

Proposta de material didático para contextualização histórica de fontes luminosas e tecnologias de iluminação

Proposal of didactic material for historical contextualization of light sources and lighting technologies

Flávia Renata Lemes de Bodas

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
flaviabodas@hotmail.com

Maria Inês de Affonseca Jardim

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
inesaffonseca@gmail.com

Nádia Cristina Guimarães Errobidart

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
nacriguer@gmail.com

Resumo

Este trabalho apresenta uma proposta de material de ensino que visa produzir um texto de apoio ao professor de ciências/física para abordagem de conceitos de física moderna explorando uma contextualização histórica a partir de artefatos tecnológicos: lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes e de LED. O texto apresenta uma descrição evolutiva de artefatos utilizados para iluminação seguida da discussão de alguns conceitos físicos presentes em modelos atuais de lâmpadas. Esse material pode ser utilizado na estruturação de uma atividade de ensino pautada no referencial teórico-metodológico da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky e objetivos de aprendizagem elaborados com base no domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom.

Palavras chave: ensino de física moderna, contextualização histórica, lâmpadas.

Abstract

This work presents a teaching material proposal that aims to produce a text supporting the science / physics teacher to approach concepts of modern physics exploring a historical contextualization from technological artifacts: incandescent, halogen, fluorescent and LED lamps. The text presents an evolutionary description of artifacts used for illumination followed by the discussion of some physical concepts present in current models of lamps. This material can be used in structuring a teaching activity based on the theoretical-methodological framework of Vygotsky's Historical-Cultural Theory and learning objectives elaborated based on the cognitive domain of Bloom's Taxonomy.

Key words: Teaching of modern physics, historical contextualization, lamps.

Introdução

O trabalho apresenta a proposta de um texto para ser utilizado numa abordagem contextualizada de conceitos de física moderna, utilizando lâmpadas como tema. Nele apresentamos uma descrição evolutiva de artefatos utilizados para iluminação, acompanhada de uma discussão conceitual que almeja contribuir para o entendimento do funcionamento de modelos atuais de lâmpadas. Para a elaboração do texto realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre a história da iluminação, a qual resultou em poucas referências que apresentavam discussões teóricas sobre a luz e a evolução de suas concepções, o que não era o pretendido. Buscávamos o aspecto evolutivo dos artefatos utilizados para iluminação ao longo dos tempos. Considerando esse enfoque encontramos duas fontes de referência: o site do museu da lâmpada (cujo link para acesso pode ser encontrado nas referências) e o livro de Luís Miguel Bernardo - História da Luz e das suas Cores, que ao longo de vários capítulos aponta a evolução da iluminação.

Quanto ao uso de contextualização histórica em sala de aula consideramos que é uma maneira de mostrar que os conteúdos científicos são construções de muitos pesquisadores, que a ciência não é algo acabado e que existem erros além dos acertos amplamente divulgados.

Uma abordagem histórica “[...] pode contribuir para uma melhor compreensão de diversos aspectos relativos à natureza da ciência como a relação entre a ciência e a sociedade, a percepção da ciência como atividade humana, a falibilidade dos cientistas, entre outros” (SILVA, 2010, p. 15).

As pesquisas na área de ensino de física buscam caminhos para uma abordagem contextualizada, pautadas em evidências de que os professores consideram importante a inserção de tópicos de física moderna no ensino médio e que necessitam de propostas de ensino e materiais didáticos (OLIVEIRA, VIANNA e GERBASSI. 2007).

Buscando atender os aspectos mencionados anteriormente, elaboramos um texto para dar suporte a uma abordagem histórica e contextualizada de conteúdos de física moderna. Discutimos a imagem de ciência associada ao processo de iluminação, buscando contribuir para a constituição de uma visão não equivocada do processo científico. Para isso, realizamos estudos sobre a história da iluminação, para evitar aspectos pontuados por Silva (2010) como uma abordagem seletiva e parcial da história da ciência, se arriscando a criar falsos padrões de verdade.

Luz, fontes luminosas e tecnologias de iluminação

A história dos instrumentos de iluminação começa pela dependência do homem, no início dos tempos, das fontes luminosas disponibilizadas pela natureza. O sol, durante o dia e a lua, durante a noite. No entanto, a lua só fornecia luz considerável durante sua fase cheia. As noites eram muito perigosas devido ao escuro, pelo risco de ataque de animais e de outros homens.

Assim, o fogo se tornou uma fonte muito importante para a sobrevivência humana. Mesmo sem saber como produzir o fogo os homens já tinham experiência de sua utilidade, quando ele surgia a partir das tempestades com raios que queimavam as vegetações. Como não podiam cria-lo, eles passaram a transporta-lo de um local a outro. Assim, surgiram as tochas.

A descoberta de como produzir o fogo a partir do atrito entre rochas revolucionou o mundo e os homens tornaram-se capazes de aprimorar a iluminação artificial (toda iluminação criada pelos homens).

Quando o homem foi capaz de criar o fogo, ele começou a inventar instrumentos mais elaborados para iluminação. Os primeiros objetos eram de fibras vegetais e gordura animal armazenados em recipientes improvisados como pedras e chifres de animais. Foi daí que surgiram as lucernas, lamparinas feitas de barro. As lucernas inspiraram a posterior criação das velas, que inicialmente eram produzidas através de sebo animal. A partir das velas surgiram inúmeros objetos para facilitar seu uso, como candelabros e castiçais.

Outros objetos foram criados para armazenar o fogo, mas sem muitas diferenças dos que já existiam. Isso muda em 1783 quando Pierre Argand desenvolve uma lâmpada, que consistia numa chaminé de vidro que utilizava correntes de ar para auxiliar a combustão, conhecida como lâmpada de Argand.

Em 1792, Willian Murdoch armazenou o gás obtido pela destilação do carvão fóssil, possibilitando a iluminação das vias públicas.

