UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE UNB PLANALTINA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

LUMINOSIDADE, CORES E FOTOMETRIA

Autor: Érick Thomas de Sousa Campos
Orientador: Armando de Mendonça Maroja

BRASÍLIA, DF
2017

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE UNB PLANALTINA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

LUMINOSIDADE, CORES E FOTOMETRIA.

Trabalho de Conclusão apresentado à Universidade de Brasília como requisito para a conclusão do curso de Licenciatura em Ciências Naturais

Orientador: Pr. Dr. Armando de Mendonça Maroja

BRASÍLIA, DF

2017

Esse trabalho é dedicado aos meus familiares que suportaram o tempo que tive que me ausentar de compromissos e encontros.

RESUMO

Com base em uma ampla revisão bibliográfica foi produzida uma cartilha para a compreensão dos conceitos de luminotécnica por parte dos estudantes do ensino fundamental II e do ensino médio. A cartilha apresenta aspectos luminotécnicos como a evolução histórica da iluminação artificial, os tipos de lâmpadas, conceitos ambientais de consumo consciente da energia elétrica, reciclagem das lâmpadas, as condições de conforto luminoso essenciais para o bem-estar das pessoas em suas residências e no trabalho e sugestões de experimentos para realização em sala de aula. Também há na cartilha a preocupação em apresentar conceitos fotométricos básicos da luz e das cores além da percepção da luz pelo ser humano. Os conceitos abordados na cartilha transpõem questões do universo da física e estendem-se para conhecimentos relativos às artes visuais e a arquitetura.

Palavras-chave: Luminotécnica. Revisão bibliográfica. Cartilha. Iluminação artificial. Lâmpadas.

ABSTRACT

Based on a broad bibliographical review, a booklet was produced for an understanding of the concepts of luminotecnic for elementary school students II and high school. The booklet presents lighting aspects such as a historical evolution of artificial lighting, types of lamps, environmental concepts of conscious consumption of electric energy, recycling of lamps, condicions of luminous comfort essentials for the well-being of people in their homes and work besides and the sugestion of experiments to achievement in the classroom. There is a concern to present basic photometric concepts of light and colors beyond their perception by the human being. The concepts covered in the booklet transpose issues from the universe of physics and extend to knowledge related to the visual arts and an architecture.

Palavras-chave: Luminotecnic. Bibliographical review. Booklet. Artificial lighting. lamps.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 7
2. OBJETIVOS 13
2.1. Objetivo geral 13
2.2. Objetivos específicos 13
3. REFERENCIAL TEÓRICO 14
3.1. Revisão Bibliográfica 14
3.2. A história da Luz Artificial 15
3.3. Conceitos Luminotécnicos 16
3.4. Diferentes Tipos de Lâmpadas 26
3.5. Lâmpadas e o Meio Ambiente 31
3.6. O Porquê de uma Cartilha. 33
3.7. Importância de Experimentos no Ensino de Física. 34
4. METODOLOGIA 35
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 40
REFERÊNCIAS 42
ANEXO A – CARTILHA LUMINOTÉCNICA 45
ANEXO B – REFERÊNCIAS DAS IMAGENS NA CARTILHA 48

1. INTRODUÇÃO

As questões luminotécnicas fundamentais para o bem-estar e a saúde das pessoas não são bem discutidas pelos professores do Ensino Fundamental II (E.F. II) e mesmo do Ensino Médio (E.M.). Para Begelmann e Beld (1997) muitos problemas de saúde possuem sua origem na permanência das pessoas por tempo prolongado em espaços pouco iluminados. Estresse, fadiga, cefaleia e visão turva podem ser amenizados com o entendimento de conceitos luminotécnicos básicos que são importantes para o bem-estar do corpo e da mente.

A importância do uso adequado da iluminação passa-se despercebido facilmente, entretanto, é nítido que um ambiente de trabalho bem iluminado reduz drasticamente enormes problemas sociais e fisiológicos. Para MARTAU (2009);

> Os ciclos solares regulam os ritmos diários (circadianos) e os anuais (circanuais) em quase todos os animais, incluindo os humanos. Muitos processos biológicos têm padrões diurnos relacionados à presença da luz, como os cardíacos, endócrinos, de regeneração celular e processos cerebrais (BINER, 1991; BOYCE et al., 1989 e GRUNBERGER et al., 1993), incluindo a aprendizagem (WRIGHT et al., 2006).

Além disso, MARTAU (2009) também descreve que vários fatores luminotécnicos podem afetar a saúde psicológica e física:

> As condições de iluminação determinantes na regulação do relógio biológico estão associadas ao espectro, intensidade e duração (período e padrão temporal) da luz (BRAINARD et al., 2000; CAJOCHEN et al., 2005 e ZEITZER et al., 2000). A aparência de cor, possibilidade de controle do sistema e a presença ou não de janelas (iluminação natural), bem como os tipos de lâmpadas, também podem influenciar tanto os aspectos fisiológicos como os comportamentais (EDWARDS e TORCELLINI, 2002; VAN BOMMEL, 2004 e TONELLO, 2008).

O homem conhece mais o universo visível, isto dá-se graças a existência dos olhos como instrumento guia para a obtenção de imagens e compreensão das cores e intensidades. O olho possui em sua fisiologia; a córnea, o cristalino, a retina, o vítrio e o nervo óptico, esta construção orgânica faz a interação com a luz provinda do meio, formando na retina as imagens que serão captadas pelo cérebro através da transmissão pelo nervo ótico (DANTAS, 1983). Assim, com a ajuda dos cones e bastonetes, presentes no olho, há a distinção das cores e intensidades.

Analisando toda esta operação realizada pelo olho, admite-se que enxergar não depende apenas deste, mas está vinculado a existência do espectro da luz visível, ondas eletromagnéticas que interagem com o meio. Assim, os olhos são apenas instrumentos capazes de revelar ondas eletromagnéticas luminosas interagindo com objetos.

Do ponto de vista evolutivo, a inexistência do espectro eletromagnético visível ocasionaria a não necessariedade do uso dos olhos, a própria natureza se encarrega de corroborar exemplos biológicos que evidenciam que ambientes ausentes da imersão do espectro (luz) proporcionam o desenvolvimento de indivíduos isentos destes, como as cecílias que fazem parte da família *Caeciliidae spp.* anfíbios do gênero Gimnofiono, também chamadas de cobras-cegas. A orientação destes animais dá-se pela presença de tentáculos sensoriais inseridos em sua segmentação, pois seus olhos são apenas órgãos vestigiais e encontram-se atrofiados graças ao seu habitat: o solo úmido (WAKE, 1985).

A evolução traz consigo adaptações que nos dias atuais são consideradas essenciais para a manutenção de inúmeras espécies, inclusive o *Homo sapiens*. O desenvolvimento dos olhos é presente em grande parte do reino animália, todavia há algumas exceções, como as cecílias. Apesar de não haver um registro fóssil direto para a datação correta do período do surgimento dos olhos, cientistas acreditam que os primeiros indivíduos com simetria radial foram os responsáveis por tal adaptação (LAND; FERNALD, 1992). Contudo, os olhos são de extrema importância no mundo moderno, sendo até pré-requisito para inúmeras funções que atuam com impacto direto na manutenção da vida em sociedade.

Os olhos humanos, entretanto, não são os melhores dentre o reino animal, não visualizar o infravermelho e o ultravioleta a olho nu comprova tal afirmação, todavia, o olho humano ainda assim possui uma alta sensibilidade, principalmente ao espectro visível que acompanha comprimentos de onda entre 400nm e 700nm (SILVA, 2004), faz-se possível então enxergar a radiação eletromagnética emitida pelo Sol, subsidiando a formação das cores que conhecemos por VAAVAAV: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta que são segundo o senso comum, as sete cores do arco-íris.

O comprimento de onda é relacionado com a temperatura através da lei de Wien (EISBERG, 1961):

$$\boldsymbol{\lambda_{max} = \frac{b}{T}} \tag{1}$$

Pode-se afirmar que quanto maior a temperatura menor será o comprimento de onda, por tanto, lambda refere-se ao comprimento que a onda possui em nanômetros, assim, a temperatura e o comprimento de onda são inversamente proporcionais.

A constante da proporcionalidade **b**, equivalente à **2,8977685 x10^{-3} m.K** (metros por kelvin) balanceia a equação, já **T** (temperatura) é medida em Kelvins (K).

Pela equação de Wien, pode ser deduzido o principal comprimento de onda emitido pelo Sol, tendo em vista a sua temperatura de aproximadamente 6000 K:

$$\boldsymbol{\lambda}_{max} = \frac{2{,}8977685\ \mathrm{x}10^{-3}\ \mathrm{m.K}}{6000K} \tag{2}$$

O resultado é de **4,87x10^{-7}m**, ou **487nm** que é o comprimento de onda no espectro visível correspondente a cor amarela. Sabe-se que a potência irradiada por um corpo é diretamente proporcional à sua área exposta à quarta potência de sua temperatura absoluta:

$$E_{cn} = \sigma \times T^4 \tag{3}$$

Logo conclui-se que quanto maior for a área da superfície exposta e maior a temperatura absoluta do corpo, maior será a potência irradiada pelo mesmo, esta lei descreve a radiação térmica, elaborada por Stefan-Boltzmann.

Para Planck os corpos negros exprimem uma curva típica, avaliando a radiância espectral em função de uma determinada temperatura e comprimento de onda unificadas com a quantidade de energia, diferente do que se pensava, a energia não é contínua (PLANCK, 1959). A linha tracejada na figura 1 representa a Lei de Wien que calcula a máxima energia eletromagnética emitida por um corpo negro, esta relaciona-se com a temperatura e o comprimento de onda do corpo como já abordado.

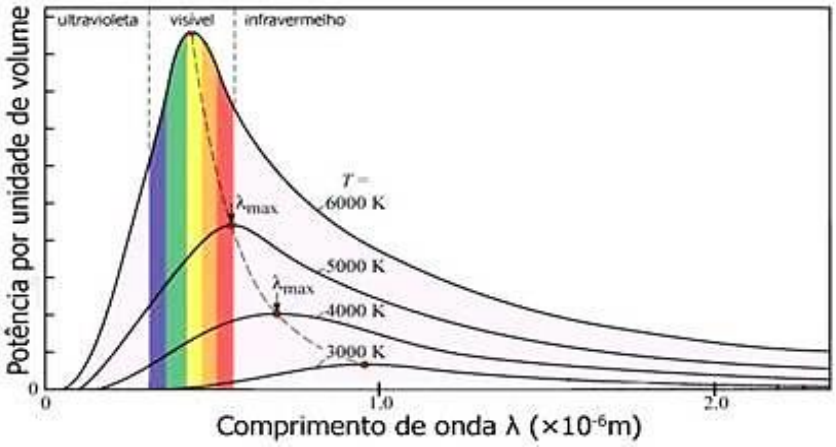


Figura 1: Potência irradiada segundo a lei de Planck, a linha tracejada representa a aplicabilidade da lei de Wien.
Fonte: GASPAR. 2000, p. 338

Observa-se então que na emissão de luz pelo Sol (figura 1), na temperatura de 6000K, há a emissão de radiação em todos os comprimentos de onda, desde os raios gama, ultravioleta, luz visível, infravermelho, micro-ondas até as ondas de rádio. Assim, destaca em sua máxima emissão, de acordo com a Lei de Wien, o espectro correspondente a cor amarela que por sua imensa assimilação ao longo dos tempos ocasionou no desenvolvimento de sensibilidade pelo olho humano (lei de Wien).

Cotidianamente os campeonatos de tênis utilizam-se de bolas com amarelados característicos, que proporcionam a fácil percepção para sua direção e sentido, mesmo estando a centenas de quilômetros por hora. Assim, as luzes dos postes noturnos também utilizam a cor amarela meio avermelhada (lâmpada de sódio), neste sentido, a iluminação através da cor azulada não chamaria atenção, corroborando o uso da cor amarela característico para uma sensibilidade adequada nos olhos humanos (HALLIDAY, 2009).

A presença da luz solar na atmosfera terrestre é limitada pela rotação da Terra, que forma o dia e a noite. A humanidade no decorrer de sua evolução desenvolveu métodos para aproveitar o período noturno assim como o diurno, avançando e crescendo no desenvolvimento de luzes artificiais. Diferente do Sol que é natural e não controlável, a luz artificial dá poder evolutivo ao homem moderno, seja para a simples tarefa de iluminação de ruas e casas ou até mesmo para televisores e computadores, isto leva a pesquisas incessantes nessa área e ao desenvolvimento de teorias e materiais adequados para as finalidades desejadas (SERRA et al. 2015).

No livro de Jane Brox (2010), *Brilliant: The evolution of artificial light*, conta a história da adaptação humana para o uso de métodos que aproveitem o período de escuridão (noite), a evolução destes métodos os torna cada vez mais econômicos, seja o uso controlado do fogo, o uso das velas de parafinas, das lamparinas, lâmpadas de carvão, lâmpadas com filamento de carbono, tungstênio, à base de gases, querosene, fluorescentes, vapores como os de sódio, mercúrio, ou até as mais modernas e atuais como as lâmpadas de diodos – LED (*Light Emitting Diode*).

