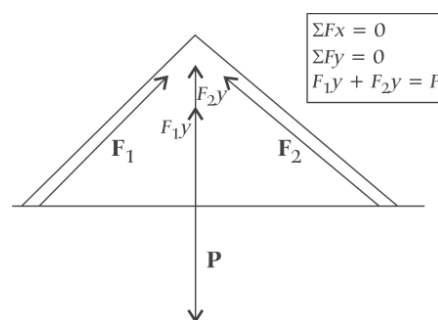


Figura 7 - Diagrama de forças atuantes na embalagem segundo a visão dos alunos.

Preservei a escrita dos próprios alunos, todos de primeiro ano do Ensino Médio, com idades entre 14 e 16 anos.

Conclusões e discussões finais

Frequentemente fala-se da apatia dos alunos em sala de aula e da dificuldade que os mesmos apresentam quando do estudo das disciplinas física, química e matemática. O fato de hoje colhermos os frutos de experiências ou teorias mal implantadas, como a “aprovação automática”, dificulta e explica em parte tais obstáculos, mas de maneira nenhuma inviabiliza o aprendizado dos mais refinados teoremas e proposições. Ao organizar um currículo ou ao menos parte dele por projetos de ensino, tem-se a oportunidade de dar significado ao aprendizado, trazendo para o mundo real conceitos tão difíceis de aprender em sala de aula e tão desprovidos de significado para os alunos. As perguntas que sempre nos rondam, a cada novo assunto ou conceito, “para que me serve isso?” ou “onde eu vou usar isso?”, pelo projeto em si já são respondidas.

Minhas conclusões, como professor, são que quando desafiados, nossos alunos podem nos surpreender. Como relatei ao longo deste texto, os quase trezentos alunos resultaram em cerca de 50 grupos de trabalho, ou seja, 50 protótipos e 50 relatórios. Destes, apenas cinco não atingiram o objetivo (não quebrar o ovo) e menos de 10 não apresentaram relatório adequado.

A formação do aluno, em um contexto de projeto de trabalho, permite a prática pedagógica, centrada no desenvolvimento e associação de atitudes intencionais. Um projeto de trabalho requer um conjunto de tarefas que tendem a um progressivo envolvimento dos alunos, seja no contexto social ou individual, com ou sem orientação do professor. Um desafio ou projeto de trabalho situa-se como uma proposta de intervenção pedagógica que dá a atividade de aprender um novo sentido, em vista às tentativas de resolução da situação problema. Um projeto gera situações de aprendizagem para muito além dos muros da escola, propiciando aos educandos momentos de reflexão, pesquisa, construção da autonomia, do espírito de liderança, da convivência e do trabalho em grupo, atividades muito pouco ou nada trabalhadas em sala de aula. Ao ter a oportunidade de

decidir, escolher, opinar, criticar, dentro do projeto de trabalho, o aluno gera novas necessidades de aprendizagem,

tornando-a ativa, interessante, significativa, real. A educação formal passa a ser então agradável, estimulante, divertida.

Anexo 1

Objetivo

O principal objetivo deste projeto é o desenvolvimento de uma embalagem para um ovo de galinha cru que suporte uma queda de até dois andares (cerca de seis metros).

Objetivo didático

Ao longo do segundo trimestre os alunos estudaram as três leis de Newton, desde a inércia e a estática, culminando com a dinâmica. No desenvolvimento dessa embalagem eles farão uso e aplicarão todos os princípios envolvidos nesses tópicos. Saindo do estudo teórico, em uma aplicação real e concreta, com a resolução do problema e a construção de um protótipo, tais conhecimentos alcançarão um nível de significância que levará os alunos à fixação e internalização dos mesmos.

Metodologia

Divididos em grupos de até cinco componentes, os alunos confeccionarão uma embalagem que resista à queda de uma altura pré-determinada, tendo em seu interior um ovo de galinha cru que, obviamente, deve estar intacto ao fim do processo.

Regras

- Os materiais utilizados na confecção do protótipo deve obrigatoriamente ser de reuso (recicláveis). Exemplos: garrafas PET, Papel, papelão, espuma, isopor, etc.
- O ovo a ser utilizado deve ter seu conteúdo retirado por um pequeno orifício e preenchido por água na mesma quantidade ou massa que o original.
- A embalagem deve ser acompanhada de um Relatório Técnico, com memorial descritivo do projeto, além de desenhos, esquemas e principalmente os cálculos necessários a sua confecção.
- O tamanho limite para a embalagem é de 50 x 50 x 50cm.
- A embalagem deve ter uma abertura

por onde será colocado e retirado o ovo.

- Poderão ser usados elementos de fixação como cola, fita adesiva e barban-te, além de decorativos, como papel e tinta.

- A altura para teste será de dois andares, cerca de seis metros.

- A queda deve ser livre, isto é, não serão permitidos artifícios que retardem ou amenizem a queda, como pára-quadras ou efeito planador.

- Todo o desenvolvimento e testes devem ser documentados com fotos e/ou vídeos.

Acarretará desclassificação automática, com nota atribuída igual a zero, para toda a equipe, qualquer desobediência as regras estabelecidas.

A data de entrega dos protótipos e relatórios é inegociável e será estabelecida com base nas atividades da Semana de Ciência e Tecnologia.

Avaliação

O protótipo e a documentação gerada serão avaliados por uma comissão julgadora, escolhida ou convidada pelo coordenador do Ensino Médio e pelo professor de física.

A avaliação dos resultados obtidos e do Relatório Técnico comporão a nota P1 do 3º trimestre de 2010, variando de zero a 10 pontos.

Relatório

1. Estar de acordo à formatação do modelo fornecido e discutido;
2. Conter calculos, esquemas e explicações dos diagramas de forças;
3. Bibliografia;
4. Redação;
5. Reportagem do passo-a-passo.

Protótipo

1. Cumprir o objetivo;
2. Materiais;
3. Criatividade;
4. Dimensões;
5. Trabalho claro e apenas do grupo.

Saiba mais

E. Morin, *A Cabeça Bem Feita: Repensar a Reforma, Reformar o Pensamento* (Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2008).

R. Hernandez e M. Ventura, *A Organização do Currículo por Projetos de Trabalho* (Artes Médicas, Porto Alegre, 1998).



Ensinar física para alunos do século XXI: como ensinar unidades e medidas - Meio metrinho ou meio metrão?

.....

Márcio Medina

Departamento de Física, Colégio Pedro II, Niterói, RJ, Brasil e
Colégio QI, Unidade Botafogo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: medinaprofessor@gmail.com

.....

Certa vez, em um início das aulas, fui surpreendido com uma discussão entre dois alunos praticantes de surfe. Estavam conversando sobre o tamanho das ondas do mar naquele último fim de semana. Discordavam, no entanto, se as ondas tinham meio-metrinho ou meio-metrão. Fiquei assustado e me meti na conversa, afinal meio-metro é metade de um metro em qualquer lugar do mundo, nem para mais nem para menos; é meio metro e ponto! E disse isso a eles. Eles se entreolharam e disseram que eu não entendia nada de surfe. Eu retruquei dizendo que eles não sabiam nada de medidas. A turma se apresentou muito curiosa querendo saber onde tudo aquilo ia dar. Era uma turma da primeira série do Ensino Médio e a aula inaugural seria sobre unidades. Curiosamente eu ia citar outro exemplo, seria o litro e o 'litrão', para identificar a garrafa de 1 L e de 2 L (o litrão!) de refrigerante, mas eu preferi aproveitar aquele assunto que surgiu na sala.

Perguntei ao grupo, então, se eles sabiam quanto valia um metro, pedi que indicassem com as mãos, com o corpo, com passos, mas sem utilizar nenhuma régua ou fita métrica. Pedi que comparassem suas medidas com a dos seus colegas, e notou-se que praticamente todas eram distintas umas das outras.

Então perguntei quanto valia um pé. Imediatamente um dos alunos respondeu "30 cm". Perguntei se todos concordavam. Eles não sabiam. Então eu levantei a questão: Vocês preferem comprar um terreno de 100 pés medido com o meu pé, tamanho 42... – e apontando para a menor aluno da sala –

...ou com o pé dele, tamanho 36? – todos riram – Com o pé de quem então, de que pé estamos falando? – E desta vez começaram a se manifestar, até que um dos presentes gritou – É o pé de alguém importante. Um rei, um santo, um imperador... – Exatamente! – eu exclamei – Alguns acreditam que a medida original do pé inglês era a do rei Henrique I da Inglaterra, que tinha um pé de 30,48 cm. Ele desejava padronizar a unidade de comprimento na Inglaterra. Porém é improvável que o tamanho do pé de um rei tenha se mantido como valor padrão até os dias de hoje. E assim comecei a contar-lhe a história das medidas até a criação do Sistema Internacional de medidas, o SI.

Após contar toda a história apresentei o padrão do SI orientado pelo Inmetro, houve um rápido silêncio e logo começaram diversos questionamentos: "Mas eu não sei escrever k minúsculo!"; "Eu nunca aprendi isso, nem sabia que existia um padrão!"; "Então eu vejo tudo escrito errado?".

A partir daí foi proposto um trabalho de investigação. Eles deveriam catalogar com fotografias a partir de máquinas comuns, digitais ou até mesmo com seus aparelhos celulares, ou ainda por recortes, unidades escritas de forma errada em seu dia-a-dia, no comércio, nos jornais e revistas, nas placas de trânsito, outdoors, etc.

Eles teriam um prazo de 15 dias para trazer os resultados. No mínimo 10 fotos por aluno. Poderiam entregar os recortes de jornais e propagandas colados em uma folha de papel, as fotos impressas em papel fotográfico ou por meio digital (e-mail, álbum digital, powerpoint, orkut, facebook, flickr).

Dois alunos praticantes de surfe conversavam sobre o tamanho das ondas do mar, discutindo se elas tinham meio-metrinho ou meio-metrão. Meti-me na conversa, afinal meio-metro é metade de um metro em qualquer lugar do mundo. Eles se entreolharam e disseram que eu não entendia nada de surfe...

Este artigo propõe uma maneira lúdica de se ensinar o Sistema Internacional de Unidades através de um processo investigativo do mundo que nos cerca. A prática foi aplicada em duas escolas do Rio de Janeiro, uma pública e outra privada. Ensina através do reconhecimento dos erros de grafia das unidades em placas de trânsito, propagandas e embalagens, tornando assim um aprendizado mais interessante e pertinente para a vida.



Figura 1 – Erros em unidades mais comumente repetidos.

Foram apresentadas por cada aluno um conjunto com 10 fotos contendo, no mínimo, 1 (um) erro de grafia das unidades. Destaquei, na Fig. 1, fotos com os erros que apresentaram o maior número de repetição.

Durante a entrega das fotos há inúmeros comentários e indignação dos alunos ao perceberem a quantidade de erros cometidos em seu cotidiano principalmente em placas pagas pelo contribuinte. Tudo isso se destaca como um grande indicador da aprendizagem do assunto, além de um aprendizado para a vida.

A avaliação

Passados quase dois meses, ao final do trimestre escolar, ocorreram as provas trimestrais. Colocamos uma questão adaptada de um exame de vestibular.

Um estudante mandou o seguinte e-mail a um colega:

“No último fim de semana fui com minha família à praia. Depois de 2 hs de viagem, tínhamos viajado 110 Km e paramos durante 20 MIN para descansar e fazer compras em um shopping. Meu pai comprou 2 kg de queijo colonial e minha mãe 5 L de suco concentrado. Depois de viajarmos mais 1 h, com uma velocidade média de 80 KM/H, chegamos ao destino.”

Identifique os erros referentes à grafia

das unidades, nesse e-mail e reescreva-os da forma correta.

O resultado dos alunos na questão foi:

Acertaram integralmente	62	73,8%
Erraram uma unidade	11	13,1%
Erraram duas unidades	9	10,7%
Corrigiu a unidade errada	1	1,2%
Errou integralmente	1	1,2%

Para nossa surpresa dos 84 alunos, 62 alunos (73,8%) acertaram integralmente, souberam identificá-las e corrigi-las e o único aluno que errou a questão foi aquele que não realizou o trabalho

Conclusão

Esse trabalho já vem sendo desenvolvido há alguns anos em uma escola particular e em uma escola federal sempre no primeiro ano do Ensino Médio e os reflexos do aprendizado é percebido nos dois anos seguintes. Salvo aqueles alunos que vêm transferidos de outra escola ou de outra unidade que não realizaram essa atividade sofrem um certo desconforto ao perceberem que ignoravam tais regras, mas por pouco tempo, eles acabariam aprendendo com os próprios colegas da turma.

O mais interessante é que o envolvimento dos discentes nesse trabalho inicial extrapola a própria sala de aula. Eles acabam consertando os demais professores das outras disciplinas quando escrevem as unidades de forma errada. Corrigem os cartazes e informes da secretaria e do grêmio escolar quando desobedecem

Unidades e medidas mais frequentemente utilizadas

As unidades do SI podem ser escritas por seus nomes ou representadas por meio de símbolos. É importante frisar que **símbolo não é abreviatura**. Apresentamos a seguir algumas unidades de uso frequente e seus usos correto e errado.

Unidade	correto	errado
Segundo	s	seg; sec
Hora	h	H; hs; hr
Metro	m	M; mtr
Litro	L	lt; lts
Quilograma	kg	K; Kg; kgr

Como não são abreviações, as unidades não são seguidas de pontos.

Os símbolos das unidades de tempo hora (h), minuto (min) e segundo (s) são escritas com um espaço entre a quantidade e o símbolo:

15 h 23 min 13 s

quaisquer partes da regra. E acabam envolvendo também os próprios pais, que, em sua maioria, desconheciam o assunto e acabam aprendendo com seus filhos.

