

ENSINO DE FÍSICA NO NÍVEL MÉDIO: TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E EXPERIMENTAÇÃO

“Estudar Física sem ser através da experiência é como fazer curso de natação por correspondência”. (Rodolpho Caniato)

“A Física como modo de olhar e estudar o mundo é parte integrante da cultura de hoje, e só isto já justifica o seu estudo”. (Ernest Hamburger)

Denis Rafael de Oliveira Pereira e Oderli Aguiar

Departamento de Física
Universidade Federal de Viçosa
36570-000 Viçosa, MG – Campus Universitário
dropereira@yahoo.com.br; oaguiar@ufv.br

Resumo: O ensino fundamental e médio no Brasil, como se sabe, é de baixa qualidade em muitas regiões. Muitos fatores concorrem para esse resultado. O desinteresse dos alunos em relação às aulas e as dificuldades que muitos professores enfrentam no exercício da docência são fatores determinantes desse quadro. Este artigo discute o ensino da física no nível médio, ressaltando a necessidade de abordagens experimentais e o estudo de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, nesse nível de ensino. Uma proposta de atividade prática, em anexo, que envolve o efeito fotoelétrico, já experimentada no nível médio de ensino, enfatiza uma estratégia pedagógica, de experimentação como forma de inovar a prática docente e envolver efetivamente os alunos no processo ensino-aprendizagem melhorando efetivamente a qualidade do ensino.

Palavras chaves: Educação, Física Moderna, Experimentação.

Abstract: The Elementary School and High School in Brazil have a low quality in many brazilian regions. Many reasons contribute to that situation. The disinterest of the students related to the classes and the difficulties of many professors to teach are the main determining factors of this problem. This article discusses the

education of Physics in High School, emphasizing the necessity of studying contents of Modern and Contemporary Physics using an Experimental Approach. A proposal for practical work that involves the photoelectric effect, which has already been tested in High School, finalized the article emphasizing a pedagogical strategy (the experimental strategy) as a way to involve effectively the students in the learning-teaching process and improve the quality of the education.

Key Words: Education, Modern Physics, Experimentation.

O objetivo deste artigo é promover uma reflexão sobre o ensino de física no nível médio. Sabemos que a física é uma disciplina escolar pouco atraente para a maioria dos alunos. O desinteresse pelo estudo de física não resulta da falta de sua aplicação no cotidiano do aluno, pois ela está presente, por exemplo, no funcionamento de aparelhos eletrônicos existentes na maioria dos lares brasileiros. Também não se pode alegar que é uma disciplina cujo conteúdo seja difícil de se ensinar e aprender. O desinteresse que se reflete na má qualidade do ensino brasileiro exige, portanto, revisão das práticas pedagógicas.

Por outro lado, merece reflexão a conveniência da inclusão de tópicos de física moderna no currículo. Com o ensino da física moderna, de forma sistemática e experimental, desenvolver-se-ia no aluno a capacidade de observação e de análise de questões cotidianas relacionadas à física, e se promoveria neles uma conscienciosa reflexão sobre fatos atuais e sua explicação por meio de conceitos. Hoje, há uma série de desafios relacionados à tecnologia, como, por exemplo, entender o funcionamento de equipamentos eletrônicos modernos, utilizar programas de computador, acessar recursos da internet, como ler jornais ou revistas de divulgação científica e realizar pesquisas bibliográficas. Abordar temas da física moderna e a aplicação tecnológica dessa ciência, na escola, minimizaria os desafios, valendo-se deles para otimizar o processo ensino-aprendizagem.

Existem ainda outros desafios, como: a falta de infraestrutura em muitas escolas para oferecer ambiente adequado às aulas práticas de ciências; a carência de oportunidades para treinamento de professores; a dificuldade ao acesso a novas

tecnologias para a educação, que é um reflexo das desigualdades sociais brasileiras; entre outros. Apesar dos desafios, há tentativas de enfatizar a experimentação e de inserir noções, conceitos, modelos e aplicações da Física Moderna e Contemporânea nos cursos introdutórios de física em todos os níveis de escolarização. Mas, infelizmente, no nível médio, em muitas escolas, a física vem sendo ensinada, ainda, conforme metodologias estabelecidas no final do século XIX. Quando muito, os estudantes aprendem a resolver problemas da física newtoniana. Numa escola mais “exigente”, possivelmente aprenderão alguns princípios da física dos séculos XX e XXI.