O homem tem necessidade de transpassar o seu horário de "ir para cama", a seleção natural é tênue, pois produz indivíduos que ficam acordados por mais tempo, eliminando até mesmo "o toque de recolher natural" das comunidades primitivas. Com o advento das lâmpadas isto é cada vez mais comum, com um alto papel na vida cotidiana, na iluminação pública e privada o homem alcança locais nunca antes imaginados e cria novos mundos para seu conforto.

Estes eventos não ocorreram da noite para o dia, mas com passar de épocas antigas com lampiões acessos todas as noites por funcionários do governo aos dias atuais com postes com lâmpadas de vapor de sódio há várias mudanças e leis que permeiam tanto no gasto energético quanto na eficiência na iluminância.

O uso de lâmpadas mais brancas se popularizou, ocasionando a interrupção da fabricação das antigas lâmpadas incandescentes, já banidas nos Estados Unidos (ABILUMI, 2011). A ascensão súbita das fluorescentes compactas no mercado brasileiro foi fatal, estas, mais caras, possuem um custo energético menor na conta do brasileiro, a partir de 2009 com medidas regulamentares do governo brasileiro, as fluorescentes popularizaram-se no mercado consumidor. Conduzido por medidas governamentais no sentido de troca de lâmpadas e geladeiras que possuem custo energético alto, exige-se atualmente do fabricante o selo europeu para o consumo energético do produto e sua eficiência (JANNUZZI et al, 2003).

Graças a portaria interministerial 1007/2010 publicada pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética deu-se a proibição da venda de lâmpadas incandescentes que operassem com 60W ou superior no país, dentre os motivos encontra-se a redução do consumo energético no país, visto que as lâmpadas fluorescentes são muito mais econômicas energicamente. O Brasil por mais que produza energia elétrica por meio de hidrelétricas, modelo energético considerado como "energia limpa", não é renovável, devendo ser utilizado com consciência, algo que deve ser imensamente debatido.

A educação é o palco de inserção destas questões, o uso consciente da energia é sem dúvida um debate importante na formação cidadã, o caráter ecológico é algo que está há se construir nas últimas décadas, desde a existência do termo *desenvolvimento sustentável* em 1970 (NOBRE; AMAZONAS, 2012), deve perpetuar-se no ensino regular. Todavia para compreender a importância da conservação de energia elétrica deve-se entender as questões luminotécnicas mais a fundo.

É imprescindível analisar o meio ambiente frente a todo novo tipo de revolução ou avanço científico, a invenção das lâmpadas não está isenta desta tarefa, há nela seus benefícios para a vida cotidiana e carrega consigo alguns problemas para o meio ambiente. A criação da lâmpada por Thomas Edison em 1700 trouxe ao longo do tempo grandes avanços tecnológicos, entretanto, questões de disposição e destinação final estão arraigadas e carecem de atenção para um verdadeiro desenvolvimento sustentável.

Deve-se pensar não apenas na produção de resíduos e rejeitos quando se analisa o histórico e uso das lâmpadas, deve-se estar atento também ao consumo energético, este proveniente de fontes elétricas no país necessita ser estudado pelos alunos, contribuindo de fato quanto ao uso energético consciente, seja através de não manter lâmpadas ligadas desnecessariamente, seja quanto ao uso de lâmpadas mais econômicas.

Além disso, há o conhecimento de que as grandezas que regem o mundo físico são derivadas das sete unidades físicas fundamentais: comprimento (metros), massa (quilogramas), tempo (segundos), corrente elétrica (Ampères), temperatura (Kelvin), quantidade de substância (mol) e intensidade luminosa (Candela) (ROZENBERG, 2000). Quase todos estes se passam por conhecido a um estudante iniciado no mundo da física, entretanto, candela é a grandeza menos estudada no E.F. II e até mesmo no E.M.

Então, o que seria necessário para que um aluno de ensino fundamental II e médio exerça a cidadania a respeito das questões de uso energético consciente na iluminação? A produção de um recurso didático que traga à luz o significado de grandezas físicas como: candela, lúmens, lux, luminância, iluminância, possibilita uma discussão a respeito do princípio de funcionamento das lâmpadas e os conceitos básicos referentes à luminotécnica tanto ao E.F. II quanto no E.M, bem como o custo energético e o impacto ambiental desenvolvendo uma consciência cidadã, podendo ser efetivamente utilizado como material didático de apoio em aulas de ciências naturais e física na educação básica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Produzir um recurso didático de apoio que auxilie o professor de ciências naturais na explicação de conceitos de luminotécnica essenciais para a formação da cidadania a respeito do uso e consumo energético consciente.

2.2. Objetivos específicos

1) Realizar revisão Bibliográfica sobre luz, cores e fotometria;

2) Avaliar também a evolução histórica da iluminação pública e as tecnologias associadas;

3) Compreender a importância do uso consciente de energia e do descarte de lâmpadas;

4) Pesquisar em livros texto básicos de Arquitetura e Artes visuais temas como conforto luminoso, uso eficiente da luz, temperatura da cor e fluxo luminoso;

5) Realizar um estudo básico sobre as cartilhas como recurso didático no ensino de ciências;

6) Realizar a pesquisa de experimentos básicos em fotometria;

7) Produzir o recurso didático de apoio ao professor de ensino fundamental II e de ensino médio.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Revisão Bibliográfica

Ao se imaginar em transladar um tema como luminotécnica para o ensino de ciências, tem-se algumas dificuldades logo interpostas, a primeira é a falta de textos diretamente relacionados ao assunto em questão, não há pesquisa que recomende o uso deste assunto em sala de aula e muito menos pesquisas que o restrinja, todavia, faz-se por escolha do pesquisador transpassar a fronteira do anonimato das questões científicas envolvendo conceitos luminotécnicos e inseri-los no universo educacional pelos motivos já apontados na introdução do presente trabalho.

A segunda complicação é qual o tipo de pesquisa que deve ser realizada. Para Luna (1997), a revisão bibliográfica pode ser realizada com vários objetivos, seja pelo estado da arte, uma revisão teórica, bibliográfica, empírica ou histórica, contudo, a adotada neste trabalho refere-se à revisão teórica que para Luna (1997) o próprio problema é inserido dentro de um quadro de referência teórica para explica-lo.

Portanto, Marconi e Lakatos (1986) contribui que a revisão bibliográfica se refere à:

> "...avaliação de uma situação concreta desconhecida, em um dado local, alguém ou um grupo, em algum lugar, já deve ter feto pesquisas iguais ou semelhantes, ou mesmo complementares de certos aspectos da pesquisa pretendida. Uma procura de tais fontes, documentais ou bibliográficas, torna-se imprescindível para a não-duplicação de esforços, a não "descoberta" de ideias já expressas, a não-inclusão de "lugares-comuns" no trabalho. "

Há um caminho à ser trilhado com livros que deem suporte para a construção deste trabalho, entretanto este não pretende criar nenhuma teoria nova, mas adaptar as teorias existentes para a confecção de um material didático que complemente dando suporte ao ensino de luminotécnica na educação básica.

3.2. A história da Luz Artificial

Os conceitos de luminotécnica permeiam idades antigas, a luz nem sempre existiu artificialmente, há registros históricos que o fogo foi descoberto no período pré quaternário há aproximadamente 3 milhões de anos atrás (SCOTT, 2000), sem dúvida esta foi a primeira luz artificial, contudo ao longo de milhares de anos o homem pôde alcançar uma significativa modernidade. Sabe-se que o fogo é sem dúvida a primeira grande luz artificial produzida pelo homem, muitos historiadores citam a importância para proteção, cozimento da carne dos animais e produções artísticas em cavernas (PYNE, 2011).

Entende-se por luz artificial, uma luz que não é produzida naturalmente, uma luz que depende de uma fonte artificial para se manter e para trabalhar, diferente do Sol, considerado como luz natural graças a espontaneidade de sua formação e seu exercício.

BROX (2012), descreve em seus primeiros capítulos a provável existência de lâmpadas rústicas nas cavernas de Lascaux, estas são famosos registros fósseis de civilizações antigas com mais de 20.000 anos. Segundo Brox, as lâmpadas rústicas possibilitariam a produção das pinturas rupestres encontradas em Lascaux, que não possui luz natural em seu interior. Todavia, é lícito atentar que o homem primitivo teve necessidades para a produção destes artifícios, assim como ao longo dos anos a luz artificial evoluiu para acompanhar as necessidades humanas.

Em 3.000 a.C. a construção de velas de parafina na China contribuíram para a disseminação das luzes artificiais na Europa. Nas cidades antigas, em meados dos séculos XV-XVII, a invenção das lamparinas à óleo foi suficiente para auxiliar as grandes mudanças industriais. Brox (2012) exemplifica a importância da luz artificial gerada pelas lamparinas nas cidades, enfoque para proteção dos cidadãos para evitar a onda de violência nas noites pelas ruas.

Nos últimos 200 anos a evolução das luzes artificiais atingiu o seu ápice, começa em 1783 com o suíço François Pierre Ami Argand (1750-1803) e a sua invenção, a lâmpada de Argand, que constituía-se em um cilindro de vidro posicionado com combustível fóssil para queima, diferente das velas, a sua iluminação era até 6 vezes maior, o ar quente junto com o combustível no interior do cilindro proporcionavam esta grande quantidade de luz, logo, o uso desta invenção tornou-se popular nos teatros, nas residências e palácios que passaram à utilizá-la por sua imensa quantidade de luz gerada e menor quantidade de fumaça e odor produzida (BROX, 2012, cap.3).

O inventor escocês William Murdoch (1873-1912) realizando experiências em sua casa com gás natural trouxe ao mundo a iluminação a gás, que foi rapidamente popularizada por seu fácil controle e manuseio e acabou aposentando as lâmpadas de Argand. Murdoch também foi o precursor dos motores a vapor, tanto para locomotivas quanto para barcos. O controle na pressão da saída do gás das lâmpadas permitia uma maior propriedade no uso da luz, assim, conseguiam emitir o dobro da quantidade de luz produzida pelas lâmpadas de Argand (BROX, 2012, cap. 4).

Não obstante, Edwin Laurentine Drake (1819-1880) foi o pioneiro na descoberta do petróleo (ouro negro), que impulsionou a produção de lâmpadas a base de querosene. É também no século XIX que houve enormes avanços nas pesquisas para produção de novas iluminações artificiais. O século XIX é o período em que a civilização mais avançou cientificamente e socialmente, a partir daqui o ser humano acostuma-se com a iluminação artificial e provavelmente não conseguiria mais viver sem.

Com o advento das pesquisas existentes no ramo do eletromagnetismo, o inventor Thomas Edison (1847-1931) construiu o primeiro protótipo de uma lâmpada a base de energia elétrica, todavia, o inglês Joseph Swan (1828-1914), patenteou a invenção um ano antes, sua casa foi a primeira a ser totalmente iluminada pelas lâmpadas incandescentes. Ambos, entretanto fundaram a *"Edison and Swan United Electric Light Company"*.

As lâmpadas incandescentes utilizavam-se de apenas uma haste de carvão (carbono) muito fina que ao ser aquecida até próximo ao ponto de fusão passava a emitir luz (CREDER, 2010).

3.3. Conceitos Luminotécnicos

A. LUZ

A apresentação primária do conceito do que é luz gera um norte para os primeiros conceitos luminotécnicos, para que estes possam assumir uma forma mais sólida, retendo ao máximo o abstrato na construção destes saberes. A luz visível é compreendida por ondas que possuem um comprimento determinado, cabe ao olho humano a capacidade assimilar comprimentos apenas das ordens de 400 à 700nm.

O físico matemático escocês James Clerk Maxwell (1821-1879) em seu trabalho com eletricidade e magnetismo dedicou-se para a publicação de sua obra intitulada *Tratado da Eletricidade e do Magnetismo*, publicada em 1873, mencionando nela que ondas

eletromagnéticas são perturbações que se propagam no meio, estas geradas a partir de oscilações nos campos elétricos e magnéticos criam vetores que se cruzam proporcionando os fenômenos de refração e difração (LIMA, 2012).

Apresentado por Halliday (2009) as pesquisas de Maxwell indicam que "o raio luminoso, nada mais é que a propagação no espaço de campos elétricos magnéticos". É de praxe reiterarmos que o ser humano não possui a capacidade de enxergar "todas as luzes", o olho humano trabalha apenas entre 400nm e 700nm, para ilustrar, o arco-íris de Maxwell nos apresenta um largo espectro, em sua criação previa apenas a existência dos comprimentos do infravermelho ao ultravioleta, comprovados posteriormente por Heinrich Hertz.

