



FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: DETERMINAÇÃO DO *BANDGAP* DE FOTORESISTORES

Palavras-Chave: FÍSICA MODERNA, ENSINO MÉDIO, BANDGAP

Autores/as:

Benedicto Fagundes Neto [COLÉGIO JANDYRA]

Robert Testa [COLÉGIO JANDYRA]

Vitor Teodoro da Silva [COLÉGIO JANDYRA]

Herick Henrique Marçal Dos Santos [FT/UNICAMP]

Prof. Dr. Vitor Rafael Coluci (orientador) [FT/UNICAMP]

Prof. Dr. Yuri Alexandre Meyer (orientador) [FT/UNICAMP]

INTRODUÇÃO:

No Ensino Médio é notório uma grande dificuldade em mostrar aos alunos as aplicações das disciplinas. Temos, na verdade, um sistema de ensino mecanizado, onde a Física, por exemplo, muitas vezes é trabalhada através de um processo de memorização com “decorebas de fórmulas”. Perde-se a verdadeira essência dessa ciência, a qual, na verdade, deveria ser ensinada como sendo a disciplina que contempla as relações entre as grandezas que constituem um determinado fenômeno. Para reverter esse cenário, é necessário fazer com que os alunos pensem sobre um determinado fenômeno, sem focar simplesmente na memorização das fórmulas e equações envolvidas. Conforme destaca Meyer et al. (2019): “É certo que temos um ensino metódico que se preocupa apenas com o cumprimento dos muitos tópicos ao longo dos três anos do ensino médio, focando apenas em informações, deixando-se de lado a essência do conhecimento prático e socialmente aplicável”. Por outro lado, atualmente vivemos em uma era altamente tecnológica, onde as tecnologias digitais estão presentes nas tarefas diárias. No entanto, há uma dificuldade dos alunos do Ensino Médio, como aponta César et al. (2016):

A deficiência no ensino de Física Moderna causa certos prejuízos na formação dos estudantes como: o não ensino de muitos conhecimentos necessários para a compreensão de muitos dos aspectos tecnológicos do mundo contemporâneo como às telecomunicações com e sem fio, a aplicação da Física na área da medicina, engenharias, funcionamento de aparatos tecnológicos de uso diário como smartphones, computadores, CD'S, DVD'S, internet, etc.

É importante destacar ainda que o PCN+ (http://www.iq.usp.br/palporto/T2_PCN_Mais.pdf) contempla o ensino com tópicos de educação tecnológica e prevê que deve-se:

Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias na medicina, por meio de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, nas novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou, ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, tevê a cabo.

No entanto, a carência na formação de professores qualificados, falta de laboratórios, deficiências teóricas em livros didáticos e materiais adequados são fatores que dificultam a prática do ensino da Física Moderna. O Ensino Médio é também a etapa de preparação para o ingresso do aluno no Ensino Superior, mediante a aprovação nos vestibulares, os quais tem cobrado em suas provas alguns tópicos de Física Moderna. Este trabalho teve, portanto, como objetivo central contribuir para o fortalecimento do processo de inserção da Física Moderna no Ensino Médio. Essa inserção se deu por meio da construção de um experimento simples, que pudesse abordar tópicos como materiais semicondutores, estrutura de bandas, diferença de energia entre a banda de valência e a banda de condução (*bandgap*), composição e difração da luz. O desenvolvimento do trabalho foi acompanhado por alunos do Ensino Médio na forma de uma iniciação científica, propiciando-lhes, além do contato com os tópicos mencionados, o contato com o método científico.

O experimento proposto visa determinar o *bandgap* do material usado em resistores sensíveis à luz (fotoretores - LDR *light dependent resistor*). Para isso, incide-se luz de diferentes comprimentos de onda sobre o fotoreistor e mede-se o valor de sua resistência elétrica. A variação dessa resistência com o comprimento de onda fornece informações sobre o *bandgap*, já que o comprimento de onda é inversamente proporcional à energia dos fótons. Assim, à medida que os elétrons passam da banda de valência para a banda de condução, após receberem energia da luz incidente maior que o *bandgap*, a condutividade aumenta, fazendo a resistência diminuir.

A determinação da variação da resistência elétrica foi feita de forma automatizada, adaptando-se uma montagem de baixo custo, anteriormente desenvolvida por Coluci et al. (2020) para coletar os padrões de difração de luz monocromática produzidos por uma fenda dupla. A determinação do *bandgap* de um fotoreistor já foi realizada com aparato semelhante ao proposto neste trabalho, mas com um custo mais elevado. Por exemplo, de Oliveira e Tessler (2003) usaram um monocromador sofisticado (Oriel Corp., modelo 77250, 1200 linhas/mm, ~R\$ 5000) para obter luz de diferentes comprimentos de onda. No nosso caso, usamos uma rede de difração simples (600 linhas/mm, ~R\$ 500), o que permite construir o aparato para o uso em escolas. Essa rede é usada para difratar uma luz branca, produzindo-se um espectro com luzes de diferentes comprimentos de onda ao longo de uma linha reta. Finalmente, movimentando o LDR sob essas luzes, teremos uma energia de fóton em cada posição dessa linha.