É notável que essa pequena atividade, além de despertar a curiosidade dos alunos e ser de fácil execução, é capaz de envolver várias áreas do conhecimento, vários grupos de pessoas, desperta o interesse pela ciência viva em nosso dia-a-dia.



.....
Cássio Leite Vieira

Instituto Ciência Hoje, Rio de Janeiro,
 RJ, Brasil

E-mail: cassio@cienciahoje.org.br

No obituário que o New York Times publicou em 20 de outubro de 1937, lia-se que poucos humanos atingiram, em vida, a imortalidade – e, muito menos, o Olimpo. O destinatário de tão eloquente elogio – morto no dia anterior – foi um explorador do infinitamente diminuto e complexo interior do átomo, universo que ele foi o primeiro a penetrar.

As palavras refletem a extensão da fama do físico neozelandês Ernest Rutherford, cuja biografia lembra a de heróis de contos infantis em que garotos pobres, da periferia, se tornam nobres e admirados por seus feitos e seu caráter.

A obra científica de Rutherford impressiona. Mas ele será sempre lembrado como aquele que escavou o átomo a fundo e, de lá, trouxe ao mundo o coração da matéria, o caroço duro e diminuto que ele batizou núcleo atômico. O percurso até aí, porém, foi longo e árduo.

Para entender Rutherford e suas descobertas sobre a radioatividade, a estrutura dos átomos e a transmutação dos elementos, é preciso descrever, ainda que brevemente, a física do final do século 19, da qual ele é fruto. Nas palavras do historiador da ciência Erwin Hiebert [1], esse cenário era marcado: i) por uma crescente percepção de uma unidade das ciências físicas; ii) pela urgência em abarcar os fenômenos do muito grande e do muito pequeno em uma só visão do mundo; iii) por uma nova atitude (mais ousada) em relação à especulação científica; e, iv) pela ênfase nas colaborações científicas.

Para Hiebert, os físicos estavam prontos para (se preciso) construir um mundo radicalmente novo para englobar os novos (e aparentemente não relacionados) fenô-

menos: elétrons, raios X e radioatividade. Esta última – radiação cuspidamente espontaneamente pelos átomos – era um constrangimento para a física e a química do século 19, que não podiam explicá-la.

Rutherford, depois de um flerte rápido com as ondas de rádio, descobertas em 1887, passou a estudar a radioatividade, que então reunia os elementos básicos para uma (próspera) carreira científica: intrigante, fascinante, promissora e – principalmente – ininteligível. E com pouquíssima bibliografia – como justificou, mais tarde, a física polonesa Marie Curie (1867–1934), ao escolher o tema para seu doutorado naquele final de século.

Esforço e sorte

Nascido em 30 agosto de 1871, em Spring Grove (hoje, Brighwater), área rural ao sul de Nélsion (Nova Zelândia), Rutherford cresceu em família pobre, com pai mecânico e agricultor e mãe professora primária. Era o quarto de 12 filhos. Foi nesse ambiente que, segundo o historiador da ciência Lawrence Badash (1934–2010) [2], se forjaram os princípios que levariam o jovem Ernest da periferia do império britânico ao posto de cientista mais famoso do início do século passado: simplicidade, retidão, economia, energia, entusiasmo e respeito à educação – sempre leu muito ao longo da vida.

Biografias de Rutherford – por exemplo, Arthur Eve [3] – costumam extrapolar para sua juventude o talento de sua maturidade. Porém, pesquisas minuciosas feitas pelo físico e biógrafo John Campbell [4] mostraram que o estudante – talentoso em matemática e física – estava mais para esforçado e iluminado pela sorte do que para “gênio”. Suas oportunidades acadêmicas se concre-

A obra científica de Rutherford impressiona. Mas ele será sempre lembrado como aquele que escavou o átomo a fundo e, de lá, trouxe ao mundo o coração da matéria, o caroço duro e diminuto que ele batizou núcleo atômico

Há 100 anos, um garoto pobre que virou lorde revelou ao mundo o coração da matéria, um caroço duro e diminuto no qual 99,9% da massa do átomo estão concentrados. A descoberta do núcleo atômico – como ele o batizou – iniciou uma nova etapa em uma das mais belas aventuras do conhecimento humano: a resposta à pergunta simples e milenar “De que são feitas as coisas?”

Versão resumida deste texto foi publicada no caderno ‘Ilustríssima’, da Folha de S. Paulo, em 13/3/2011.

tizaram porque os primeiros colocados acabavam, por algum motivo, não aceitando as bolsas de estudo.

Foi uma dessas bolsas que levou Rutherford, em 1895, ao Laboratório Cavendish, em Cambridge (Inglaterra), referência mundial em física experimental. Em fevereiro do ano seguinte, Rutherford finalizou um detector que podia captar ondas eletromagnéticas a até 800 m – um feito tecnológico semelhante a um telégrafo sem fio. Começava assim a manifestar, em continente europeu, sua grande capacidade de imaginar, projetar e construir artefatos, algo incutido nele ainda na infância, ao observar essas habilidades no pai – ainda criança, desmontava relógios para construir miniaturas de moínhos d'água, por exemplo.

Rutherford tentou patentear seu detector – talvez, buscando fama e fortuna, segundo John Heilbron [5] –, mas seus ganhos impossibilitavam essa despesa extra: sua bolsa mal o sustentava, atirando-o no limite entre a pobreza e a miséria. Assim, o desenvolvimento do telégrafo sem fio ficaria a cargo do italiano Guglielmo Marconi (1874-1937), que levaria o Nobel de Física de 1909 pela invenção.

O detector e outras habilidades experimentais de Rutherford impressionaram seu chefe no Cavendish, Joseph John Thomson (1856-1940), que, em 1897, descobriria a primeira partícula subatômica, o elétron – fazendo da palavra átomo ($a =$ não; $tomo =$ divisível, em grego) uma contradição semântica. Explicasse. Até então, pelos últimos dois mil e quinhentos anos, vários modelos de átomos haviam sido idealizados, mas essas entidades diminutas sempre haviam permanecido obedientes aos ditames do filósofo grego Leucipo (c. 500-450 a.C), pai do atomismo: “Toda a realidade consiste em partículas duras e indivisíveis, movendo-se e colidindo no espaço vazio”. Raros foram os cientistas ou pensadores que, até a época de Thomson, arriscaram teorizar sobre um átomo com estrutura interna.

Ao Canadá

Rutherford também desistiu de Cambridge – para ele, um ambiente esnobe. Percebeu que alguém da periferia – ele foi, no Cavendish, um dos primeiros estudantes de pesquisa não formados em Cambridge – teria poucas chances de promoção por lá. A saída foi aceitar, em 1898, uma vaga na Universidade McGill (Canadá),

cujo laboratório de física era um dos mais bem equipados do mundo, graças ao patronato do dono de uma fábrica de tabaco que desprezava o hábito de fumar. Ganhou o emprego indicado por Thomson, que o classificou como o melhor aluno que já tivera. Os resultados que Rutherford obteria naquele laboratório colocariam a física canadense no mapa-múndi da ciência.

Com o auxílio do competente químico inglês Frederick Soddy (1877-1956), Ru-

thorford passou a trabalhar intensamente. Agora, seu objetivo era publicar muito (e bons resultados), para um dia voltar à Inglaterra, onde poderia não só fazer física de primeira, mas também (e mais importante)

estar ao lado de quem a fazia. A ambição profissional sempre foi um traço marcante de sua personalidade. De Montreal, escreveu para sua futura mulher, Mary Georgina Newton (1876-1945), com quem se casaria, em 28 de junho de 1900, em Christchurch (Nova Zelândia): “Quero trabalhar bastante e formar uma escola de pesquisa, para ofuscar todo o brilho dos lanques!” Décadas mais tarde, o ex-físico e escritor inglês C.P. Snow (1905-1980), autor do clássico *As Duas Culturas*, o caracterizou como “exuberante, extrovertido e nada perceptivelmente modesto”.

Em pouco tempo, a dupla Rutherford e Soddy apresentou resultados surpreendentes sobre a radioatividade. Um deles: a emissão de radiação fazia com que um elemento químico se transformasse em outro. Ganhou o nome de transmutação nuclear, teoria que derrubava outra propriedade atribuída ao átomo ainda na Antiguidade: a indestrutibilidade. A transformação cheirava a alquimia – na época, já morta e enterrada –, e Rutherford foi cuidadoso em buscar apoio de químicos renomados, como o britânico sir William Crookes (1832-1919), para a ideia. Com base nessa teoria, calculou a idade das rochas em bilhões de anos, desmontando assim argumentos geológicos, biológicos e religiosos sobre a idade da Terra.

Esses e outros resultados (por exemplo, a descoberta do gás radônio) lapidaram a imagem científica e pública de

Rutherford – que se tornou o “Sr. Radioatividade” – reforçada pela publicação, em 1904, de seu livro *Radio-Activity*, clássico da área. No início do século, sua fama ultrapassava a de Henri Becquerel (1852-1908), o descobridor da radioatividade, e a do casal Pierre (1859-1906) e Marie Curie (1867-1934), que havia descoberto dois novos elementos radioativos, o polônio e o rádio. O trio recebeu o Nobel de Física em 1903. Inicialmente, Rutherford tinha o trio como de competidores. Mais tarde, desentendeu-se (polida e cientificamente) com Becquerel. Com os Curie manteve amizade, e com Marie admiração mútua longo da vida.

Os resultados no Canadá renderam a Rutherford o Nobel de Química de 1908. Química? Sim, porque o assunto radioatividade, para o comitê do prêmio, pertencia a essa área. Rutherford resumiu seu espanto assim: “Lidei com várias e diferentes transformações em diversos períodos, mas a mais rápida com que me defrontei foi a minha própria transformação de físico em químico”. Embutida na frase, há seu preconceito em relação à química – para ele, ciência “malcheirosa”. Por sinal, classificava todos os outros ramos das ciências naturais como “coleção de selos”.

Rumo ao núcleo

O esforço e a perseverança de Rutherford se evidenciaram naquele ano e meio em que ele se debruçou sobre os resultados obtidos pelo físico neozelandês Ernest Marsden (1889-1970) entre 1909 e 1910. A ideia do experimento, baseado no bombardeio de uma folha finíssima de ouro com partículas alfa (núcleos de hélio), havia nascido de observação (desconfiada) feita em um experimento anterior, no qual um feixe semelhante de partículas, depois de atravessar uma folha fina de mica, formava, em um anteparo, uma mancha difusa, um borrão. A intuição demandava – com base no que se concebia ser o átomo e as partículas alfa; estas últimas, para Rutherford, ‘gigantescas’ como átomos – que o feixe não sofresse esses desvios.

Esse mistério permaneceu com Rutherford até que ele e seu assistente, o físico alemão Hans Geiger (1882-1945), resolveram atacar a questão na Universidade de Manchester (Inglaterra), para onde Rutherford havia se transferido, ocupando a vaga deixada especialmente para ele pelo físico anglo-alemão Arthur Schuster (1851-1934). Para a tarefa de

Agraciado com o Prêmio Nobel de Química de 1908, Rutherford comentou: “Lidei com várias e diferentes transformações em diversos períodos, mas a mais rápida com que me defrontei foi a minha própria transformação de físico em químico”

Em 1896, Rutherford tentou patentear um detector de ondas eletromagnéticas, mas não o fez por questões financeiras. Um pouco depois, Marconi apresentava o telégrafo, com o qual ganhou o Prêmio Nobel de Física de 1909

investigar a misteriosa mancha difusa, designaram Marsden, aos tenros 20 anos de idade.

A engenhosidade – lançar partículas contra um alvo – foi tamanha que o experimento é base até hoje para perscrutar o interior do átomo.

As partículas alfa (formadas por dois nêutrons e dois prótons) vinham de uma fonte radioativa e, transformadas em feixe, eram lançadas contra a folha finíssima de ouro (0,00006 cm), que estava circundada por uma tela cintilante. Em sua esmagadora maioria, as partículas alfa, viajando com velocidade comparável à de uma bala de fuzil, atravessavam a folha de ouro, sem praticamente se desviar da trajetória original. Algumas sofriam desvios maiores, atingindo a tela em pontos diversos, que brilhavam com a colisão.

Mas – e aí está o que Rutherford macerou mentalmente por um ano e meio – uma em cada 20 mil partículas, em média, ricocheteava de volta em direção à fonte emissora.

Os cálculos finais de Rutherford sugerem uma caligrafia trêmula – talvez, reação àquilo que ele começava a entender: toda a massa atômica estava concentrada em um caroço central, responsável por desviar ou mesmo rebater de volta as partículas alfa. O átomo, portanto, era um grande vazio. Sintetizou seu espanto dizendo que era como se canhões de grosso calibre atirassem contra uma folha de papel e os projéteis voltassem em sua direção.

O núcleo era diminuto (cerca de 0,000000000001 cm), aproximadamente 10 mil vezes menor que o diâmetro atômico. Se o átomo tivesse o diâmetro do Maracanã, o núcleo seria mais ou menos do tamanho da cabeça de um alfinete. Se juntássemos todos os núcleos do corpo humano, eles não seriam maiores que um grão de areia.

O modelo atômico nuclear de Rutherford desbancou aquele idealizado por Lorde Kelvin (1824–1907) e aperfeiçoado por Thomson, o chamado “pudim de passas”, no qual os elétrons seriam “passas” incrustadas em uma “massa” de carga elétrica positiva. Esse tipo de átomo, pela disposição de seus elementos – ou seja, sem a presença de um núcleo –, não explicava por que as partículas alfa ricocheteavam de volta em direção à fonte emissora de radiação.

O modelo de Rutherford não recebeu muita atenção, mas deu início à viagem da ciência rumo ao centro da matéria. E,

de certa forma, confirmou as ideias de 1903 do físico japonês Hantaro Nagaoka (1865–1950) – citado por Rutherford –, cujo átomo tinha um núcleo gigante, rodeado por elétrons, lembrando os anéis de Saturno.

