

# Da física clássica à moderna: o simples toque de uma sirene

(From classical to modern physics: the ringing simple of a siren)

Rodrigo Lima Melhorato<sup>1</sup> e Gustavo Tosta Nicolli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Observatório Nacional, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup>Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim, ES, Brasil

Recebido em 29/3/2011; Aceito em 24/8/2012; Publicado em 21/11/2012

Este artigo apresenta a construção de um experimento com menor custo possível para demonstrar conceitos essenciais de quantização de energia, modelo corpuscular da luz e condução de eletricidade em sólidos aos alunos do terceiro ano de Ensino Médio, auxiliando de forma significativa na explanação de tópicos de física moderna. A proposta segue que o trabalho realizado não só irá contribuir na explanação de tais conteúdos, mas poderá despertar o interesse à investigação científica bem como entender como a física moderna está presente no cotidiano. O modelo construído é apenas uma proposta para explanação de conteúdos abordados no Ensino Médio, visto que, poderá ser utilizado pelo docente em aulas introdutórias em cursos de graduação. O modelo segue outros estágios de aprimoramento para linhas de pesquisa mais investigativas aos alunos de graduação em física. **Palavras-chave:** física moderna, modelo corpuscular da luz, transposição didática.

This article presents the construction of a experiment with a lower possible cost to demonstrate essentials concepts of quantization of energy, corpuscular model of the light and the conduct of electricity in solid for the students of the third year in the high school, significantly helping in explaining topics of modern physics. The proposal is that the work will not only contribute to the explanation of such content, but may arouse the interest to the scientific research and understand how the modern physics is present in daily. The model constructed is only a proposal for explaining the contents addressed in high school, since it could be used by teachers in classes in introductory undergraduate courses. The model follows other stages of improvement for lines of search more investigative to the students graduate in physics.

**Keywords:** modern physics, corpuscular model of the light, didactic transposition.

## 1. Introdução

O surgimento da física moderna possibilitou a compreensão de muitos fenômenos em que a física clássica falhava. Seu advento possibilitou responder como está organizada a matéria, e com isso, desenvolver inúmeras tecnologias que facilitam o cotidiano do ser humano, entre tantas, a eletrônica.

A todo o momento estamos cercados de fenômenos físicos de ordem macroscópica ou atômica. Tratando-se de eventos de escala macroscópica, um indivíduo talvez seja capaz de oferecer argumentos plausíveis para a explicação de tais eventos, pois é possível a visualização destes. Contudo, como é possível compreender os fenômenos cotidianos de escala atômica?

A dinâmica das inovações tecnológicas aproxima cada vez mais o indivíduo do mundo atômico, ou seja, da física moderna. Deste modo, o professor exerce papel fundamental para que o ensino de física moderna seja inserido no Ensino Médio de modo eficiente, contri-

buindo para a formação de um cidadão contemporâneo. Todavia, como realizar a transposição didática de algo que não é palpável aos alunos?

Estudos [1] comprovam que a experimentação é aliada eficaz no processo ensino-aprendizagem, seja qual for o segmento de ensino a ser abordado. Da mesma forma, o acesso a esta metodologia nas instituições de ensino públicas ou privadas é restrito, muitas, ao poder aquisitivo de cada uma delas. A inexistência de laboratórios e materiais adequados à aplicação dos conteúdos de forma prática é prejudicial ao ensino, fazendo com que o público alvo, os alunos, não se interesse pelos conteúdos, criando uma barreira entre informação e formação.

Muitos são os autores [2-10] que vêm se preocupando com a inserção e materialização da física moderna em sala de aula. Portanto, este trabalho, consiste em mais uma ferramenta de apoio para vislumbrar alguns tópicos essenciais de física moderna que podem ser tratados no Ensino Médio.

<sup>1</sup>E-mail: rodrigomelhorato@hotmail.com.

## 2. Elementos teóricos que conduzem à explicação do experimento

### 2.1. Condução de eletricidade em sólidos

Como explicar se um material é capaz de conduzir eletricidade ou não? A resposta para tal indagação está nas leis e princípios que regem a física quântica.

Tratando-se do aspecto elétrico, há três propriedades essenciais que caracterizam os sólidos:

- A resistividade  $\rho$  à temperatura ambiente;
- O coeficiente de temperatura da resistividade  $\alpha$ ;
- A concentração de portadores de carga  $n$ , definida como o número de portadores de carga por unidade de volume.

Medindo a resistividade de diferentes materiais à temperatura ambiente, observa-se que alguns não são capazes de conduzir corrente elétrica. Tais materiais são definidos como isolantes e possuem resistividade bastante elevada.

