



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Ezgui Akın de Oliveira Savaş

A HISTÓRIA DA LUZ E DA ILUMINAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

2.º/2018



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Ezgui Akın de Oliveira Savaş

A História da Luz e da Iluminação

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Roberto Ribeiro da Silva

2.º/2018

A luz é a sombra de Deus

(Lux Est Umbra Dei)

“Não, Morte, tu és uma sombra! Mesmo tão leve
É nada mais que a sombra do invisível Deus,
E deste espectro a sombra é escassa Noite,
Velando a terra onde os nossos pés pisaram;
Então tu és a sombra dessa vida,
Em si mesma o pálido e insubstancial espectro
É Deus vivo, pleno de amor e luta
Que em todo o universo a Si mesmo tem criado:
E a noite tão frágil, seguindo o voo da terra,
Obscurece o mundo que inspiramos, por um tempo,
Então, Tu, o reflexo do nosso nascimento mortal,
Vela a vida na qual estamos a chorar e sorrir:
Mas quando ambos, a Terra e a vida, são jogados para longe,
Que lugar sombrio pode nos ocultar do dia imortal de Deus?”

(John Addington Symonds)

AGRADECIMENTOS

SUMÁRIO

Introdução	7
Capítulo 1 – A Importância da História da Ciência no Ensino de Química	8
Capítulo 2 – O que é a Luz? – Um Apanhado Histórico	11
Capítulo 3 – A Evolução dos Meios de Iluminação	17
Considerações Finais	31
Referências	33

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a história da ciência como componente de uma abordagem de ensino que possibilita superar problemas no ensino de ciências. O tema a ser exibido é a luz e os meios de iluminação, por meio do conceito da luz, sua evolução e influência na ciência, atrelado a tecnologia da iluminação, sua evolução e influência na sociedade. São demasiadas as contribuições da história da ciência para o ensino e, diante disso, este trabalho busca auxiliar professores e alunos de ensino básico no processo de ensino aprendizagem do tema apresentado.

Palavras-chaves: história da ciência; luz; meios de iluminação

INTRODUÇÃO

A partir de 2003, a crise no ensino de ciências entrou em alta nas discussões acadêmicas sobre a educação mundial. A evasão de alunos das escolas, a falta de professores qualificados, ativos e que anseiam pela mudança no contexto escolar atual, bem como os elevados índices de analfabetismo científico, são evidências deste conflito (MATTHEWS, 1998). Alunos que aspiram explorar uma ciência que os ajude a compreender os fenômenos em seu cotidiano, possuem, na maioria das vezes, professores de ciências que não estão capacitados para apresentar a disciplina de forma contextualizada. O aluno tem perdido o seu papel principal como sujeito ativo no processo de aprendizagem e a educação tem se tornado, cada vez mais, um comércio lucrativo onde o aluno é tido como um bem de consumo (TUNES, PEDROZA, 2011).

A contextualização no ensino, a experimentação, a alfabetização científica e uma abordagem histórica da ciência vêm sendo consideradas por diversos estudos, algumas das possíveis soluções para superar essa crise educacional. É necessário romper com o dogmatismo e com o cientificismo que prioriza a memorização e os conceitos de uma ciência apresentada como única e atemporal. Deve-se investir no ensino científico investigativo e reflexivo, cujo principal objetivo é a formação de cidadãos (MILARÉ, 2009).

Uma abordagem humanística e histórica da ciência abre espaço para a compreensão de um conhecimento científico construído por seres humanos ao longo da história. Isso pode instigar a curiosidade e motivar os alunos a estudar ciência a partir da sua história, na observação de seus avanços, na influência e no impacto que promoveu na sociedade no decorrer dos anos, na produção de tecnologias e, a partir disso, favorecer uma compreensão mais significativa dos conceitos e métodos científicos.

Diante disso, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso é apresentar um texto sobre a luz e os meios de iluminação numa abordagem histórica e contextualizada.

CAPÍTULO 1 – A IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE QUÍMICA

Quando conceitos, leis e teorias são apresentados por meio de uma abordagem histórica, além de agregar informações importantes que promovem uma melhor compreensão pelos estudantes, essa abordagem permite que esses fundamentos sejam entendidos como fruto de um processo. Processo que demandou questionamentos, hipóteses, métodos, experimentos e interpretações que podem ter sido posteriormente confrontados, sendo observada a natureza transitória da ciência, ou que perduram até os dias de hoje, mas que não devem ser tomados como verdades absolutas. Conhecer a natureza da ciência é necessário no processo de alfabetização científica, tendo como objetivo, ensinar os alunos a tomarem decisões conscientes e responsáveis. Através de uma visão crítica, fruto de uma imersão na cultura científica, é possível superar os estereótipos associados a natureza e a construção do saber científico.

A abordagem histórica também favorece a negociação de conceitos, visto que trabalhando na perspectiva da evolução da ciência ao longo da história, o aluno pode se identificar com propostas que são equivalentes aos seus conhecimentos prévios a respeito de um determinado conceito ou explicação de um fenômeno. Além disso, tendo como ponto de partida conceitos que foram anteriormente válidos, mas que atualmente se tornaram obsoletos devido a novas interpretações, tecnologias e experimentos que modificaram a visão científica de um determinado fenômeno, é possível que o conhecimento prévio do aluno seja utilizado e valorizado, e as dificuldades à cerca da assimilação dos novos conceitos seriam minimizadas.

A História da Ciência é, em si, motivadora no que tange às evoluções científicas e tecnológicas que afetaram a sociedade em toda a sua esfera. Isso dá margem a questionamentos sobre problemas e impasses atuais que serão ou estão sendo estudados pela comunidade científica e podem mudar a forma de vivermos no mundo.

A abordagem histórica é fundamental para que os alunos compreendam como e quem faz ciência. Entender que a ciência é como uma lente por onde se enxerga o mundo, a

natureza, os fenômenos e as transformações. Ao longo dos anos, estudos realizados por vários cientistas em diversas localidades nos permitiram estruturar o conhecimento científico contemporâneo, o qual é constantemente atualizado à medida que novas pesquisas são realizadas. A ciência não está findada e por essa razão, não deve ser compreendida de forma dogmática na qual a sociedade confia cegamente. O conhecimento científico possui sua validade na compreensão de diversos fenômenos, porém não é um produto pronto e acabado do qual utilizamos somente para fins benéficos. É preciso trabalhar ciência de forma crítica, analisando de forma ética a sua influência no passado, na atualidade e em um futuro iminente.

A ciência é fruto de um processo criativo que se inicia na imaginação do cientista e isso deve ser levado em consideração ao ensiná-la. As dúvidas, os questionamentos e as hipóteses surgem quando não se tem medo de errar ao propor uma solução ao problema. Porém, não levar em consideração aquilo que já foi feito e proposto é retrocesso e produzir um futuro sem nos lembrarmos do passado é desvalorizar o trabalho de quem antes o realizou e aumentar a probabilidade de estarmos fadados aos mesmos erros cometidos. A abordagem histórica abre margem para a imaginação, criatividade e a humanização da visão da ciência, como um fruto de erros e acertos feitos por seres humanos que não se limitam a deduções lógicas e matemáticas.

Devido à necessidade de mão de obra especializada após as revoluções industriais e períodos pós-guerra, o ensino foi fragmentado em disciplinas que pouco se comunicam entre si. Existe então, um impasse epistemológico onde o aluno não consegue associar os conhecimentos adquiridos com a sua realidade que é diversa, porém única. O ensino através de uma abordagem histórica pode contribuir para a interdisciplinaridade, na qual se pode apresentar o desenvolvimento de determinadas áreas da ciência, se deram pelo avanço de tecnologias ou elaboração de questionamentos em áreas diversas do conhecimento. É preciso compreender, com uma visão ampla, como o conhecimento científico é construído e afeta a maneira de interpretarmos fenômenos naturais, como auxilia no domínio de técnicas e na utilização de recursos que influenciam diretamente o nosso modelo de sociedade. Sendo assim, o aluno pode ser levado a perceber o seu papel na sociedade como ser atuante para contribuir para as mudanças necessárias no mundo, podendo utilizar com uma das ferramentas a ciência.