Após o surgimento dos primeiros modelos de lâmpadas, sua evolução deslanchou. A criação da lâmpada incandescente é atribuída a Thomas Edison, mas ele aprimorou os resultados de vários outros pesquisadores para chegar ao seu modelo. O primeiro deles foi Humphry Davy, em 1809: criou um efêmero arco entre dois polos de uma bateria utilizando uma tira de carbono, que se tornou a base do funcionamento de uma lâmpada.

Em seguida, Warren de la Rue, em 1840, conseguiu a emissão de luz e calor a partir de um filamento dentro de um tubo vazio. Em 1850, Joseph Swan trabalhou com uma lâmpada utilizando filamentos de papel carbonizado inseridos em um bulbo evacuado. Em 1874, Henry Woodward e Matthew Evans patentearam sua lâmpada, que era muito próxima da produzida por de la Rue e de outros inventores que vinham desenvolvendo e aprimorando esse artefato. Em 1879, a patente de Woodward e Evans foi comprada por Thomas Edison. Em 1879, Thomas Edison desenvolveu seu próprio modelo de lâmpada incandescente: um bulbo de vidro evacuado, com um filamento de carbono de alta resistência.

Após a construção das lâmpadas incandescentes, temos as lâmpadas de vapor de sódio, em 1930 as de baixa pressão e em 1962 as lâmpadas de alta pressão. A lâmpada de sódio tem sua ignição realizada por uma mistura de sódio com mercúrio e gases nobres. Em 1931 foi criada a lâmpada a vapor de mercúrio, cujo funcionamento possibilitou o desenvolvimento das lâmpadas fluorescentes. As lâmpadas fluorescentes foram criadas por Nikola Tesla e inseridas no mercado em 1938.

As lâmpadas halógenas foram apresentadas em 1958. Elas são muito parecidas com as lâmpadas incandescentes e foram criadas com a intenção de aumentar a vida útil das lâmpadas.

Por fim, o modelo mais recente de lâmpada é a de LED (diodo emissor de luz). Em 1962, Nick Holonyak Jr. Desenvolveu o LED vermelho. A patente foi realizada por Robert Biard e Gary Pittman, mas Holonyak é considerado o pioneiro nesta tecnologia. Em 1971, foi criado o LED azul, mas somente em 1989 é que eles passaram a ser comercializado, o que permitiu o desenvolvimento dos diversos dispositivos visuais a LED.

Considerando a necessidade de explorar os aspectos físicos relacionados aos diferentes tipos de lâmpadas presentes no mercado, apresentamos uma breve discussão sobre diferentes modelos de lâmpadas e conceitos físicos associados.

Lâmpada Incandescente: Radiação de Corpo Negro

As lâmpadas incandescentes possuem uma estrutura simples: um bulbo de vidro, preenchido por um gás inerte (geralmente gás de argônio), uma base metálica com dois contatos de metal, eletrodos (conduzem a corrente elétrica ao filamento), um filamento de tungstênio, fios de sustentação, esteme (para fixar os eletrodos e o fio de sustentação) e um tubo de exaustão (local por onde o gás inerte é inserido). Um esquema dos componentes de uma lâmpada incandescente pode ser encontrado na figura 01.



Figura 01: Componentes da Lâmpada Incandescente. Fonte: Adaptada de <http://alunosonline.uol.com.br/fisica/lampadas-fluorescentes-incandescentes.html>

Quando a lâmpada é ligada a uma corrente elétrica, esta flui de um contato a outro, passando pelo eletrodo até chegar ao filamento, que é um condutor sólido. A corrente elétrica que passa por um condutor sólido corresponde ao fluxo de elétrons livres (aqueles que não estão fortemente ligados a um átomo) que passam de uma área carregada negativamente para uma área carregada positivamente. Como os elétrons movem-se rapidamente através do filamento, eles estão constantemente colidindo com os átomos que o compõe. A energia de cada impacto faz com que os átomos vibrem, ou seja, a corrente aquece o filamento. O filamento de tungstênio absorve a energia recebida pela corrente elétrica e a reemite como radiação luminosa. Este fenômeno é conhecido como radiação de corpo negro.

De acordo com Eisberg (1979) corpo negro é um corpo que possui a propriedade de absorver toda a energia incidida sobre ele. É o mais eficiente dos absorventes e dos emissores. Vários objetos encontrados na natureza se aproximam de um corpo negro.

Consideramos um corpo cuja superfície tenha a propriedade de absorver toda a energia que sobre ele incida, isto é, $a = 1$. Tal corpo é denominado *corpo negro*. Vários objetos encontrados na natureza são aproximações bastante boas do corpo negro. Um exemplo seria qualquer corpo recoberto com uma camada difusa de pigmentos negros; outro será dado a seguir. Visto que o poder de absorção de um corpo negro é igual à unidade, segue, da lei de Kirchhoff, que o poder de emissão tem o mesmo valor. Um corpo negro é, pois, o mais eficiente dos absorventes e também o mais eficiente dos emissores. [...] vemos que a potência radiante emitida por cm^2 é a mesma para todos os corpos negros à mesma temperatura. Isso sugere fortemente que outras propriedades da radiação venham a depender somente da temperatura do corpo negro e não da sua natureza particular. [...] (EISBERG, 1979, p. 41-42)

Desde o século XIX, considera-se que a luz se propaga como uma onda. Cores diferentes correspondem a ondas cujas frequências são diferentes e, portanto, a ondas cujos comprimentos de onda também são diferentes. Cada material pode ser estimulado a emitir uma combinação de cores, que lhe é específica. Isso acontece quando o material é transformado em gás ou vapor, para, só então, ser estimulado a emitir luz. Logo, o espectro emitido por uma lâmpada incandescente é contínuo e inespecífico, uma vez que o filamento de tungstênio é impedido de alterar sua condição sólida.

Lâmpadas Incandescentes Halógenas

O funcionamento das lâmpadas halógenas é idêntico ao das lâmpadas incandescentes, sendo também explicado pela radiação de corpo negro. O que difere as duas lâmpadas é o gás halogênio que reveste o filamento de tungstênio.