O alquimista

Em 1919, Rutherford publicou os resultados que o tornariam o primeiro alquimista da história – feito tão impressionante quanto a descoberta do núcleo atômico. No experimento, bombardeou

átomos de nitrogênio com partículas alfa, produzindo oxigênio e, de quebra, o próton, partícula de carga positiva de cuja existência ele já desconfiava desde pouco

depois da proposição por ele da existência do núcleo atômico.

A transmutação de nitrogênio em oxigênio foi seguida, no entanto, de queda significativa de resultados importantes no Laboratório Cavendish, que, desde 1919, estava sob a liderança de Rutherford – herdou-a de Thomson. Nessa altura, Rutherford – que não tinha a física teórica em grande estima – percebeu que precisaria de ajuda para projetar experimentos na área da teoria quântica, que lida com os fenômenos do mundo atômico e subatômico e que ganhou grande impulso na década de 1920. Contratou Ralph Fowler (1889–1944), que, em 1921, casou-se com sua única filha, Eileen Mary Rutherford (1901–1930).

Se tanto fez Rutherford, então por que não recebeu um segundo Nobel? A hipótese mais provável é a de Campbell: o comitê estava certo de que mais um prêmio não acrescentaria nada à fama do físico.

A historiografia da ciência vê em Rutherford as origens da *Big Science*, o tipo de ciência (principalmente física) feito depois da Segunda Guerra, com enormes volumes de dinheiro, grande quantidade de pesquisadores, laboratórios nacionais, temas por vezes ligados a questões militares. Badash [6] enxerga Rutherford como precursor na formação de equipes de pesquisa, nos laboratórios com numerosos integrantes, no grande fluxo de publicações, na internacionalização dos resultados, nos esforços de especialização, nos meios de disseminação da informação e na competição

– cada um deles moeda corrente na ciência atual.

A tese de Badash – apesar de bem argumentada – causa espanto para aquele que conheceu o Cavendish nos tempos heroicos, em que para um aluno, em busca de um cano de aço para um experimento, era dada uma serra e uma bicicleta velha, da qual ele devia extrair o que desejava. Era a física experimental no seu modo mais romântico, com experimentos feitos em um prédio úmido, empoeirado, cheio de fios e equipamentos que se distribuíam sem a menor ordem aparente, empestados pela fumaça dos charutos do chefe, que fazia, para o temor dos estudantes, a ronda diária. Época de físicos com mãos e roupas sujas de graxa.

Nêutron

A indiferença de Rutherford em relação à mecânica quântica – cuja matemática ia muito além de seus conhecimentos – só foi amenizada com a volta dos grandes resultados do Cavendish. Em 1932, James Chadwick (1891–1974) descobriu o nêutron, partícula sem carga elétrica, companheira do próton no núcleo atômico. De modo impressionante, esbarraram nele, pouco antes, Frédéric Joliot (1900–1958) e Irène Curie (1897–1956) – filha de Pierre e Marie Curie. O casal levava o Nobel de Química de 1935 pela obtenção dos primeiros elementos químicos radioativos artificiais.

Chadwick percebeu que aquela partícula, cuspidada depois que átomos de berílio eram bombardeados com partículas alfa, não era um raio gama – como teorizaram Frédéric e Irène –, mas algo que seu chefe, Rutherford, já havia proposto em 1920: o nêutron.

Agora, o modelo atômico parecia se completar: prótons, nêutrons e elétrons. Mas a descoberta ou a proposição de novas partículas subatômicas (pósitron, múon, píon) na década de 1930 viriam

embaralhar o cardápio dos constituintes básicos da matéria, justamente em uma época em que havia muita resistência à aceitação de novos membros nesse clube, cujas portas os físicos sonhavam em fechar. Foi uma época da qual Rutherford desfrutou pouco, assoberbado por palestras, compromissos, cargos e tarefas burocráticas.

Aos pés de Newton

Aquele neozelandês de olhos claros,

Em 1919, Rutherford publicou os resultados que o tornariam o primeiro alquimista da história – feito tão impressionante quanto a descoberta do núcleo atômico

As pesquisas de Rutherford em radioatividade e física nuclear hoje levam conforto e saúde a boa parte da população, por meio de usinas nucleares e equipamentos de diagnóstico e tratamento para o câncer, para apenas dois casos emblemáticos

voz grave e tenebrosa, que metia medo em seus alunos, exigente e com pouca paciência para experimentos que tardavam a dar resultados foi, no entanto, respeitado e admirado. Sua humildade foi reconhecida: não pôs seu nome em artigos importantes, mesmo que a ideia do experimento tenha partido dele. Não pleiteava nem dinheiro, nem equipamento além do que realmente precisava.

Passou por momentos difíceis. O pior foi a morte de sua filha no parto do quarto neto dele. Lutou pela paz mundial (pediu que aviões não fossem usados em guerra), participou do esforço de guerra para deter o avanço nazista, lutou pela liberdade de imprensa e defendeu o direito das mulheres na ciência – sua sogra foi pioneira do movimento pelo voto feminino na Nova Zelândia –, concedendo bolsas e oportunidades para físicas.

Diferentemente do improdutivo Nobel de Física Michael Beard, protagonista de *Solar* [7], Rutherford seguiu impressionando o mundo científico depois do prêmio de 1908. Além disso, dirigiu o Cavendish de grandes feitos na década de 1930, como a descoberta do nêutron e a primeira comprovação experimental da fórmula mais famosa da ciência, $E = mc^2$,

de Einstein. Até 1930, praticamente tudo que havia sido feito sobre a estrutura nuclear havia vindo de Rutherford, escreveu o historiador da física Daniel Kevles [8]. O problema do modelo atômico nuclear – instabilidade, segundo as regras da física clássica – foi corrigido com base na teoria quântica, em 1913, por um de seus ex-alunos em Manchester, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962).

Tornou-se *sir* (1914) e primeiro Barão Rutherford de Nélson (1931). Em seu brasão, escolheu homenagear seu país natal, com símbolos da Nova Zelândia (um pássaro kiwi e um guerreiro maori). Suas pesquisas em radioatividade e física nuclear hoje levam conforto e saúde a boa parte da população, por meio de usinas nucleares e equipamentos de diagnóstico e tratamento para o câncer, para apenas dois casos emblemáticos.

Os restos de Rutherford – morto em 19 de outubro de 1937, aos 66 anos de idade, em Cambridge, por postergar a cirurgia de sua hérnia umbilical em função dos compromissos – estão aos pés do magnífico altar de Isaac Newton (1642-1727), na Abadia de Westminster, em Londres. Assim, aquele que quiser chegar a Newton, para observar o passado, deve-

rá necessariamente passar por Rutherford. Muito justo.

Referências

- [1] Erwin N. Hiebert, in: *Rutherford and Physics at the Turn of the Century*. Edited by Mario Bunge and William R. Shea (Dawson and Science History Publications, New York, 1979), p. 3-22.
- [2] Lawrence Badash, in: *Dicionário de Biografias Científicas* (Contraponto, Rio de Janeiro, 2007), p. 2.382-2.393.
- [3] Arthur Eve, *Rutherford – Being the Life and Letters of the Rt Hon. Lord Rutherford, OM* (Cambridge University Press, Cambridge, 1939).
- [4] John Campbell, *Rutherford Scientist Supreme* (AAS Publications, Christchurch, 1999).
- [5] John L. Heilbron, *Rutherford and the Explosion of Atoms* (Oxford University Press, Oxford, 2003).
- [6] Lawrence Badash, in: *Rutherford and Physics at the Turn of the Century*, editado por Mario Bunge and William R. Shea (Dawson and Science History Publications, New York, 1979), p. 23-41.
- [7] Ian McEwan, *Solar* (Companhia das Letras, São Paulo, 2010).
- [8] Daniel J. Kevles, *Physics Today* **10**, 175 (1972).

I Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias

Un congreso virtual sobre los retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias

11 a 16 de Junio de 2012

Finalidad

El congreso virtual quiere ser un punto de encuentro para el intercambio de experiencias de innovación y/o investigación en enseñanza de las ciencias.

Presentación de comunicaciones

Se anima a todo el profesorado a hacer una presentación de su experiencia sobre cualquier actividad educativa innovadora y/o investigadora realizada individualmente o en grupo sobre la enseñanza de las ciencias.

Difusión

Se generarán una o más publicaciones en formato electrónico (ebook) y en papel.

Reconocimiento

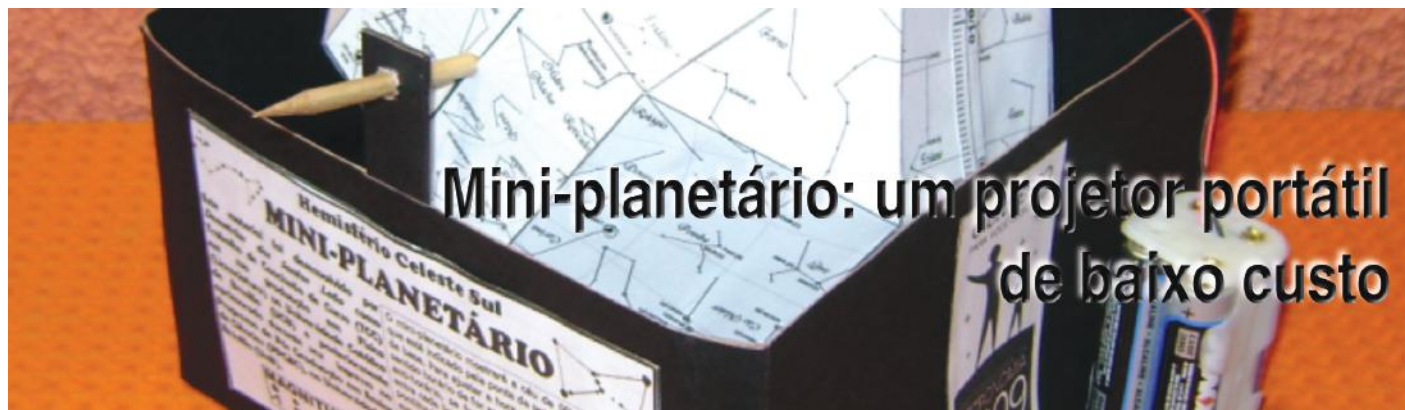
Tanto la asistencia como la presentación de comunicaciones recibirán reconocimiento mediante la correspondiente acreditación.

Esperamos contar con su participación

Para más información ver página web

<http://webs.uvigo.es/isiec2012/>

educacion.editora@uvigo.es



Mini-planetário: um projetor portátil de baixo custo

Demetrius dos Santos Leão

Programa de Pós-graduação
em Ensino de Ciências, Universidade
de Brasília, Brasília, DF, Brasil
E-mail: demetriusleao0@gmail.com

Este trabalho descreve a construção de um material didático lúdico interativo, voltado para o ensino de astronomia: um pequeno projetor de planetário, por isso mesmo denominado *mini-planetário*, montado com materiais de baixo custo. Seu princípio de funcionamento é bastante simples e a projeção que se pode obter com ele é de alta precisão.

O que é um planetário?

Imagine um céu noturno repleto de estrelas cintilando, como pequenos diamantes. Existe paisagem mais bela e, ao mesmo tempo, tão desafiadora? Um céu bastante estrelado, privilégio dos locais mais afastados das luzes dos grandes centros urbanos, é aquilo que os planetários procuram reproduzir. Eles são locais para visitação cuja finalidade é apresentar uma simulação do movimento aparente dos astros no céu, quase sempre o céu noturno. Em seu interior escurecido, os expectadores assistem a demonstrações sobre astronomia, de forma semelhante ao que ocorre em uma sessão de cinema. São vários os tipos de planetários e sistemas de projeções.

Os planetários fixos são construções, quase sempre na forma de uma grande cúpula, devidamente equipados para receber o público visitante. Os planetários móveis, geralmente utilizados em atividades itinerantes, possuem estrutura mais simples, restrita ao formato de uma meia abóbada celeste onde se realizam as projeções, fabricado em lona não inflamável, podendo ser inflados rapidamente com o auxílio de um ventilador adequado, possibilitando a acomodação dos expectadores em seu interior. Quanto à projeção, ela pode ser tanto digital, utilizando *software*

apropriado e um sistema de projeção semelhante a um *datashow*, quanto feita por cilindros, acionados mecanicamente. Nos projetores de cilindros, as constelações estão perfuradas em sua superfície. Uma pequena lâmpada no interior do cilindro permite que a luz atravesse os furos e seja projetada dentro da cúpula.

Em comum, qualquer planetário carrega consigo o potencial de encantar inúmeras pessoas, sejam elas crianças, adolescentes ou adultos, envolvidas ou não com o universo da astronomia.

O que é o mini-planetário?

O material aqui chamado de mini-planetário (Fig. 1) funciona como um pequeno projetor de planetário capaz de fornecer uma projeção do céu noturno. Ele é ajustável para fornecer o céu de qualquer latitude, em qualquer dia e hora do ano (com a mesma precisão de *softwares* de visualização do céu, tais como o *Stellarim*, o *Cartes du Ciel* ou o *WinStars*), além de sinalizar a classe espectral das estrelas mais visíveis.

Os planetários são locais para visitação cuja finalidade é apresentar uma simulação do movimento aparente dos astros no céu, quase sempre o céu noturno



Figura 1 – Simplicidade e ludicidade para o ensino de astronomia.

Propõem-se a construção de um pequeno projetor de planetário de baixo custo para ser usado em aulas sobre astronomia, gravitação universal ou em alguma outra atividade de caráter lúdico-interativo.