O ensino de ciências, quando valorizada a evolução dos conceitos e dos fundamentos teóricos de acordo com o seu contexto científico, possui uma abordagem chamada de internalista. Essa corrente admite que a ciência é independente, imparcial e possui

um progresso individual, onde a sociedade não interfere nas sua realização e evolução, portanto deve ser trabalhada a partir dos seus próprios termos. Em contrapartida, quando valorizado o contexto social, seja político, econômico ou religioso, como influência para as produção e avanços científicos no decorrer da história, é possível analisar a ciência como uma atividade humana, e dessa forma, possui uma abordagem chamada de externalista. Entretanto, uma terceira corrente permite agregar ambas as anteriores, onde o ensino é realizado de forma contextualizada e é possível observar como os avanços da ciência afetaram diretamente a forma como nos vivemos e nos relacionamos em sociedade no decorrer da história.

O ensino em uma abordagem histórica também permite promover o reconhecimento e a análise da diversidade cultural. O ensino de ciência de base eurocêntrica e cientificista não possibilita observar importância e validade em outras formas de conhecimento que não foram obtidas a partir do método científico. Entretanto, a História da Ciência por diversas vezes revela que o conhecimento científico esteve ligado a mitologia, a religião e aos saberes populares. Portanto, tão fundamental quanto aprender ciências é aprender sobre ciências. Perceber que a ciência está inserida em um contexto social, compreender como o conhecimento científico se diferencia do senso comum e como esse conhecimento é construído, é valorizar a ciência como um componente da cultura e como uma fonte de conhecimento necessária para a formação de cidadãos críticos, reflexivos e atuantes na sociedade.

CAPÍTULO 2 – O QUE É A LUZ? – UM APANHADO HISTÓRICO

O sol, as estrelas, os relâmpagos, o fogo, o arco-íris e outros eventos naturais associados a luz, intrigaram a humanidade por milênios. As explicações para fenômenos luminosos, inicialmente estavam associadas a mitologia e a religião. Os egípcios, durante o reinado de Aqueenáton, 1370 a. C., adoravam uma divindade cujo poder de dar a vida provinha de raios de luz. Já na tradição Judaico-Cristã, no primeiro capítulo do Gênesis, Deus dá início a sua criação a partir da luz.

As primeiras tentativas racionais e não religiosas para a explicação desses fenômenos surgem na Grécia antiga. Inspirados pela corrente atomista da época, vários filósofos formularam teorias a respeito da natureza e propagação da luz. Leucipo e Demócrito acreditavam que dos objetos, emanavam-se partículas infinitesimalmente pequenas, que em contato com os olhos, trariam as informações dos objetos. Empédocles defendia que os olhos emitiam raios de luz, cuja composição estava associada ao elemento fogo. Esses raios interagiam com os objetos e após serem refletidos, voltavam aos olhos trazendo informações sobre estes, gerando a capacidade de visão.

As noções e teorias a respeito da luz produzidas pelos gregos foram traduzidas e tiveram grande influência nos estudos científicos dos países árabes na Idade Média. Ibn Al-Haytam, matemático, físico e astrônomo iraquiano é conhecido por muitos como o pai da ótica moderna. Em seu livro *Kitab Al-Manazir* (Livro da Ótica), Al-Haytam questiona as ideias defendidas pelos gregos a respeito da luz, além de explicar alguns de seus fenômenos e as funções do sistema visual fisiológico. Para ele, a visão dependia da entrada de luz aos olhos, proveniente de uma fonte externa de luz ou na reflexão, possibilitando enxergar os objetos. Foi ele o primeiro cientista a descrever e propor uma explicação para a câmara escura, sobre a qual alegou que o motivo da imagem ser formada de forma invertida é devido a luz se propagar de forma retilínea e percorrer a menor distância.

No século XVII, René Descartes defendia que todo o universo era preenchido por um material chamado éter, o qual seria responsável pela propagação de forças e seus efeitos. O éter era composto por pequeníssimas partículas, imperceptíveis aos nossos sentidos, que

estariam em constante movimento gerando vórtices ou redemoinhos que explicavam, por exemplo, a ação gravitacional. Uma espécie de pressão exercida entre as partículas do éter era o que Descartes acreditava ser a luz. Em sua teoria, a luz se propagava de forma instantânea, com velocidade infinita. Além disso, Descartes propôs que as cores eram originadas pelas diferentes velocidades de rotação que possuíam as partículas do éter. (WALDMAN, 1983)

No final do século XVII, inicia-se o período clássico da física com as contribuições do cientista inglês Sir Isaac Newton. Além de realizar um esplêndido trabalho acerca dos princípios da mecânica clássica e da gravitação, também realizou pesquisas importantes sobre a natureza e propagação da luz. Newton concordava com as teorias de Descartes em relação ao éter, no que tangia a transmissão de forças, porém não aceitava as ideias de a luz ser uma perturbação propagada através do éter e possuir velocidade infinita. Para ele, a luz se comportava como um feixe de partículas, o que explicaria o movimento da luz em linha reta e a formação de sombras na incidência de luz em um corpo opaco. Além disso, Newton propôs uma teoria com abordagem matemática e geométrica na qual explicava fenômenos como a dispersão e a refração da luz. A partir das observações de seu experimento de dispersão da luz por um prisma de vidro, Newton propôs que a luz branca, proveniente do Sol, era composta pela mistura de luz de diversas cores. O conjunto de cores obtidos pelo experimento da dispersão foi chamado por Newton de spectrum, ou espectro. (BARTHEM, 2005)

A transição da luz de um meio para o outro faz com que a luz possua um ângulo de desvio na superfície entre os dois meios, fenômeno denominado como refração. Em um experimento incidindo a luz do ar para a água, Newton elabora uma hipótese baseada nos princípios da gravitação. Devido à maior densidade da água em relação ao ar, a água permite uma maior atração gravitacional nas partículas de luz, o que gera um aumento de sua velocidade. Logo, para Newton a velocidade da luz no ar era menor que a velocidade da luz na água. (BARTHEM, 2005)

Contemporaneamente a Newton, o astrônomo e físico neerlandês Cristiaan Huygens formula uma teoria ondulatória para a luz. Baseado nas alegações de Descartes, Huygens defendia que a luz era uma onda que promovia a pressão entre as partículas do éter. A evidência por ele utilizada consistia no fato de dois feixes de luz que se cruzam não interferirem em suas propagações individuais. O mesmo fenômeno já era conhecido, porém com ondas de som e água, que conseguem passar umas pelas outras mantendo a direção original. O mesmo não seria possível observar, caso estivéssemos lidando com dois feixes de partículas, as quais se chocariam, mesmo se fossem muito pequenas, gerando deflexão.

Porém, mesmo não conseguindo explicar o fenômeno da não deflexão de feixes luminosos, o modelo corpuscular de Newton se manteve aceito pela maior parte da sociedade acadêmica por todo o século XVIII, basicamente devido ao sucesso e fama obtido por Newton em seus trabalhos associados a mecânica e a gravitação. (WALDMAN, 1983)

Em 1676, o astrônomo dinamarquês Ole Römer obteve dados para a medição da velocidade da luz baseado no atraso nos eclipses de Io, um dos satélites de Júpiter, em relação ao movimento de afastamento da Terra de Júpiter, devido as diferentes órbitas de translação em torno do Sol desses dois planetas. Römer obteve o valor de cerca de 2×10^{18} m/s (BARTHEM, 2005). Em 1849, o cientista francês Armand Fizeau, realizou a primeira medição da velocidade da luz na Terra, utilizando uma combinação de rodas dentadas rotativas e espelhos separados por uma distância de 8 km. O desenvolvimento da tecnologia e de aparatos possibilitaram a realização de demais experimentos por outros cientistas, efetuando medições cada vez mais precisas, obtendo-se um valor aproximadamente 3×10^{18} m/s. As medições da velocidade da luz foram extremamente importantes para a evolução dos conceitos associados a ela, visto que foram realizados experimentos de medição em diversos meios, como a água. Em 1850, o cientista francês Jean Bernard Foucault determinou a velocidade da luz na água e obteve o valor de $2,98 \times 10^{18}$ m/s, contrariando o modelo corpuscular de Newton, que previa que a velocidade da luz na água era superior a velocidade no ar. (WALDMAN, 1983)