Esse filamento fica encaixado em um invólucro de quartzo. Pelo fato de o invólucro ficar tão próximo ao filamento, ele derreteria se fosse feito de vidro. O gás dentro do invólucro também é diferente - consiste em um gás de um grupo halógeno. Esses gases reagem com o vapor de tungstênio. Se a temperatura for alta o suficiente, o gás halogênio se misturará com átomos de tungstênio, conforme evaporam e são novamente depositados no filamento. Esse processo de reciclagem faz que o filamento dure bem mais.

Além disso, é possível esquentar mais o filamento, o que significa mais luz por unidade de energia. De qualquer forma, ainda é emitido bastante calor; e pelo fato de o invólucro de quartzo estar tão próximo do filamento, fica extremamente quente se comparada a uma lâmpada normal.

Lâmpada Fluorescente

As lâmpadas fluorescentes são constituídas por um tubo de descarga alongado, com um eletrodo em cada extremidade. O tubo é preenchido por vapor de mercúrio (que emite radiação ultravioleta quando excitado) e um gás inerte. Este tubo é revestido por uma camada branca de pó aderido ao vidro, composta por substâncias fluorescentes. As substâncias fluorescentes possuem dupla função: absorver a radiação ultravioleta produzida pelo vapor de mercúrio e, em seguida, transformá-la em luz visível. Quando o pó branco não está presente e o tubo de vidro que contém o vapor é limpo e transparente, as lâmpadas de vapor de mercúrio não produzem luz por fluorescência, embora ainda tenham importantes aplicações. Essas lâmpadas são conhecidas como germicidas.

O interior das lâmpadas fluorescentes e germicidas é preenchido por vapor de mercúrio e, portanto, por átomos de mercúrio relativamente isolados. Quando uma lâmpada de vapor de mercúrio é ligada, uma alta tensão surge em seu interior e, por essa razão, elétrons são arrancados dos átomos de mercúrio. Ao mesmo tempo, outros elétrons são arrancados de filamentos aquecidos situados em nas extremidades dessa lâmpada. Os átomos de mercúrio que perdem elétrons transformam-se em íons positivos, que viajam pelo interior da lâmpada. Os elétrons livres também viajam nesse ambiente.

Após este momento, torna-se desnecessário o aquecimento dos filamentos e a alta tensão estabelecida inicialmente no interior da lâmpada. Com elétrons livres e átomos ionizados de mercúrio já presentes naquele ambiente, os processos descritos na figura 02 continuam a ocorrer. Os itens B, C e D dessa figura dizem respeito à emissão de luz ultravioleta pelos átomos de mercúrio contidos no interior da lâmpada. Além do ultravioleta, entretanto, os átomos também emitem luz visível.

O item A da figura 02 indica que, ao se moverem no interior da lâmpada, elétrons e íons são continuamente recombinados. Os íons de mercúrio, que capturam elétrons, acabam por perder sua condição de átomos ionizados (item C da figura 02). No entanto, esses átomos ainda apresentam níveis de energia acima do estado fundamental e, por esta razão, diz-se que eles se encontram excitados.

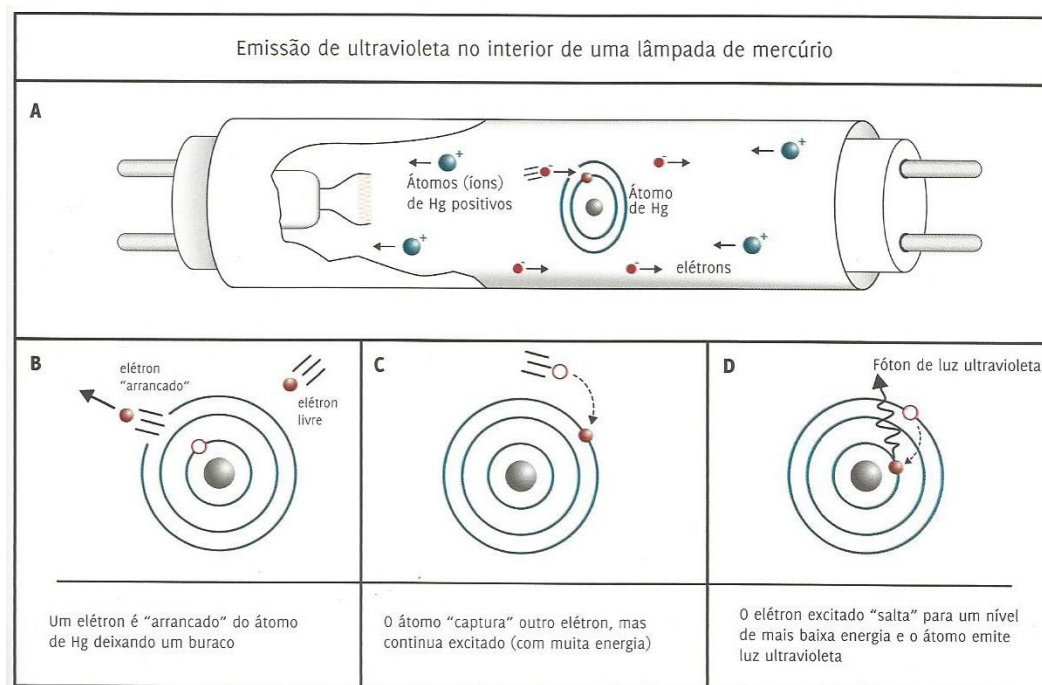


Figura 02: Emissão de Ultravioleta no Interior de uma Lâmpada de Mercúrio. Fonte: PAULA. ALVES.

MATEUS. 2011. Pág. 65.

Os elétrons que ocupavam níveis de energia elevados no interior de um átomo excitado apresentam uma tendência de "saltar" para um estado de menor energia (item D da figura 02). Em cada um desses "saltos", ocorre a liberação de um "pacote" ou quantum, de energia.