Materiais utilizados

Para montar um mini-planetário, será necessário:

- cola líquida comum;
 - cola em bastão;
 - tesoura;
 - régua;
 - flanela;
 - durex;
 - 1 folha de papel cartão;
 - 1 cartolina dupla face na cor preta;
 - 1 suporte para pilhas (para 4 pilhas);
 - fios para conexão;
 - tachinha;
 - alfinete;
 - palito de churrasco;
 - 1 micro-lâmpada (daquelas de pisca-pisca de Natal) com seu respectivo bocal;
 - interruptor liga-desliga;
 - papel celofane na cor vermelha e azul.
- Descarregar o Anexo deste artigo na página da própria da revista, em <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num2/>

Construindo o mini-planetário

Siga as instruções seguintes para operar com a montagem do material:

(1) Recorte as partes principais do mini-planetário – os hemisférios celeste sul e norte – pelo contorno mais externo do desenho (em anexo). Depois de recortá-las, cole-as (preferivelmente com a cola em bastão) sobre a cartolina dupla face preta, juntas, unindo as letras iguais – C com C e D com D (Fig. 2).

(2) Depois de colar as duas figuras principais na cartolina, recorte-as novamente pelo contorno e reforce as dobras



Figura 2 – Colagem das peças na cartolina.

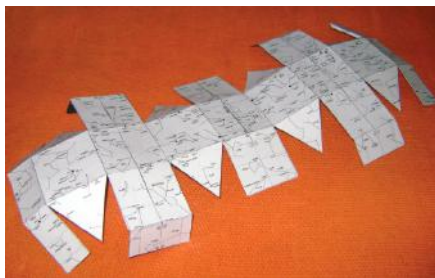


Figura 3 – Peças unidas, recortadas e dobradas.

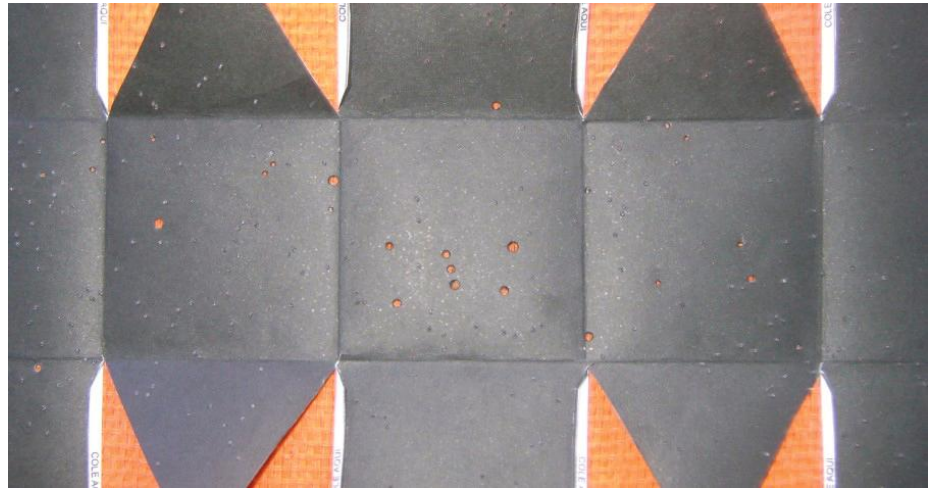


Figura 4 – As estrelas estão furadas de acordo com sua magnitude aparente.

nos locais onde há as linhas pretas contínuas. Elas correspondem às arestas do sólido a ser montado. Este reforço nas dobras pode ser feito com o auxílio de uma régua (Fig. 3).

(3) Fure as estrelas. Observe que há estrelas de “tamanhos” variados, desde as menos visíveis (com magnitude visual igual ou superior a 3) até aquelas mais brilhantes, com magnitude visual na faixa de -1 . Isso indica que os furos devem ser tanto maiores quanto maior for o brilho aparente da estrela. Pra começar esta etapa, faça o seguinte: fure todas as estrelas com um alfinete. Para fazer esses furos, apóie a estrutura de papel sobre uma flanela ou um pano dobrado. Depois que todas as estrelas tiverem sido furadas desse modo, aumente o diâmetro dos furos das estrelas mais brilhantes. As estrelas que necessitam ter seu furo aumentado devem ser furadas pelo o lado do avesso do material. Essa observação é importante porque se os furos forem feitos do mesmo lado que os primeiros, o papel ficará com as rebarbas direcionadas para dentro do sólido, o que acaba prejudicando a qualidade da projeção. Comece localizando as estrelas com magnitude visual 2 e, com auxílio de um alfinete mais grosso ou de uma tachinha, fure-as novamente (pelo avesso). Para as estrelas de magnitude visual 1, utilize um objeto um pouco mais espesso para aumentar o tamanho dos furos, como, por exemplo, um palito de dentes. As estrelas com magnitude visual na faixa de 0 e -1 podem ser furadas com o auxílio de um palito de unha ou de churrasquinho (sempre furando pelo avesso). Atente-se para o quadro com as magnitudes que será colocado na base do mini-planetário (em anexo) – quanto menor for a magnitude visual, mais brilhante, para nós, será a estrela. Em todo

o céu que se pode observar, as estrelas de magnitude na faixa de -1 (ou próximo) são quatro: Sírius, da constelação do *Cão Maior*, Canopus, da *Carina*, Rigel Kent, do *Centauro* e Arcturus, do *Boieiro*. Estas estrelas devem ter os maiores furos para serem localizadas logo de imediato. Em relação às constelações, algumas delas podem ter sua projeção “destacada”. Três delas são facilmente reconhecíveis ao se olhar para o céu: *Cruzeiro do Sul*, *Órion* e *Escorpião*. É interessante que os furos das estrelas destas constelações, no mini-planetário, sejam um pouco maiores que o indicado. O reconhecimento destas constelações ajuda bastante a entender a dinâmica de como muda a posição das estrelas ao longo do tempo (Fig. 4).

(4) Em algumas das estrelas mais brilhantes, cole papel celofane vermelho ou azul “por trás” delas, de acordo com sua classe espectral. Antares, da constelação de *Escorpião*, e Beteguese, de *Órion*, são exemplos de estrelas cuja classe espectral é M, ou seja, sua coloração é avermelhada. Já Spica, da constelação *Virgem*, e Achernar, do *Eridano*, por exemplo, são azuis (classe espectral B). O mini-planetário também pode oferecer esta diferenciação de cor entre as estrelas. Observe que todas as estrelas com nome, representadas no mini-planetário, possuem uma letra entre parênteses. Esta letra representa a classe espectral da estrela e indica sua coloração. Usando durex, fixe um pequeno pedaço de papel celofane na parte do avesso do corpo principal do mini-planetário, “colorindo” as estrelas com os maiores furos. Use papel celofane vermelho para as estrelas da classe espectral M e azul para as estrelas da classe espectral B e O. Nas demais estrelas, não é necessário colocar papel celofane, pois as estrelas destas outras classes espectrais possuem coloração

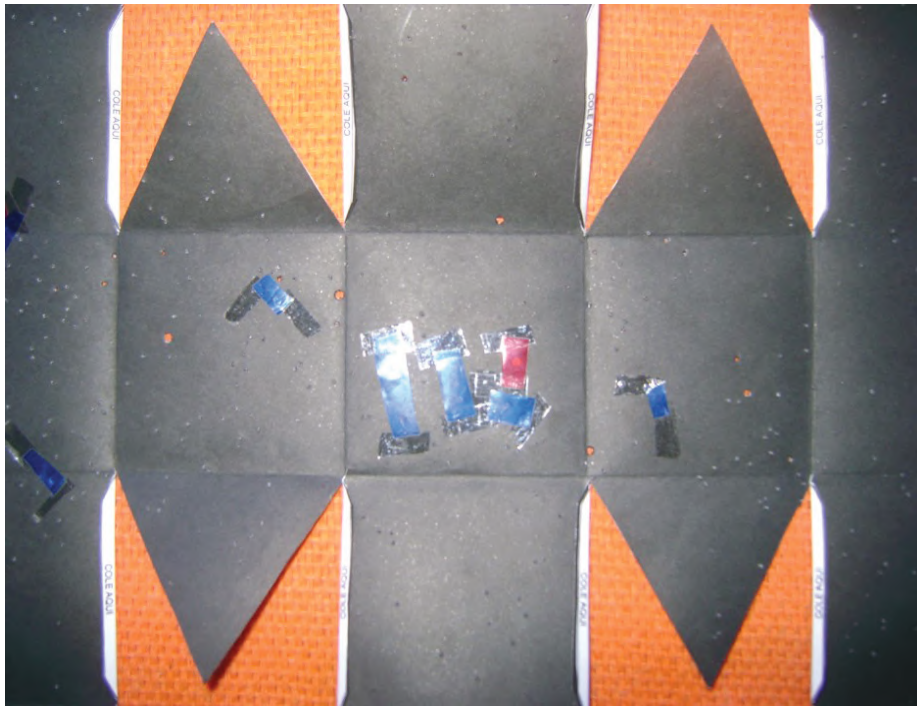


Figura 5 - O papel celofane colorido, fixado com durex no interior do material, permite que a classe espectral de várias estrelas seja percebida na projeção.

próxima ao amarelo ou branco (Fig. 5).

(5) Observe que há duas linhas tracejadas na cor cinza no mini-planetário (próximo às linhas que indicam o calendário). Para facilitar a montagem, faça nelas um corte com a tesoura (Fig. 6). Note, pois, que os dois hemisférios ficam ligados somente por um lado, no qual está desenhada uma parte do calendário. Há várias abas nas quais está escrita a expressão "cole aqui". Comece a fechar o sólido colando estas abas uma por vez, e una todos os lados. Ao final desta etapa, você terá os dois hemisférios unidos apenas por um lado (Fig. 7).

(6) Fixe o palito de churrasco que irá sustentar o mini-planetário na base (Fig. 8). Este palito é colocado passando pelos dois pontos em torno do qual "o céu gira". Estes pontos ficam no topo de cada

hemisfério, bem no encontro das linhas radiais (em cor cinza). Para facilitar, fure de antemão estes dois pontos com uma tachinha. Mas antes de colocar o palito, é necessário preparar a micro-lâmpada que nele será fixada.

(7) Faça o circuito elétrico unindo um pedaço de fio para circuitos elétricos simples (de mais ou menos 15 cm de compr-

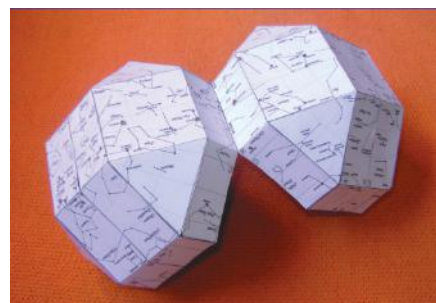


Figura 7 - Hemisférios unidos pelo calendário.

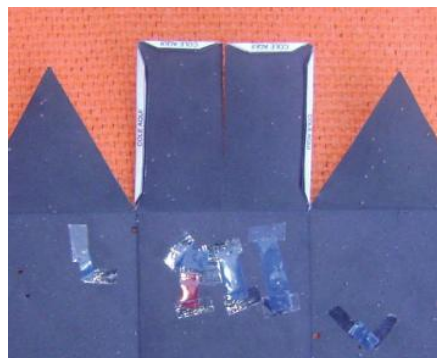


Figura 6 - Um corte nas linhas pontilhadas facilita a montagem do material.

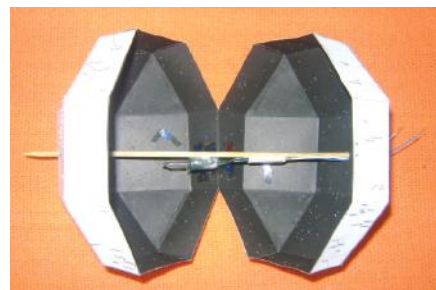


Figura 8 - Detalhe da colocação do palito de churrasco.

mento) a cada terminal da micro-lâmpada, com fita crepe ou durex. Prenda a micro-lâmpada, pelo bocal, com fita crepe ou durex, mais ou menos no meio do palito (Fig. 9). Primeiro, posicione o palito passando pelo pólo celeste norte (e passe também por este furo os fios que partem da lâmpada, para que as extremidades dos fios fiquem para fora do sólido). Depois, vá fechando o sólido e faça com que o palito passe pelo pólo celeste sul. Faça a conexão dos fios dos terminais da micro-lâmpada com os fios dos terminais do suporte das pilhas (usando fita crepe ou durex). Deixe o circuito aberto em algum ponto para ser colocado o interruptor liga/desliga.

(8) Recorte as quatro tirinhas que servem de calendário (em anexo). Além de calendário, elas servirão também para fechar o sólido. Veja que no próprio mini-planetário já existe uma parte do calendário desenhada. O calendário completo "dá a volta" em todo o sólido. Cada tira possui dois números dentro de um quadrado. A primeira tira possui os números 1 e 2, a segunda tira possui os números 3 e 4, e assim por diante. Observe que na borda do hemisfério celeste norte há também os mesmos números. A finalidade destes números é sinalizar a colagem dessas tiras. Depois de recortá-las, cole-as obedecendo



Figura 9 - Detalhe da colocação da micro-lâmpada.

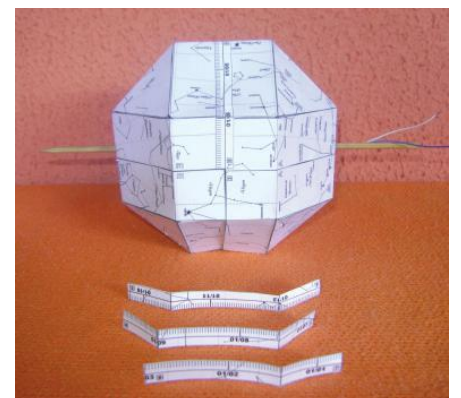


Figura 10 - Colagem das tirinhas do calendário.

a numeração: o número 1 sobre o número 1, o número 2 sobre o número 2, e assim sucessivamente (Fig. 10).