No início do século XIX, o cientista inglês Thomas Young trouxe contribuições que reviveram a teoria ondulatória da luz. O famoso experimento da dupla fenda revelou que a luz apresenta fenômenos de interferência, propriedade que só poderia ser explicada em termos de ondas. O experimento consistia na passagem de uma fonte de luz monocromática em duas aberturas em uma placa opaca. A teoria corpuscular previa que existiriam duas franjas de luz paralelas às aberturas, porém não foi essa a observação obtida por Young. O que se pode observar foi a existência de diversas franjas, sendo algumas claras e outras escuras. Young propôs que os feixes de luz poderiam se sobrepor de forma que originariam interferências construtivas e destrutivas. Quando duas cristas ou dois vales se encontravam, originava-se uma franja luminosa, no entanto, se uma crista e um vale se encontravam, originava-se uma franja escura. O experimento de Young não só deu mais uma evidência da natureza ondulatória da luz, como possibilitou mensurar comprimentos de onda da luz, os quais estavam associados as diferentes cores anteriormente analisadas por Newton. As

contribuições de Young fizeram com que o modelo ondulatório fosse o mais aceito a partir da metade do século XIX. (WALDMAN, 1983)

Contemporaneamente aos experimentos de Young, o químico e físico inglês Michael Faraday, estudava as relações entre os fenômenos elétricos e magnéticos, acreditando que de alguma forma suas propriedades poderiam estar ligadas. Em 1845, Faraday realizou um experimento que consistia na passagem de um feixe luminoso polarizado através de um vidro, no qual seria aplicado um campo magnético. O resultado obtido foi a rotação do plano de polarização da luz, o que convenceu Faraday da relação entre a natureza da luz e o magnetismo, sugerindo que a luz seria uma vibração de linhas de forças magnéticas. Essa interpretação levou Faraday a contestar a necessidade de um meio etéreo para a propagação da luz. (VALENTE, 1985)

Na década de 1860, influenciado pelos estudos de Faraday, o físico e matemático escocês James Clerk Maxwell aprimorou os conceitos trabalhados por Faraday e os expressou matematicamente em sua teoria eletromagnética. Maxwell obteve evidências que mostravam que as variações dos campos elétricos e magnéticos ocorriam simultaneamente, sendo propagados pelo espaço por meio de perturbações eletromagnéticas. Estas perturbações transmitiam os campos elétrico e magnético sob a forma do que ele denominou como onda eletromagnética. Na tentativa de determinar a velocidade dessas ondas eletromagnéticas, Maxwell obteve um valor constante cujo valor era extremamente próximo a velocidade da luz. O cientista propôs que a luz seria um distúrbio de natureza ondulatória que conduz simultaneamente os campos elétrico e magnético. A teoria proposta por Maxwell foi evidenciada por um experimento realizado posteriormente pelo físico alemão Heinrich Hertz, no qual ao aproximar um fio circular com um pequeno intervalo entre as extremidades à uma bobina de indução, percebeu que no instante em que era gerada uma faísca entre os terminais da bobina, uma faísca também era gerada nas extremidades do fio. As experiências realizadas por Hertz trouxeram maior credibilidade para a teoria eletromagnética de Maxwell, confirmando a existência de ondas eletromagnéticas, bem como a velocidade que se propagavam e as características que as fizeram ser associadas a luz. (VALENTE, 1985)

Heinrich Hertz em uma de suas experiências, realizou e relatou o que chamou de efeito foto elétrico. Esse efeito consistia na incidência de ondas eletromagnética de alta frequência em placas metálicas, ocasionando a liberação de cargas negativas da superfície do metal. Posteriormente, os avanços relacionados aos modelos atômicos permitiram identificar e

caracterizar essas cargas negativas como elétrons. Algumas observações realizadas sobre o efeito fotoelétrico foram:

- 1) O aumento de intensidade do feixe luminoso incidente não contribuía para o aumento da energia com que o elétron era ejetado, mas aumentava o número de elétrons ejetados;
- 2) O aumento da frequência do feixe luminoso incidente contribuía para o aumento da energia do elétron ejetado, mas não aumentava o número de elétrons ejetados.

Em 1905, o físico teórico alemão Albert Einstein desenvolveu uma teoria para a explicação do efeito fotoelétrico que o rendeu o prêmio Nobel da física. Baseando-se nas ideias de quanta (pacotes discretos de energia quantizada) desenvolvidas pelo físico, também alemão, Max Planck, o qual desenvolveu os princípios da mecânica quântica explicando a distribuição energética do corpo negro, Einstein assumiu que os elétrons do metal não absorvem energia proveniente de radiações eletromagnéticas de forma contínua, mas absorvem quanta de energia segundo a equação de Planck, $E = h.f$, na qual a energia é dada pelo produto da constante de Planck pela frequência da radiação.

Para Einstein, não era possível que os elétrons armazenassem energia para serem ejetados, mas a radiação eletromagnética deveria ser composta por pacotes (quanta) que possuíssem energia necessária para a ejeção dos elétrons. Cada quantum possibilitaria a retirada de um elétron, desde que possuísse em seu pacote, energia necessária de forma discreta/quantizada. A partir dessa hipótese, é possível explicar que:

- 1) O aumento da intensidade da luz incidida no metal, possui maior número de quanta, logo aumenta o número de elétrons ejetados, desde que a energia associada ao quantum seja suficiente para a ejeção.
- 2) O aumento da frequência, segundo a equação de Planck, aumenta a energia do quantum, sendo assim, maior será a energia do elétron ejetado.

Após contribuições de Max Planck e Albert Einstein sobre a radiação do corpo negro e o efeito fotoelétrico, havendo a necessidade da existência dos quanta para as explicações de tais fenômenos, a teoria corpuscular renasce trazendo consigo o conceito do quantum da luz que foi denominado fóton. (WALDMAN, 1983)

Em 1924, o físico francês Louis Raymond finalmente unificou as teorias associadas ao dilema da luz, bem como os novos problemas a respeito do mundo quântico. De Broglie, propôs que a luz poderia se comportar tanto como onda eletromagnética, como partículas, os fótons. Para ele, ondas e partículas são conceitos que formulamos para analisar o mundo

macroscópico, não o mundo quântico, cujas dimensões são infinitesimais. Desta forma, a luz se comporta ora como onda, ora como partícula, dependendo do fenômeno e das condições da realização do experimento. (WALDMAN, 1983)

A luz é o que é, onda e partícula, e ao mesmo tempo, não é nenhum dos dois. Ondas e partículas são conceitos e modelos que nos auxiliam na representação, formulação de hipóteses e generalização de fenômenos que, no entanto, jamais serão capazes de descrever o fenômeno da luz em sua plenitude.

CAPÍTULO 3 – A EVOLUÇÃO DOS MEIOS DE ILUMINAÇÃO

3.1 – COMBUSTÃO

O planeta Terra possui como fonte natural de luz, o Sol, seja pela incidência direta da radiação no decorrer do dia, seja pela indireta, na reflexão dos raios sobre a superfície da Lua ao longo da noite. A necessidade de enxergar à noite ou em locais desprovidos de iluminação, levou o ser humano a desenvolver técnicas e fontes para a obtenção de iluminação artificial.

A primeira forma de iluminação artificial presenciada e produzida pelo homem foi o fogo. A princípio, por meio de uma fogueira ou uma tocha, o fogo concedeu luz e energia que foram utilizados pelo homem primitivo na sua proteção contra os animais selvagens e predadores, cozimento de alimentos, aquecimento e a possibilidade de sair à noite durante caçadas e longas viagens em busca de alimento ou moradia.