A palavra quantum indica que o átomo não libera, nem absorve energia de modo contínuo, apenas por meio de "pacotes" com valores específicos de energia. Neste fenômeno, os quanta de energia manifestam-se sob a forma de fótons. Os fótons são quanta de luz e seu nome distingue-se dos outros quanta de energia.

A quantidade de energia contida em cada fóton de luz determina a cor da luz. Na faixa do visível, um fóton de luz violeta contém mais energia que um fóton de luz vermelha. Fótons com menos energia que os fótons de luz vermelha não são visíveis ao olho humano e são conhecidos como fótons de infravermelho. Fótons com mais energia que os fótons de luz violeta também não são visíveis e são conhecidos como fótons de ultravioleta.

Nas lâmpadas fluorescentes e germicidas, a grande maioria dos fótons emitidos por átomos de mercúrio possui muita energia e, por essa razão, tais fótons estão situados na faixa do ultravioleta. A radiação ultravioleta (UV) não serve para iluminar objetos, além de ser possivelmente danosa aos olhos humanos. Por isso, as lâmpadas fluorescentes são constituídas de vidro revestido por uma mistura de compostos inorgânicos, que, depois de absorverem fótons de ultravioleta, emitem fótons de luz visível.

Os elétrons que constituem esses compostos absorvem fótons de luz ultravioleta e emitem, em seu lugar, fótons de luz visível. Esse processo está ilustrado na figura 03. Nessas imagens, faz-se uso de um dos fundamentos da Física Quântica, ou seja, a ideia de que, mesmo no caso de materiais sólidos, formados pela combinação de muitos átomos, os elétrons são obrigados

a ocupar níveis de energia permitidos e não podem exibir certos níveis de energia que lhe são proibidos.

Os elétrons podem mudar seu nível de energia, mas, para fazê-lo, precisam absorver, ou emitir, quantidades específicas de energia. Na figura 03-a, são mostrados alguns níveis de energia permitidos para os elétrons que compõem o material que reveste o tubo das lâmpadas fluorescentes. Para simplificar, nessa e nas outras imagens do mesmo conjunto, representa-se apenas um elétron.

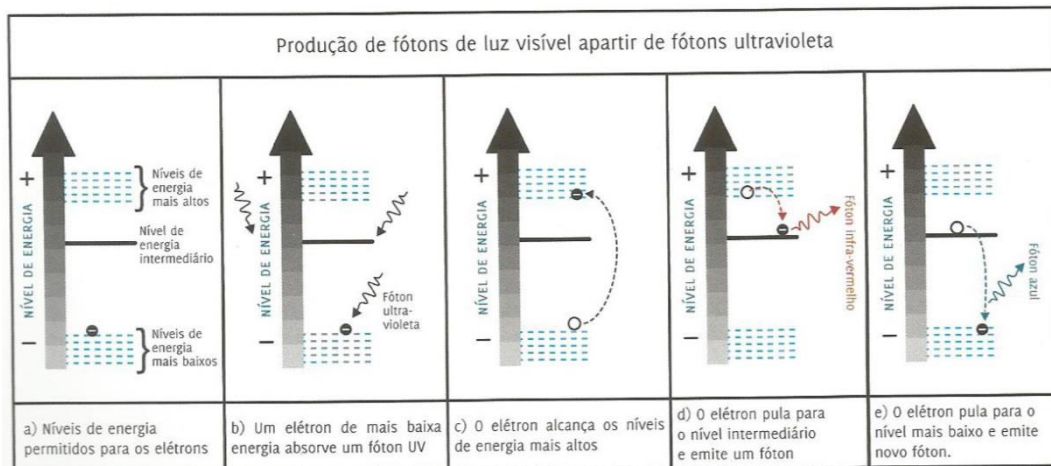
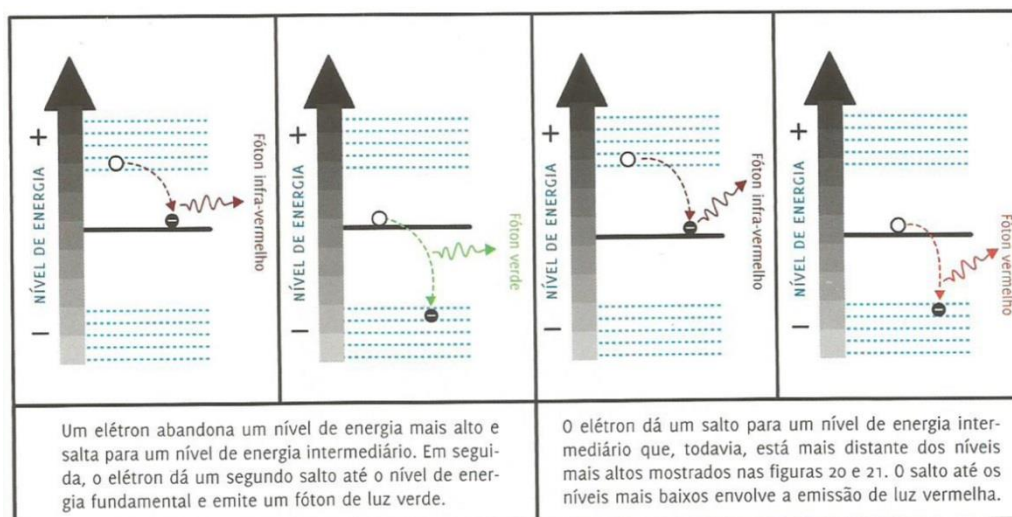


Figura 03: Produção de Fótons de Luz Visível a partir de Fótons Ultravioleta. Fonte: PAULA. ALVES. MATEUS. 2011. Pág. 66.