METODOLOGIA:

Para a realização do experimento, foi utilizado a montagem experimental usada por Coluci et al. (2020), em que um LDR é acoplado a um motor de passo de impressora. O movimento do LDR e a aquisição das medidas são controladas por uma placa Arduino que envia para um computador os valores da resistência do LDR em função de sua posição ao longo do eixo da impressora. Para visualizar esses dados, implementamos uma aplicação em Python que coleta os dados da porta serial e os exibe num gráfico na tela do computador. A montagem do experimento envolve ainda elementos ópticos: lasers de 405 e 650 nm (usados para a calibração); espelho (1 cm x 1 cm); rede de difração de 600 linhas/mm (Paton Hawksley) e lâmpada incandescente (Azeheb) (Fig. 1 e 2). Inicialmente, realizamos a calibração usando a difração de uma luz de comprimento de onda conhecido (laser) para obter a relação entre a posição do LDR (medida em passos do motor) e o comprimento de onda (nm). Em seguida, o LDR recebe luz de diferentes cores produzidas pela luz branca difratada (Fig. 2) e seu valor de resistência é obtido.

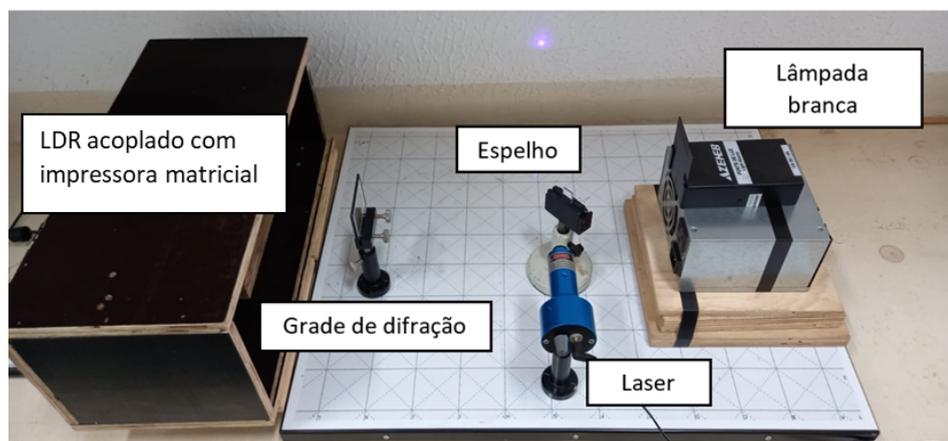


Figura 1 - Montagem experimental.

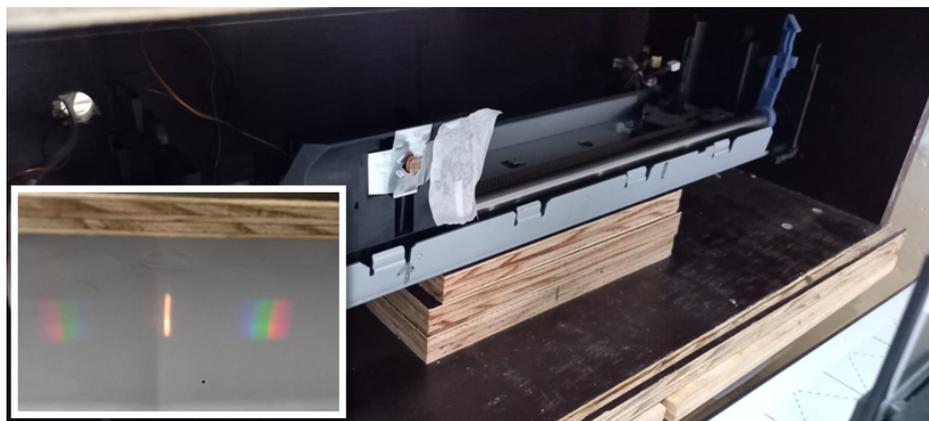


Figura 2: Aparato experimental mostrando o LDR acoplado ao motor de uma impressora matricial. Esse acoplamento permite deslocar horizontalmente o LDR de forma controlada. No detalhe é mostrado o espectro da luz branca difratada com o pico central e os dois ramos simétricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Fig. 3 apresenta a variação da resistência do LDR com a energia da luz incidente obtida com o aparato proposto. O comportamento é igual ao obtido por de Oliveira e Tessler (2003). Nota-se, inicialmente, que a resistência decai até atingir o primeiro ponto de inflexão, que ocorre em torno de 1,8 eV. Na região entre 1,8 eV e 2,2 eV a resistência tende a se manter constante - neste caso pode-se afirmar que fótons com comprimento de ondas nesse intervalo de energia são capazes de fazer os elétrons migrarem da banda de valência para a banda de condução. Após 2,2 eV, há um aumento na resistência, que acontece devido a absorção de luz por parte do vidro que recobre o LDR. O valor do *bandgap* corresponde ao primeiro ponto de inflexão, haja visto que a diminuição do valor da resistência implica que os fótons ainda não possuem energia suficiente para promoverem a migração dos elétrons de valência para a banda de condução.