Na Terra, o fogo é originado naturalmente de várias maneiras: no atingir de um raio sobre uma árvore, atividades vulcânicas, desabamentos que geram atrito entre rochas, combustões espontâneas e, raramente, devido à queda de meteoritos que se inflamam ao entrar na atmosfera. (SCOTT, 2000)

Para Pruetz, citado por Sandgathe e Dibble (2017), primatologista americano da universidade de Iowa, a manipulação e o domínio do fogo pelo homem se deram em três fases. A fase de interação consistia na observação à distância dos incêndios gerados naturalmente, o que levou o ser humano aos primeiros contatos com a chama. A fase de manipulação descreve o conhecimento obtido pela observação dos incêndios, permitindo que o homem primitivo manuseasse o fogo para a realização de atividades como a alimentação, aquecimento e iluminação. Já a fase de geração relata o uso frequente do fogo pelo homem, que por meio de várias observações, já era capaz de produzir a própria chama. Inicialmente, a fricção de galhos e pedaços de madeira ou percutindo duas lascas de pedra, eram técnicas utilizadas para obtenção do fogo, o qual foi precursor das tecnologias de iluminação. Estudos

recentes indicam que o domínio do fogo pelo ser humano foi uma conquista ocorrida por volta de 10 mil a.C., próximo ao período da revolução neolítica.

A emissão de luz em uma chama é resultado de excitações eletrônicas em átomos, íons, moléculas e partículas sólidas incandescentes. Elétrons recebem energia térmica proveniente da reação química exotérmica de combustão e são promovidos à estados excitados. Ao retornarem para o estado fundamental emitem radiação eletromagnética em diversos comprimentos de onda. Devido à baixa energia disponível para o processo de excitação eletrônica na chama de uma fogueira, os comprimentos de onda emitidos compreendem parte do espectro eletromagnético, sendo mais intensos na região do infravermelho (700nm – 1mm) e na região entre 780nm e 577nm, dando a chama uma coloração que oscila entre o vermelho e o amarelo. Radiações eletromagnéticas na região do infravermelho não são visíveis ao olho humano, porém são essas as responsáveis pelo aquecimento e propagação do calor.

O primeiro artefato tecnológico construído e utilizado pelo homem para transportar o fogo foi a tocha, a qual foi aprimorada por povos egípcios, fenícios e babilônicos. As tochas permitiam o transporte do fogo às casas bem com aos locais públicos e eram elaboradas com madeira, cipó e pedaços de tecido, que posteriormente eram banhados com piche, gordura animal ou resina vegetal, fazendo com o que o processo de combustão tivesse maior duração. As tochas tiveram espaço na iluminação até a Idade Média, fazendo a iluminação dentro e fora dos castelos e espaços públicos. Analogamente às tochas, outras tecnologias de iluminação foram sendo desenvolvidas tendo a combustão como meio de emissão de luz.

As primeiras lamparinas foram construídas com pavios de fibras vegetais ou de tecido imersos em gordura animal dentro de um recipiente feito de conchas, chifres de animais ou moldados com barro ou pedra. Esse dispositivo tecnológico rudimentar foi batizado ao longo da história como lucerna, a qual utilizava da propriedade da capilaridade para manter a chama acesa por mais tempo sem que fossem necessárias a utilização de grande quantidade de combustível e a reposição constante do pavio. Além da gordura animal como combustível, também era comum a utilização de azeite de oliva e outros óleos de procedência vegetal, como óleo de gergelim e de nozes.

As velas como conhecemos hoje, constituídas por um pavio de algodão envolto por parafina, só foram possíveis a partir da descoberta e exploração do petróleo em meados do século XIX. As primeiras velas eram feiras a partir de sebo animal ou cera de abelha, as quais eram mais preferidas pelos consumidores visto que a vela de combustível de procedência

animal exalava um mal cheiro. Na tentativa de intensificar a eficiência da iluminação, os castiçais e os candeeiros foram projetados, unindo um maior número de velas e colocando-as em uma posição de maior altitude para melhorar a área de iluminação.

Os lampiões foram elaborados como uma evolução das lamparinas. Com um sistema mais robusto, eram construídos uma câmara de vidro parcialmente fechada e em metal. Além disso, possuía um tubo que variava a intensidade da queima de combustível e controlava a entrada de ar para a chama e a intensidade da luz.

Os lampiões a gás, cuja composição variava em níveis de metano, propano, butano e nafta, constituíram um grande avanço na história da iluminação. Isso se deu pela possibilidade de canalizar a fonte de combustível para a produção e distribuição de luz. Além disso, colaborou para a diminuição de problemas relacionados à segurança pública, visto que essa tecnologia contribuiu para a melhora da iluminação urbana. A luz passou a ter importância significativa na sociedade, mudando hábitos, comércio e paisagens. (ROIZENBLATT, 2009)

Com o avanço dos estudos a respeito do petróleo, foi possível destilar o querosene a partir de xisto betuminoso, presente em minas. Com isso, o querosene foi utilizado como fonte de combustível em lampiões, os quais possuíam a duração por quantidade de querosene, além de ser uma fonte de energia mais barata. O avanço na exploração destas minas só foi possível devido ao desenvolvimento do lampião de segurança de Humphry Davy em 1816. A utilização de uma tela metálica em torno da chama, permitia que o calor fosse dissipado rapidamente, impedindo que houvessem as recorrentes explosões nas minas de exploração devido à presença de metano (DERRY, WILLIAMS, 1993).

4.2- ELETRICIDADE

4.2.1 – Lâmpadas Incandescentes

Estudos relacionados à eletricidade e a compreensão relativa à passagem de corrente elétrica em diversos materiais, viabilizaram o avanço tecnológico no cenário da iluminação. No início do século XIX, o químico britânico Humphry Davy confeccionou a primeira fonte luminosa incandescente, promovendo uma corrente elétrica através de um filamento de platina, fazendo com que este emitisse luz visível. Segundo Moreira (1976), a emissão de luz visível nas lâmpadas incandescentes consiste na transformação de energia elétrica em outras formas de energia, sendo as principais as energias térmica e luminosa. A energia térmica liberada na forma de calor se deve ao fenômeno conhecido como Efeito Joule. Ao promover uma corrente elétrica através de um filamento, que possui uma determinada resistência elétrica, parte da energia elétrica envolvida é convertida em energia cinética das partículas que constituem o filamento, ou seja, energia térmica. Já a energia luminosa, se dá pela conversão de energia elétrica ou térmica em fótons. Os elétrons dos átomos presentes no filamento absorvem energia quantizada que os promovem do estado fundamental a estados excitados, e ao retornar ao estado fundamental, emitem fótons em sua maior parte, na região do visível.

Várias outras lâmpadas incandescentes foram produzidas por outros inventores depois de Davy, nas quais haviam filamentos de diversas composições, porém todas apresentavam menor durabilidade devido à sublimação ou combustão dos filamentos utilizados. Entretanto, em 1878, o químico britânico Joseph Swan confeccionou lâmpadas que foram utilizadas em casas e em pontos de iluminação pública na Inglaterra. Essas lâmpadas continham um filamento de celulose carbonizada, envolto por um bulbo de vidro à vácuo e tinham vida útil de cerca de 14 horas. Já no ano de 1879, Thomas Edison construiu e patenteou nos EUA, uma lâmpada semelhante à de Swan, a qual foi aprimorada, utilizando filamentos de bambu carbonizado, que assegurava uma vida útil de aproximadamente 1,2 mil horas de funcionamento.

As lâmpadas com filamento de carbono foram utilizadas até o início do século XX, quando William Coolidge desenvolveu técnicas que permitiram melhorar a ductilidade do tungstênio para a confecção de novos filamentos. A escolha do tungstênio para a composição

de filamentos para as lâmpadas incandescentes se dava pela rentabilidade em comparação à platina, pela resistência e durabilidade em relação aos filamentos de carbono, pelo elevado ponto de fusão (3655 K), que permitia o seu aquecimento sem que houvesse a sua sublimação, além de produzir luz com coloração mais esbranquiçada.

Nas lâmpadas de tungstênio convencionais (Figura 1), o filamento é sustentado por 3 ou 4 hastes de molibdênio condutoras no interior do bulbo de vidro alcalino ou duro.