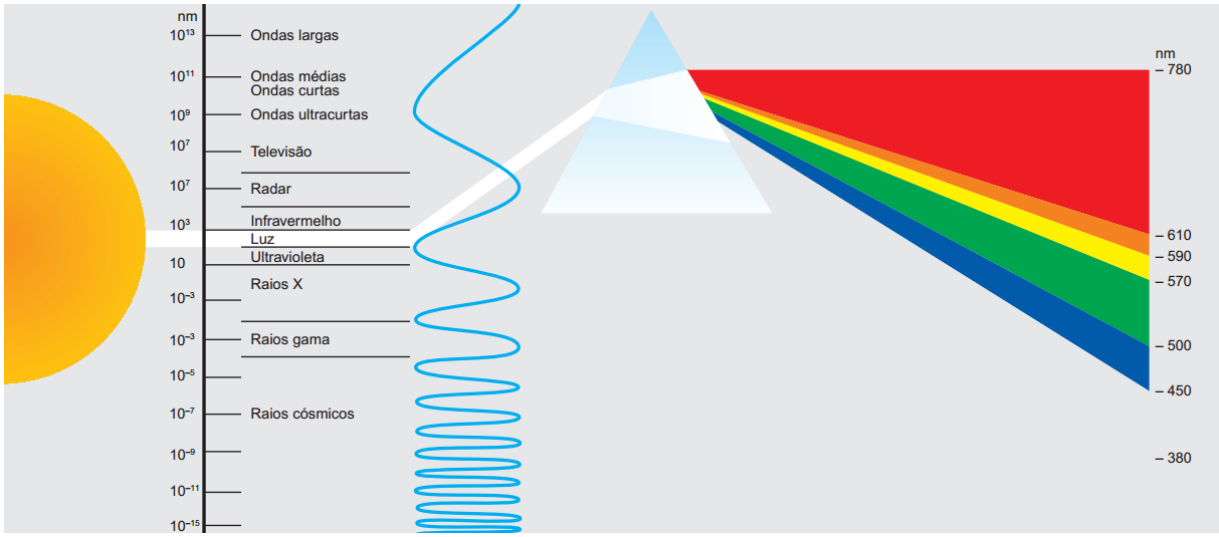


Figura 2: Arco-íris de Maxwell, comprimentos de ondas do espectro visível.

Fonte: Manual Luminotécnico OSRAM (2012)

A existência da luz visível auxilia a evolução dos órgãos sensoriais denominados olhos nos animais. As partículas denominadas fótons são responsáveis pela iluminação conhecida, estas podem ser provenientes do Sol ou de uma iluminação artificial.

B. TEMPERATURA E COR

A temperatura possui ligação direta com a eficiência energética nas lâmpadas, a cor não, logo não se pode dizer que quanto mais branca a lâmpada, mais potente (OSRAM, 2012).

Todavia, ao se falar de cor, não se pode deixar de citar a ótica newtoniana, onde:

> As cores não são qualificações da luz, derivadas das refrações ou reflexões dos corpos naturais (como se acredita geralmente); são propriedades originais e inatas que diferem em raios diferentes. Alguns raios tendem a apresentar uma cor vermelha e nenhuma outra, outros uma cor amarela e nenhuma outra, outros uma cor verde e nenhuma outra, e assim por diante. Não há apenas raios próprios e particulares às cores mais dominantes, e sim a todas as suas gradações intermediárias. (Newton, Óptica p.17)

Thomas Young (1773-1829) é criador do RGB, modelo de cores aditivas que tem em sua organização três cores primárias; *Red* (vermelho), G*reen* (verde) e *Blue* (azul), neste, a combinação de duas cores primárias gera uma nova cor, chamada de cor secundária.

No universo há uma gama de cores mescladas, nos monitores de TV, computadores, celulares, aparelhos eletrônicos em geral, todos estes são compostos por pixels e possuem cores em quantidades determinadas. As cores são enquadradas em uma escala que varia de 0 a 255 (R, G, B), quando a mescla das três cores possui o valor mínimo (0, 0, 0) a cor resultante é preta, já o valor máximo (255, 255, 255) a cor é branca, destaca-se que a variação entre máximos gera

tons intensos normalmente claros e mínimos gera tons escuros. Assim, há no total uma quantidade de 255*255*255 = 16.581.375 de cores segundo o modelo RGB, correspondente à escolha de 16 milhões de cores na configuração da placa de vídeo.

O estudo da temperatura da cor está relacionado ao ponto de vista psicológico, todavia, quando se diz que a cor é “quente” não se faz referência direta a quantidade de calor emanada pela fonte, mas a tonalidade da mesma, normalmente remetente ao amarelo-vermelho, assim, cores “frias” não apresentam uma menor quantidade de radiação emitida ou menor temperatura conforme a lei de Wien, mas uma luz/cor capaz de deixar o ambiente psicologicamente aconchegante (OSRAM, 2012).

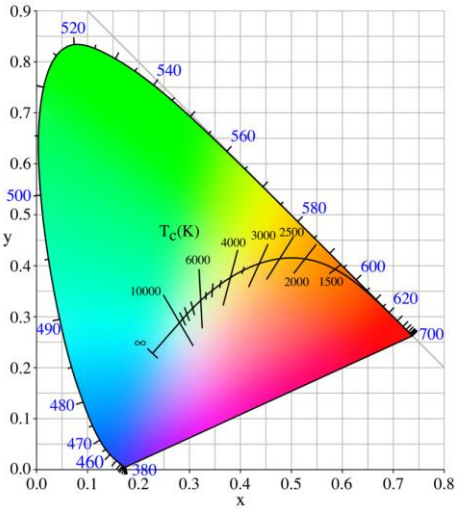


Figura 3: Temperatura da Cor (*Comission Internationale de l’Ecleraige* - CIE 1931 *Color spaces diagram*). **Fonte:** Página da internet[1]

Em 1931 a CIE definiu três outras cores primárias, X, Y e Z, denominadas até então de valores triestímulos, a única vantagem em relação ao sistema RGB é a ausência de valores negativos para sua representação gráfica, recebe o nome de diagrama de cromaticidade e considera a fonte de luz o iluminante padrão C, que nada mais é que a média da luz do dia. (Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, 2017).

O sistema CIE também é utilizado para descrever a cor, como RGB e CMYK, mas possui a padronização de iluminantes e de observadores, entendendo que a cor varia dependente do observador, o sistema CIE fez a padronização matematicamente graças à triestímulos em função

[1] Disponível em <https://en.wikipedia.org/wiki/Color_temperature#/media/File:PlanckianLocus.png> Acesso em: 16 de abril de 2017.

da integração da distribuição espectral relativa de potência do iluminante (funções do comprimento de onda (S_λ)), as funções do observador (eixos x, y e z) e a função espectral de radiância do objeto (R_λ), modelo conhecido como *"Colorimetry"* (PETTER, 2000).

Tabela 1 – Determinação dos valores triestímulos de objetos e de fontes de luz

Para objetos	Para fontes de luz
$X = \sum_\lambda Sn_\lambda R_\lambda \overline{x_\lambda} \Delta\lambda$	$X = \sum_\lambda Sn_\lambda \overline{x_\lambda} \Delta\lambda$
$Y = \sum_\lambda Sn_\lambda R_\lambda \overline{y_\lambda} \Delta\lambda$	$Y = \sum_\lambda Sn_\lambda \overline{y_\lambda} \Delta\lambda$
$Z = \sum_\lambda Sn_\lambda R_\lambda \overline{z_\lambda} \Delta\lambda$	$Z = \sum_\lambda Sn_\lambda \overline{z_\lambda} \Delta\lambda$
$Sn_\lambda = \frac{100 . S_\lambda}{\sum_\lambda S_\lambda \overline{y_\lambda} \Delta\lambda}$	$Sn_\lambda = \frac{100 . S_\lambda}{\sum_\lambda S_\lambda \overline{y_\lambda} \Delta\lambda}$

FONTE: PETTER, 2000.

O diagrama de cores serve para a análise das diversas cores que compõem o espectro visível, quando estas associadas ao seu respectivo comprimento de onda (números em azul na Figura 3) tem-se a real ideia de que cores tendenciosas ao azul/roxo, possuem uma maior temperatura no "corpo negro", logo, o contrário nas cores "quentes", que apresentam uma menor temperatura em relação as cores "frias". Todavia, Israel Pedrosa (2002) descreve que todo vermelho é sempre influenciado, seja pelo azul ou amarelo, sempre pendendo mais para um e menos para outro, isto dá-se graças ao RGB, que influencia na formação das cores (Figura 4).

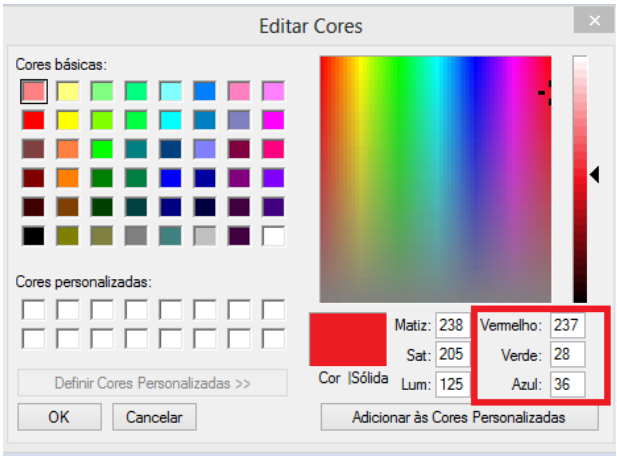


Figura 4: Composição da cor vermelha no paint, comprovando que a cor não é pura no modelo RGB. **Fonte:** Elaborada pelo autor

Como o modelo RGB se trata de cores aditivas, o modelo CMYK (FORTNER e MEYER, 1997) faz alusão as cores subtrativas, este funciona graças a absorção de luz, empregado principalmente por impressoras e fotocopiadoras para reprodução de cores do espectro visível, técnica conhecida também como quadricomia. As cores do CMYK, *Cyan* (ciano), *Magenta* (magenta), *Yellow* (amarelo) e *Key* (preto) são cores opostas ao RGB, o *cyan* (oposta ao vermelho), *magenta* (oposto ao verde) e *amarelo* (oposto ao azul), e a junção das três gera a cor preta (oposta ao branco). O modelo CMYK é uma variação ao modelo RGB, este, muita das vezes, não consegue retratar perfeitamente a cor visualizada por se tratar de uma mistura de tintas sobre o papel.

Já o Índice de Reprodução de Cor – IRC nas lâmpadas é:

> ...a correspondência entre a cor real de um objeto iluminado pela luz do sol e a cor do objeto iluminado por uma fonte de luz artificial. Quanto maior o IRC, mais próximo da cor real está o objeto, sendo ideal um IRC de 100. As lâmpadas a vapor de sódio têm baixo IRC, em torno de 20, ao passo que as lâmpadas a vapor metálico apresentam IRC entre 80 e 90, podendo chegar a alguns casos próximo de 100. (ROSITO, 2009).

A temperatura da cor é importante para mensurar o conforto por ela causado. O valor de IRC das lâmpadas fluorescentes é menor que as incandescentes (OSRAM, 2010), de fato, as lâmpadas incandescentes possuem um melhor conforto luminoso, não obstante as fluorescentes não ficam atrás com 20% a menos apenas (CREDER, 2010). Assim que a temperatura conversa com a fonte de luz (Tabela 2):

Tabela 2: Temperatura das fontes de Luz conhecidas

TEMPERATURA	FONTE DE LUZ
1.200 K	Luz do fogo
1.700 K	Candeeiro/Luz de Vela
2.000 K	Lâmpada de vapor de sódio (Iluminação pública)
2.680 K	Lâmpada incandescente comum de 40W
3.000 K	Lâmpada fluorescente “branca quente”
3.200 K	Nascer/Pôr do Sol
4.100 K	Luz do Luar em noite de lua cheia

4.500 K	Projetores antigos de Cinema (Arco Voltaico)
5.000 K	Projetores atuais de Cinema (Lâmpadas de Xenônio)
5.000 a 5.500 K	Luz do sol ao amanhecer ou entardecer
5.500 a 5.600 K	Flash eletrônico
5.500 a 6.000 K	Luz do sol durante a maior parte do dia
5.800 K	Céu aberto ao meio-dia
6.000 K	Lâmpada fluorescente "branca fria"
6.000 K	Lâmpada de mercúrio
6.500 a 7.500 K	Céu encoberto

FONTE: Manual de Iluminação, PROCEL (2011).

Para AZEVEDO, SANTOS & OLIVEIRA (2011), as cores estão relacionadas com sentimentos, e influenciam na maneira de agir, logo, estudiosos atribuíram significados às cores primárias (amarelo, vermelho e azul) e às cores secundárias (laranja, violeta, verde e rosa).

Segundo GRANDJEAN (1998), as lâmpadas incandescentes, amareladas e consideradas "quentes", causam a impressão de um ambiente mais aconchegante, comumente utilizadas em quartos, salas e áreas de lazer em geral, diferentemente das lâmpadas fluorescentes e Led, que emitem cores brancas ou branca-azuladas e são chamadas de lâmpadas "frias" causando sensações estimulantes, mais indicadas para ambientes de trabalho como escritórios, indústrias, cozinhas, banheiros, áreas de serviço.