Além dos isolantes, podemos distinguir mais duas categoriais de materiais: metais e semicondutores.

Podem-se destacar algumas características dos semicondutores, tais como:

- A resistividade em um semicondutor é maior do que no metal, de modo que em tal material a resistividade diminui quando a temperatura aumenta;
- O número de portadores de carga  $n$  é bem menor do que nos metais.

### 2.2. Níveis de energia em um sólido

Um átomo de cobre possui 29 elétrons distribuídos em diferentes subcamadas:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$$

Ao aproximar dois átomos de cobre, os mesmos irão interagir, e suas funções de onda irão se superpor. Quando ocorre tal superposição, não se pode tratar esses elétrons individualmente, logo, deve-se considerar um sistema de dois átomos.

Segundo [11] no caso do cobre, este sistema contém  $2 \times 29 = 58$  elétrons e está sujeito ao princípio de exclusão de Pauli, o que significa que os 58 elétrons devem ocupar estados quânticos diferentes. Em consequência, cada nível de energia do átomo isolado se desdobra em dois níveis.

Cada material contém  $N$  átomos, deste modo, cada nível do átomo isolado desdobrará  $N$  níveis, formando um arranjo cristalino periódico. Portanto, em uma rede cristalina, os níveis de energia se desdobram para formar as chamadas bandas de energia, separadas por bandas proibidas, ou seja, níveis de energia que nenhum elétron poderá ocupar.

Em determinados materiais, os  $N$  níveis são da ordem de grandeza extremamente elevada, deste modo, isto faz com que as bandas estejam muito próximas e a banda pode ser considerada praticamente contínua.

A Fig. 1 ilustra a situação mencionada acima, mostrando as bandas de energia em um típico sólido cristalino:

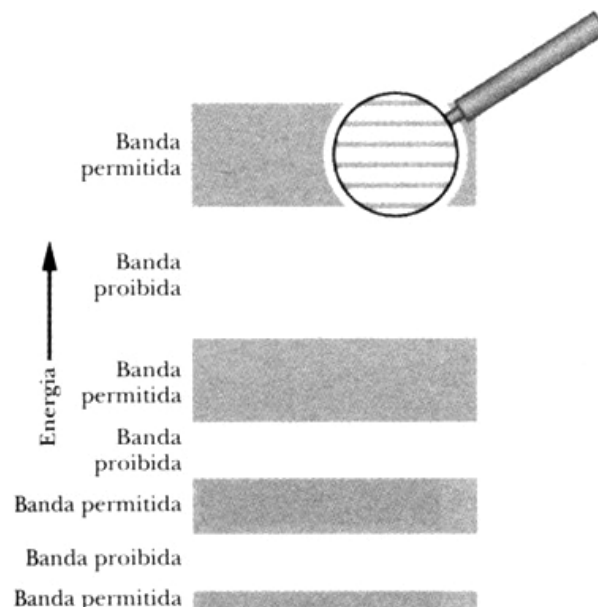


Figura 1 - Bandas de energia em um típico sólido cristalino [11].

Analisando a Fig. 1 pode-se notar que as bandas de menor energia são mais estreitas que as de maior energia. Segundo [11] isto acontece porque os elétrons que ocupam as bandas de menor energia estão mais próximos do núcleo atômico e as funções de onda associadas a estes elétrons não sofrem uma grande superposição com as funções de onda associadas aos elétrons correspondentes dos átomos vizinhos. Por esta razão, os desdobramentos dos níveis de energia não são tão grandes como os dos níveis de energia ocupados pelos elétrons mais distantes do núcleo.

## 3. O experimento

### 3.1. Materiais

Os materiais utilizados na construção do experimento são de baixo custo, não excedendo R\$ 30,00 (trinta reais), e de fácil acesso, viabilizando a fabricação do experimento em qualquer instituição de ensino, seja pública ou privada.

Os materiais necessários são:

- 1 sirene piezoelétrica de 12 V;
- 1 ponteira laser;
- 1 tábua de madeira;
- 2 carregadores de celular;
- 1 resistor LDR.

Os carregadores de celular podem ser substituídos por pilhas ou baterias. No entanto, em virtude da dinâmica da troca de aparelhos celulares, os carregadores ficam inutilizados, e assim, podem ser utilizados como fonte de alimentação do circuito no experimento.

### 3.2. Montagem do experimento

A Fig. 2 exibe os materiais utilizados na montagem do experimento conforme listados na seção 3.1.