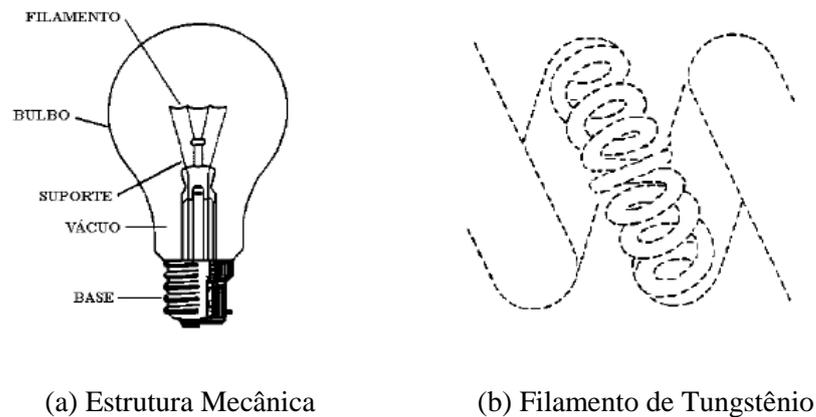


Figura 1: Lâmpada Incandescente e seus componentes

O filamento pode atingir temperaturas de até 3000 °C durante o funcionamento, o que pode levá-lo a entrar em combustão ou sublimação. Para impedir o acontecimento dessas transformações, cria-se uma atmosfera inerte no interior do bulbo injetando gás nitrogênio ou argônio a pressão de 0,8 atm, aumentando a vida útil da lâmpada e reduzindo a deposição de tungstênio sólido nas paredes internas do vidro, evitando o seu enegrecimento.

As lâmpadas incandescentes de filamento de tungstênio podem funcionar por até 2 mil horas, porém o rendimento na conversão de energia elétrica em energia luminosa na região do visível é baixo, cerca de 5%. Devido ao baixo rendimento, a União Europeia banuiu a produção de lâmpadas incandescentes desde 2012. O mesmo aconteceu no Brasil em 2013, quando foram proibidas a fabricação e importação de lâmpadas incandescente de 100 W e 150 W.

4.2.2 – Lâmpada de Arco Voltaico

Humphry Davy (1778 – 1829), químico inglês, foi inventor de um meio de iluminação que tornou mais seguro o trabalho em mineradoras que frequentemente eram alvos de explosões que ocorriam em decorrência da combinação de metano com a chama dos lampiões. A lâmpada, batizada como “Lâmpada Arqueada” ou comumente, “Lâmpada de Davy”, foi resultado dos estudos do cientista sobre fenômenos elétricos e futuramente seria utilizada para iluminação pública.

Em um experimento, Davy conectou duas barras pontiagudas de carbono nos terminais de uma pilha utilizando fios condutores. Na passagem de corrente elétrica, uma luz intensa era emitida entre as pontas das barras de carbono. O fenômeno ganhou o nome de “Arco Voltaico” e ocorre quando um meio isolante se torna condutor após a ruptura dielétrica. Esta ruptura dielétrica é causada pela grande diferença de potencial aplicada nas barras de carbono e pelo aumento da intensidade de campo elétrico entre elas. No caso da lâmpada de Davy, o meio entre os eletrodos era, inicialmente, o ar atmosférico. O ar entre as barras de carbono se tornava condutor elétrico após um processo de ionização, gerando plasma, o qual permite a passagem de corrente elétrica.

O fenômeno luminoso no arco voltaico é possível pela utilização de energia elétrica em processos de excitação eletrônica em átomos e moléculas provenientes tanto do ar atmosférico, quanto dos vapores de carbono gerados pela sublimação das barras após terem sido altamente aquecidas pela passagem de corrente elétrica.

A lâmpada de Davy, não possuía grande durabilidade em sua proposta inicial devido às barras de carbono serem consumidas durante o processo. A sublimação e até mesmo a combustão das barras devido ao aumento de temperatura diminuía a vida útil da lâmpada. Posteriormente, lâmpadas semelhantes foram sendo construídas, monitorando variáveis como a composição e a pressão gasosa, bem como a confecção de um sistema fechado que possibilitasse o controle de intensidade da luz e a preservação da vida útil das barras.

Os arcos voltaicos também foram e ainda são utilizados em processos de soldagem, projetores de filmes, flashes de câmeras e presenciados na natureza no fenômeno dos raios.

4.2.3 – Lâmpadas à Descarga Elétrica

As lâmpadas de descarga são constituídas, em sua maioria, por um bulbo de vidro fechado e vedado com dois eletrodos em posições opostas. No interior do bulbo são inseridos os chamados “gases de enchimento” em baixa pressão (gases nobres), vapores metálicos e uma camada de pó fluorescente (fósforos) na superfície interna do bulbo (Figura 2). Os processos de geração de luz nessas lâmpadas são similares entre si e consistem em basicamente 4 etapas.

As etapas abaixo fazem parte do processo de funcionamento da lâmpada fluorescente com vapor de mercúrio:

Ao aplicar uma diferença de potencial entre os eletrodos, elétrons são emitidos do cátodo em direção ao eletrodo oposto, o ânodo. Para que haja corrente elétrica, é necessário aplicar uma diferença de potencial a fim de tornar condutor o meio gasoso no interior da lâmpada, e isso só é possível através da ionização do gás de enchimento (argônio), o qual é transformado em plasma em um processo análogo a lâmpada de arco voltaico.

A energia associada na formação de um arco voltaico é dissipada e absorvida pelo mercúrio líquido o qual é vaporizado, ocupando o volume total do bulbo.

Os elétrons provenientes do cátodo se chocam com átomos de mercúrio, promovendo excitações eletrônicas, cujos fótons emitidos possuem comprimento de onda, em sua maioria, na região do ultravioleta.

A radiação ultravioleta não faz parte da região visível do espectro e não é capaz de iluminar, sendo necessária a presença de fósforos que permitem a “conversão” das frequências da radiação. Os fósforos são substâncias que absorvem a radiação ultravioleta, tendo seus elétrons excitados, cujos fótons emitidos no retorno dos elétrons para o estado fundamental estão na região do visível, permitindo uma iluminação efetiva e de alto rendimento, devido à baixa dissipação de energia na forma de calor.

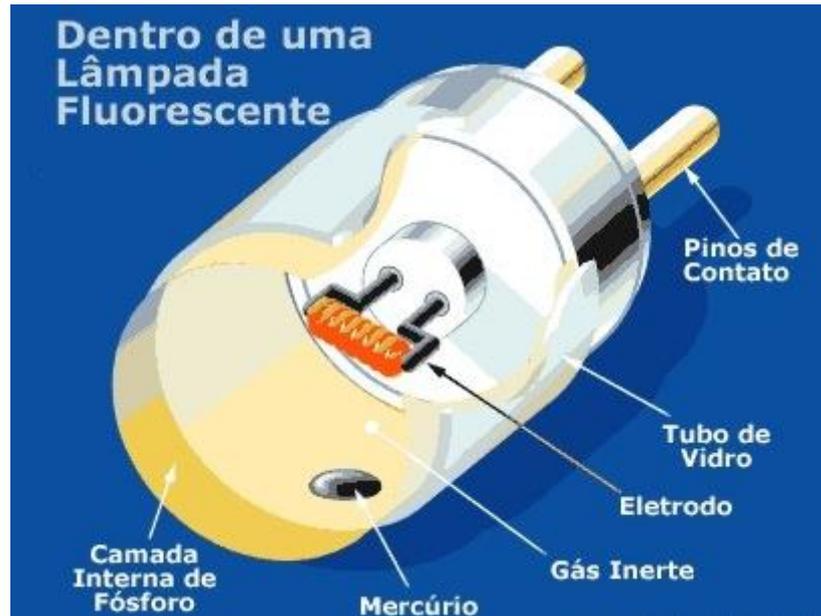


Figura 2: Lâmpada Fluorescente e seus componentes

4.2.4 – Diodos Emissores de Luz (LED's)

O primeiro diodo emissor de luz visível foi confeccionado pelo engenheiro norte americano Nick Holonyak Jr. em 1962. Elaborado com materiais compostos por Gálio, Arsenieto e Fosfeto, o LED em questão emitia luz vermelha. Ao longo dos anos, diferentes materiais foram sendo utilizados, o que possibilitou a emissão de diferentes cores. Em 2014, um grupo de cientistas japoneses receberam o Prêmio Nobel da física pela confecção do LED azul, fruto de um longo trabalho que se iniciou nos anos 90. A relevância dessa conquista, se dá pela possibilidade de se obter fontes de luz branca através da combinação das cores fundamentais.