Na figura 03-b, representa-se o momento em que um dos elétrons que compõem o material recebe um fóton de luz ultravioleta que foi emitido por um átomo de mercúrio, mediante processo descrito na figura 04. Já na figura 03-c, mostra-se que, ao absorver o fóton ultravioleta, o elétron dá um grande “salto” até os níveis de energia mais altos.

Na figura 03-d, vê-se o elétron dando um “salto” menor para um nível de energia intermediário. Nesse “salto” o elétron emite um fóton de baixa energia associado à luz infravermelha. Em seguida, na figura 03-e, o elétron dá um novo “salto” e retorna a níveis de energia mais baixos. Com esse novo “salto”, o elétron emite um fóton de luz azul.

Como o pó branco que reveste o tubo de uma lâmpada fluorescente é constituído por uma mistura de materiais, fótons de outras cores além do azul, podem ser emitidos. Nas figuras 04-a e 04-b, ilustra-se como isso ocorre. Ao se analisar essas figuras, vê-se que diferentes materiais que compõem o pó branco apresentam níveis de energia intermediária, situados em posições diferentes.



Figuras: 04-a e 04-b: Níveis de Energia. Fonte: PAULA. ALVES. MATEUS. 2011. Pág. 67.

A presença da mistura de materiais no pó branco que reveste o bulbo da lâmpada fluorescente permite que esta “transforme” os fótons de luz ultravioleta, emitidos pelos átomos de mercúrio, em fótons de luz visível, de diversas cores. Em outras palavras, é o pó branco que transforma uma lâmpada germicida de vapor de mercúrio em uma lâmpada fluorescente, capaz de emitir todas as cores do espectro, que, uma vez misturadas, dão origem à luz branca. Fluorescência é o nome que se dá à transformação de fótons de luz ultravioleta (UV) em fótons de luz visível.

Lâmpadas de LED (Diodo Emissor de Luz)

Para construir dispositivos semicondutores como os diodos comuns e os LEDs, é preciso recorrer a um processo conhecido como dopagem. Quando um cristal semicondutor feito exclusivamente de átomos de silício recebe certa quantidade limitada de átomos de outro elemento químico, diz-se que o cristal foi dopado. Os átomos do outro elemento químico que são inseridos no cristal por meio da dopagem são chamados de impurezas.

Os diodos de todos os tipos, inclusive os LEDs, são constituídos pela junção de um cristal dopado com impurezas do tipo N com outro tipo de cristais dopados de impurezas do tipo P. A união desses dois materiais dá origem a uma junção PN, que é a base de muitos dos dispositivos semicondutores utilizados atualmente.

Na figura 05-a, ilustra-se uma junção PN separada por meio de um isolante, que impede o deslocamento de um lado para outro, das cargas móveis existentes nos lados P e N, e, na figura 05-b ilustra-se o que acontece algum tempo depois de se retirar o isolante inicialmente colocado entre as regiões N e P.

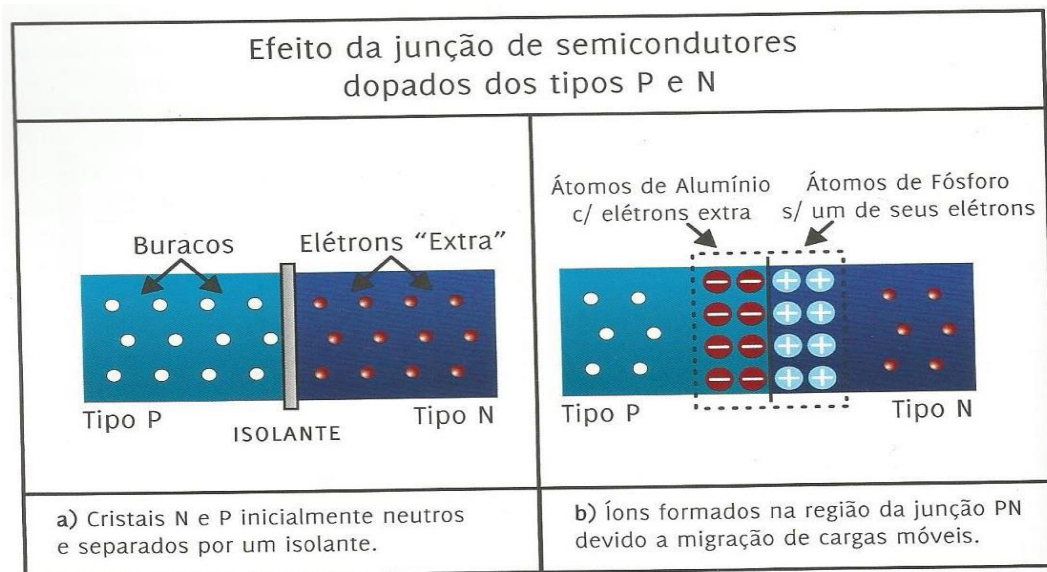


Figura 05: Efeito da Junção de Semicondutores Dopados dos Tipos P e N. Fonte: PAULA. ALVES. MATEUS. 2011. Pág. 128.

Quando o isolante é retirado, vários elétrons ligados a átomos de fósforo do lado N deslocam-se até os átomos de alumínio responsáveis por buracos no lado P. No semiconductor tipo N, surgem átomos de fósforo com 15 prótons e apenas 14 elétrons, que vão se comportar com íons positivos, como mostrado pelas bolinhas positivas no lado N da junção, à direita da figura.

Por outro lado, no semiconductor tipo P, surgem átomos de alumínio com apenas 13 prótons, mas 14 elétrons. Esses átomos de alumínio vão se comportar como íons negativos, como mostrado pelas bolinhas negativas no lado P da junção.

Essa é origem da polaridade dos LEDs e outros tipos de diodo. Devido a essa polaridade, os diodos tendem a permitir a passagem de corrente em apenas um sentido e impedi-la no sentido oposto. Esse processo está ilustrado na figura 06.

Uma análise atenta dessa figura permite concluir que a ligação em polaridade direta aumenta a possibilidade de circulação de cargas elétricas ao longo do material, enquanto a ligação em polaridade inversa produz o efeito contrário.