(9) Monte a base do mini-planetário, com o papel cartão. Esta base é uma caixa. O fundo é quadrado, com 15 cm x 15 cm, e as laterais são retangulares, com 15 cm x 9 cm.

(10) Observe uma das fotos do mini-planetário montado. Note que a fixação do corpo principal do mini-planetário é feita de modo que ele fique inclinado (em quase todos os casos) e a inclinação depende da latitude do local que se deseja visualizar o céu. O corpo principal do mini-planetário, mostrado nas figuras deste artigo, possui uma inclinação calculada para mostrar o céu de Brasília, cuja latitude é de aproximadamente de 15°. E, por se tratar de uma cidade localizada no hemisfério sul, o hemisfério celeste sul deve estar na parte mais elevada do material. Para entender como fixar o corpo principal do mini-planetário na base, observe a Fig. 11. Nesse caso, $\theta = 15^\circ$. Caso se quisesse reproduzir o céu noturno de uma cidade como Porto Alegre, por exemplo, cuja latitude é 30°, θ teria esse valor. Recorte uma tira de papel cartão (com largura de mais ou menos 1 cm) e cole “bem no meio” de uma das laterais da caixa, conforme a Fig. 12. Essa tira serve para “elevar” um dos hemisférios. Para ajustar o tamanho dessa tira à latitude do local desejado, observe novamente a Fig. 12. A distância entre a borda da caixa e o local onde o palito fura a tira de papel cartão está representada por a na Fig. 11. Da mesma forma, o ou-

tro hemisfério está mais baixo e a outra extremidade do palito passa por uma distância a abaixo da borda oposta da caixa. Para o caso específico de Brasília, e tomando as dimensões da base mencionadas no Item 9, a vale 2,0 cm, pois, de acordo com qualquer um dos triângulos ilustrados na Fig. 11, $\theta = \arctg(2,0/7,5)$, que é aproximadamente 15°. Para calcular a para uma latitude genérica, e sendo o tamanho da lateral da caixa 15 cm, a é calculado de acordo com a Eq. (1)

$$a = 7,5 \times \tan \theta \text{ (cm)} \quad (1)$$

Sabendo das dimensões de a , recorte uma tira de papel um pouco maior do que o comprimento de a para colá-la na caixa conforme ilustra a Fig. 12.

(11) Recorte o retângulo grande que está na mesma folha que contém as tirinhas do calendário. Cole essa peça na lateral da base que está voltada para o hemisfério celeste sul – o mesmo lado da caixa em que a tirinha foi colada (Fig. 12). Esse retângulo contém um quadro com as magnitudes estelares, informações técnicas e as instruções para o uso do mini-planetário. Nesta mesma folha há um outro quadrado com uma seta. Esse quadrado deve ser recortado e colado na lateral da esquerda em relação ao hemisfério celeste sul – Fig. 13. A utilidade dele é indicar o dia e a hora do céu mostrado. Ainda há um outro retângulo, que é o símbolo do Ano Internacional da Astronomia (AIA 2009). Recorte-o e cole-o em uma outra lateral da caixa, a sua escolha – Fig. 14.

Ajustando a data e a hora

O próprio mini-planetário traz uma rápida instrução de como manuseá-lo, mas convém detalhar melhor sua utilização. O calendário que está na parte central do mini-planetário inclui todos os dias do ano. Cada risco corresponde a um dia do ano, sendo que o primeiro dia de cada mês, indicado no próprio calendário, está feito com uma linha mais espessa. Para ajustar o momento da visualização, escolha o dia desejado no calendário e alinhe o risco correspondente à borda da lateral da caixa na qual a seta está colada (Fig. 13). Quando se fizer isso, as estrelas que estão “da borda da caixa para cima” são aquelas



Figura 12 – Vista frontal do mini-planetário.



Figura 13 – Seta indicativa da data e da hora.

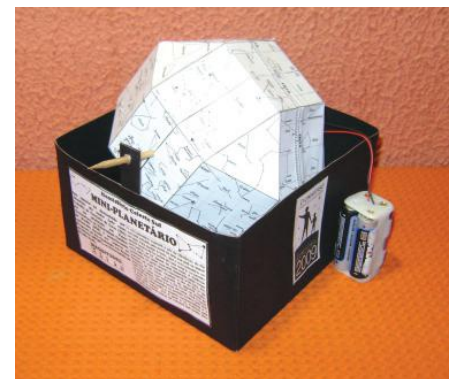


Figura 14 – Detalhe do logotipo do Ano Internacional da Astronomia (AIA2009).



Figura 11 – A inclinação do corpo principal do mini-planetário depende da latitude local. Na figura, θ equivale, em graus, à latitude do local que se deseja obter a projeção. O tamanho do segmento a , em cm, para uma base de lateral 15 cm, é encontrado com a Eq. (1).

que estão visíveis no céu. As estrelas que estão “da borda da caixa para baixo” são aquelas que estão abaixo da linha do horizonte (e, portanto, não visíveis no instante considerado). Para ajustar a hora desejada, é necessário olhar para as linhas tracejadas da parte central do corpo principal do mini-planetário. Essas linhas estão próximas ao calendário, perpendiculares a ele. *O espaço entre duas dessas linhas equivale a uma hora.* Depois de escolhido o dia da visualização, posicione o material “de frente” para você, ou seja, com o hemisfério celeste sul voltado na sua direção. *Gire o corpo principal no mini-planetário no sentido horário se for antes da meia-noite, ou no sentido anti-horário se for depois.* A cada hora a mais ou a menos é necessário girar o corpo principal do mini-planetário o espaço correspondente a duas dessas linhas tracejadas. Para entender melhor, acompanhe os três exemplos a seguir:

Exemplo 1 – Céu do dia 1/12 às 00 h 00 min: Procure no calendário o risco correspondente a esse dia. Alinhe este risco à borda lateral da caixa na qual está a seta. O céu desse dia, nesse horário, já está sendo mostrado e não é necessário se ajustar nada, pois não é necessário mais girar o corpo principal do mini-planetário. Note que a constelação de *Órion* está quase no alto do céu, como ilustra a Fig. 15.

Exemplo 2 – Céu do dia 15/8 às 21 h 00 min: Ache o risco correspondente ao dia 15/8 e alinhe-o à borda da caixa que contém a seta. Agora é só ajustar o horário. Como se trata de um horário antes da meia-noite, o corpo principal do mini-planetário deve ser girado no sentido horário. Para as 21 h, deve-se voltar três horas (24 h menos 21 h), ou seja, deve-se girar o corpo principal do mini-planetário três espaços equivalentes à distância entre duas linhas tracejadas. As constelações

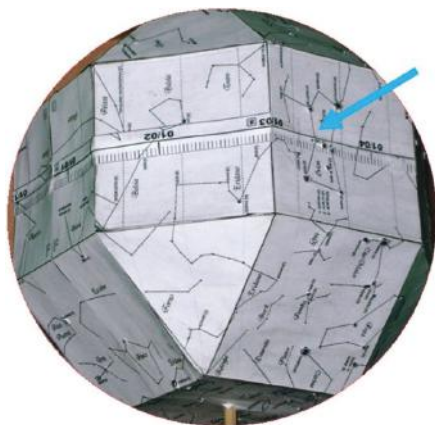


Figura 15 – A seta indica a constelação de *Órion* quase no topo do céu do dia 1/2 às 00 h 00 min.

que estão mais no alto do céu são *Escorpião*, *Sagitário* e *Ofiúco*, tal como pode ser observado na Fig. 16.

Exemplo 3 – Céu do 1/1 às 04 h 00 min: Localize o risco correspondente a essa data e, da mesma maneira que os exemplos anteriores, alinhe-o com a seta lateral da caixa. Por se tratar de um horário depois da meia-noite, o corpo principal do mini-planetário deve ser girado no sentido anti-horário. Para o horário indicado, o objeto deve ser girado quatro espaços. Nota-se que no céu desse momento a constelação de *Órion* está desaparecendo enquanto a constelação de *Escorpião* está nascendo no horizonte, como pode ser visto na Fig. 17.

Possibilidades pedagógicas de uso do mini-planetário

O mini-planetário pode ser empregado de múltiplas formas na sala de aula e fora dela. Argumenta-se, pois, a favor da utilização do material para o ensino da astronomia e de alguns temas relacionados à física.

Ensino da astronomia

A astronomia, ciência que estuda aos astros [1], carrega consigo inegável potencial didático [2]. Embora haja muitas pesquisas na área fruto de relatos de experiências escolares [3-6], apenas para mencionar algumas, o ensino de astronomia ainda não alcançou sua devida posição no cenário educacional, mesmo sendo uma recomendação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+EM) [7].

Para o ensino de astronomia, o material aqui apresentado é útil na abordagem de diversos temas, como: i) modelo do sistema solar (geocêntrico e heliocêntrico), ii) constelações, iii) astronomia de

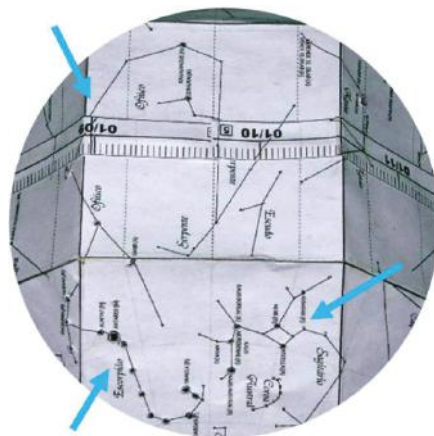


Figura 16 – *Ofiúco*, *Escorpião* e *Sagitário* são indicadas pelas setas na noite do dia 15/8, às 21 h 00 min.



Figura 17 – Enquanto a constelação de *Órion* está se pondo no oeste, a de *Escorpião* está nascendo no lado oposto no céu do dia 1/1 às 04 h 00 min.

posição, iv) estrelas e suas variedades, entre outros assuntos.

Organizar atividades em classe, enfocando temas de astronomia como parte do desenvolvimento curricular dos ensinos fundamental e médio é tarefa inadiável com a qual o mini-planetário aqui proposto pode contribuir.

Popularização da astronomia

Popularizar, no entendimento de alguns pesquisadores, é um conceito mais profundo que somente o de divulgar [8]. É quando se é possível difundir entre o povo determinado conhecimento [9]. Em um pensamento mais apurado, significa colocar o conhecimento no campo da participação popular e sob o crivo do diálogo com os movimentos sociais [10, 11]. É possível supor que a simplicidade e, ao mesmo tempo, a riqueza de possibilidades do mini-planetário seja um catalisador na tentativa de colocar as ideias da astronomia e da física (e conhecimentos correlatos) em posição de diálogo não só com os estudantes da educação básica, mas com o público em geral. Utilizar o mini-planetário para uma *sessão de planetário*, então, se mostra uma possibilidade viável no sentido da popularização da astronomia.

Abordagem de tópicos de física

O mini-planetário pode ser aproveitado na discussão de alguns tópicos em física, dentre eles: i) medidas de tempo, ii) medidas de espaço, iii) escalas, iv) princípios de conservação, v) ótica, vi) leis do

movimento, vii) constituição da matéria, etc.

Neste contexto, o professor pode e deve estimular questionamentos do tipo “Por que as estrelas mudam tanto de posição ao longo da noite e ao longo do ano?” “O que mantém a Terra em seu movimento de rotação e translação?” “Se o Sol é uma estrela, por ela parece tão maior do que as outras?” “De onde vêm as cores das estrelas?” A partir disso, o conhecimento pode, com grande eficiência, ser mobilizado em resposta a essas questões.

Mas as possibilidades não se encerram por aqui. Outras abordagens podem ser realizadas a critério do professor, atendendo aos diferentes interesses dos alunos. A seguir, é deixada uma sugestão de atividade que pode, com facilidade, ser conduzida com o mini-planetário.

Sugestão de atividade – Sessão de planetário com o mini-planetário

Para o professor ou apresentador conduzir uma sessão de planetário com o mini-planetário, é necessário que se reserve um espaço de pequenas dimensões (uma sala pequena) completamente escuro. Reúna o grupo de espectadores (fora do ambiente escuro, ou mesmo dentro dele, mas com as luzes ligadas) e mostre o mini-planetário. Explique seu princípio de funcionamento (objeto giratório, com as constelações furadas e equipado com uma micro-lâmpada) e algumas de suas funções

(permite mostrar o céu noturno de qualquer parte do planeta, em qualquer hora da noite, a qualquer data). De preferência, ajuste o momento da visualização do céu para a meia-noite do dia em que se está realizando a atividade. Cite algumas constelações comuns que podem ser observadas naquele momento. Acomode os espectadores no local da exibição da sessão, já escurecido, com o auxílio de uma lanterna, e leve o mini-planetário, ainda desligado, ao centro da sala na qual ocorrerá sessão. Fale um pouco sobre as constelações, sobre o céu noturno ou algo relacionado. Ligue a micro-lâmpada do mini-planetário e continue sua explanação sobre astronomia. Pode-se contar algumas histórias mitológicas clássicas, como as das constelações do zodíaco, por exemplo. Transcorridos alguns minutos da sessão,

Com o mini-planetário, o professor pode e deve estimular questionamentos do tipo “Por que as estrelas mudam tanto de posição ao longo da noite e ao longo do ano?” “O que mantém a Terra em seu movimento de rotação e translação?” “Se o Sol é uma estrela, por ela parece tão maior do que as outras?” “De onde vêm as cores das estrelas?”

a pupila dos espectadores estará mais aberta e, por consequência, a projeção das estrelas nas paredes do ambiente se apresentará mais perceptível. Simule alguma passagem de tempo girando o corpo principal do mini-planetário. Mostre a oposição entre as constelações de *Escorpião* e *Órion*, que possuem, entre si, um afastamento de quase 180°. Comente sobre a dinâmica da mudança aparente do céu ao longo de uma noite e ao longo do ano. Explique que, ao longo de uma noite, uma constelação que esteja surgindo no horizonte, no ponto cardeal leste, às dezoito horas, por exemplo, seis horas depois (1/4 de um dia), estará no zênite (ponto mais alto do céu) à meia-noite e que, mais seis horas depois, ao amanhecer do dia, esta constelação estará desaparecendo no ponto cardeal oeste. Comente que, por outro lado, se um observador acompanha a posição aparente das estrelas, todas as noites, no mesmo horário, pode-se notar, ao longo dos meses, uma mudança semelhante do céu. Uma constelação que esteja, por exemplo, nascendo no horizonte, no ponto cardeal leste, às dezoito horas, três meses depois (1/4 de um ano), também às dezoito horas, estará no zênite

e, mais três meses depois, no mesmo horário, estará se pondo no ponto cardeal oeste. Estas constâncias no movimento aparente do céu ficam mais fáceis de serem explicadas com o auxílio do mini-planetário. É conveniente situar a importância do conhecimento astronômico para a história da humanidade, frisando o fato de que o conhecimento dessas regularidades do movimento celeste foi crucial para a sobrevivência da espécie humana. Para um local de observação do céu como Brasília, é interessante esclarecer sobre a localização do pólo celeste sul – ponto em torno do qual o céu gira, para observadores localizados no hemisfério sul – por meio da constelação do *Cruzeiro do Sul*, bem como a não-visualização do pólo celeste norte. Por fim, pode-se comentar sobre a variedade de tipos espectrais de estrelas, já que a projeção é colorida.