C. CANDELA, UNIDADE DE MEDIDA DA INTENSIDADE LUMINOSA

Uma das sete grandezas do Sistema Internacional de unidades assim como outras unidades físicas e é facilmente definida por um processo físico que pode ser representado experimentalmente, seja pelas técnicas fotométricas experimentais, seja pela relação direta com o lúmen. (GREENE, 2003)

A história por trás da definição como unidade internacional é bastante antiga, remontando segundo Rozenberg (2006) uma evolução também das luzes artificiais:

> Até as primeiras décadas do séulo 20, as unidades de intensidade luminosa utilizadas em vários países eram referidas a padrões de chama ou de luz emitida por filamentos de lâmpadas elétricas. Um exemplo é o "carcel", utilizado na França, definido como a intensidade luminosa "Lâmpada de Carcel" que queima 42 gramas de óleo de colza por hora, com uma chama de dimensões determinadas. O padrão inglês era a "Lâmpada de Vermont-Harcourt", alimentada com vapor de pentano, enquando o padrão alemão era "Lâmpada de Hefner", alimentada com acetato de amila líquido.

Em 1948, o termo antes utilizado globalmente “vela internacional” foi padronizado pela lâmpada com filamento de carvão de Thomas Edison (ROZENBERG, 2006). Segundo o Dicionário de Física *The penguin*: Candela é a intensidade luminosa em uma determinada direção por uma fonte que emite uma radiação monocromática com frequência de aproximadamente $540x10^{12}$ Hz emitindo a intensidade de cerca de 1/683 watt por esferorradiano.

Também chamada de intensidade luminosa, candela é descrita como a hipótese de uma fonte emitir luz uniformemente em várias direções, todavia, é quase impossível um feixe luminoso irradiar luz uniformemente, portanto, candela (ou unidade de medida da intensidade luminosa) é a intensidade de um fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto, o símbolo comumente utilizado é I representando candela (cd) (OSRAM, 2012).

D. FLUXO LUMINOSO

Utiliza-se comumente do símbolo φ, o fluxo luminoso é a quantidade total de luz emitida por uma fonte, em sua tensão nominal de funcionamento (SILVA, 2004). O fluxo luminoso é medido em lúmens (lm).

Em outras palavras é a radiação total da fonte luminosa, entre dois limites de comprimento de onda mencionados (380 e 780nm), em sumo, é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens (OSRAM, 2012).

Na figura 5, deve-se destacar que há a comparação entre os valores declarados do fabricante (F) para a quantidade de lúmens e os mensurados com base em padronização (pretos) e a interpolação destes valores (cinza).

Lâmpada incandescente equivalente (W)	Fluxo luminoso 127V (lm)	Fluxo luminoso 220V (lm)
15	104 ≤ F < 159	110 ≤ F < 161
20	159 ≤ F < 213	161 ≤ F < 219
25	213 ≤ F < 302	219 ≤ F < 278
30	302 ≤ F < 479	278 ≤ F < 414
40	479 ≤ F < 641	414 ≤ F < 549
50	641 ≤ F < 803	549 ≤ F < 714
60	803 ≤ F < 946	714 ≤ F < 825
70	946 ≤ F < 1017	825 ≤ F < 889
75	1017 ≤ F < 1115	889 ≤ F < 967
80	1115 ≤ F < 1310	967 ≤ F < 1151
90	1310 ≤ F < 1506	1151 ≤ F < 1349
100	1506 ≤ F < 1671	1349 ≤ F < 1506
110	1671 ≤ F < 1835	1506 ≤ F < 1667
120	1835 ≤ F < 2000	1667 ≤ F < 1832
130	2000 ≤ F < 2164	1832 ≤ F < 2001
140	2164 ≤ F < 2329	2001 ≤ F < 2179
150	2329 ≤ F < 2517	2179 ≤ F < 2351
160	2517 ≤ F < 2707	2351 ≤ F < 2532
170	2707 ≤ F < 2895	2532 ≤ F < 2717
180	2895 ≤ F < 3084	2717 ≤ F < 2906
190	3084 ≤ F < 3273	2906 ≤ F < 3089
200	F ≥ 3273	F ≥ 3089

Figura 5: Tabela de Fluxo Luminoso de Lâmpadas Incandescentes

FONTE: Portaria N° 489 INMETRO

E. ILUMINÂNCIA

Também chamada de iluminamento, a iluminância adota o símbolo E, calculada pela unidade lux (lx):

$$E = \frac{\varphi}{A} \tag{4}$$

Esta serve para calcular a luz irradiada por um objeto, indicando o fluxo luminoso φ de uma fonte de luz que incide sobre a superfície de área A situada à uma distância desta fonte (OSRAM, 2012). Em vias de regras calcula-se a iluminância por lúmens emitidos por metro ao quadrado.

F. LUMINÂNCIA

A luminância pode ser vista, diferente dos raios de luz que não possuem tal propriedade, a luminância é a sensação de claridade em uma superfície quando o feixe luminoso é refletido (MOREIRA, 1976). A seguinte equação acompanha o cálculo da luminância:

$$L = \frac{I}{A \times \cos\alpha}$$

(5)

L é a própria luminância, medida em cd/m^2, todavia o I é intensidade luminosa, medida em candela (cd), A é a área em m^2 que o feixe luminoso abarca, por fim, o α é o ângulo de incidência da luz sobre a superfície (OSRAM, 2012).

Nem sempre a medida de intensidade luminosa pode ser legitimamente provinda de um corpo não radiante, mas há uma variação na equação que pode abranger objetos não radiantes:

$$L = \frac{\rho \times E}{\pi}$$

(6)

Onde ρ é a refletância, também chamado de coeficiente de reflexão (leva em conta as cores e o material utilizado) e E é a iluminância da superfície (lux). Entende-se que os objetos refletem a luz diferente uns dos outros, por isso, a mesma iluminância pode dar origem a diferentes luminâncias (OSRAM, 2012).

G. EFICIÊNCIA LUMINOSA

A relação entre a quantidade de lúmens (fluxo luminoso) emitido pela lâmpada e a potência da mesma constituem a eficiência luminosa (MOREIRA, 1976), visto na equação:

$$Eficiência\ Luminosa = \frac{lm}{W}$$

(7)

No Brasil há normas para a produção e planejamento de ambientes bem como especificações necessárias para a aplicação de fontes luminosas nestes lugares:

Tabela 3: Normas Técnicas para a classificação de lâmpadas

NORMAS	
Iluminação Pública	NBR-5101
Iluminação Terminologia	NBR-5461
Rede de distribuição aérea urbana de energia elétrica	NBR-5434
Iluminação de túneis	NBR-5181
Iluminação de interiores	NBR-5413

Iluminação de emergências NBR 10898

FONTE: Professor Patricia Fraga, Architect and Urban Planner

O desenvolvimento de um selo energético pela PROCEL e o INMETRO, guia para um menor gasto energético, estimulando a produção de bens consumíveis que gastem menos e possuam uma maior eficiência (CARDOSO e RAFAEL BALBINO, 2008), não obstante, tal medida é tomada para lâmpadas também, na portaria N° 489 de 2010, seguindo as normas acima o selo energético administra quais lâmpadas possuem uma maior eficiência luminosa, que é basicamente, iluminar mais gastando menos.

3.4. Diferentes Tipos de Lâmpadas

Há diversos tipos de lâmpadas que podem possuir os mais diversos e arrojados estilos, todavia, a relevância para a iluminação artificial ainda é gigantesca. Na iluminação pública e privada a aplicação de diferentes lâmpadas vem por motivos diversos, seja por maior eficiência luminosa, conforto luminoso ou menor custo energético, algo é certo, há a necessidade da existência destas para o bem comum na sociedade atual.

Na composição simples de uma lâmpada destaca-se a existência de um bulbo, um casquilho e um filamento/tubo de descarga dependendo do tipo de lâmpada. O bulbo é necessário para o aprisionamento de gases e ausentar a lâmpada do contato com o ar para a produção de uma atmosfera em vácuo, já o casquilho tem como objetivo a conexão da lâmpada com a energia e o filamento ou tubo de descarga é o local pelo qual a energia transpassa, realizando as atividades físicas, produzindo o efeito luminoso em geral (TEIXEIRA, 2004).

“Das fontes de luz artificial, as lâmpadas elétricas são, sem dúvida, as que apresentam maior eficiência e possibilidades ilimitadas de se obter ambientes acolhedores e confortáveis. As lâmpadas elétricas atuais são agrupadas em dois tipos principais”: (CAVALIN; CEVELIN, 2005).

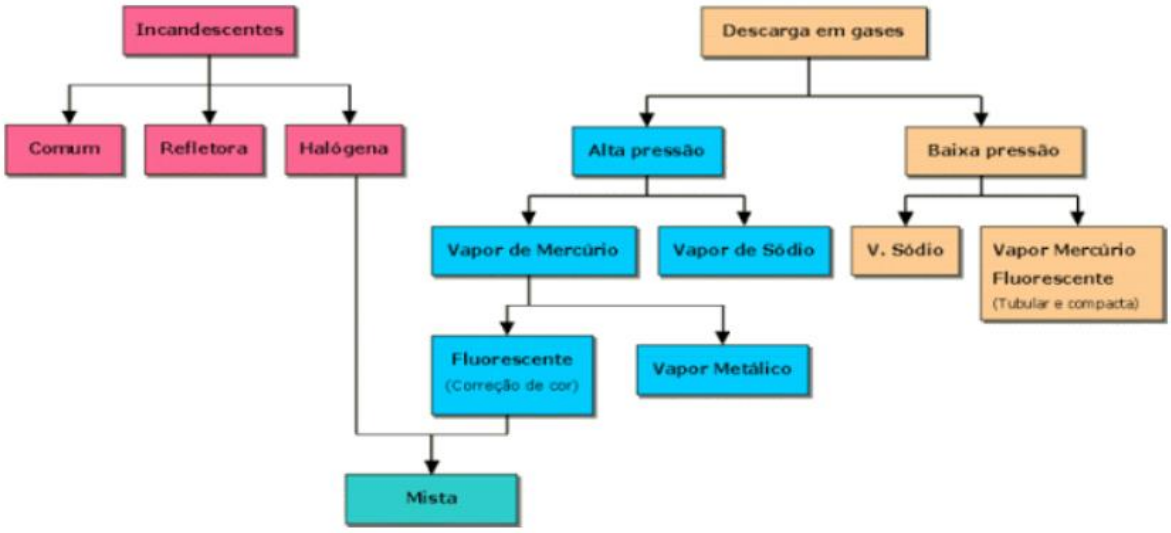


Figura 6: Os diferentes tipos de lâmpada: Incandescentes e de descarga

Fonte: ARQ.UFSCAR, 2011.

A. INCANDESCENTES

Estas lâmpadas emitem luz por um filamento que é levado à incandescência durante a passagem da corrente elétrica. As lâmpadas incandescentes costumam consumir 90% da energia para transformar em calor e apenas 10% se transforma realmente em feixe luminoso. Pode se dizer que é uma boa fonte de luz, possuindo até um bom índice de reprodução de cores, todavia a economia de energia é extremamente precária (SILVA, 2004).

Costumeiramente as lâmpadas incandescentes, são constituídas de um filamento, uma ampola, o gás de enchimento e uma base (CHESMAN, MACEDO, ANDRE, 2004). É importante considerar que a temperatura do filamento interfere consideravelmente na energia que é irradiada para a formação do feixe luminoso. Atualmente as lâmpadas incandescentes comuns são formadas por tungstênio em seu filamento graças ao seu elevado ponto de fusão e a sua fácil ductilidade (BROWN, 2005).

A composição de uma lâmpada incandescente se encontra na Tabela 4, para a construção, entretanto deve-se ter um filamento duplamente espiralado, possuindo uma menor superfície de contato com o gás, reduzindo as perdas de calor por condução e convecção. Além de uma ampola de vidro para conter o gás, podendo ser opaca dependendo do seu uso e fabricante, normalmente os gases presentes nestas lâmpadas são o azoto ou o árgon, não obstante o uso da ampola serve

de anteparo para manter o interior da lâmpada sob vácuo com uma atmosfera gasosa não halógena (TEIXEIRA, 2004).

Tabela 4: Tipos de Lâmpadas Incandescentes

TIPOS	COMPONENTES PRINCIPAIS	USOS
Comum	Vidro, alumínio, tungstênio, argônio	Espelhos, quadros, residências, áreas sociais
Tungstênio Halógeno	Vidro de quartzo, alumínio, tungstênio, gás inerte, bromo, cloro, iodo	Museus, hotéis, restaurantes, campos de desporto, estacionamentos, jardins, públicos, pistas de aeroportos.

Fonte: BRANDÃO, 2011

O uso de refletores nas lâmpadas incandescentes tem a finalidade de aumentar a capacidade luminosa através do uso de espelhos inseridos no bulbo da lâmpada, aumentando a quantidade e alcance do feixe luminoso promovido pela lâmpada.

As lâmpadas que possuem halogêneo têm praticamente o mesmo funcionamento das lâmpadas comuns, todavia, foi-lhes introduzida um gás, este halógeno, para que o depósito de tungstênio no interior da lâmpada seja regenerado, ocasionando assim, o aumento no ciclo de vida da lâmpada.

Em relação as incandescentes comuns, as lâmpadas halógenas possuem uma maior eficiência luminosa aliada à uma maior vida média, evitando assim o escurecimento da lâmpada concedida pelos filamentos de tungstênio que seriam depositados no bulbo da lâmpada durante cerca quantidade de tempo de uso (TEIXEIRA, 2004).