Para explicar a emissão de luz em um LED, é necessário, primeiramente, fazer uma pequena abordagem acerca da condutividade elétrica dos metais e dos semicondutores.

A condutividade elétrica em meios aquosos e estados líquido e gasoso pode ser explicada pela presença de íons livres capazes de permitir a passagem de corrente elétrica. Porém, a condutividade elétrica em meio sólido demandou a formulação de uma nova teoria.

O estado sólido é interpretado como o estado da matéria que possui volume e forma definida, cuja estrutura macroscópica se dá a partir da sua estrutura a nível molecular. Quando os átomos, íons ou moléculas estão dispostos em um arranjo ordenado, esse sólido é denominado sólido cristalino, formado a partir de um constituinte o qual chamamos de

retículo cristalino. Um cristal é formado pela repetição de unidades regulares (retículos cristalinos), cuja estrutura básica é dada por um arranjo tridimensional e infinito.

Nos sólidos metálicos, os átomos metálicos não apresentam ligações covalentes direcionais, dessa forma, os átomos se organizam compactamente com a maior proximidade possível uns dos outros apenas pelas forças de atração e repulsão (ATKINS, JONES, 2006).

No modelo atômico de Bohr, os elétrons ocupam níveis de energia quantizados em estados fundamentais. Após a absorção de energia discreta, o elétron pode ser promovido do estado fundamental para o estado excitado, ocupando assim, níveis de energia mais externos. Em sólidos metálicos, devido a um grande número N de átomos metálicos ligados entre si, os níveis de energia ocupados com elétrons se organizam muito próximos, constituindo uma banda de níveis de energia. Esta banda de níveis de energia ocupados com elétrons é denominada banda de valência. Da mesma forma, os níveis de energia desocupados dos átomos, também se organizam muito próximos no cristal, constituindo uma banda de condução (Figura 3).

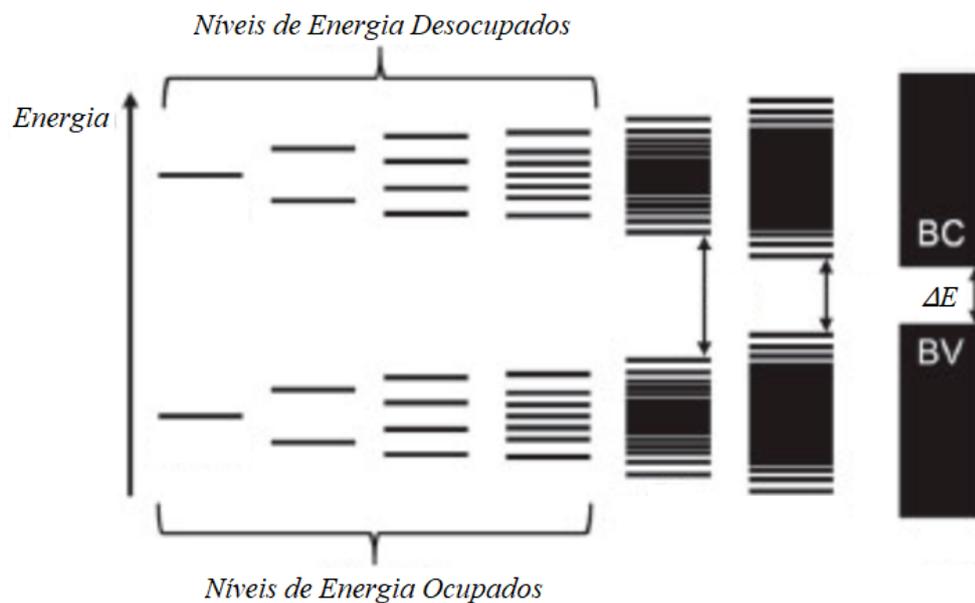


Figura 3 – Formação da Banda de Valência (BV) e Banda de Condução (BC) a partir de níveis de energia atômicos ocupados por elétrons ou desocupados.

Esta teoria é chamada de Teoria de Bandas e possibilita explicar a condutividade elétrica nos metais: a promoção de elétrons da banda de valência para a banda de condução

por meio de uma diferença de potencial permite a passagem de corrente elétrica. Porém, isso só é possível devido à diferença de energia entre a banda de valência e a banda de condução ser próxima a zero, caracterizando os metais como bons condutores (Figura 4 - c).

Quando a diferença de energia entre as bandas é muito grande, o sólido é caracterizado como isolante (Figura 4 - a). Existem ainda, materiais que apresentam a capacidade de mudarem a sua condição de isolantes para condutores com facilidade, sendo chamados de semicondutores (Figura 4 - b). Esta propriedade está associada a um valor intermediário de diferença de energia entre as bandas, sendo superada pelo aumento da temperatura ou pela adição de átomos (impurezas) na estrutura que fornece níveis de energia em posições intermediárias em relação às bandas de valência e de condução iniciais.

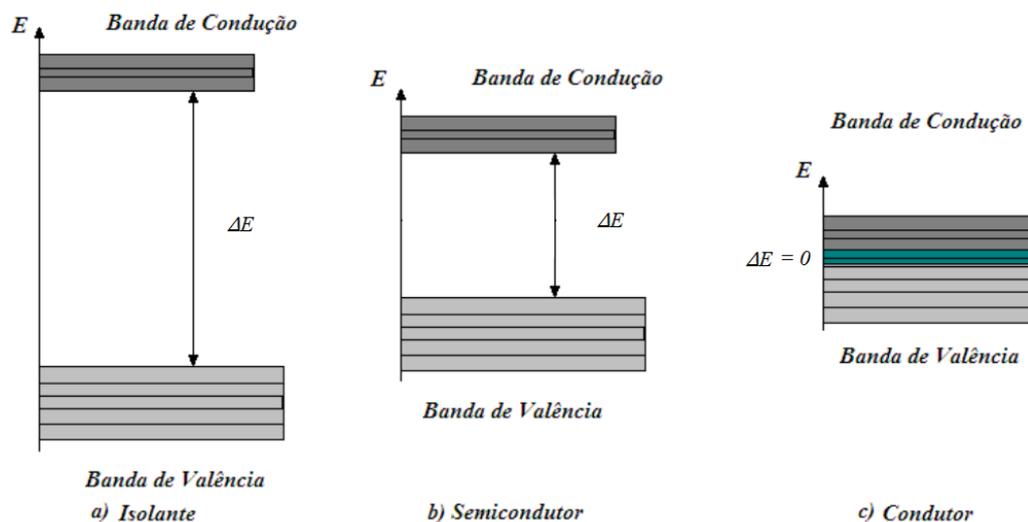


Figura 4 – Classificação dos sólidos quanto a diferença de energia das bandas de valência e de condução

O Silício (Si) e o Germânio (Ge) são exemplos de substâncias simples que apresentam semicondutividade. Esses, bem como os demais elementos do grupo IV da tabela periódica, realizam 4 ligações predominantemente covalentes, altamente direcionais, cuja estrutura cristalina de suas substâncias simples apresentam 4 ligantes em torno de um átomo, ou seja, possuem número de coordenação igual a 4.

À temperatura de zero absoluto (0 Kelvin), os semicondutores apresentam todos os elétrons de valência envolvidos em ligações químicas. Isso impossibilita a transição dos mesmos para a banda de condução, conseqüentemente há ausência de condutividade. Porém, o aumento da temperatura do material semicondutor permite o rompimento de algumas

ligações de valência entre os átomos, e os elétrons das ligações, ao receberem energia térmica, são promovidos da banda de valência para a banda de condução, o que torna o material, condutor. Ao transitar para a banda de condução, o elétron deixa uma vacância, ou uma lacuna, que pode ser preenchida com elétrons provenientes de outras ligações, havendo fluxo de elétron / lacuna. Outras formas e fontes de energia podem ser utilizadas para a excitação eletrônica em semicondutores como a luz e a eletricidade.