Conclusão

O uso deste material com alunos de Ensino Médio da rede pública de ensino de Brasília, DF, se mostrou satisfatório, revelando assim as potencialidades a ele

agregadas. Depoimentos dos estudantes indicam o caráter lúdico e interativo como elementos de destaque da proposta. Concluímos, portanto, afirmando o valor inerente ao desenvolvimento de materiais didáticos instrucionais na formação de professores.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de expressar enorme gratidão ao curso de Física da Universidade Católica de Brasília, onde tive minha formação de graduação, por ter viabilizado a execução inicial deste projeto, não podendo deixar de citar o nome do professor Dr. Sérgio Luiz Garavelli (diretor do curso de Física da UCB). Colaboraram ainda em grande parte com o projeto do mini-planetário os professores Paulo Eduardo de Brito e Cássio Costa Laranjeiras (UnB), este último responsável pela orientação e constante revisão dos textos por mim elaborados. Em segundo lugar, agradeço a cordialidade da Agência Espacial Brasileira, em particular a Carlos Eduardo Quintanilha, da AEB Escola, em ceder o *Teatro de Estrelas* – material que inspirou a elaboração do mini-planetário.

Referências

- [1] R.R.F. Mourão, *O Livro de Ouro do Universo* (Ediouro, Rio de Janeiro, 2002), 509 p.
- [2] R. Caniato, *Astronomia e Educação* (Universo Digital), p. 80-91.
- [3] J.B.M. Barrio, in *Educação em Astronomia: Experiências e Contribuições para a Prática Pedagógica*, organizado por Marcos Daniel Longhini (Ed. Átomo, Campinas, 2010).
- [4] J.B. Canalle, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **16**, 314 (1999).
- [5] A.A. Mees, *Astronomia: Motivação para o Ensino de Física na 8ª Série*. Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS, 2004.
- [6] D.S. Leão, *Trabalho de Conclusão de Curso* (UCB, Brasília, 2009).
- [7] Brasil, PCN+. *Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais* (MEC/SEMTEC, Brasília 2002).
- [8] M.G. Germano e W.A. Kulesza, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **24**, 7 (2007).
- [9] A.M.S. Mora, *A Divulgação da Ciência como Literatura* (Casa da Ciência, Rio de Janeiro, 2003).
- [10] J. Huergo, in *Seminário Latinoamericano: Estratégias para la Formación de Popularizadores en Ciencias y Tecnología*, 2001, Cono Sul, La plata.
- [11] J.L. Lens, in *Seminário Latino Americano: Estrategias para la Formación de Popularizadores en Ciencia y Tecnología*, 2001, Cono Sul, La Plata.



.....
Mara Fernanda Parisoto
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
E-mail: marafisica@hotmail.com

Thaís Rafaela Hilger
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
E-mail: thaís.hilger@gmail.com
.....

Em nossa experiência diária, muitas vezes, nos deparamos com situações em que somos enganados pelos nossos sentidos. Ao entrar em uma sala após passar algum tempo ao Sol, temos a impressão de que a sala está escura e vai clareando aos poucos. Na verdade a iluminação não foi modificada. O problema está em como nossos olhos percebem o contraste. Existem várias “brincadeiras” que nossos olhos fazem com o nosso cérebro. Vejamos um exemplo. Duas maçãs pretas (Fig. 1): uma está sobre um fundo branco e a outra sobre um fundo cinzento. Por que uma delas parece mais escura que a outra?

Nas Figs. 2 e 3, observa-se uma imagem escondida em outra. Como isso pode ser explicado?

Na Fig. 4 temos um objeto que faz sombra em um tabuleiro. Por que os quadrados que estão na sombra parecem ser mais escuros?

Ao olhar para figuras de mesma coloração, mas com cores de fundo diferentes, as cores das figuras aparentam serem diferentes. Se o fundo for escuro, a figura aparentará ser mais clara e se o

fundo for mais claro a figura aparentará ser mais escura. Isso se deve ao contraste, que a grande maioria das pessoas pensa ser somente de claro e escuro, o que não é verdade. O contraste se entende por influências recíprocas de sensações ópticas, quando os estímulos luminosos apresen-

tando intensidades e cores diferentes atuam, simultaneamente ou com um pequeno intervalo, sobre os mesmos pontos da retina. Assim, uma mancha um pouco

mais clara aparece ainda mais clara junto de zonas mais escuras e vice-versa [1].

Ao abordar o conteúdo de óptica no Ensino Médio, muitas vezes, o professor de física se detém à óptica geométrica, esquecendo-se de outras facetas desse assunto. A seguir apresentamos duas atividades para motivar os estudantes e tornar a física um pouco mais divertida e próxima dos alunos.

Entortando linhas paralelas

Materiais

- cartolina branca;
- régua;
- lápis ou caneta preta.

Para que os alunos aprendam significativamente há a necessidade de contextualização e utilização de propostas que os motivem, como, por exemplo, a partir do tema ilusões de óptica. Neste artigo apresentamos ilusões de óptica envolvendo contraste, propomos alternativas, através de atividades experimentais de fácil confecção e custo acessível e, por último, elaboramos uma sugestão de atividade utilizando ilusões para o ensino da óptica física. Apresentamos também implicações e curiosidades das ilusões de óptica no cotidiano. Trata-se de uma proposta interdisciplinar que, facilitada pelas ilusões de óptica e mediada pela ação do professor, relaciona teoria e prática, instigando a curiosidade dos alunos e podendo facilitar a aprendizagem.

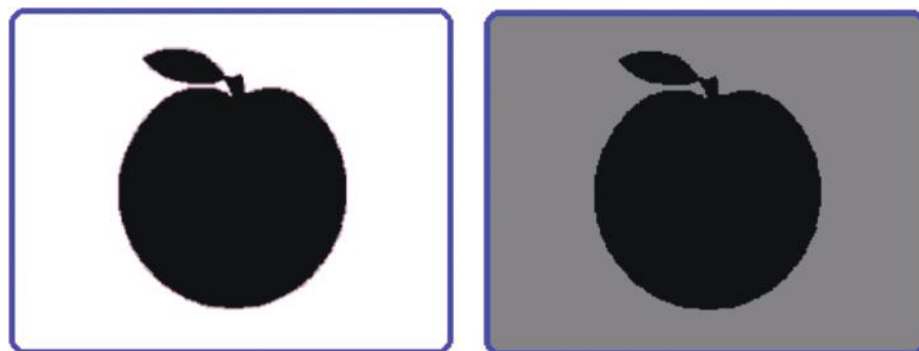


Figura 1 – Ilusão de contraste. Fonte: <http://www.mdig.com.br>.



Figura 2 - Ilusão de contraste. Fonte: <http://www.mdig.com.br>.

Como fazer

Traçamos retas horizontais de um lado a outro da cartolina e posteriormente traçamos retas verticais formando vários quadrados levemente desalinhados. Como em um tabuleiro de xadrez, os quadrados devem ser pintados de preto alternadamente. Uma sugestão é colar papel preto com tamanho e posição adequados. Quanto maior for o contraste, melhor será a experiência, que, pronta, deverá ficar conforme a Fig. 5.

Apesar de sabermos que as linhas horizontais estão retas, nossos olhos nos mostram o contrário. Isso ocorre porque ao olharmos para figuras com grande diferença de contraste (claro e escuro, por exemplo), nossa pupila abre e fecha, deixando passar maior ou menor quantidade de luz. Ao olhar para as partes pretas do desenho a pupila aumenta de tamanho para que a luz possa entrar e para que se possa ver melhor aquele objeto. Por outro lado, ao olhar para as partes claras do desenho, a pupila diminui de tamanho para que passe menos claridade. Esse processo acontece muito rapidamente e, apesar de produzir uma importante sensação de profundidade, cansa-se a retina. É devido a essa sensação de profundidade que as linhas, que antes pareciam retas, agora aparentam estar tortas. Então quanto maior o contraste entre claro

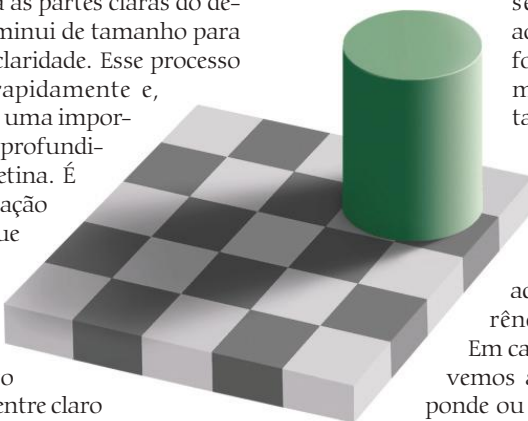


Figura 4 - Ilusão de contraste 3D. Fonte: <http://www.mdig.com.br>.



Figura 3 - Ilusão de contraste. Fonte: <http://www.mdig.com.br>.

e escuro melhor será a experiência, pois mais vezes será necessário aumentar e diminuir o tamanho da retina, aumentando a sensação de profundidade e a ilusão de óptica.

"Bingando" seus conhecimentos

Materiais

- folhas de papel;
- caneta;
- régua;
- tesoura;
- cola.

Como fazer

Recortamos a folha de papel em tiras e escrevemos em cada uma das tiras uma pergunta (ou frase a ser completada) referente ao conteúdo abordado. Colocamos os papéis já dobrados em uma sacola, de onde serão retirados na realização do sorteio. Depois preparamos as cartelas que serão distribuídas aos alunos: em cada folha de papel traçamos linhas horizontais e verticais, formando nove quadrados grandes (o número de quadrados poderá ser maior, de acordo com a preferência do professor). Em cada quadrado escrevemos a palavra que responde ou completa uma das

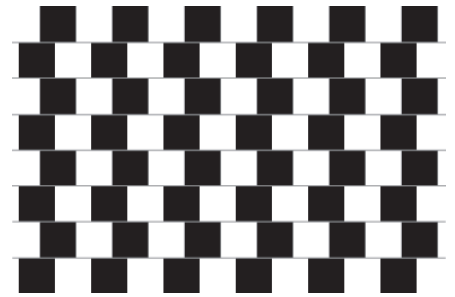


Figura 5 - Entortando linhas paralelas. Fonte: <http://bergamota.net/ilusoes-de-otica/>.

frases que poderão ser sorteadas.

A seguir, há 42 sugestões de questões que podem ser utilizadas no bingo:

- Qual é a cor complementar do vermelho? _____.
- Qual é a cor complementar do amarelo? _____.
- As cores primárias dos pigmentos são _____.
- As cores primárias das radiações eletromagnéticas são _____.
- A frequência de uma onda é ____.
- O comprimento de uma onda é _____.
- Quanto maior for a frequência da onda, maior será a _____.
- Qual é a diferença entre onda eletromagnética e onda mecânica?
- A luz é uma onda _____.
- As cores servem para _____.
- As cores quentes são _____.
- As cores ____ são exemplos de cores quentes.
- As cores quentes devem/são empregadas principalmente em _____.
- As cores frias são _____.
- As cores são exemplos de cores frias.
- As cores frias são empregadas principalmente em _____.
- Por que apenas vemos uma frequência ínfima de radiações?
- O que são cones e bastonetes?
- Qual a função dos cones e dos bastonetes?
- O que são *pixels*?
- Onde podemos observar os *pixels*?
- Um exemplo de onda mecânica é o _____.
- Um exemplo de onda eletromagnética é a _____.
- A radiação do espectro eletromagnético é produzido _____.
- O que é necessário para que nós possamos enxergar?
- A reflexão difusa é _____.
- O que é crista de uma onda?
- O que é o vale de uma onda?
- O que são fótons?
- O que são ondas longitudinais?

- O que são ondas transversais?
- O que é absorção?
- A cor dos objetos depende do que?
- A mistura (em iguais proporções) dos pigmentos primários forma qual cor?
- A mistura (em iguais proporções) da luz nas cores primárias forma qual cor?
- Por que a temperatura do nosso corpo aumenta mais ao usarmos uma camiseta preta do que se usarmos uma camiseta branca?
- O período de uma onda é _____.
- A tonalidade de um corpo depende do que?
- Temos uma bola vermelha (quando iluminada com a luz solar), iluminamos com luz verde. Que cor esta bola terá?
- Temos uma bola vermelha (quando iluminada com a luz solar), iluminamos com luz vermelha. Que cor esta bola terá?
- Temos uma bola verde (quando iluminada com a luz solar), iluminamos com uma luz verde. Que cor esta bola terá?
- Temos uma bola verde (quando iluminada com a luz solar), iluminamos com uma luz vermelha. Que cor esta bola terá?