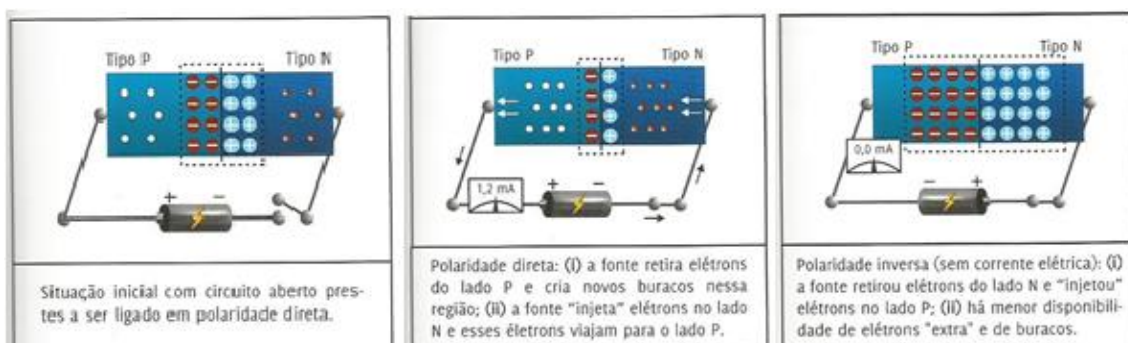


Figura 06: Polaridade do Diodo. Fonte: PAULA. ALVES. MATEUS. 2011. Pág. 129.

Uma corrente elétrica pode percorrer um circuito quem contém um LED ligado em polaridade direta. Essa corrente permite que elétrons provenientes do lado N se combinem, continuamente, com buracos existentes no lado P. Observando-se o modelo de bandas mostrado na figura 07, é possível concluir que essa combinação permite a liberação de

energia. Nessa figura, a seta curva, branca e pontilhada indica um processo de recombinação entre elétrons e buracos.

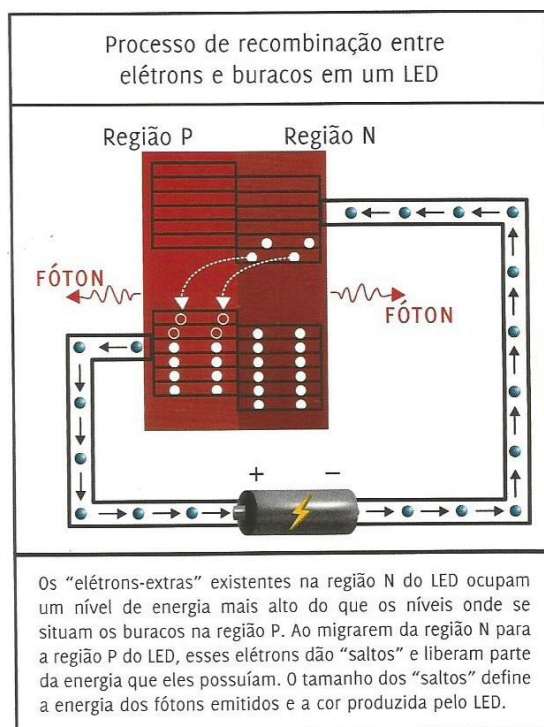


Figura 07: Processo de recombinação entre elétrons e buracos em um LED. Fonte: PAULA. ALVES.

MATEUS. 2011. Pág. 129.

A ligação de uma junção PN em polarização direta cria, constantemente, buracos na região P, assim como fornece elétrons “extras” à região N. Por isso, a recombinação entre elétrons e buracos ilustrada na figura 07 ocorre continuamente no interior do LED, o que permite ao dispositivo emitir luz de modo constante.

Luz e Espectro Eletromagnético

A luz é composta por uma mistura de cores e cada cor está associada a um comprimento de onda e a uma frequência. Ondas eletromagnéticas são classificadas de acordo com seu comprimento de onda ($\lambda = 2\pi/k$) e sua frequência ($f = \omega/2\pi$). A luz visível, por exemplo, é composta por ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda que vão de $\lambda \approx 4 \times 10^{-7} \text{ m}$, correspondendo ao violeta, até $\lambda \approx 7 \times 10^{-7} \text{ m}$, correspondendo ao vermelho. No centro do espectro visível estão o verde e o amarelo com λ na faixa de $5,5 \times 10^{-7} \text{ m}$. Ondas de rádio operam na faixa de 10^4 m a 10^8 Hz , com comprimento de onda da ordem de 10^4 m . Microondas utilizadas em radares, possuem $f \approx 10^{10} \text{ Hz}$ e $\lambda \approx 10^{-2}$. Radiação gama possui f na faixa de 10^{20} a 10^{22} Hz , e λ entre 10^{-14} a 10^{-12} m . Nos referimos ao conjunto de valores de f e λ como espectro eletromagnético. A seguir, o espectro da luz visível e a representação dos espectros emitidos pela luz solar e pelas lâmpadas LED, incandescente e fluorescente.