Em países desenvolvidos em que o estudo de física não é obrigatório para todos os estudantes; os sistemas escolares contemplam tópicos da física moderna nos currículos e, há algum tempo, materiais didático-pedagógicos vêm sendo desenvolvidos sob esse enfoque. No Brasil, no entanto, só recentemente, tem sido estimulada a inclusão de conteúdos mais atuais nos currículos escolares. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) [1], propõe, por exemplo, para o ensino médio destaque à educação tecnológica básica, compreensão do significado da ciência, domínio dos princípios científicos que presidem a produção moderna. Em “Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”, em que se insere a física, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) [2], sem mencionar a tradicional lista de conteúdos a serem trabalhados no Ensino Médio, ressaltam que a organização dos conteúdos devem vincular-se ao cotidiano do aluno.

Além dos PCNs [2], outros textos subsidiarão essa reflexão como os títulos: *Uma Atividade Experimental Investigativa de Roteiro Aberto Partindo de Situações do Cotidiano*, de autoria de TERRAZAN, HERNANDES e CLEMENT [3]; *Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro*, de VALADARES e MOREIRA [4]; *Noções de Física Moderna* de VENTURA e FARIA [5], entre outros.

Os PCNs [2] explicitam os vínculos nos processos de ensino e aprendizagem a serem desenvolvidos entre as disciplinas física, química, biologia e matemática. Esse texto trata da organização do trabalho escolar, discutindo as competências em física e de como

elas se articulam com os diferentes conteúdos, de forma a estruturar o conhecimento e os objetivos formativos, sugerindo estratégias de ensino. Não traz, porém, soluções que, como sabemos, devem necessariamente surgir de cada realidade escolar.

O objetivo da escola deve voltar-se para a formação do jovem, independentemente de seus objetivos posteriores ao término do ensino médio, instrumentalizando-o para a vida, para raciocinar, compreender as causas e razões das coisas, exercer seus direitos de cidadania, cuidar de sua saúde, participar das discussões em que estão envolvidos seus destinos, atuar, transformar, enfim, para realizar-se como sujeito da sua história e viver dignamente. Essa é nossa compreensão do que seja uma educação para a cidadania e, portanto, o objetivo do ensino.

Há publicações nacionais, dirigidas a professores, sobre a inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio, como por exemplo, do efeito fotoelétrico, da teoria da relatividade restrita, do espectro de um laser, da física quântica e nuclear. Nesse contexto, artigos publicados na *Revista Brasileira de Ensino de Física* têm estimulado pesquisadores, professores do nível médio e superior e estudantes de pós-graduação a publicarem artigos que discutam métodos de ensino de física moderna e contemporânea. É preciso facilitar aos alunos a compreensão da física, produzindo material instrucional de física moderna e contemporânea como texto didático, para-didático, pôster, página na internet, experimento de baixo custo. Sobre esse tema, podem-se citar algumas publicações como “*Laboratório Caseiro de Física Moderna*” de autoria de S. M. Arruda e D. O. Toginho Filho [6]; “*Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no ensino médio*” de Marisa Almeida Cavalcante e Cristiane R. C. Tavolaro [7]; “*A Evolução do Ensino de Física no Brasil*” de João B. de A. Junior [8]; “*A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º Grau*” de Eduardo A. Terrazan [9]; “*Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro*” de Eduardo de C. Valadares e Alysson M. Moreira [4].

O ensino de física no nível médio tem se limitado principalmente a temas da física clássica: mecânica, eletricidade e magnetismo, calor e óptica. Além disso, esse ensino caracteriza-se,

na maioria das vezes, por aulas teóricas e descritivas, distantes da realidade dos alunos. Faz-se necessário somar itens de física moderna a esses temas clássicos, bem como desenvolver uma metodologia fundamentada também na experimentação. Vejamos no seguinte recorte dos PCNs [9], (p.230), sugestão que ilustra a necessidade de diversificação de temas e de inovação pedagógica: *“Não se trata (...) de elaborar novas listas de tópicos de conteúdo, mas, sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões.” Para os PCNs, o ensino deve ser contextualizado e integrado à vida do aluno. Segundo os Programas o ensino deve “Apresentar uma física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação.”*, por exemplo.