Figura 2 - Materiais utilizados para construção do experimento: (a) sirene (b) ponteira laser (c) carregador de celular (d) LDR [12].

## 4. Funcionamento

Após ligar os carregadores de celular à rede elétrica, na ausência de luz, não se observa nenhuma corrente no circuito. Deste modo, a sirene não “dispara”, pois o LDR, como a própria sigla sugere (Light Dependent Resistor), é um resistor cuja resistência varia com a intensidade da luz, impedindo a passagem da corrente elétrica. Bombardeando-se a área do LDR com fótons provenientes de um laser, ocorre o fenômeno de absorção de energia dos fótons pelos elétrons, sendo estes deslocados da banda de valência para a banda de condução possibilitando assim a fluidez da corrente elétrica no circuito e, por conseguinte, a emissão de som

Em geral, um carregador não oferece a ddp necessária para o funcionamento da sirene, portanto, associam-se dois carregadores em série.

Se os carregadores são ligados diretamente à sirene, verifica-se imediatamente a emissão de sinal sonoro pela mesma, contudo, este não é o objetivo. Portanto, associa-se o LDR em série com a sirene.

Uma base de madeira foi preparada para que os materiais fossem montados sobre a mesma. A Fig. 3 exibe o aspecto final do experimento.

pela sirene.

## 5. Sugestões de abordagem do experimento

Como o próprio título sugere, a ideia é que o professor comece a discutir o experimento de forma clássica em suas aulas de eletricidade no terceiro ano do Ensino Médio. Com o auxílio de um multímetro, medidas podem ser realizadas para trabalhar os seguintes tópicos: ddp, corrente elétrica, ddp da associação dos geradores, resistência elétrica e até como operar o próprio multímetro.

Aproveitar o LDR para explicar como funciona de fato a condução de eletricidade nos sólidos, fazendo uma breve explanação sobre a teoria de bandas, distinguindo a classe de metais, isolantes e semicondutores.

Chamar a atenção que a interação da luz com o LDR fecha o circuito, e assim introduzir o conceito de fóton, mostrando o comportamento dual da luz.

Não somente radiação visível poderá ser utilizada no experimento. Foi verificada a existência de corrente elétrica e, pequenos bips, quando um controle remoto foi utilizado em direção ao LDR (Fig. 4). Assim, pode-se mostrar que o controle remoto emite radiação eletromagnética, mesmo que não seja visível, e trabalhar o espectro eletromagnético no experimento.



Figura 3 - Experimento montado.

## 6. Considerações finais

O presente trabalho é apenas uma forma de realizar uma transposição didática no que diz respeito à física moderna, em um menor custo possível, visto que em tal modelo didático foram utilizados materiais alternativos e que seriam até motivo de descarte, como o carregador, por exemplo.



Figura 4 - Corrente elétrica constatada devido à interação de radiação infravermelha com o LDR.

O trabalho apresentado é apenas uma proposta ao Ensino Médio. Há perspectiva de aprimoramento do projeto visando aplicação da abordagem de conteúdos de física moderna para alunos de graduação do curso de física.

Espera-se que tal trabalho seja um facilitador no ensino de física e contribua para os que desejam e tem o compromisso de qualificar a educação neste país.

## Referências

- [1] A. Zabala, *A Prática Educativa: Como Ensinar* (Armed, Porto Alegre, 1998), 1ª ed.
- [2] M.A. Monteiro, R. Nardi e J.B. Bastos Filho, *Ciência e Educação* **5**, 557 (2009).
- [3] M.A. Cavalcante e A.D. Benedetto, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **21**, 437 (1999).
- [4] C.V. Colussi e M.A. Cansian, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **17**, 209 (1995).
- [5] M.A. Cavalcante, V. Jardim e J.A.A. Barros, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **16**, 154 (1999).
- [6] M.A. Cavalcante e C.R.C. Tavoraro, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **18**, 372 (2001).
- [7] M. Siqueira, M. Pietrocola e N. Ueta, in *XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, São Luís, 2007.
- [8] D.I. Machado e R. Nardi, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **28**, 473 (2006).
- [9] F.F. de Oliveira, D.M. Vianna e R.S. Gerbassi, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **29**, 447 (2007).
- [10] E. Levin, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **29**, 305 (2007).
- [11] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física, Volume 4: Óptica e Física Moderna* (LTC, Rio de Janeiro, 2007), 7ª ed.
- [12] Disponível em [http://www.soldafria.com.br/ldr-resistor-depende-de-luz-c-21\\_154.html](http://www.soldafria.com.br/ldr-resistor-depende-de-luz-c-21_154.html). Acesso em 2/8/2012.