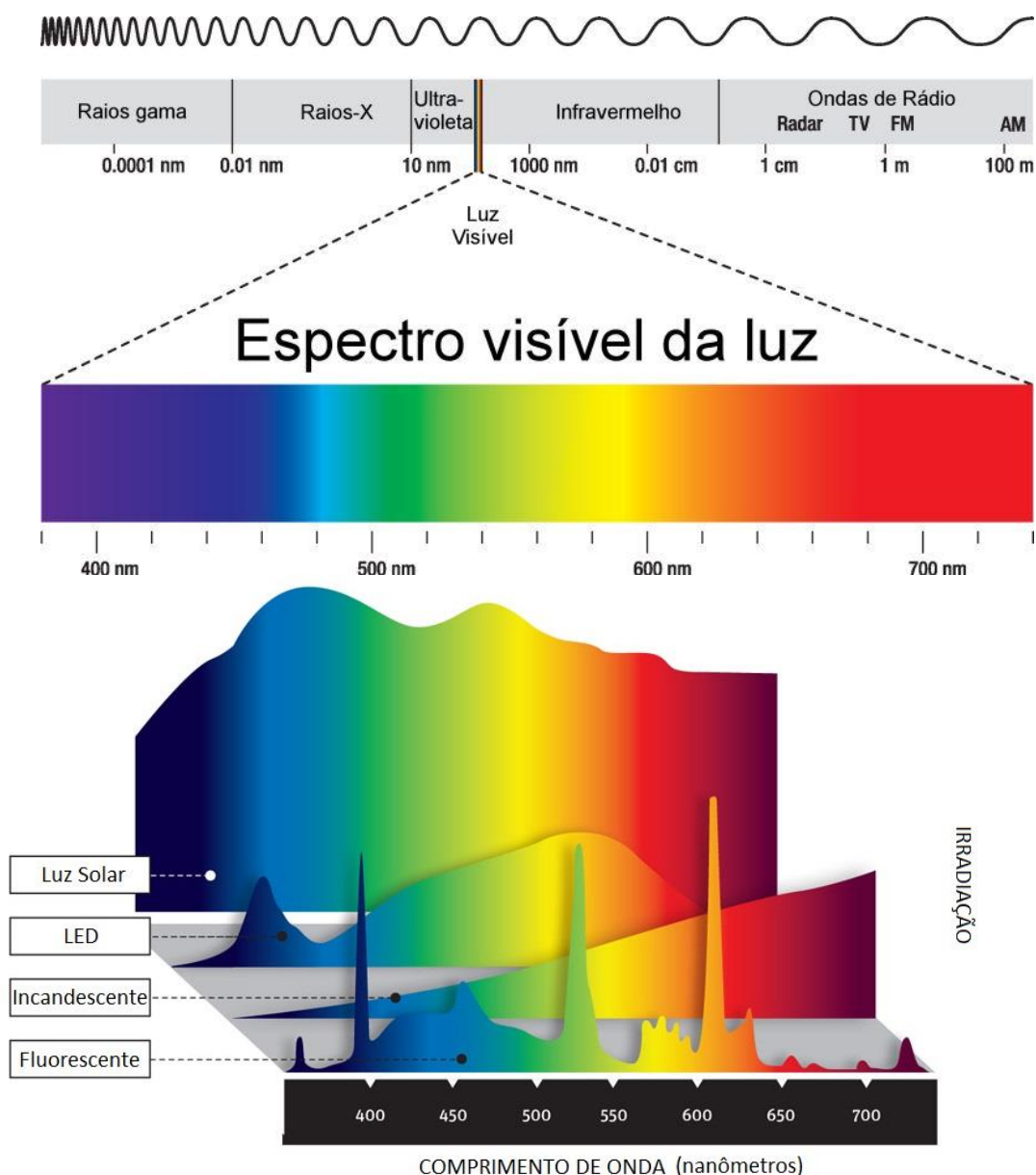


Figura 09: Espectro de Luz Visível e Espectros de Radiação na faixa do Visível. Fonte: Adaptado de: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>

A proposta de ensino

A proposta de ensino de conceitos de Física Moderna, composta de 6 aulas é pautada no emprego do texto que almeja uma contextualização a partir do emprego de artefatos tecnológicos: as lâmpadas. Ela foi estruturada com base na Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky, buscando atingir objetivos pedagógicos elaborados com base no domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom revisada.

Para Vygotsky (1991), conceitos espontâneos são aqueles formados a partir da interação do sujeito com o mundo, ou seja, com a cultura, com os outros indivíduos e com as diversas situações enfrentadas no dia a dia. Esses conceitos começam a se formar a partir do nascimento, no momento em que a criança aprende a falar, conversar com adultos e outras crianças, imitar, perguntar e obter respostas.

Muitos dos conceitos e ideias resultantes dessas interações acompanham os sujeitos quando começam sua vivência no contexto de sala de aula. O diálogo entre professor e aluno e entre aluno e aluno pode contribuir para viabilizar o diagnóstico desses conceitos e ideias que podem influenciar no processo de ensino e aprendizagem. Com base nesse diagnóstico o professor seleciona estratégias de ensino apropriadas para facilitar a relação dos conceitos científicos com os conceitos espontâneos dos alunos.

Os diálogos incentivados durante as atividades podem levar à imitação por parte dos alunos. No que se refere à imitação, ele considera que ela consiste numa ferramenta necessária para o desenvolvimento cognitivo do aluno: “[...] pensa-se na imitação e no aprendizado como processos puramente mecânicos. Recentemente, no entanto, psicólogos têm demonstrado que uma pessoa só consegue imitar aquilo que está no seu nível de desenvolvimento” (VYGOTSKY, 1991, p. 59).

Vygotsky (1991) define dois conceitos chave em sua teoria: a Zona de Desenvolvimento Proximal e a Zona de Desenvolvimento Real. Na primeira se encontram as habilidades que ainda estão em desenvolvimento no sujeito e que se este for adequadamente orientado por outro indivíduo mais experiente, pode desenvolver um conjunto de habilidades que o levaria a ter sucesso em determinada atividade. Ela

[...] define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de "brotos" ou "flores" do desenvolvimento, ao invés de "frutos" do desenvolvimento. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente. (VYGOTSKY, 1991, p. 58.)

O outro conceito, o da Zona de Desenvolvimento Real, compreende as ideias e as habilidades que já foram desenvolvidas pelo indivíduo e são por ele dominadas no desenvolvimento de uma atividade. Com elas o indivíduo é capaz de solucionar problemas sozinho, sem necessitar da ajuda de alguém mais capaz.

É nessa primeira zona, a de Desenvolvimento Proximal, que o professor deve atuar de forma a potencializar as funções que ainda estão se desenvolvendo no aluno, para propiciar um desenvolvimento mais rápido e completo. O professor seria o indivíduo mais capaz que vai contribuir com o desenvolvimento do aluno.