O ensino de física de qualidade requer atualização do professor para que ele, com recursos alternativos, articule teoria e prática bem como temas diversos (clássicos e modernos), contextualizando o ensino e, conseqüentemente, tornando-o significativo para o aluno. São evidentes as dificuldades dos professores da área de ciências da natureza, em particular da física, para se atualizarem, tanto em sua área de conhecimento quanto em questões gerais, relativas à educação acadêmica. O MEC, contudo, com o apoio de organizações científicas, tem desenvolvido um conjunto de ações para ampliar as oportunidades de desenvolvimento profissional dos professores da Educação Básica. Ainda assim é necessário produzir textos sobre o desenvolvimento da física, montar laboratórios como recurso de aprendizagem, utilizar simulação em computadores e estratégias para revitalizar o ensino dessa disciplina na escola. Recursos diversificados subsidiariam práticas de ensino mais produtivas.

Além dos recursos pedagógicos, a inserção de física moderna e contemporânea no Ensino Médio seria um expediente a favor de um ensino de qualidade. Embora haja consenso na comunidade de professores e pesquisadores da área sobre a importância da física moderna no nível médio de ensino, existe limitado material didático-pedagógico para apoiar o professor nesta empreitada. ALVARENGA [10], afirma que *“... ainda há constantes queixas referentes à quase inexistência de textos escritos, em português,*

sobre Física Moderna experimental, principalmente por parte dos professores que desejam introduzir atividades experimentais ao abordarem a Física Moderna”.

Os textos de física moderna para nível superior surgiram na primeira metade da década de trinta, com a publicação de algumas obras, hoje, consideradas clássicas. Segundo VENTURA e FARIA [4], os livros-textos adotados nas escolas de ensino médio, normalmente, não abordam com destaque esse tema. Faltam, pois, livros de apoio ao trabalho do professor, oferecendo-lhe material científico-pedagógico adequado.

Nos últimos anos, as editoras têm lançado livros didáticos de física para o nível médio que enfatizam o conteúdo de física moderna, como o de autoria de ALBERTO GASPAR [11], intitulado *FÍSICA*, que traz temas como dualidade onda – partícula, teoria da relatividade restrita, a dilatação do tempo, massa e energia relativística, nascimento da mecânica quântica, do átomo de Rutherford ao átomo de Bohr, entre outros. Pode-se citar também o caderno didático “*Noções de Física Moderna para o Ensino Médio*” [5], cujos autores, VENTURA e FARIA, possuem experiência em ensino médio, no Colégio de Aplicação-COLUNI da UFV. Esses trabalhos somam-se a outros como o livro didático que, mesmo considerado bom e atenda aos requisitos básicos, deve ser um entre outros instrumentos que promovem o ensino de qualidade. Assim, potenciais autores devem contribuir com métodos e técnicas de ensino que subsidiem o trabalho docente.

Obviamente, a inclusão de conteúdos modernos precisa ser conscienciosa, pois, segundo MENEZES [12], novos conteúdos impõem desafios didáticos e devem levar professores a estudos de atualização. Há muitas razões para inclusão da física moderna no currículo do nível médio; mas destacar que os textos escolares são defasados e que as universidades, além dos conteúdos mais clássicos, vêm intensificando a cobrança, em seus vestibulares, de temas modernos são motivações suficientes para inovar os conteúdos da física. A pesquisa bibliográfica realizada por OSTERMANN e MOREIRA [13], destaca algumas justificativas importantes como as necessidades: 1ª) de os estudantes terem contato com o excitante mundo da pesquisa atual em física; 2ª) de

reformulação do currículo de física do ensino médio, conforme apontam os PCN's; 3^a) de inserção da física moderna e contemporânea nos currículos; 4^a) de atrair jovens para a carreira científica; 5^a) de disseminar os conhecimentos que a ciência e tecnologia propiciam à população; 6^a) de esclarecer o estudante quanto às pseudo-ciências. Os autores também concluem que as pesquisas desenvolvidas sobre Física estão mais concentradas na "apresentação de um tema de Física Moderna e Contemporânea" em comparação com as pesquisas sobre "concepções alternativas" e "propostas testadas em sala de aula".