O funcionamento das lâmpadas halógenas dá-se por um ciclo, este acontece da seguinte forma:

1. Ascendimento da lâmpada
2. Aquecimento à 2800° C no filamento
3. Volatização do tungstênio de encontro a parte mais fria.
4. Reunião das partículas à 250°C com o halogêneo formando o haleto/iodeto/brometo.
5. Acompanhamento haleto/iodeto/brometo da corrente de convecção interna da lâmpada, retornando ao filamento, ocorrendo a deposição e o retorno do halogêneo a forma inicial

6. Reinicia-se o ciclo. (CAVALIN; CEVELIN, 2005, p.58).

B. DESCARGA

As lâmpadas de descarga produzem fluxo luminoso através da passagem de corrente elétrica por um gás, mistura de gases ou vapores (SILVA, 2004), estas lâmpadas costumam-se dividir em dois tipos; onde os gases estão em baixa pressão ou em alta pressão.

Lâmpadas de baixa pressão: vapor de mercúrio e vapor de sódio.

As lâmpadas de vapor de mercúrio podem ser classificadas em fluorescentes e metálicas, as fluorescentes compreendem lâmpadas que em seu tubo de descarga contém mercúrio vaporizado em baixa pressão, geralmente o tubo de descarga é alongado e possui um eletrodo em cada extremidade, além do vapor, há a presença de um gás inerte para controlar e facilitar a descarga, o mercúrio produz uma radiação ultravioleta ao ser excitado, todavia no interior do tubo há a presença de uma substância fluorescente para transformar a radiação ultravioleta em feixe luminoso graças à fluorescência (TEIXEIRA, 2004).

Segundo Teixeira (2004), a lâmpada fluorescente pode ter uma imensa variedade de cor com a utilização apropriada de diferentes materiais fluorescentes, por exemplo, na constituição da cor branca é utilizada a mistura três diferentes substâncias fluorescentes.

É perceptível em comparação com as lâmpadas incandescentes a emissão de um espectro mais largo e o seu alto rendimento luminoso, além da longa duração da vida útil (COSTA, 2000).

Para Teixeira (2004), as lâmpadas de vapor de sódio à baixas pressões possuem uma constituição e funcionamento semelhantes as fluorescentes, o que realmente muda é o uso de vapor de sódio em contrapartida do uso de vapor de mercúrio, ocasionando o difícil arranque destas lâmpadas em comparação as de mercúrio, isto ocorre graças ao estado físico do sódio (sólido), diferentemente na de mercúrio (líquido)

As diferenças importantes entre estas duas lâmpadas são a quantidade de tensão para o arranque, esta é maior na lâmpada de sódio graças ao componente no estado sólido, há também a produção direta do feixe luminoso na lâmpada de vapor de sódio, não necessitando de um componente fluorescente, esta produz luz diretamente e o rendimento luminoso é alto, mas não maior que as fluorescentes. O motivo, entretanto, para o seu uso na iluminação pública dá-se graças a extrema duração de vida útil, maior que a fluorescente (TEIXEIRA, 2004).

Lâmpadas de alta pressão: vapor de mercúrio e vapor de sódio.

Extremamente utilizadas as lâmpadas de vapor de mercúrio a alta pressão, tem um gás inerte para a facilitação do arranque, segundo Teixeira (2004), seu funcionamento dá-se pelo mercúrio líquido, e o árgon como gás inerte, todavia, muito similar a lâmpada fluorescente o mercúrio aquecido necessita de um elemento fluorescente para a produção de feixe luminoso, a vantagem é a sua larga vida média. Devido às radiações de banda quente, estas lâmpadas apresentam o aspecto de luz branco-dourada, porém permitem a visualização de todas as cores, porque reproduzem todo o espectro. (CREDER, 2002, p.178).

C. LED

Light Emitting Diode = Diodo Emissor de Luz, também chamado de LED, se tornou ao longo dos anos uma tendência mundial quanto o quesito iluminação, não possui filamento e muito menos um tubo de descarga, economizando cerca de 50% de energia que seria perdida para a produção de calor, através de um dispositivo eletrônico semicondutor ocorre a recombinação de lacunas e elétrons, ou seja, a energia armazenada pelos elétrons é liberada em forma de calor e/ou luz através da passagem de corrente elétrica do anodo para o catodo.

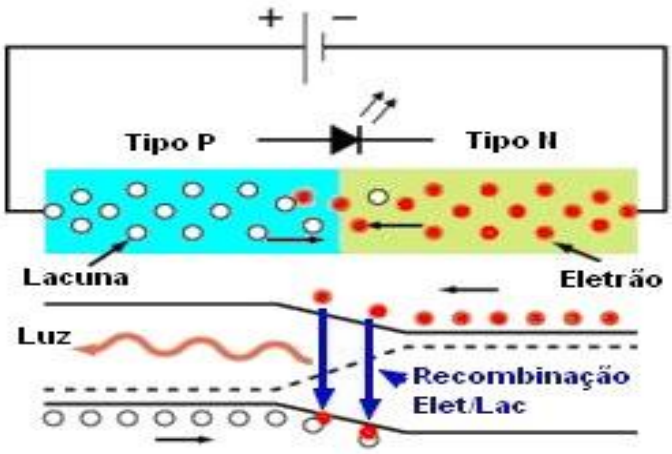


Figura : Funcionamento de uma lâmpada de LED

Fonte: Retirada da Internet[2]

Para FAGUNDES (2012):

> "O LED é um diodo, ou seja, um semicondutor com junção P-N produzido a partir do silício (ou germânio e, mais recentemente, Carbono) puro (99,999999% de pureza), que é "dopado" com "impurezas" (outros elementos químicos em pequenas quantidades, como por exemplo, Índio, Gálio e Nitreto – InGaN) que, quando energizado irá emitir ondas eletromagnéticas dentro de uma largura de banda espectral relativamente estreita, dentro do espectro visível. "

[2] Disponível em: https://www.electronica-pt.com/led. Acesso em 17 de abril de 2017.

A lâmpada de LED proporciona uma maior taxa de iluminação, mas não possui o melhor índice de reprodução de cores (IRC), mas aliado à um menor gasto energético, sua extrema vida útil, grande variedade de cores e extrema resistência a intempéries (ROSITO, 2009), o LED provavelmente é o futuro da iluminação privada e pública (FERREIRA, 2014).

Atualmente há uma grande corrida pela produção de um LED branco extremamente eficiente e com baixo custo energético, o mais eficiente é uma combinação do chip de um LED azul com um emissor amarelo de phosphor, constituído de "terras raras". Esta combinação entre o LED azul e o emissor de phosphor, tem uma pequena variação de cores e um alto IRC além do seu baixo custo (BAI, Xue et al, 2014).

3.5. Lâmpadas e o Meio Ambiente

As lâmpadas no Brasil possuem um tratamento muito generalizado quanto para descarte, que pode ser dividido nas seguintes categorias segundo Mombach et al (2008):

1. Disposição em aterros (com ou sem um pré-tratamento);
2. Moagem Simples (com ou sem separação dos componentes);
3. Moagem com Tratamento Térmico;
4. Tratamento por Sopro;
5. Solidificação/Encapsulamento (cimento e compostos orgânicos).

Segundo o Instituto Brasileiro de Defesa ao Consumidor (IDEC, 2008), as lâmpadas incandescentes custam até 5 vezes menos que as fluorescentes mas gastam cerca de 80% a mais de consumo energético. Todavia, nem todas as lâmpadas são potencialmente perigosas, na Tabela 5 apresenta algumas lâmpadas incandescentes que não produzem resíduos perigosos e o uso restringe à área domiciliar.

Tabela 5: Lâmpadas Incandescentes não perigosas

Lâmpadas Não Potencialmente Perigosas para o Ambiente				
	Tipos	**Funcionamento**	**Componentes**	**Usos**
Lâmpadas Incandescentes	Sem Halógeno	Irradiação Termal	Vidro, Metal (alumínio), Tungstênio, Criptônio, Xenônio	Espelhos, Quadros, Mobiliários de cozinha, Áreas sociais, Exteriores
	Tungstênio-Halógeno	Irradiação Termal	Vidro de Quartzo, Metal (Alumínio), Tungstênio, Criptônio, Xenônio, Bromo, Cloro, Flúor, Iodo, Halogéno-Hidrog (insignif)	Museus, Hotéis, Restaurantes, Sit. Domésticas, Campos de Desporto, Parques de Estacionamento, Jardins públicos, Pistas de aeroportos.

FONTE: Disponível na Internet[3]

Apesar de minimizar os impactos provocados pela geração de energia, as fluorescentes podem protagonizara contaminações ao meio ambiente e prejuízos à saúde se forem descartadas sem os devidos cuidados (MOURÃO e SEO, 2012), alguns componentes podem ser perigosos, exemplos destas lâmpadas se encontram na Tabela 6.

Algumas fluorescentes quando depositadas em aterros ou afluentes, por conter mercúrio, podem ocasionar a acumulação na cadeia alimentar (biomagnificação), podendo chegar até ao homem através do consumo de animais contaminados (UNEP, 2007), pois sistema nervoso ele atua como uma neurotoxina potente, afetando adversamente os organismos expostos a ele quando em altas concentrações (USEPA, 1993).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), institui por meio da Lei 12.305/10, art. 33, que obrigatoriamente fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, devem implementar programas de logística reversa.

A logística reversa nada mais é que o recolhimento das lâmpadas e sua efetiva reciclagem e/ou disposição final.

[3] Disponível em < http://www.ilumisul.com.br/reciclagem-de-lampadas/> Acesso em 20 de maio de 2017.

Tabela 6: Lâmpadas potencialmente perigosas

Lâmpadas Potencialmente Perigosas para o Ambiente				
	Tipos	**Funcionamento**	**Componentes**	**Usos**
Lâmpadas Descarga Fluorescentes	Lâmpadas Descarga Fluorescente	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, Metal (Alumínio) Mercúrio (10mg), Fósforo, Antimônio, Estrôncio, Tungstênio, Argão, Índio, Bário, Ítrio, Chumbo, ETR.	Áreas residências, Parques, Grandes Áreas de superfície, Hospitais, Teatros, Anúncios
	Vapor de Mercúrio de alta pressão	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, Metal (alumínio), mercúrio, gases inertes, estrôncio, bário ítrio, chumbo, vanádio, ETR.	Iluminação de entradas, decoração de interior, centros comerciais, vias de trânsito, instalações fabris.
	Vapor Metálico	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, Metal (alumínio), sal de sódio, mercúrio, iodetos de metal, gases inertes, Césio, Estanho, Tálio, Estrôncio, Bário, Ítrio, Chumbo, Vanádio, ETR.	Zonas abertas, Recintos desportivos, Zonas industriais, lojas, Iluminação pública.
	Vapor de Sódio de alta pressão	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, Metal (Alumínio) Gás de Sódio, Gases inertes, Mercúrio (pequenas quantid.), Bário, Ítrio, Chumbo, Estrôncio, Vanádio, ETR	Zonas industriais, ruas, exposições, pontes, linhas de comboio, estradas, túneis, indústria pesada.
Lâmpadas de descarga não fluorescentes de baixa pressão	Vapor de Sódio de baixa pressão	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, alumínio, sódio, mercúrio, gases inertes ETR	Iluminação Pública (autoestradas, túneis, parques de estacionamento)
	Sódio-Xenon	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, alumínio, sódio, mercúrio, gases inertes, ETR.	Ruas, Passeios, Largos, Parques, Áreas residenciais, Estátuas.

FONTE: Disponível na internet[4]

3.6. O Porquê de uma Cartilha.

Não são incomuns o prestígio e o poder acumulado por este método de ensino e comunicação, as cartilhas de fato corroboram para um importante momento na educação. Segundo MORTATTI (2006), as primeiras cartilhas foram produzidas no final do século XIX com o objetivo de alfabetização, baseavam-se em métodos de marchas sintéticas, seja por soletração, fônico e silabação, mas que ao longo das décadas proporcionou o avanço e criação

[4] Disponível em < http://www.ilumisul.com.br/reciclagem-de-lampadas/> Acesso em 20 de maio de 2017

do “método João de Deus”, que consistia na leitura da palavra e posteriormente sua análise por valores fonéticos.

De fato, quando se fala em alfabetização a cartilha de João de Deus é o método mais icônico para o crescimento progressista do país, tendo isto em vista, o desenvolvimento de cartilhas que relacionam conceitos físicos nunca antes estudados em disciplinas como ciências e física, como os conceitos luminotécnicos, imagina-se uma provável alfabetização científica, postulada por AULER (2001). Explícitas nos PCN, a alfabetização científica é uma intenção do governo para com a educação básica:

> Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. (2002, p.229)

Claro que não se trata de saudosismo quanto a produção de uma cartilha, mas esta tem em sua origem um motivo estrutural muito importante, a alfabetização científica dos conceitos luminotécnicos. Por tanto, tem-se em primeiro plano o desenvolvimento de uma cartilha instrucional e almeja que esta seja suficiente para apoiar a transmissão dos conceitos lumintécnicos e até mesmo apresentar ao professor métodos para sua aplicação em sala de aula.