Deve-se tomar cuidado para que cada cartela contenha respostas diferentes das demais cartelas, diminuindo a probabilidade de haver empates. O professor deve sortear uma pergunta ou frase de cada vez e o aluno que completar primeiro sua cartela será o vencedor do bingo.

Como vemos?

A luz visível é composta por ondas

eletromagnéticas. O espectro de cores é caracterizado por frequências distintas: no caso das cores primárias da luz, vermelho apresenta frequência mais baixa, seguida por verde e, finalmente, a cor azul, que apresenta mais alta frequência entre as cores primárias. A frequência é diretamente proporcional à energia, assim, quanto maior a frequência, mais energia é transportada.

As ondas eletromagnéticas entram nos olhos através de um orifício denominado pupila. Passam depois por vários meios, como mostra a Fig. 6, que possuem o objetivo de aproximar os raios de luz. Em olhos sadios, eles cruzam-se na retina.

Segundo Okuno e Caldas [2], na retina há dois tipos de células, os cones e os bastonetes. Os bastonetes apresentam sensibilidade à claridade e são encontrados em maior número nas extremidades do olho. Já os cones estão presentes em maior número no centro do olho e apresentam sensibilidade a diferentes frequências: alguns são sensíveis à do azul, outros à do verde e outros à do vermelho.

De acordo com Gaspar [3], as ondas são compostas de pequenos pacotes de energia denominados de fótons, ou ainda, *quanta*. Como a frequência e a energia são diretamente proporcionais, se temos uma onda com maior frequência, teremos fótons mais energéticos: o azul apresenta frequência mais alta, o verde é intermediário e o vermelho apresenta menor frequência. Estes fótons, ao atingirem o olho, são absorvidos e liberam elétrons dos cones correspondentes às frequências incidentes. Segundo Garcia [4], esses elétrons,

que possuem energias diferentes, são levados pelo nervo óptico ao córtex visual, no cérebro, onde cada energia diferente é interpretada como uma cor diferente.

Todas as cores que vemos são uma mistura dessas três cores percebidas pelos cones, ou seja, são uma mistura dessas frequências principais. Assim, estas três

cores são denominadas cores primárias da luz, ou luzes primárias. As cores secundárias surgem quando se incidem sobre os cones, na retina, duas frequências primárias, que irão liberar elétrons com duas energias diferentes. O cérebro aglutina essas energias e as interpreta como uma cor única. Dessa forma, se incidimos na retina luzes azul e vermelha, por exemplo, o cérebro interpretará como a cor violeta.

Quando as ondas eletromagnéticas não incidem na retina e sim no nervo óptico, não ocorre formação de imagem. Esse ponto é chamado de ponto cego e justifica por que algumas vezes um objeto “some” de nossa vista e, ao mudarmos de posição, o objeto reaparece. Esse efeito é muito conhecido por motoristas, que devem ter atenção dobrada ao ultrapassar outros veículos.

Outro fenômeno que pode ocorrer é o contraste: algumas cores, quando colocadas próximas umas das outras, nos dão essa sensação. Geralmente se atribui essa sensação à diferença entre claro e escuro ou preto e branco; entretanto, existem outras cores que nos dão a mesma sensação: são as chamadas cores complementares. Essas cores, quando colocadas muito próximas umas das outras, dão uma sensação de choque e são muito utilizadas, por exemplo, no esporte, para distinguir um time de outro, e no trânsito, em placas ou faixas pintadas no chão, a fim de chamar atenção e evitar acidentes. Segundo Figueiredo e Pietrocola [1], o contraste pode ser calculado matematicamente, utilizando a expressão de Michelson

$$\text{Contraste} = \frac{L_{\text{máx}} - L_{\text{mín}}}{L_{\text{máx}} + L_{\text{mín}}},$$

ou através da definição de Weber

$$\text{Contraste} = \frac{L_{\text{máx}} - L_{\text{mín}}}{L_{\text{máx}}},$$

onde $L_{\text{máx}}$ indica a luminância em superfícies claras e $L_{\text{mín}}$ a luminância em superfícies escuras. A luminância é a quantidade de luz em uma determinada área. Essa quantidade pode ser medida pela fotometria, utilizando equipamentos como o fotômetro Flimmer, e não será aqui apro-

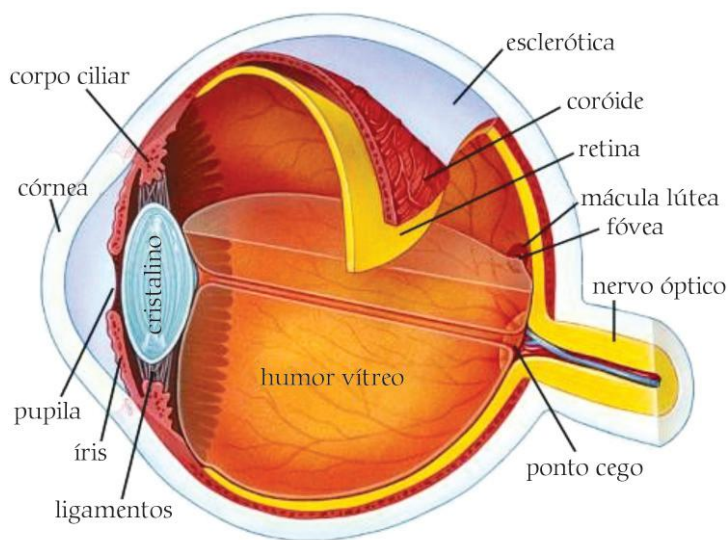


Figura 6 - O olho e suas partes. Fonte: www.brasile Escola.com/fisica.

fundada.

Outro exemplo de contraste ocorre quando olhamos durante algum tempo para um objeto vermelho e depois para uma parede branca. Veremos a cor ciano (cor complementar do vermelho). Isso ocorre porque nosso organismo tenta compensar a falta de elétrons nos cones sensíveis ao vermelho, ejetando elétrons dos outros dois tipos de cones. Como nosso cérebro interpreta azul mais verde como ciano, esta será a cor complementar ao vermelho e, por consequência, será vista na parede branca quando o estímulo vermelho cessar. Este efeito pode inclusive atrapalhar ou confundir nossa visão e ocorre para qualquer cor. Há alguns anos, todas as paredes e uniformes usados em hospitais eram da cor branca. Entretanto, locais como os centros cirúrgicos e UTI's não mais utilizam essa cor. Essa mudança foi necessária porque os trabalhadores da saúde permanecem muito tempo em contato com sangue, que tem cor vermelha, e ao olhar para suas roupas ou para as paredes do ambiente, viam várias manchas na cor ciano, que é complementar ao vermelho. Para diminuir tal sensação, nesses locais hoje são utilizados uniformes nas cores azul, verde ou ciano.

São apresentadas na Fig. 7 as cores complementares no disco de cores, sendo as cores opostas as que mais contrastam uma com a outra. Assim, a cor que mais contrasta com o vermelho é o ciano, como dito anteriormente. O mesmo acontece com o azul e o amarelo e com o magenta e o verde. Se a cor é primária, contrasta sempre com uma secundária e vice-versa.

Na mesma figura, as cores que aparecem próximas umas das outras são denominadas cores harmônicas ou análogas, como, por exemplo, o azul esverdeado e o ciano. A principal característica dessas co-

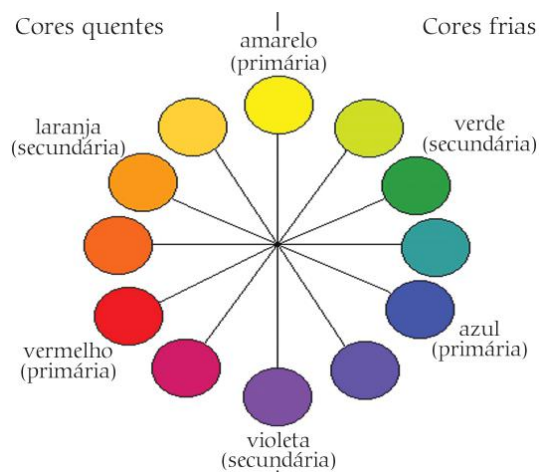


Figura 7 - Cores complementares. Fonte: <http://pt.wikipedia.org>.

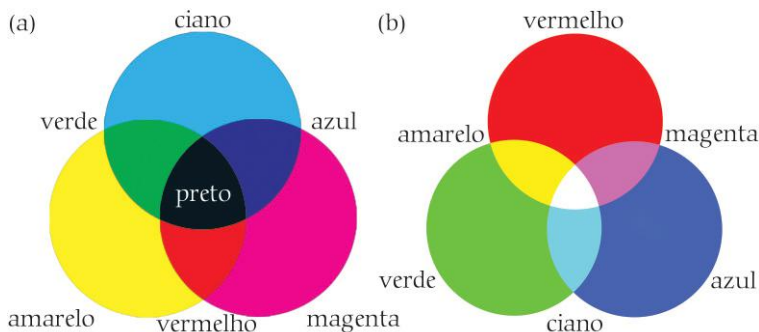


Figura 8 - Mistura das cores (a) pigmento. b) luz. Fonte: <http://www.univ-ab.pt/~bidarra/hyperscapes/video-grafias-210.htm>.

res é apresentar uma cor em comum, neste exemplo, o verde, dificultando a distinção entre elas. Além disso, quanto mais pálidas forem as cores, mais difícil é localizar o ponto onde começa uma e termina a outra.

Pode-se também fazer contrastes entre cores quentes (derivadas do vermelho, como o alaranjado) e cores frias (oriundas do azul, como o violeta); as cores quentes têm maior comprimento de onda e a lente do olho (cristalino) precisa se moldar, engrossando, para poder vê-las. As cores frias (com menor comprimento de onda), por sua vez, afinam as lentes oculares durante sua visualização. O efeito visual resultante é um processo contínuo de avanço e recuo do cristalino do olho, causando belos efeitos de profundidade e, em contrapartida, grande cansaço visual.

Precisamos ressaltar ainda que as cores primárias de pigmentos são diferentes das cores primárias das radiações eletromagnéticas. Enquanto as cores primárias dos pigmentos são o ciano, o amarelo e o magenta, para o espectro da luz visível são o vermelho, o verde e o azul. Se somar-

mos, através de interferência construtiva, a frequência da luz azul, do vermelho e do verde, teremos branco. Se somarmos, em igual quantidade, os pigmentos amarelo, ciano e magenta, a luz que incide sobre a junção de pigmentos será completamente absorvida, sendo transformada em aumento de temperatura e fazendo com que vejamos a cor preta.

Essas misturas são apresentadas na Fig. 8.

Para modificar a tonalidade presente nas cores, se referindo a maior ou menor quantidade de luz refletida na cor, acrescentamos pigmentação preta para escure-

cer e branca para clarear, conforme Fig. 9. Quando acrescentamos mais branco à imagem, ela reflete mais luz, e quando for mais escura, absorverá mais luz.

Quando a cor não apresenta nenhum elemento de preto, cinza ou branco, ela é chamada de cor saturada, cor forte ou cor pura. Outra característica dessas cores é não se dispersarem na atmosfera ou à distância.

Considerações finais

Em muitas escolas brasileiras, o ensino de ciências utiliza metodologias basea-



Figura 9 - Tonalidade das cores. a) Mistura gradativa com branco. b) Mistura gradativa com preto. Fonte: <http://www.univ-ab.pt/~bidarra/hyperscapes/video-grafias-210.htm>.

das na repetição, onde o aluno ouve várias vezes a mesma frase para “aprender” um conceito ou aplica várias vezes a mesma fórmula no mesmo tipo de exercício para “aprender” a resolver problemas. É evidente que alguns alunos aprendem com esta metodologia, mas a maioria dos alunos apresenta dificuldade para lembrar os conteúdos, mesmo decorrido pouco tempo desde sua “aprendizagem”.

Para facilitar a aprendizagem é preciso que o conteúdo seja, pelo menos, interessante para o aluno. De acordo com Freire [5], é preciso aguçar a curiosidade do estudante, a curiosidade enquanto desafio de seus conhecimentos, enquanto desestabilizadora de suas ideias provisórias. Segundo ele, “o exercício da curiosidade convoca a imaginação, a intuição, as emoções, a capacidade de conjecturar, de comparar, na busca de perfilização do objeto” [5, p. 88]. E é função do professor adotar

estratégias neste sentido, mas sem esquecer seu objetivo.

Diversos estudos [1, 6, 7] apontam para a ludicidade como fonte de motivação. Entre essas atividades lúdicas têm-se os jogos, as brincadeiras, as atividades experimentais, etc. Estas atividades permitem que sejam criadas e propostas novas atividades, com abordagens alternativas do conteúdo. Possibilitam ainda o melhor entendimento de conceitos e equações, através de questionamentos não habituais.

A partir dessa premissa, acreditamos que as ilusões de óptica possuem um potencial motivador para o ensino de física. Tais atividades provocam a curiosidade dos alunos, pois se relacionam com a sua realidade. O estudo das cores é potencialmente interdisciplinar e, portanto, pode ser utilizado em projetos que envolvam várias disciplinas, como biologia, artes, história e física.