GASPAR [14], afirma que o ensino de física nas escolas brasileiras vem recebendo, há anos, a crítica por não se realizarem atividades experimentais; o único recurso do professor, segundo esse autor, tem sido 'saliva e giz'. O autor ressalta, ainda, que ao aluno cabe apenas ouvir, copiar e memorizar. Essa prática nada contribui para um ensino eficaz da ciência física na qual se insere a física moderna e contemporânea: o ensino deve estimular idéias, permitindo aos alunos pensar e interpretar o mundo que os cerca. O cotidiano vivenciado pelos estudantes é fundamental na definição da forma de abordagem dos conteúdos previamente definidos como relevantes. Nesse contexto, atividades experimentais ganham importância.

No atual ensino de física, as atividades experimentais, na maioria das escolas, raramente fazem parte das aulas, e quando ocorrem, estão associadas à manipulação de materiais/aparatos, limitando-se à observação superficial de fenômenos físicos, não viabilizando a necessária reflexão e as condições para desenvolver o processo investigativo.

A investigação experimental e científica deve ser estimulada, não a partir de manuais ou roteiros auto-explicativos, estruturados segundo uma rígida seqüência de passos, mas a partir de roteiros abertos, alterando significativamente o papel do professor e do aluno no processo educativo. O saber do professor deve ser superior ao que se exige sobre a matéria que se ensina; além disso, ele é o responsável por lançar desafios, promover debates, provocar no aluno a insatisfação e o desejo de querer buscar explicações. O professor é o mediador entre o tranqüilo e a inquietude, entre o senso

comum e o conhecimento científico. O aluno deve sair da postura passiva de ouvinte e participar ativamente das aulas, perguntando, expondo suas idéias, apresentando sugestões para a solução de problemas.

A idéia não é fazer do aluno um “cientista”, mas proporcionar-lhe condições de contestar as idéias de senso comum e construir noções de conhecimento científico. Para isso ele precisa aprender a planejar e a conduzir suas ações, conforme o planejamento da atividade. Assim, aluno e professor participam ativamente de todas as fases do experimento, desde o planejamento e levantamento de hipóteses, até a elaboração das conclusões. As atividades experimentais, ainda que demonstrativas, contribuem significativamente para a motivação do aluno, que é uma das principais dificuldades enfrentados pelo professor de ciências físicas.

Os programas de física, em muitas escolas brasileiras, estruturam-se em blocos tradicionais de conteúdo: mecânica, física térmica, ondas, óptica e eletromagnetismo que seguem, basicamente, a seqüência dos capítulos nos livros didáticos. A física desenvolvida a partir século XX está, pois, de certa forma, excluída. O que se espera de um ensino que não dialoga com o cotidiano dos alunos? Para que serve esse ensino? Insistimos: é importante somar aos conteúdos clássicos, também importantes, o que há de moderno nas ciências físicas.

PIETROCOLA [15], em relação ao ensino tradicional, afirma não se estranhar que os alunos esqueçam, após as avaliações, tudo o que foi aprendido. Para esse autor o que é significativamente aprendido não é esquecido. O ensino, infelizmente, tem servido somente para ‘passar de ano’, ou seja, para fazer cumprir os rituais da escola. As idéias desse autor nos levam a pensar sobre a quantidade de aparelhos e artefatos atuais, bem como fenômenos cotidianos que somente são compreendidos à luz de alguns conceitos da física. Por exemplo, estudo do efeito fotoelétrico a partir da análise do funcionamento do controle remoto de TV e de aparelhos de som.

VALADARES e MOREIRA [4], reforçam a necessidade de se articular a física que se ensina na escola à física do cotidiano

social do aluno afirmando ser “... *imprescindível que o estudante do segundo grau conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. (p.359)*”, E os autores enfatizam concluindo: “*Daí a importância de se introduzir conceitos básicos da Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano (p.359-360)*”. A importância da física moderna para entendimento do mundo contemporâneo, bem como a sua contribuição para a formação do cidadão consciente, participativo, e modificador da realidade acentuam a necessidade de tais conteúdos na escola de nível médio.