3.7. Importância de Experimentos no Ensino de Física.

ARRUDA e LABURÚ (1996) citam que o emprego de práticas pode tornar as aulas mais interessantes por permitir um contato com situações reais, em seus relatos há a aplicação de propostas que englobam os conteúdos de geometria e ótica geométrica, citando a criação de um esferômetro e um cilindrômetro com materiais de baixo custo, conceitos abstratos que transmitidos por parte de experimentos, tornam-se concretos à vida do estudante.

SERÉ (1998) instrui que os alunos podem julgar os próprios resultados a partir da validade de uma lei, decidindo os objetivos e comprovando-os, fazendo necessário os procedimentos e tentativas como ferramentas para externar a autonomia como fio condutor, logo, a realização de experimentos evita a passividade da sala de aula.

Assim também, um certo número de trabalhos mostra que se apoiar na teoria em favor da prática e da experimentação é também um excelente meio de aprendê-la (SERÉ, 2004).

4. METODOLOGIA

O trabalho dividiu-se em duas etapas, a primeira esteve a cargo de uma extensa pesquisa de revisão bibliográfica para o desenvolvimento do material didático, já a segunda etapa, complexa e de extrema importância, culminou na produção do material didático em si.

A primeira etapa contemplou várias necessidades; seja qual tipo de trabalho, como fazê-lo, quais conteúdos deveriam ser inseridos, de qual lugar poderiam ser retirados, quais conceitos seriam inseridos na cartilha e qual o tipo de linguagem que estes teriam.

A busca da construção do modelo de pesquisa, contemplou a leitura de textos de Luna (1997) e Markoni & Lakatos (1986) que auxiliaram a escolha do método de pesquisa do tipo revisão bibliográfica, para buscar conteúdos já existentes, visando a preocupação para a não existência de plágio, contemplando o objetivo principal que é a construção do recurso didático.

Não obstante, a necessidade de trazer uma contextualização histórica focou a evolução ao longo do tempo das luzes artificiais, aliada as necessidades para uso e a evolução dos tipos de lâmpadas. A leitura do livro; *Brilliant: The Evolution of Artificial Light* da escritora e historiadora Jane Brox deu o suporte necessário para a produção da parte histórica da cartilha.

Os conceitos luminotécnicos encontrados para o enriquecimento científico da cartilha vieram através da leitura de textos mais densos, o livro *Iluminação e Fotometria* do professor Israel Pedrosa, o artigo *Shedding Lights of Candela* do professor Nathaniel R. Greene, o livro *Luz, lâmpada e iluminação*, do professor Mauri Luiz da Silva, as cartilhas de luminotécnica da Osram (2012), da Procel (2011) e da Luminecenter, bem como livros que possuem a ótica Newtoniana e vários livros complementares dos cursos de engenharia elétrica e arquitetura que podem ser vistos presentes na bibliografia, contribuíram para o acréscimo de conceitos necessários para a discussão de temas voltados à luminotécnica.

Todavia, para o embasamento do material didático nas vertentes de preocupações ecológicas provenientes do uso consciente energético e a da reciclagem das lâmpadas foram utilizados os seguintes artigos: *Estudo sobre reciclagem de lâmpadas fluorescentes* (BACILA, FISCHER & KOLICHESKI, 2014), *Educação ambiental: o caso das lâmpadas usadas*

(BRANDÃO, 2011) e *A questão do mercúrio e as lâmpadas incandescente*, (JÚNIOR, 2008) presentes na bibliografia.

Há no trabalho uma preocupação para se apoiar na produção de um recurso didático do tipo cartilha, e também para explicar a existência de experimentos no mesmo. Os próprios PCN (2002) aliados à artigos de Seré (1998 e 2004), Auler (2001), Mortatti (2006), Arruda e Laburú (2014) incumbem de dar um pretexto lógico para a inserção de materiais que possam auxiliar a compreensão e promover uma base para sua aplicação.

A maioria dos textos presentes neste trabalho foram encontrados com base em exaustivas pesquisas no google acadêmico, neste mecanismo de busca por se tratar de um conteúdo ainda novo (luminotécnica em ciências), foi necessário admitir alguns textos mais antigos como base bibliográfica. Textos mais raros ou de difícil acesso foram encontrados através de compras online, como o próprio livro da Jane Brox (2010) e do Mauri Luiz (2004), e também à base de empréstimos em bibliotecas públicas como a Biblioteca Central da UnB (BCE).

A segunda parte do trabalho constitui-se apenas no processo de construção e montagem da cartilha.

A cartilha possui o tamanho de impressão similar ao de uma folha A3 (3508px/4960px no aplicativo). Foi produzida através do aplicativo GIMP que é disponível para Windows 10 e concorrente direto do photoshop, porém gratuito.

Na construção da cartilha foram utilizadas diversas imagens que facilmente são encontradas na internet, em sua maioria são de uso público, todavia, há algumas que requerem a citação do autor, como os ícones utilizados que podem ser encontrados no sítio flaticon e são citadas nos anexos.

Para a escolha da cor da cartilha foi pensando inicialmente em um tom preto, com letras acinzentadas e a disposição do conteúdo em quadros, todavia, quando pensado na impressão e no possível gasto para sua distribuição esta opção foi descartada e acrescido a escolha ou de tons brancos com letras douradas ou azul turquesa com letras brancas. Para provocar a sensação de entusiasmo e conforto, bem como dar um ar mais inteligente e trazer a sensação de estudo, calma e serenidade foi escolhida a cor mais fria, que é o azul turquesa com as letras em branco.

No exterior ou capa, foi utilizado o símbolo de uma lâmpada que é localizada no meio da cartilha, editada no próprio GIMP a imagem é referida nos anexos. Além disso, há o nome dos principais colaboradores na produção da cartilha abaixo do título: ‘‘Luminotécnica em Ciências”, este se encontra logo abaixo à imagem da lâmpada e há a associação do trabalho à

Universidade de Brasília (UnB), campus de Planaltina, tanto na parte inferior quanto superior da capa.

Na contracapa ainda no exterior da cartilha, há dois conteúdos bem explícitos, o primeiro apresenta um conjunto de dois experimentos que podem ser realizados tanto em sala de aula quanto em casa pelo estudante que teve acesso à cartilha (disco de newton e espectroscópio caseiro) e o segundo conteúdo faz parte de um complemento do miolo da cartilha que trata do conforto luminoso, exemplificado por meio de dados presentes nas caixas das lâmpadas que auxiliam na realização de cálculos para o conforto luminoso adequado em determinado uso.

O interior da cartilha ou miolo, tem a peculiaridade de ser uma folha A3 completa, que dividida ao meio geram duas folhas A4, toda a cartilha é feita em uma fonte apenas, denominada Gil Sans Ultra Bold, em tamanhos variados que dependem da disposição das palavras, há locais em que as letras podem possuir uniformemente de 60 a 14 pt.

No miolo da cartilha há a disposição de quatro conteúdos, o histórico evolutivo das luzes artificiais na parte superior esquerda, os conceitos luminotécnicos ao centro, conceitos relacionados ao meio ambiente e lâmpadas na parte superior direita, os vários tipos de lâmpada seu período de invenção e comercialização na parte inferior esquerda e a composição e funcionamento das lâmpadas na parte inferior direita.

Este modelo foi pensando na dificuldade em se assimilar os conceitos, primeiramente apresentada a parte histórica, não há a exigência de noção científica do leitor e muito menos uma bagagem extensa, apenas histórica, não há dificuldade em sua leitura e interpretação por não exigir cálculos.

No centro da cartilha, encontra-se o mais “difícil”, o modelo foi pensado assim para os olhos passem por ali mais de uma vez ao visualizarem a cartilha/pôster, os conceitos presentes possuem quatro imagens, estas são cruciais para a assimilação do conteúdo, foram adicionadas para tornar a leitura menos exaustiva e enfadonha, eximindo o abstrato. Destaca-se nesta parte os conceitos luminotécnicos bem como fotométricos.

Na parte direita, o conteúdo que envolve o meio ambiente possui um grande destaque, por não ser de difícil assimilação possui grande quantidade de espaço e texto, não se preocupando em trazer uma linguagem totalmente científica, traz a necessidade de alguns pré-requisitos que são apontados no decorrer da cartilha e apenas complementados ali.

No fim da construção da cartilha, na parte inferior do miolo, está localizada dois conteúdos importantes, os tipos de lâmpadas e o funcionamento. Os tipos de lâmpadas são

apresentados em uma tabela ao longo dos anos, enfatizando a construção até a sua comercialização, servem de apoio histórico para a sala de aula. A parte do funcionamento foca apenas em lâmpadas conhecidas, as incandescentes, fluorescentes e de LED, que fazem parte do convívio dos alunos e possuem um texto simples e fluído, há a existência de conceitos científicos complexos que com pouco estudo podem ser superados.

A cartilha se adapta ao formato de um pôster, constituída de duas partes, a capa que faz parte do exterior (nos moldes de uma folha A3), e o miolo ou parte interior (também nos moldes de uma folha A3). A cartilha pode ser mantida aberta no miolo, adequando-se ao formato pôster, ou mantida fechada, permanecendo na modelo cartilha com o formato de quatro páginas A4 (a página A3 dividida ao meio).

O período de construção da cartilha excedeu o primeiro semestre de 2017, entretanto, a revisão bibliográfica necessária para sua construção foi iniciada no primeiro semestre de 2016.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através de uma revisão bibliográfica por intermédio de pesquisas em luminotécnica e fotometria nos diversos textos presentes na bibliografia: cartilhas luminotécnicas, trabalhos, teses, livros e artigos é possível avaliar historicamente e cientificamente o avanço da iluminação artificial no mundo globalizado. Adicionar as referências ao trabalho escrito, mesmo que árduo e exaustivo, desenvolve uma fonte referencial para novos trabalhos que sigam nesta vertente, seja ou não para a produção direta de materiais didáticos.

Trazer livros importados, como o da autora Jane Brox (2010), apresenta uma fonte mais convincente frente as questões históricas, demonstram a defasagem da produção de conteúdo brasileiro que englobam este assunto (história das luzes artificiais). O inglês aliado ao tempo para a produção do trabalho corroboram para a confirmação da ausência de estudos que aprofundem a evolução das luzes artificiais e dos métodos de pesquisa como cartilhas científicas.

É importante reiterar que o foco do trabalho não permite uma atenção em demasia por apenas um assunto, tornando o trabalho mais enxuto possível, fica retido apenas a avaliação da evolução histórica das fontes luminosas atuais bem como a citação básica de conceitos luminotécnicos.

Na cartilha ao deparar com conceitos históricos na evolução da iluminação artificial é possível ver muito da escrita de Jane Brox (2010), apresentando a evolução de modo rápido e intimista, trazendo relações e criando vínculos e significações.

Não obstante, a evolução das lâmpadas gera uma conexão direta com o meio ambiente, o uso gera resíduos e estes resíduos devem ser destinados apropriadamente, Mourão auxilia a compreensão do local certo de descarte bem como os efeitos adversos da não preocupação com este assunto, a apresentação de vários dados aliado a construção apresentada por toda a cartilha traz uma certa empatia por questões ambientais, o descarte e o uso consciente adicionam uma importância cidadã para a cartilha como um todo.

A cartilha não fica restrita a apenas um conteúdo, mas ela tem uma visão mais ampla, ela pode não se especializar em apenas um conteúdo, este não é o objetivo, não trazer apenas conceitos luminotécnicos ou questões históricas evolutivas da iluminação artificial, mas realizar uma junção criando um material de entrada para que estas questões venham à ser discutidas, cria uma nova importância e significância para o aluno, deixando de ser um conteúdo que existe apenas nos cursos de exatas, como engenharias.

Pensando nisto, não trazer conceitos arquitetônicos e artísticos frente à fotometria, isola a cartilha à apenas um elemento técnico-histórico, mas quando há a pesquisa de atores renomados em suas áreas como Mauri Luiz, Israel Pedrosa, Moreira, Lima, Grandjean, Creder, Cavalin e Cervelin traz ao material uma visão menos sólida e mais fluída, inserindo até mesmo experimentos que não deixam o conteúdo pesado ou enfadonho.

Todavia, não são ignoradas as questões luminotécnicas, estas possuem um grande peso e tem grandes contribuintes na literatura, muitos já citados, acrescentam um tom científico à cartilha. A pesquisa foi realizada em várias fontes, inúmeros textos foram utilizados para sintetizar conceitos luminotécnicos, estes presentes na cartilha, apresentam as ideias principais de luminotécnica; fluxo luminoso, iluminância, luminância, intensidade luminosa, temperatura, cor, eficiência luminosa e conforto luminoso.

A escolha do tipo de material foi pessoal, faz parte da decisão tomada pelo pesquisador, mas embasada no estudo de Mortatti (2006) sobre a evolução destes métodos, e o PCN (2002, p.229) que possibilitaram uma visão similar ao pretendido na confecção deste material, não obstante Auler (2001) adiciona conceitos de alfabetização científica. Nada mais normal que se pensar em cartilhas como material alfabetizador, é claro que quanto interpõem ambos pesquisadores, Moriatti e Auler, induz ao pensamento de uma alfabetização científica por

intermédio de cartilha, e claro, defendendo esta ideia a formulação da cartilha de luminotécnica surgiu.