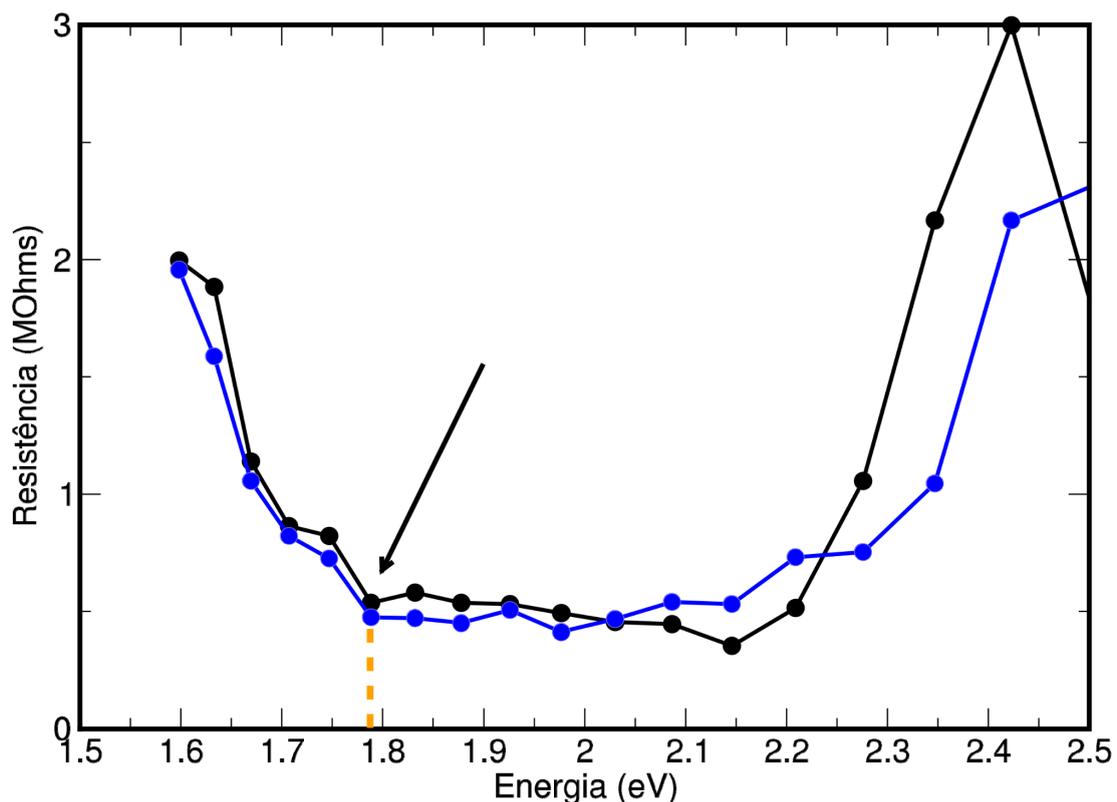


Figura 3: Medidas usando o aparato experimental proposto. As curvas em preto e azul referem-se a duas medidas independentes. A seta indica o ponto de inflexão em que a resistência tende a ser constante; o tracejado laranja marca o valor do *bandgap* (1,78 eV).

O *bandgap* obtido é próximo do Seleneto de Cádmio (CdSe, 1,7 eV), um dos materiais semicondutores usados em LDRs, validando assim o experimento proposto. Como podemos identificar o material a partir do seu *bandgap*, o experimento também permitiu determinar indiretamente a composição do fotoresistor.

CONCLUSÕES:

Resultados preliminares de um aparato de baixo custo permitiu obter corretamente o comportamento da resistência de um LDR em função da energia da luz incidente e o valor do *bandgap* do semicondutor usado no LDR. Além da medida dessa grandeza física, o desenvolvimento e a execução do experimento permitiram discutir tópicos de Física Moderna com alunos de Ensino Médio, fornecendo-lhes também uma vivência com técnicas experimentais e com o método científico.

BIBLIOGRAFIA

1. Meyer, Y.A.; Avila, F. L. de; Orlandini, M.F; Neves, J.B. Trabalhando a Física Moderna em um projeto de iniciação científica júnior: a experimentação da medida da constante de Planck no ensino médio, Revista Estudos Aplicados em Educação, 4(7), p. 75-91 (2019).
2. César, R.S.; Oliveira, L.T.; Paiva, F.M. DE. A constante de Planck: uma forma de ensino de física moderna a partir da experimentação. In: CONEDU – CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 3., 2016.
3. Oliveira Jr C.G. de, Gumiero M.R, Coluci V.R. Light interference pattern measurements from automated low-cost Young's double-slit experiments. Revista Brasileira de Ensino de Física, 42, e20200006 (2020). Available from: <https://doi.org/10.1590//1806-9126-RBEF-2020-0006>
4. de Oliveira, L. F. L., Tessler L. R. Estudo da banda de gap em componentes eletrônicos semicondutores, Relatório da disciplina de instrumentação para ensino, UNICAMP (2003) https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/993963Luis_Tessler_f809_RF09_0.pdf