Há vários tópicos de física moderna que podem ser abordados no ensino médio como o efeito fotoelétrico, pela sua importância histórica na ciência do século XX, e pela sua associação ao funcionamento de vários dispositivos eletrônicos presentes na sociedade. Os conhecimentos da física moderna são, pois, essenciais para o cidadão compreender e discutir seu papel na sociedade atual.

Apresenta-se, em anexo, como contribuição para a inovação do ensino da física, uma adaptação de uma atividade experimental (possível para o nível médio de ensino) sobre esse conteúdo, proposta por VALADARES e MOREIRA [4] bem como por TERRAZAN, HERNANDES e CLEMENT [12]. A fundamentação teórica dessa prática pode por exemplo parecer difícil de se ensinar, entretanto, utilizando-se o experimento, o professor poderá levar o aluno a compreendê-la. Se, no século XX, um dos fatores responsáveis pela má qualidade do ensino da física foi a falta de professores com habilitação nessa disciplina, conforme apontam alguns estudiosos; hoje, podemos dizer que a formação continuada é uma necessidade para o bom desempenho do professor. Em cursos de curta duração, por exemplo, que é uma forma de atualização profissional, o professor poderá encontrar motivação e subsídio teórico para inovar suas práticas pedagógicas, criando atividades experimentais que ilustrem a teoria e a tornem clara e compreensível.

ANEXO
ROTEIRO BÁSICO PARA ATIVIDADE
EXPERIMENTAL: O EFEITO FOTOELÉTRICO

Objetivos

1. Abordar a Física Moderna no Ensino Médio, num roteiro aberto, para estimular o envolvimento dos alunos, levando-os a relacionar conteúdo da física a sua vivência cotidiana.
2. Levantar questões sobre dispositivos eletrônicos de nosso dia-a-dia, construindo conhecimento sobre o funcionamento das lâmpadas da iluminação pública (acendimento automático).
3. Articular o mecanismo de acendimento automático das lâmpadas ao processo de funcionamento das esteiras de supermercados, do controle remoto de TV, de aparelho de som e do portão eletrônico.

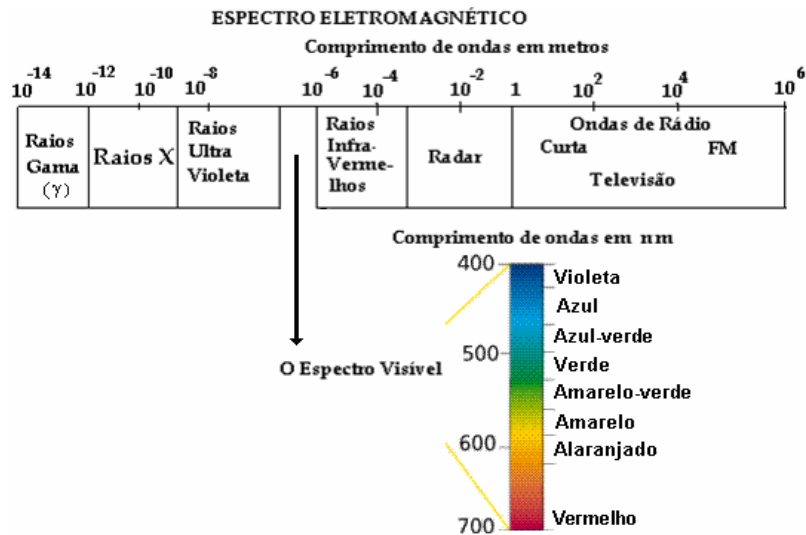
Fundamentação Teórica**1ª Parte**

O Efeito Fotoelétrico é observado no processo de iluminação de uma superfície metálica ou semicondutora com um feixe luminoso cujos fótons nele presentes estão numa faixa de frequência. Assim, parte da energia do fóton incidente emite elétrons da superfície do metal com uma determinada energia cinética, ou seja, a radiação incidente possui uma energia mínima, que depende de cada material, conhecida como *função trabalho*.

A energia (E) de cada fóton que constitui um feixe de luz é dada pela relação:

$$E=hf \quad (\text{Eq. 1})$$

onde h é a constante de Planck, associada aos fenômenos atômicos e f a frequência.



Figural – As faixas do espectro em termos do comprimento de onda $\lambda=cf$, no qual f é a frequência, c é a velocidade da luz, aproximadamente $3,0 \times 10^8$ m/s no vácuo.