Por fim, na produção da cartilha, que se encontra no anexo, como já descrito, esta é constituída por apenas uma folha A3 frente e verso e tem um objetivo muito claro; a transmissão de conceitos luminotécnicos básicos com enfoque na história da evolução das luzes artificiais e conceitos científicos para as aulas de física e ciências no Ensino Fundamental II e Médio. Produzida através do aplicativo denominado GIMP, de licença gratuita, a cartilha endossou em sua produção 3 meses de trabalho, período contabilizado desde a extensa verificação de aspectos como cor e qualidade em detrimento da organização do conteúdo até a necessidade das pesquisas de diferentes imagens para sua composição, pela rede mundial de computadores.

A cartilha auxilia o professor de ciências para a explicação de conceitos luminotécnicos, estes por sua vez possuem em sua essência uma visão que contribui para a formação cidadã e criticidade, não são somente conteúdos que podem ser trabalhados em sala de aula, mas devem ser externados transformando-se em ponte entre o mundo abstrato da fotometria e luminotécnica ao mundo “real” e concreto da própria realidade do aluno.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A luz como um espectro eletromagnético revela o mundo observável e sem ela a existência dos olhos é frívola, as cecilias (WAKE, 1985) são provas vivas desta teoria. A luz, entretanto, em quantidades não aceitáveis, seja muito ou pouco, podem ocasionar problemas de saúde quando por tempo prolongado (Begelmann e Beld, 1997).

Admitir estas questões promovem um sentimento educativo de conscientização, este trabalho traz à luz estas questões reiterando que devem ser debatidas primeiramente em sala de aula, todavia, a escassez de materiais didáticos no ensino regular que possam ser utilizados como base para estas discussões, criam uma grande lacuna.

A construção desta cartilha serve como uma luz para a assimilação dos conceitos provenientes da própria luz, espectro eletromagnético, a cartilha gera a pequena fagulha, como

trovões, raios e desastres naturais proporcionaram as chamas nos tempos antigos para nossos ancestrais que desconheciam a existência do fogo, esta cartilha é a primeira chama.

Auler (2001) descreve a alfabetização científica como porta necessária para novos saberes que se encontram apenas no mundo abstrato da física. É necessário um material simples, fluído e colorido, para chamar a atenção às questões mais complexas, conceitos de luminotécnica necessitam da utilização do método de cartilha, todavia, não é impedido o uso para outros conceitos.

A evolução ao longo dos anos da iluminação artificial contribuiu para a sociedade de hoje, bem como o desenvolvimento de cartilhas nas áreas de luminotécnica, todavia, menos específicas como as da Osram (2012), Procel (2011) e Luminecenter, mas voltadas ao Ensino Fundamental II e Médio deverão contribuir para o mundo de amanhã.

A luminotécnica não possui devida atenção no ensino regular. No universo há sete grandezas físicas fundamentais (ROZENBERG, 2000), candela ou unidade de fluxo luminoso também é uma grandeza e afeta o universo visível igual a outras grandezas como a massa, o tempo e a corrente elétrica.

A cartilha é, por tanto, introdutória ao mundo das luzes artificiais e traz candela como uma grandeza que também é presente na vida do estudante do ensino regular e não apenas como objeto de estudo nos cursos de engenharia e arquitetura.

Espera-se que esta cartilha possa ser uma base para novos trabalhos e que ela venha afetar o professor da educação básica, bem como estudantes, para que não fique parada em um armário, mas seja a primeira de muitas que originem a importância de se conhecer a luminotécnica e aprender sobre fotometria, inspirando alunos para as áreas de engenharia e ciências, bem como desenvolver atitudes cidadãs em custo energético e descarte de rejeitos, para que haja economia não apenas de dinheiro quanto à lâmpadas mas que haja um uso consciente e ambiental.

REFERÊNCIAS

ABILUMI, **A lâmpada incandescente está sendo banida dos EUA**. Disponível em:<http://www.abilumi.org.br/abilumi/index.php?option=com_content&task=view&id=756&Itemid=61> Acesso em: 15 Nov. 2011

ARRUDA, Sérgio M.; LABURÚ, C. E. **Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências.** NARDI, R. Educação em ciências da pesquisa à prática docente, v. 3, p. 53-60, 2014.

AULER, D. **Alfabetização Científico-Tecnológica para quê?** Ensaio. Belo Horizonte: v. 3, n. 2, p. 105-115, 20

AZEVEDO, M. F. M., SANTOS, M. S. & OLIVEIRA, R. (2011). **Uso da cor no ambiente de trabalho: Uma engonomia de percepção.** Universidade Federal de Santa Catarina/PPGEP. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/ergon/revista/artigos/rubia.PDF>. Acesso em 12 de maio de 2017.

BACILA, Danniele Miranda; FISCHER, Klaus; KOLICHESKI, Mônica Beatriz; **Estudo sobre reciclagem de lâmpadas fluorescentes**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro , v. 19, n. spe, p. 2130, 2014.

BAI, Xue et al. ***Efficient and tuneable photoluminescent boehmite hybrid nanoplates lacking metal activator centres for single-phase white LEDs***. *Nature communications*, v. 5, 2014.

BEGEMANN, S.H.A.; VAN DEN BELD, G.J. ***Daylight, artificial light and people in na Office environment, overview of visual and biological responses***. *Internacional Journal of industrial ergonomics*, London: Elsevier, v.20, n.3, p.231-239, 1997.

BINER, P. M. ***Effects of lighting-induced arousal the magnitude of goal valence***. Social Psychology Bulletin, v. 17, n. 2, p. 219-226, 1991.

BOYCE, P. R. ***Age, illuminance, visual performance and preference***. Lighting Research and Technology, v. 5, n. 3, p. 125, 1973.

BRAINARD, G. C. ET AL. ***Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor.*** Journal Neuroscience, v. 2, p. 6405-6412,2001.

BRANDÃO, A.C.; Gomes, L.M.B.; Afonso, J.C. **Educação ambiental: o caso das lâmpadas usadas.** RQI, Rio de Janeiro, p. 17-23, abr./jun. 2011.

BRASIL. **Portaria 1007/2010.** Ministério de Estado de Minas e Energia. Disponível em < http://www.mme.gov.br/documents/10584/904396/Portaria_interminestral+1007+de+31-12-2010+Publicado+no+DOU+de+06-01-2011/d94edaad-5e85-45de-b002-f3ebe91d51d1?version=1.1> Acesso em: 11 de abril de 2017.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BROX, Jane. ***Brilliant: The Evolution of Artificial Light.*** New York. 2010, p. 370

CAJOCHEN, C.; MUNCH, M.; KOBIALKA, S.; KRAUCHI, K.; STEINER, R. ET AL. ***High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light.*** Journal of Clinical Endocrinology Metabolism, n. 90, p. 1311-1316, 2005.

CARDOSO, RAFAEL BALBINO. **Avaliação da economia de Energia Atribuída ao Programa Selo PROCEL em freezers e Refrigeradores**. 2008. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ.

CAVALIN, C. e CERVELIN, S. **Instalações Elétricas Prediais,** 12ª Edição, São Paulo: Editora Érica Ltda, 2005.

Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM). **Página Dinâmica para Aprendizado do Sensoriamento Remoto.** UFRGS. Engenharia Cartográfica. Brasil. Acesso em 6 de maio de 2017.

CHESMAN, Carlos, MACEDO, Augusto & ANDRE, Carlos. **Física Moderna Experimental e Aplicada**. Editora Livraria da Física, 2004.

CREDER, Hélio. 2010. **Instalações Elétricas.** 15º. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

COSTA, Gilberto. J.C. **Iluminação Econômica, Cálculo e Avaliação.** São Paulo: Edipucrs, 2000, p. 591.

DANTAS, Adalmir Morterá. "**Anatomia funcional do olho e seus anexos**." Anatomia funcional do olho e seus anexos. Colina, 1983.

Dicionário de Física. ***The Penguin Dictionary of Physics***, 2nd ed., edited by V. Ellington (Penguin Books, London, 1991), p. 51

EDWARDS, L.; TORCELLINI, P. ***A literature Review of the effects of natural light on buildings occupants***. Colorado: National Renewable Energy Laboratory, 2002. NREL/TP-550-30769.

EISBERG, R. ***Fundamentals of Modern Physics***, Wiley, 1961.

FAGUNDES, D. Controle de **Luminosidade de alta eficiência, adaptável ao Ambiente, utilizando lâmpada de LED.** Junho de 2012. Centro Universitário de Brasilia. UniCEUB. Brasilia, 2012, p. 115.

FERREIRA, Juliana Zandona. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED**. 2014.

FORTNER, B. and MEYER, T. E. ***Number by Colors***. Springer-Telos, 1997, Cap 11, pp. 275-293.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

GREENE, N. R. (2003): ***Shedding light on the candela.*** *Phys. Teach. 41*, 409-413.

GRUBERGER, J.; LINZMAYER, L.; DIETZEL, M.; SALETU, B. **The effect of biologically-active light on the mood and thymopsyche and on psycho physiological variable in healthy volunteers.** International Journal of Psychophysiology, v. 15, n. 1, p. 27-37, 1993.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de Física: Ótica e Física Moderna**. vol. 4. 8ª ed. LTC, 2009.

HEWITT, Paul G.; LIRA, Juan Antonio Flores. **Física conceitual**. Addison Wesley, 1999.

JANNUZZI, Gilberto M., QUEIROZ, Guilherme de Castilho, VENDRUSCULO, Edson Adriano, SILVA Jr., Herculano Xavier, **Padrões de Eficiência e Qualidade de Energia: Instrumentos para Política Pública de Inovação Tecnológica e Eficiência Energética**, Primeiro relatório parcial - ano 1, FAPESP - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo, 2003, 44 p.

JÚNIOR, W. A. D.; WINDMÖLLER, C. C. **A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes**. Revista Química Nova na Escola, n° 28, mai. 2008, p. 15-19.

LAND, M. F.; FERNALD, R. D. ***The evolution of eyes***. *Annual Review of Neuroscience*. 15: 1-29. 1992

LAKATOS, E.M., & MARCONI, M.ª. **Metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 1986, p. 312.

LIMA, D. **Evolução histórica do conceito físico da luz.** Ji-Paraná: Universidade Federal de Rondônia. Nov. 2012. P. 58

LUNA, Sergio Vasconcelos de; **Planejamento de pesquisa: uma introdução**. São Paulo; Educ, 1997.

LUMICENTER. **Informações técnicas**. Disponível em: <www.lumicenteriluminacao.com.br /arquivos/info_tecnicas_lumicenter.pdf>. Acesso em: 17 de abril de 2017.

MARTAU, B.T**. A luz além da visão: iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e shopping centers em Porto Alegre**. Campinas, 2009. 504 f. Tese [Doutorado em Engenharia Civil] - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

MOMBACH, Vera Lúcia; RIELLA Humberto Gracher; and KUHEN, Nivaldo Cabra. "**O estado da arte na reciclagem de lâmpadas fluorescentes no Brasil: parte 1."** Revista Acta Ambiental Catarinense 5.1/2 (2008): 43-53.

MOREIRA, V. A.; **Iluminação e Fotometria,** 1ª Edição, [s.n.] 1976, p. 196.

MORTATTI, Maria do Rosário Longo. **"História dos métodos de alfabetização no Brasil."** Portal Mec Seminário Alfabetização e Letramento Em Debate (2006).

MOURÃO, Renata Fernandes; SEO, Emília Satoshi Miyamaru. **Logística reversa de lâmpadas fluorescentes.** InterfacEHS Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 7, n. 3, p. 94-112, 2012.

NEWTON, I. (1996). **Óptica.** São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 293 p.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. de C. **Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito**. Edições IBAMA, 2002.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. 2012. 28 p.

PEDROSA, Israel; **Da cor à cor inexistente.** Rio de Janeiro: Ed Léo Cristiano, 2002, p. 107 - 119.

PETTER, O. C.; GLIESE, R. Fundamentos de colorimetria**. Apostila do Curso de Fundamentos de Colorimetria.** Laboratório de Processamento Mineral. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2000.

PLANCK, Max, ***The Theory of Heat Radiation***, *trans. by Morton Masius (Dover Publications*, Inc., New York, 1959). p. 225.

PROCEL, **Manual de Iluminação**, 2011. P.54

PYNE, Stephen J. **Fire: a brief history.** University of Washington Press, 2011.

ROSITO, Luciano Haas**. Desenvolvimento da Iluminação Pública no Brasil**, 2009.

ROZENBERG, I. M.; **O Sistema Internacional de Unidades – S.I.** São Caetano, SP: Escola de Engenharia de Mauá, 2000, p. 114.

SCOTT, Andrew C. The Pre-Quaternary history of fire. Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, v. 164, n. 1, p. 281-329, 2000.

SÉRÉ, M. G. *Rapport final du projet européen* ***"Labwork in Science Education".*** *Luxembourg: Édition de la Commission Européenne*, 1998.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. **O papel da experimentação no ensino da física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 21, p. 31-43, 2004.