Além da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky fizemos uso da Taxonomia de Bloom revisada para estruturar o planejamento da sequência de ensino, elencando os objetivos pedagógicos de nossa proposta a partir dos níveis do domínio cognitivo, os quais também foram utilizados para efetuarmos a avaliação do processo de aprendizagem. Essa escolha esta pautada no fato de que “[...] muitos educadores se apoiam nos pressupostos teóricos desse domínio para definirem, em seus planejamentos educacionais, objetivos, estratégias e sistemas de avaliação” (FERRAZ e BELHOT, 2010, p. 423). O domínio cognitivo está

[...] relacionado ao aprender, dominar um conhecimento. Envolve a aquisição de um novo conhecimento, do desenvolvimento intelectual, de habilidade e de atitudes. Inclui reconhecimento de fatos específicos, procedimentos padrões e conceitos que estimulam o desenvolvimento intelectual constantemente. Nesse domínio, os objetivos foram agrupados em seis categorias e são apresentados numa hierarquia de complexidade e dependência (categorias), do mais simples ao mais complexo. Para ascender a uma nova categoria, é preciso ter obtido um desempenho adequado na anterior, pois cada uma utiliza capacidades adquiridas nos níveis anteriores.

As categorias desse domínio são: Conhecimento; Compreensão; Aplicação; Análise; Síntese; e Avaliação. (FERRAZ e BELHOT, 2010, p. 422 - 423).

As aulas

A proposta de ensino visa abordar conteúdos de física moderna utilizando como artefatos tecnológicos as lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes e de LED, indicada no quadro 1, e composta de seis aulas, utilizando diferentes técnicas, sendo elas: expositiva, experimental, trabalho em grupo e recursos audiovisuais.

As aulas foram pensadas de maneira a privilegiar a interação e o diálogo constante entre os alunos e entre os alunos e o professor, tornando possível observar os conceitos e ideias que os alunos já possuem, além de verificar se os conceitos necessários para o entendimento dos conteúdos já se encontram na zona de desenvolvimento proximal, dessa forma aplicando aspectos da teoria em sala de aula.

Número da aula/ Tempo da aula (min.)	Objetivos	Conteúdo a ser explorado	Forma de avaliação
01: História da Iluminação – 50 min.	- Listar as principais fontes de iluminação da história.	História da iluminação: do fogo ao LED.	Os alunos construirão uma linha do tempo, na qual deverão listar os principais objetos usados como fonte de iluminação apresentados em aula.
02 – Lâmpadas Incandescentes e Halógenas – 50 min.	- Ilustrar o funcionamento das lâmpadas incandescente e halógena.	Radiação de corpo negro.	Os alunos construirão um esquema do funcionamento das lâmpadas incandescente e halógena, devendo conter ilustração e explicação do funcionamento.
03 – Lâmpadas Fluorescentes – 50 min.	- Ilustrar o funcionamento da lâmpada fluorescente	Excitação de elétron livre.	Os alunos construirão um esquema do funcionamento da lâmpada fluorescente, devendo conter ilustração e explicação do funcionamento.
04 – Lâmpadas de LED – 50 min.	- Ilustrar o funcionamento da lâmpada de LED.	Semicondutor.	Os alunos construirão um esquema do funcionamento da lâmpada de LED, devendo conter ilustração e explicação do funcionamento.
05 – Espectros de Emissão – 50 min.	- Construir um espectroscópio.	Espectro solar e das lâmpadas incandescente, halógena, fluorescente e LED.	Os alunos construirão um espectroscópio com os materiais disponibilizados, seguindo as orientações projetadas.
06 – Espectros de Emissão – 50 min.	- Comparar os espectros emitidos pelas diferentes lâmpadas e pelo sol.	Espectro solar e das lâmpadas incandescente, halógena, fluorescente e LED.	Os alunos deverão responder as questões do roteiro.

Quadro 01: Proposta de Ensino

Considerações finais

Visando contribuir para minimizar a demanda por propostas de ensino e material didático que explorem conteúdos de física moderna, produzimos um texto com uma abordagem contextualizada e histórica. O texto aborda os aspectos históricos relacionados à iluminação artificial, levando em consideração as orientações de Silva (2010) relacionadas ao emprego de história da ciência. Além disso, traz uma discussão conceitual dos temas de física moderna, como radiação de corpo negro e semicondutores, relacionados ao funcionamento dos diferentes tipos de lâmpadas usadas no cotidiano.

Para utilização do texto elaboramos uma proposta pautada na teoria histórico-cultural de Vygotsky, especificamente a interação e a imitação. Os objetivos de aprendizagem das aulas foram elaborados com base nos domínios cognitivos da taxonomia de Bloom revisada.

Agradecimentos e apoios

CNPQ e FUNDECT.

Referências

BERNARDO, Luis Miguel. **Histórias da Luz e das Cores**. Volume II. Porto: Editora da Universidade do Porto, 2007.

DE OLIVEIRA, Fabio Ferreira; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

EISBERG, R M. **Fundamentos da Física Moderna**. 1979, p. 41-42

FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Ricardo Vairo. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

Museu da Lâmpada. Disponível em: <<http://www.museudalampada.com.br>> Acesso em: 22 de Fevereiro de 2016.

OLIVEIRA, I. S. **Física Moderna para iniciados, interessados e aficionados**. 2.ed. São Paulo. Editora Livraria da Física, 2010.

PAULA, H F; ALVES, E G; MATEUS, A L. **Quântica para iniciantes: investigações e projetos**. Belo Horizonte. Editora UFMG, 2011.

SILVA, B. V. C. **Controvérsias sobre a natureza da luz: uma aplicação didática**. Natal: UFRN, 2010. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

Vygotsky, Lev Semenovich. **A Formação Social da Mente**. 4ª edição brasileira. São Paulo: Editora Ltda, 1991.