2ª Parte

O dispositivo LDR (resistência dependente da luz) tem um funcionamento baseado no efeito fotoelétrico. Esse material, quando exposto ao sol, passa a ter uma resistência elétrica menor, uma vez que ele passa a se dispor de elétrons livres, devido à ação da luz incidente. Já na ausência de luz, por exemplo, à noite, a resistência elétrica desse dispositivo (LDR) aumenta enormemente, uma vez que faltam elétrons livres.

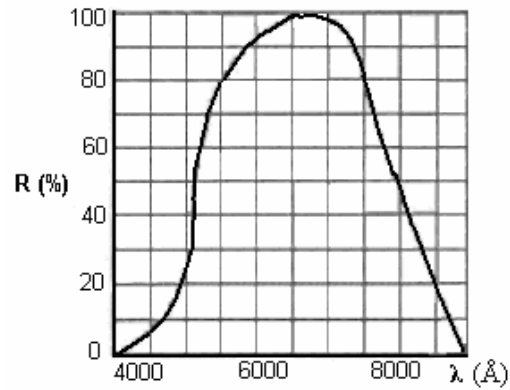


Figura 2 – Sensibilidade de um LDR para vários comprimentos de onda da luz incidente (λ), em que a sensibilidade máxima da resistência do LDR se encontra na faixa da luz visível (4000 a 7000 Å).

O material base do LDR é o sulfeto de cádmio (CdS), que é sensível à luz na faixa visível. Para outras aplicações, por exemplo, na faixa do infravermelho, como no caso do controle remoto de televisão, é necessário utilizar outros materiais como o arseneto de gálio.

Podemos verificar a aplicação desse princípio no funcionamento do sistema de iluminação pública.

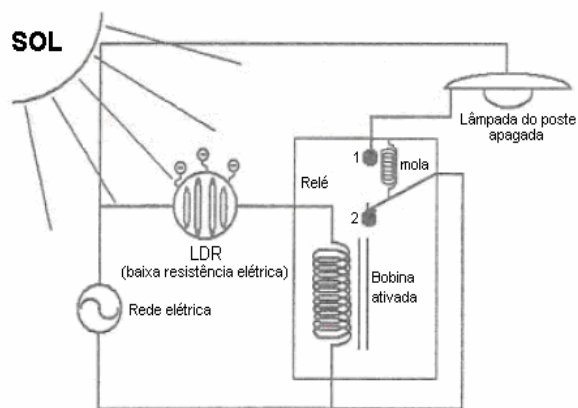


Figura 3 – Esquema da réplica de uma lâmpada de rua durante o dia, onde a luz solar promove no LDR elétrons ligados a elétrons livres, conforme indicado. A resistência elétrica do LDR se torna mais baixa e a corrente elétrica atravessa a bobina, gerando um campo magnético, como se ela fosse um ímã. A chave do relé é então atraída para a posição 2, impedindo que a corrente elétrica passe pelo filamento da lâmpada.

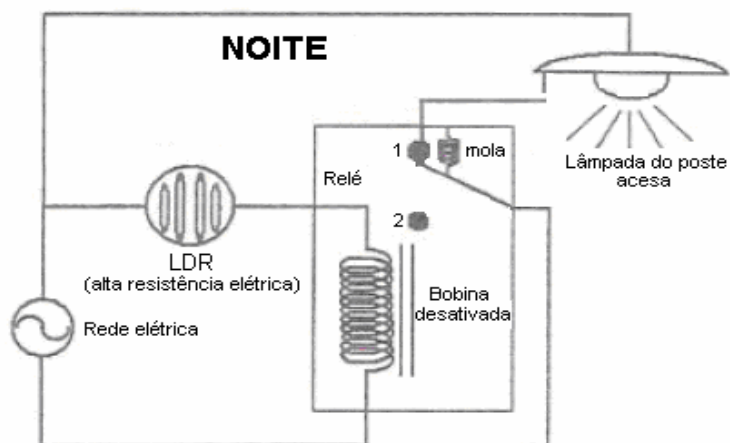


Figura 4 – Esquema da réplica de uma lâmpada de rua durante a noite, na qual a resistência elétrica do LDR é alta, pois a ausência da luz solar impede a corrente elétrica de atravessar a bobina, que deixa de atuar como ímã. A mola obriga então a chave do relé a retornar para a posição 1, acionando a lâmpada, que se apagará automaticamente no dia seguinte, uma vez que o circuito volta à situação mostrada na Fig. 3.