Quando a condutividade elétrica é baseada na disposição estrutural e eletrônica do material semicondutor puro, o semicondutor é caracterizado como intrínseco. Já os semicondutores extrínsecos possuem suas características elétricas intensificadas a partir da adição de impurezas, ou átomos chamados de dopantes.

Semicondutores extrínsecos podem ser originados com a adição de átomos dopantes na estrutura cristalina do semicondutor. Os dopantes devem possuir mais ou menos que 4 elétrons de valência. Quando são adicionados átomos que possuem mais de 4 elétrons de valência, como o fósforo (P), o qual possui 5 elétrons de valência, o semicondutor originado é do tipo n. Quando são adicionados átomos que possuem menos de 4 elétrons de valência, como o boro (B), o qual possui 3 elétrons de valência, o semicondutor originado é do tipo p (Figura 5).

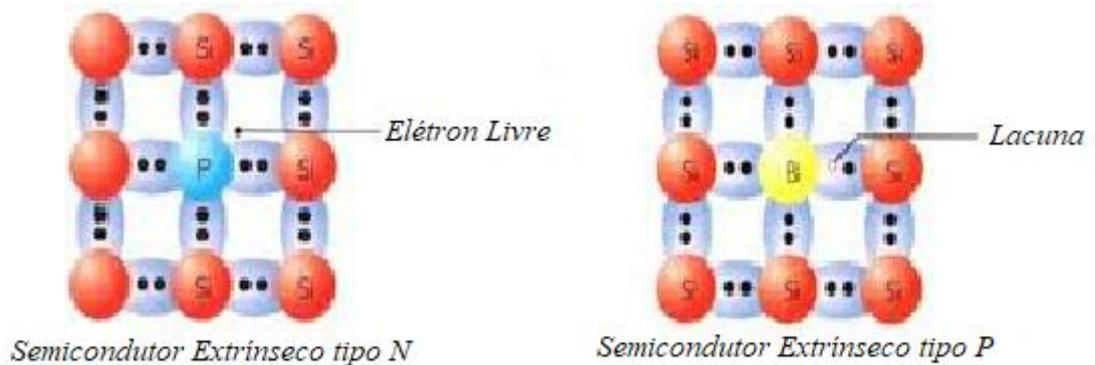


Figura 5 – Semicondutores de Silício (Si): Tipo N dopado com Fósforo (P) e tipo P dopado com Boro (B).

Em semicondutores do tipo n, o silício realiza 4 ligações com o fósforo, o qual possui um elétron não-ligante que permite ser excitado da banda de valência para a banda de condução com maior facilidade. Já em semicondutores do tipo p, o átomo de boro realizará apenas 3 ligações com átomos de silício devido a sua deficiência de um elétron comparado ao silício, apresentando uma lacuna na estrutura. Esta lacuna pode atuar como receptora de

elétrons em níveis de energia acima da banda de valência, porém abaixo da banda de condução, devido a dispensabilidade do boro realizar uma quarta ligação. Esse novo nível energético diminui a barreira entre a banda de valência e a banda de condução, intensificando a condutividade do material semiconductor.

Os diodos, são junções de semicondutores do tipo n e do tipo p, dopado com impurezas doadoras em uma superfície e receptoras na outra superfície. A região de junção é localizada exatamente onde o semiconductor de tipo n cessa e se inicia o do tipo p. Ao ser aplicada uma diferença de potencial em um diodo, elétrons da banda de valência são excitados para a banda de condução. Ao retornarem para a banda de valência, o elétron emite energia (Figura 6).

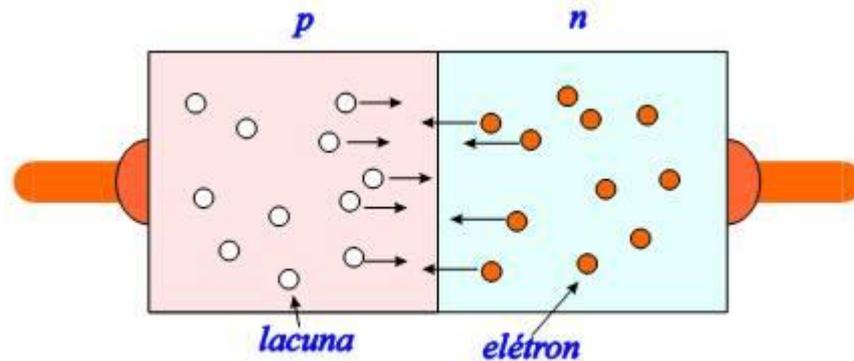


Figura 6 - Sistema do diodo e o fluxo de elétrons entre os semicondutores do tipo n e do tipo p.

Dependendo da composição dos semicondutores, a diferença energética entre as bandas de condução e de valência permite que a energia seja emitida na forma de calor, vibração na estrutura, bem como luz, como nos LED's.

4.2.5 – Amplificadores de Luz por Emissão Estimulada de Radiação (LASER)

O laser é considerado uma das maiores invenções do século XX pela sua alta tecnologia e vasta utilidade, como na medicina, utilizado em processo cirúrgicos, ou na telecomunicação, como fonte de sinais ópticos. O primeiro laser foi criado pelo físico norte americano Theodore Maiman em 1960 e o dispositivo possuía um cristal de rubi como meio ativo.

Para compreender o processo de emissão de luz nos laser's, é preciso retomar os conceitos associados à absorção e emissão de energia em transições eletrônicas. A absorção de energia por um elétron permite que este seja promovido a níveis de energia superiores, saindo de seu estado fundamental para o estado excitado. Após esta transição, o elétron se encontrará em um nível de energia instável e eventualmente, retornará ao estado fundamental, emitindo a energia excedente na forma de fótons. O processo de emissão pode ocorrer de duas formas: espontaneamente ou sob estímulo. Quando um elétron excitado decai de um nível superior para um nível inferior (estado fundamental) espontaneamente, um fóton é emitido com energia igual a diferença de energia entre E_2 (Nível Superior – Estado Excitado) e E_1 (Nível Inferior – Estado Fundamental), cuja frequência pode ser obtida pela equação: $E=h \cdot \nu$. Este processo é denominado emissão espontânea. Porém, existindo um elétron já em um estado excitado, a absorção de um fóton, cuja energia é igual a diferença do seu estado presente e o nível ao qual retornará, pode estimular a transição para o seu estado fundamental, tendo como consequência a emissão de dois fótons. Este processo é denominado emissão estimulada, e permite que os fótons emitidos tenham a mesma energia, frequência, direção de propagação da radiação estimulante e fase. A liberação destes fótons permite a emissão de demais fótons em um processo em cadeia, dando à luz emitida as características de monocromática, coerente e polarizada. Na presença de vários átomos excitados, a presença de um único fóton pode desencadear essa forma de emissão que possibilita amplificar da luz.

A emissão estimulada é a base para a compreensão do laser, sigla a qual significa amplificação da luz por emissão estimulada de radiação. Na maioria das fontes convencionais de luz, bem como em fenômenos naturais de emissão de luz, o processo predominante é o processo de emissão espontânea. Ludwig Boltzmann (1844-1906) em uma de suas teorias, descreve que em um sistema de átomos que se encontram em equilíbrio termodinâmico com o meio, o número de átomos no estado excitado é sempre menor que o número de átomos no estado fundamental. No entanto, é possível inverter a população através de um “bombeamento energético”, fazendo com que o número de elétrons no estado excitado exceda o número daqueles presentes no estado fundamental. Desta forma, o laser é composto, basicamente, por um mecanismo de bombeamento (luz, corrente elétrica ou reação química), um meio ativo, espelhos que permitem a amplificação e uma cavidade para a saída do feixe luminoso. O meio ativo ou meio de ganho, absorve a energia provinda do bombeamento, promovendo elétrons para um estado excitado. Quando o número de átomos com elétrons excitados excede o daqueles com elétrons no estado fundamental, tem-se a chamada inversão de população.