Referências

- [1] A. Figueiredo e M. Pietrocola, *Física, Um Outro Lado: Luz e Cores* (FTD, São Paulo, 2002).
- [2] E. Okuno e Iberê L. Caldas, *Física para Ciências Biológicas e Biomédicas* (Harbra, São Paulo, 1982).
- [3] A. Gaspar, *Física: Ondas, Óptica, Termodinâmica* (Ática, São Paulo, 2003).
- [4] Eduardo A.C. Garcia, *Biofísica* (Sarvier, São Paulo, 2002).
- [5] P. Freire, *Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários À Prática Educativa* (Paz e Terra, São Paulo, 1996).
- [6] A. Medeiros e C.F. Medeiros, *Caderno Brasileiro do Ensino de Física* **22**, 299 (2005).
- [7] J. Hilgert, R. Arisi, *Os Conteúdos na Educação Informal a Partir da Ludicidade*. Monografia, Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Chapecó, 2003.

Soluções das Perguntas do Editor do v. 12, n. 1

1 Todos os corpos no ar sofrem a ação de um empuxo igual ao peso do ar deslocado. Portanto, se pesarmos uma bola cheia até uma certa pressão P , obteremos como resultado

$$M = M_b + M_a - m,$$

onde M_b é a massa do invólucro de couro da bola, M_a a massa do ar contido dentro da bola e m a massa do ar deslocado pela bola.

Desprezando o volume ocupado pelo invólucro da bola e portanto o empuxo por ele provocado, os últimos dois termos da expressão acima devem ser iguais para uma bola que contém ar à pressão atmosférica. O resultado da medida é simplesmente M_b .

Uma vez que o volume V da bola praticamente não muda quando a enchemos até a pressão P desejada, o termo m da expressão acima praticamente não muda. Portanto se M for a massa da bola quando cheia até a pressão P e M_0 até a pressão atmosférica P_0 , então a diferença $M - M_0$ dividida pelo volume V da bola nos dará a diferença de densidade do ar nas duas situações

$$\frac{(M - M_0)}{V} = \rho - \rho_0.$$

Uma vez que o volume V praticamente não muda, então o aumento de densidade é diretamente proporcional ao aumento de pressão

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{P}{P_0}.$$

Usando estas duas últimas igualdades é fácil obter

$$P = P_0 + \left(\frac{P}{\rho_0} \right) \times \left(\frac{M - M_0}{V} \right).$$

A diferença das massas é obtida usando-se a balança e o volume pode ser obtido medindo o diâmetro da bola com a régua. Os valores da pressão atmosférica e densidade do ar à pressão atmosférica podem ser obtidas de uma tabela. Estes resultados podem ser melhorados se usarmos os respectivos valores na temperatura em que o experimento for realizado.

2 Suspensa os dois pêndulos e solte-os simultaneamente. Passado um tempo, o pêndulo de período menor deixará o outro “para trás”. Se esperarmos mais um tempo, eles entrarão em fase novamente. Caso o pêndulo mais rápido

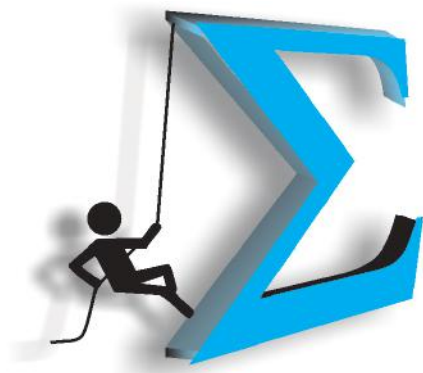
tenha realizado n oscilações até isto ocorrer, o pêndulo mais lento terá realizado $(n - 1)$ oscilações. O tempo de coincidência será

$$nT_1 = (n - 1) T_2,$$

onde T_1 e T_2 são os períodos do pêndulo mais rápido e do mais lento, respectivamente. Ou seja, conhecendo um dos períodos e contanto o número de oscilações n até o momento em que eles novamente se encontram em fase, podemos calcular o período do outro pêndulo.

3 Para determinar a altura de uma árvore em um dia de sol proceda da seguinte maneira: chamemos a altura de segmento AB. Meça primeiramente o comprimento da sombra que a árvore projeta no chão. Chame esta distância de BC. Em seguida, coloque a régua na vertical (a altura da régua é $A_r B_r$), marque o comprimento de sua sombra no chão e meça-o. Chame este comprimento de $B_r C_r$. Por semelhança de triângulos temos:

$$AB = BC \times (A_r B_r / B_r C_r).$$

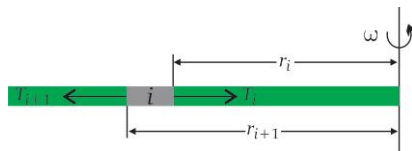


Problemas Olímpicos

Soluções dos problemas do número anterior

1 Cálculo da tensão em uma barra homogênea, de comprimento L e massa m , girando com uma velocidade angular ω .

Dividamos a barra em n segmentos de mesmo comprimento, conforme apresentado na figura abaixo.



As acelerações nos diferentes pontos serão diferentes, uma vez que as distâncias dos pontos até o eixo de rotação são diferentes. Entretanto, como a diferença $r_{i+1} - r_i$ é pequena, podemos considerar a aceleração na parte i como sendo $\omega^2(r_{i+1} - r_i)/2$. No limite de $r_{i+1} - r_i$ indo a zero, tal valor será exato. Na parte i age a força elástica T_{i+1} , por parte da seção deformada $(i+1)$, e a força T_i por parte da seção $(i-1)$; assim, da 2ª lei de Newton

$$T_i - T_{i+1} = \frac{m}{L}(r_{i+1} - r_i)\omega^2 \frac{r_{i+1} - r_i}{2},$$

ou

$$T_{i+1} - T_i = -\frac{m\omega^2}{2L}(r_{i+1}^2 - r_i^2).$$

A equação de movimento de cada elemento n da barra será (note que $r_{n+1} = L$ e $r_k = x$)

$$-T_n = -\frac{m\omega^2}{2L}(L^2 - r_n^2),$$

$$T_n - T_{n-1} = -\frac{m\omega^2}{2L}(r_n^2 - r_{n-1}^2), \dots$$

$$T_{k+2} - T_{k+1} = -\frac{m\omega^2}{2L}(r_{k+2}^2 - r_{k+1}^2),$$

$$T_{k+1} - T_x = -\frac{m\omega^2}{2L}(r_{k+1}^2 - x^2).$$

Na primeira equação não há tensão no extremo, i.e., $T_{n+1} = 0$. Somando as equações do sistema, obtemos a tensão

$T_x = \frac{m\omega^2}{2L}(L^2 - x^2)$. Quanto mais próxima as seções da barra estiverem do eixo de rotação maior será o grau de extensão da mesma.

2 Cálculo de probabilidades de uma partícula que se move aleatoriamente em uma rede bi-dimensional quadrada

Considere primeiro o caso uni-dimensional e a expressão $1/2(e^{i\phi} + e^{-i\phi})$, com $-\pi \leq \phi \leq \pi$. A probabilidade de que após n movimentos a partícula atinja o ponto L será igual ao coeficiente de $e^{i\phi L}$ na expansão binomial

$$\left[\frac{1}{2}(e^{i\phi} + e^{-i\phi})\right]^n = \frac{1}{2^n}e^{i\phi n} + \dots P_n(L)e^{i\phi L} + \dots + \frac{1}{2^n}e^{-i\phi n}.$$

Assim,

$$P_n(L) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \cos^n \phi e^{i\phi L} d\phi.$$

Usando o mesmo raciocínio para o caso bi-dimensional, temos que a probabilidade de após n passos a partícula alcançar o ponto $L = (L_1, L_2)$ será

$$P_n(L) = \frac{1}{(2\pi)^2} \iint_{-\pi}^{\pi} \left[\frac{1}{4}(e^{i\phi_1} + e^{-i\phi_1} + e^{i\phi_2} + e^{-i\phi_2}) \right]^n e^{-i(\phi_1 L_1 + \phi_2 L_2)} d\phi_1 d\phi_2.$$

Consideremos o total de trajetórias terminando no ponto L e vamos introduzir a função geratriz

$$u(z, L) = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(L) z^n = \frac{1}{(2\pi)^2} \times \iint_{-\pi}^{\pi} \left[\frac{(e^{i\phi_1} + e^{-i\phi_1} + e^{i\phi_2} + e^{-i\phi_2})}{1 + (z/2)(\cos \phi_1 + \cos \phi_2)} \right] d\phi_1 d\phi_2.$$

Mostramos agora que esta função expressa a probabilidade da partícula não retornar ao ponto inicial. Seja A um evento que pode ser repetido, f_j a probabilidade que o evento A ocorra na primeira vez na j -ésima tentativa, e u_j a probabilidade que A ocorra na j -ésima tentativa qualquer que seja a ocorrência anterior.

Seja $u_0 = 1$ e construindo os polinômios

$$u(z) = \sum_{j=0}^{\infty} u_j z^j, \quad F(z) = \sum_{j=0}^{\infty} f_j z^j.$$

Note que

$$u_j = u_0 f_j + u_1 f_{j-1} + \dots + u_{j-1} f_1.$$

Multiplicando ambos os lados da relação e somando com respeito a j de 1 até ∞ , resulta

$$u(z) - 1 = F(z)u(z)$$

ou

$$F(z) - 1 = (u(z))^{-1}$$

Mas $F(1) = f_1 + f_2 + \dots$ é a probabilidade que A ocorra em algum momento.

Temos duas possibilidades:

a) se $u(1) = \infty$, então $F(1) = 1$ e A certamente ocorrerá;

b) se $u(1) < \infty$, então $F(1) < 1$ e existe uma probabilidade positiva do evento A não ocorrer.

Em nosso caso, $u(1)$ (probabilidade de que a partícula retornará em algum momento ao ponto inicial) coincide com

$$u(1) = \frac{1}{(2\pi)^2} \times \iint_{-\pi}^{\pi} \left[\frac{1}{1 - (1/2)(\cos \phi_1 + \cos \phi_2)} \right] d\phi_1 d\phi_2.$$

Estas integrais divergem, e, portanto, em um passeio aleatório, a partícula sempre retornará a seu ponto inicial.

3 Determinação da pressão na seção horizontal em um vaso cilíndrico que contém um líquido e gira com velocidade angular ω .

Em uma seção horizontal, a pressão em função da distância r até o eixo de rotação varia segundo $p = p_0 + \frac{\rho\omega^2}{2}r^2$, sendo ρ a densidade do líquido e p_0 a pressão no eixo. Assim, a deformação da compressão do líquido será maior junto às paredes do recipiente. A uma distância r do eixo,

vemos que o excedente de pressão é $\frac{\rho\omega^2}{2}r^2$.

Por outro lado, essa pressão também determina-se pela diferença de nível do líquido a essa mesma distância e o nível do eixo: $p = \rho gh$. Igualando as expressões,

obtemos $h = \frac{\omega^2}{2g}r^2$, que é a equação de

uma parábola, ou seja, o líquido em rotação terá sua superfície no formato de um parabolóide.

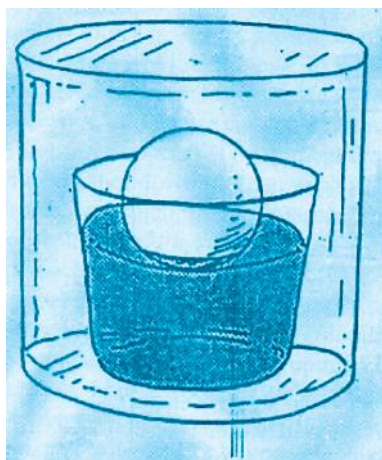
4 Análise da flutuação de uma bola leve colocada em um recipiente amplo, cheio de água, no fundo do qual existe um tubo fino.

No fluxo de água circulante, a pressão diminui à medida em que aumenta a velocidade da corrente. A velocidade da corrente de água no recipiente é sensivelmente menor do que a velocidade da corrente no tubo, e, portanto, a pressão da água no recipiente é maior do que no tubo. Na fronteira recipiente-tubo a velocidade aumenta e a pressão diminui; como consequência, a bola colocada na rede será comprimida e não emergirá.

Novos problemas

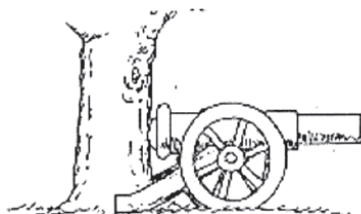
(Extraídos do *The Physics Teacher*)

1 Considere uma bola de ping-pong flutuando em um vidro com água, o qual esta contido em um recipiente hermeticamente fechado.



Quando o ar é adicionado no recipiente para que a sua pressão interna aumente, a bola de ping-pong irá abaixar, subir ou ficar como antes?

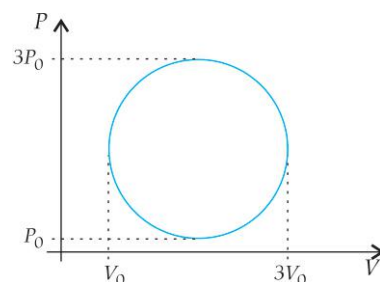
2 Suponha que um canhão seja escorado contra uma árvore maciça, de modo a reduzir o seu recuo quando acionado.



Desta forma, o alcance do canhão irá:

- a) aumentar
- b) decrescer
- c) ficará inalterado

3 Um gás ideal realiza um ciclo circular como mostra o diagrama PV abaixo. Qual a eficiência de um ciclo de Carnot operando entre as mesmas temperaturas máxima e mínima do gás no ciclo circular?



4 Duas pequenas esferas carregadas positivamente estão suspensas por um mesmo ponto no teto por linhas isolantes, muito leves e de comprimentos iguais. A primeira esfera tem massa m_1 e carga q_1 e a segunda massa m_2 e carga q_2 . Se a primeira linha faz um ângulo θ_1 com a vertical, determine o ângulo θ_2 que a segunda linha faz com a vertical.

Envie sua solução dos problemas para djpr@df.ufscar.br. Não esqueça de incluir a sua Escola na mensagem. Se estiver correta, você se candidata a uma assinatura gratuita de Física na Escola, além de constar na Lista de Honra da seção Desafitos