Outras aplicações do efeito fotoelétrico são o controle automático de portas de elevadores e o de esteira de supermercados. Nesses casos, um feixe de luz, ao ser interrompido, aciona um sistema automático que abre a porta do elevador ou movimenta a esteira.

Material:

Uma réplica de iluminação de rua: lâmpada acoplada a um relé fotoelétrico (dispositivo LDR, bobina, mola e chave). Ver figuras 3 e 4.

Procedimentos:

Observando o funcionamento das lâmpadas da iluminação pública (acendimento automático):

1. verifique o aparato experimental (réplica de uma lâmpada de rua) e identifique quais as variáveis/propriedades envolvidas.
2. levante hipóteses sobre os fenômenos físicos envolvidos no sistema de iluminação.
3. faça um relatório da atividade, descrevendo os fenômenos físicos observados na atividade experimental e organizando seus conhecimentos.

A teoria abordada na proposta acima parece difícil de se ensinar. Por meio de atividade experimental, no entanto, ela torna-se não apenas mais acessível, mas também mais atraente, envolvendo, efetiva e sistematicamente, os alunos com os estudos da física relacionados com seu cotidiano.

A qualidade do ensino depende de muitos fatores. Se alguns deles fogem da alçada do professor, outros, como a criatividade e disposição para inovar estão em suas mãos.

O roteiro apresentado, por ser básico e aberto, estimula professor e aluno a enriquecê-lo com conhecimentos sobre a física, experiências cotidianas e leituras de mundo que, somados e repensados em grupo, geram novos conhecimentos. Como se vê, o professor poderá montar atividades experimentais, a partir de roteiros básicos, possíveis de serem desenvolvidos conforme a realidade social e o desenvolvimento acadêmico dos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. **LDB : Lei de diretrizes e bases da educação: lei n. 9.394/96**. Apresentação Esther Grossi. 3^a. ed. Brasília: DP&A, 2000.
2. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Língua Portuguesa: Ensino Médio**. Brasília: MEC, Secretaria do Ensino Médio, 2002. 364p.

3. TERRAZAN, Eduardo A. **A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º Grau.** Caderno Catarinense do Ensino de Física, Florianópolis, v.9, n.3: p.209-214, dez.1992.
4. VALADARES, Eduardo de C.; MOREIRA, Alysson M. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, ed. especial: p. 359-371, nov.2004.
5. VENTURA, D. R.; FARIA, J. A. **Noções de Física Moderna.** Editora UFV, CD-45, 2002.
6. ARRUDA S. M. e FILHO, D. O. T. **Laboratório Caseiro de Física Moderna.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, edição especial: p. 390-394, nov.2004.
7. CAVALCANTE M. A. e TAVOLARO C. R. C. **Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no ensino médio.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, edição especial: p. 372-389, nov.2004.
8. JUNIOR, João B. de A., **A Evolução do Ensino de Física no Brasil.** Revista de Ensino de Física, v.2, n° 1: p. 55-73, São Paulo, fev.1980.
9. TERRAZAN, Eduardo A.; HERNANDES, C. L.; CLEMENT, L. **Uma Atividade Experimental Investigativa de Roteiro Aberto Partindo de Situações do Cotidiano.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – EPEF, VIII, 2002, Águas de Lindóia, São Paulo: SBF, junho 2002.
10. <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num2/v4n2a12.pdf#search=%22Nelson%20Stuart%20%22fisica%20moderna%20experimental%22%22>

11. GASPAR, A. **Física**. Volume único, 1º edição, 2º impressão. Editora Ática, 2003.
12. MENESES, L.C., **Uma Física para o Novo Ensino Médio**. Física na Escola. v. 1, n.1, p.7, out. 2000.
13. OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio"**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, mar. 2001.
14. GASPAR, A. **Experiência no ensino da física**, 4º edição. Editora Ática, 1996, 232p.
15. PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**. Florianópolis, UFSC, 2001.