Sendo assim, a presença de fótons no meio ativo é capaz de promover emissões estimuladas, nas quais a quantidade de fótons emitidos será maior que a quantidade de luz absorvida, amplificando-se a luz. Este sistema é construído envolto de um sistema especular que permite a reflexão da luz até que seja amplificada. A saída do feixe ocorre por uma cavidade em um espelho semitransparente, o que permite o controle de concentração de fótons, promovendo um feixe mais estreito ou com maior espalhamento.

Novos estudos permitiram a construção de laser's a partir de diodos semicondutores, como os led's. No aspecto físico, a construção mais robusta e adição de componentes que otimizam a emissão é o que diferencia o diodo laser de um led comum (Figura 7). Em termos de emissão de luz, o que os diferencia é o fator da presença de inversão de população no diodo laser, dando à luz emitida as características específicas citadas anteriormente.

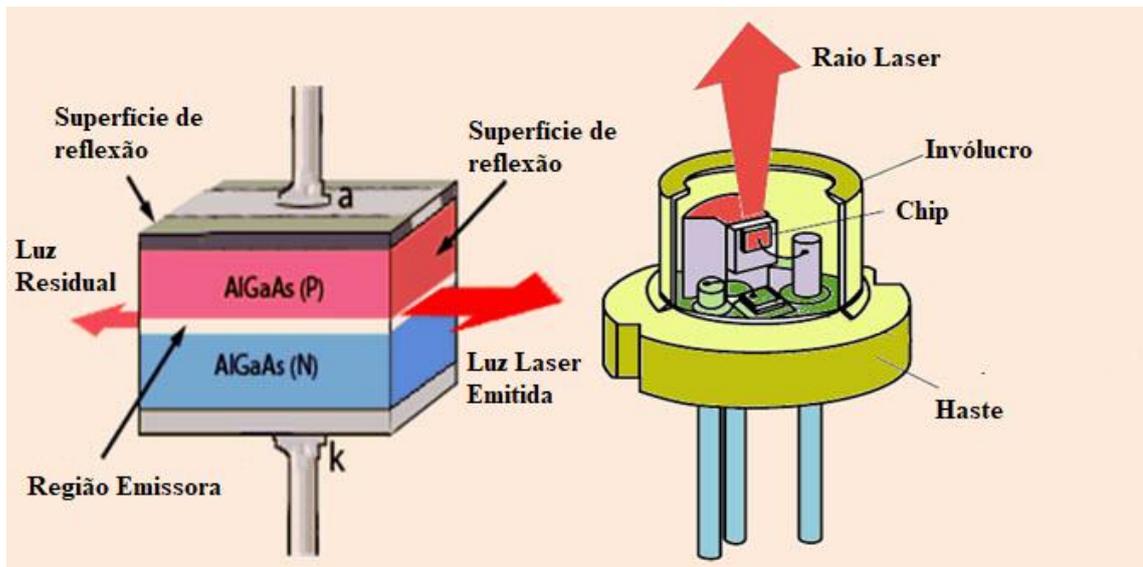


Figura 7 – Dispositivo do Diodo Laser e seus componentes

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A luz desempenha papel vital em nossas vidas diárias. A radiação proveniente do Sol é a nossa mais importante fonte de energia. Ilumina o globo terrestre, estipula os padrões climáticos, permite a produção de gás oxigênio e de carboidratos a partir de gás carbônico e água em processos fotossintéticos e possibilita, desta forma, a existência de diversos organismos vivos na Terra, inclusive os seres humanos. É a luz que nos permite enxergar e nos conectar com o mundo. Suas inúmeras aplicações e os estudos a respeito da sua compreensão revolucionaram a sociedade, a tecnologia e a forma com que nos relacionamos. Sua influência na saúde, nos meios de comunicação, na economia, no comércio, no ambiente e na medicina são exemplos da abrangência deste fenômeno, e que o estudo deste tema possui imenso potencial para o trabalho educativo devido a sua ligação com todas as áreas do conhecimento. Diante disso, o estudo dos fenômenos luminosos e sua compreensão é imprescindível para a formação de cidadãos atuantes em uma sociedade que não existiria na ausência de luz.

O estudo da evolução dos meios de iluminação possibilita uma abordagem histórica para o ensino do fenômeno da luz. Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente serão pauta no ensino e na alfabetização científica a partir desse tema, permitindo que o aluno associe o conhecimento apropriado com o seu contexto diário. O estudo da luz por meio da história da ciência e da tecnologia propicia uma visão transitória da ciência e do conhecimento científico, o qual foi e vem sendo construído pela humanidade ao longo dos anos. A interdisciplinaridade é favorecida nessa abordagem, visto que os fenômenos luminosos interligam as tantas áreas e fontes do conhecimento, valorizando também a diversidade cultural e uma reflexão com conhecimentos não científicos.

A história da ciência no ensino de ciências promove uma melhor compreensão do método científico e dos conceitos, humaniza a ciência e o conhecimento científico, permite a compreensão da natureza e transitoriedade da ciência, possibilita a interdisciplinaridade, a aprendizagem significativa e torna os objetos de estudo da ciência menos abstratos, mais envolventes e mais substanciais. A utilização de uma abordagem histórica é fundamental para

a superação da crise no ensino, bem como a transformação da sociedade a partir da educação, por meio da formação de cidadãos críticos e atuantes.

REFERÊNCIAS

1. ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3. ed. Porto Alegre, Brasil: Bookman, 2006. 968 p. v. 1.
2. BARTHEM, Ricardo. **A luz**. 1. ed. São Paulo, Brasil: Livraria da Física: Sociedade Brasileira da Física, 2005. 535 p. v. 1.
3. DERRY, T. K.; WILLIAMS, Trevor I. **A short history of technology: From the earliest times to a. d. 1900**. 2. ed. New York, USA: Oxford University Press, 1993. 782 p. v. 1.
4. MATTHEWS, Michael R. **A role for history and philosophy in science teaching: Education Philosophy an Theory**. 2. ed. New South Wales, Australia: Psychology Press, 1998. 287 p. v. 20.
5. MILARÉ, Tathiane; RICHETTI, Graziela Piccoli; ALVES FILHO, José de Pinho. **Alfabetização Científica no Ensino de Química: Uma Análise dos Temas da Seção Química e Sociedade da Revista Química Nova na Escola**. Química Nova na Escola, [S.l.], v. 31, n. 3, p. 165-171, ago. 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/03-QS-0809.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2018.
6. MOREIRA, Vinícius de Araújo. **Iluminação e Fotometria: Teoria e Aplicação**. 1. ed. São Paulo, Brasil: Edgard Blücher Ltda, 1976. p. v. 1.
7. ROIZENBLATT, Isac. **Critérios da iluminação elétrica urbana**. 2009. 40 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)- Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil, 2009. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Pesquisa/Crit%E9rios%20da%20Ilumina%E7%E3o%20El%E9trica%20Urbana/Isac%20Roizenblatt1.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2018.
8. SANDGATHE, Dennis; DIBBLES, Harold L. **Who Started the First Fire?: Humans' ability to control fire is among the most important technological advances in our evolutionary history. Research on Neanderthal cave sites in France is offering new insights on this old enigma**. 1. 2017. Disponível em: <<https://www.sapiens.org/archaeology/neanderthal-fire/>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

9. SCOTT, Andrew C. **The Pre-Quaternary History of Fire.** Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, [S.l.], v. 164, n. 1-4, p. 281-329, dez. 2000.
10. TUNES, Elizabeth (Org.); PEDROZA, Lilia Pinto. **O silêncio ou a profanação do outro: Sem escola, sem documento.** 1. ed. Rio de Janeiro, Brasil: E-Papers Serviços Editoriais LTDA, 2011. 155 p. v. 1.
11. VALENTE, Maria Odete (Org.). **Projecto Física: Unidade 4.** 1. ed. Lisboa, Portugal: Portuguesa, 1985. 52 p. v. 1.
12. WALDMAN, Gary. **Introduction to Light.** 1. ed. Englewood Cliffs, EUA: Prentice Hall, Inc., 1983. 535 p. v. 1.