SERRA, O. A.; LIMA, J. F.; SOUSA FILHO, P. C. de. **A luz e as terras raras.** Revista Virtual de Química, v.7, n. 1, p. 242-266, 2015.

SILVA, M. L.; **Luz, lâmpada e iluminação**. Porto Alegre: M. L. da Silva, 2004, p. 157.

TEIXEIRA, Armínio**. "Tipos de Lâmpadas."** Textos de apoio à unidade curricular de Luminotecnia e Instalações Industriais, FEUP (2004).

UNEP, **United Nations Environment Programme**. Disponível em <http://http://www.unep.org/>. Acesso em 01/07/2007.

TONELLO, G. ***Seasonal affective disorder: Lighting research and Environmental psychology.*** Lighting Research and Technology, v. 40, p. 103-110, 2008.

VAN BOMMEL, W. J. M. ***Lighting for work: a review of visual and biological effects.*** Lighting Research and Technology, v. 36, n. 4, p. 255-269, 2004.

WAKE, M.H. ***The comparative morphology and evolution of the eyes of caecilians (Amphibia, Gymnophiona).*** Department of Zoology and Museum of Vertebrate Zoology University of California Berkeley. Estados Unidos**.** Zoomorphology**.** v. 105: p. 277-295. 1985. doi: 10.1007/BF00312059.

WRIGHT, K. P. JR.; HULL, J. T.; HUGHES, R. J., RONDA, J. M. CZEISLER, C. A. ***Sleep and wakefulness out of fase with internal biological time impairs learning in humans.*** Journal of Cognitive Neurocience, v. 18, n. 4, p. 508-521, 2006.

ZEITZER, J. M.; DIJK, D. J.; KRONAUER, R.; BROWN, E.; CZEISLER, C. ***Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light:*** Journal of Physiology, v. 526, p. 695-702, 2000.

ANEXO A – CARTILHA LUMINOTÉCNICA

Experimentação

Composição da Luz Branca [Disco de Newton]

OBJETIVOS:
Demonstrar que a cor branca é proveniente da soma de todas as cores.

MATERIAIS:

PROCEDIMENTOS:
1. Desenhar na cartolinha um círculo de 15cm de diâmetro,
2. Dividir o círculo em oito partes iguais
3. Pintar de acordo com o modelo ao lado
4. Furar o centro do círculo para a execução do experimento.

EXECUÇÃO:
Acrescentar um lápis no furo realizado no centro do círculo e girá-lo velozmente.

VARIAÇÕES:
Usar CD como molde para a circunferência e enrolar o barbante para girar o disco.

Difusão da Luz [Espectroscópio Caseiro]

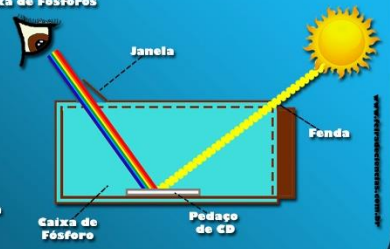
OBJETIVOS:
Demonstrar que na própria cor branca há várias outras cores imersas, bem como em outras luminárias com outros tons.

MATERIAIS:

PROCEDIMENTOS:
1. Retirar a película do CD, deixá-lo no estado transparente
2. Cortar o CD em pedaços de 2 x 2cm
3. Colar o pedaço de CD com a fita isolante nas quatro pontas
4. Abrir uma pequena janela na caixa de fósforo para que veja o pedaço de CD.

EXECUÇÃO:
Aponta-se o espectroscópio para uma fonte luminosa e observa-se através da janela feita com o estilete as cores difusas.
Deve-se ter cuidado para não apontar diretamente para o Sol

VARIAÇÕES:
O equipamento pode ser feito com cartolina em forma de um cilindro, rolo de papel higiênico, caixa de sabão em pó e qualquer material que possa fechar e provocar um ambiente escuro para a observação.



Conforto Luminoso

Quando se preocupa com **acuidade visual**, que é a nitidez com do que se enxerga, deve-se estar ciente de verificar o nível de luz que a fonte emitir, visto como **iluminânica**, ou a quantidade de lux, há um medida determinada para cada tipo de ambiente de trabalho ou descanso.

Já para tornar um espaço mais amistoso, agitado, confortável, sereno ou formal, criando uma caracterização do mesmo, é necessário admitir o fator de **luminância** bem como quais devem ser as **cores** emitidas pela fonte.

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de Atividade
A Iluminação Geral para áreas de uso ininterrupto tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Área de pouca permanência
	100 - 150 -200	Depósitos, sem uso contínuo
	200 - 300 - 500	Trabalho visual limitado, maquinário
B Iluminação Geral para áreas de trabalho	500 - 750 - 1000	Requisitos normais para trabalho com maquinário e em escritório
	1000 - 1500 - 2000	Requisitos especiais para trabalho provação manual, inspeção e indústria de roupas
C Iluminação adicional para tarefas visuais complexas	2000 - 3000 - 5000	Trabalho prolongado, pequenas peças
	5000 - 7500 - 10000	Trabalho visual exato, microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas específicas, cirurgias

Cálculo da Iluminância: lúmen/m²
Quantidade de lúmen (encontrado nas especificações na caixa da lâmpada) pelo espaço que a lâmpada vai ocupar.

Exemplo: uma sala de 24m² para se tornar um local de requisito normal de trabalho, pega-se quantas lâmpada de quantos lúmens?
Ambiente Normal: 750 lux (média), logo:
Lux = lm/m² 750 = lm/24 24 X 750 = 18000 lúmens
Portanto, para um ambiente de 24 m² é necessário o uso de **30** lâmpadas que produzam **600** lúmens de fluxo luminoso.

Sensibilidade Visual:

Fonte: HOWSOURCING
Tradução: Mundo da Psicologia

Universidade de Brasília
Campus Planaltina

Luminotécnica em Ciências

Armando Maroja & Érick Thomas

Universidade de Brasília
Campus Planaltina

História das Luzes Artificiais

Historiadores estimam que o descobrimento do **FOGO** veio há mais de **3 milhões de anos atrás**, eles afirmam que fenômenos físicos como **RAIOS e TROVÕES** proporcionaram as primeiras faíscas que provocavam **incêndios florestais**. O manuseamento do fogo deu ao homem das cavernas uma maior **qualidade de vida**, aliado ao **USO** em cozimento de alimentos, sua própria proteção e a da tribo.

A aproximadamente **50.000 anos atrás**, o homem sentiu necessidade de **REGISTRAR** sua história para as gerações posteriores pelo uso da **pintura rupestre**. A luz artificial seria de fato incrementada na vida do homem primitivo através do uso de **TOCHAS e LAMPARINAS primitivas**. As cavernas de **LASCAUX**, na França, indiciam o uso de tais instrumentos como a primeira iluminação artificial.

A expansão do estudo do uso de luzes artificiais proporcionou o desenvolvimento das **VELAS** de parafina. Originárias da **ASIA** expandiram o conceito de iluminação artificial a todo o globo. Há apenas **3000 anos atrás**, a busca por uma iluminação artificial se tornaria crucial para o **desenvolvimento social e científico**. A noite se equivaleria ao dia, as VELAS, ao Sol.

Durante os **séculos 15 a 17**, houve um grande avanço científico para a construção das primeiras **LAMPARINAS à óleo**, estas foram utilizadas principalmente na iluminação pública e privada. A importância das lamparinas neste século, trata-se da redução do índice de **violência** noturna nas ruas das cidades grandes. Para constar, toda noite um contratado do governo as ascendiam.

No início do **século 19** houve a popularização das **LAMPARINAS**, aliadas ao surgimento das lâmpadas de **ARGAND** (6 vezes mais forte que uma vela e queimavam **GÁS**) e **Eldwin Drake** com lâmpadas de **QUEROSENE**, a iluminação pública obteve grandes atenções frente ao uso de **combustíveis fósseis**, no Brasil entretanto, apenas São Paulo obtinha a iluminação à gás em suas ruas.

Com o advento de pesquisas relacionadas ao eletromagnetismo, no séc. 20, **Thomas Edison**, criou a partir de um bulbo de vidro e uma haste de carvão, a primeira lâmpada, também chamada de **lâmpada incandescente**, funcionava por uma corrente elétrica que aquecia o filamento e o fazia iluminar-se graças as altas temperaturas. Até os dias atuais, lâmpadas são produzidas, sendo consideradas objetos comuns no cotidiano, **já não se consegue mais viver sem a luz na noite.**

Conceitos Luminotécnicos

LUZ

São **Ondas Eletromagnéticas**

Em geral, toda radiação eletromagnética visível ao ser humano e cujos comprimentos de onda estão contidos na faixa entre **400 e 740** nanômetros aproximadamente, é considerado luz.

CANDELA (cd)

A candela é uma das sete grandezas físicas do Sistema Internacional, e é definida como a **intensidade luminosa** de uma fonte emitindo, numa dada direção, radiação (luz) com apenas uma cor, na frequência de 540 x 10 $^{-12}$Hz com uma intensidade de 1/683 watt por esferorradiano.

LUMINÂNICA (L) X ILUMINÂNCIA (E)

A **Luminância** pode ser vista, e é basicamente a **intensidade luminosa** direcionado à uma determinada superfície, em geral, a luminância nada mais é do que a **sensação de claridade**. Logo, mede-se a intensidade luminosa, em uma determinada área, ou então, **cd/m²**.

Também chamada de **iluminamento**, a **iluminância** é a incidência de um **fluxo luminoso** sobre uma superfície, trata-se então de uma **irradiançção** da luz no objeto incidido pelo fluxo luminoso. Sendo assim, calcula-se o **iluminamento (E)** por **lm/m²**, **fluxo luminoso irradiado** por uma determinada **área**, chamado de **lux**.

FLUXO LUMINOSO (F) & EFICIÊNCIA LUMINOSA (n)

Fluxo Luminoso - É a quantidade de energia luminosa **(medida em lúmens)** que é emanada por uma fonte **(como uma lâmpada)**.

Eficiência Luminosa - É o rendimento energético **(medida em Watts)**, para a produção da quantidade de luz, energia luminosa **(que gera um fluxo luminoso)**.

Para mensurar a eficiência luminosa faz-se o seguinte cálculo = **Lm/W**, **lúmens por watts**. Atualmente a eficiência luminosa está relacionada também ao gasto em relação ao conforto luminoso, visto que **W/h**, **Watts por hora**, é a medida do custo da conta de luz.

TEMPERATURA & COR

A **temperatura** é uma medida da energia cinética translacional média por moléculas em uma substância, medida em graus Celsius, Fahrenheit ou em Kelvins. -HEWITT, 1999

Quanto maior é a **temperatura**, mais **FRIA** é a **cor**, o inverso também ocorre, quanto mais **QUENTE** a cor, menor sua temperatura.

A **cor** é uma propriedade **original e inata** em objetos que diferem em raios diferentes. ~ NEWTON

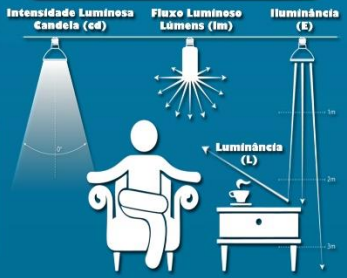
As cores eletrônicas, que estão nas telas dos computadores, celulares, televisores e notebooks, são compostas pelo sistema **RGB**, ou Sistema de **adição** de cores.

Já as contidas nas impressões, bem como desta cartilha, são as cores de **subtração**, o sistema **CYMK**.

R - Vermelho
G - Verde
B - Azul

C - Ciano
Y - Amarelo
M - Magenta
K - Preto

Cores no Display — Cores de Impressão



Meio Ambiente

Disposição Final e Destinação Final das Lâmpadas no Brasil

No Brasil, há **visão ambiental** quanto a destinação e disposição das lâmpadas usadas, todavia, as medidas determinadas em lei não possuem fiscalização adequada para o total cumprimento, pois há falta de locais apropriados bem como tecnologias que atendam as demandas necessárias.

A disposição e destinação final são diferentes, disposição é para **resíduos** que podem ser reutilizados, reciclados, compostados e/ou recuperados, a destinação final contudo, trata-se de **rejeitos**, que em lei devem ir à aterros, pois provavelmente já esgotaram todas as possibilidades de recuperação deste material.

Há 2 tipos de destinação e disposição das lâmpadas mais utilizados no Brasil:

Moagem

Tipos:

Simples: Tritura-se as lâmpadas sem distinção ou separação do mercúrio os resíduos finais vão para aterros.

Químico: tratamento que retira o mercúrio, bem como outros elementos presentes nas lâmpadas.

Térmico: tratamento para retirar o mercúrio por sublimação.

Disposição em Aterros

Pode ou não haver algum tipo de tratamento antes da disposição.

Aqui mora o perigo do solo ser contaminado.

A **contaminação por mercúrio** pode causar a **biomagnificação**, ou seja, contaminar animais que fazem parte da dieta de outros animais e até mesmo o ser humano, pesquisas indicam que mercúrio em no organismo pode vir a causar **problemas cerebrais**.

ENERGIA e Meio Ambiente

	Incandescente	Halógena	Fluorescente	LED	
	MAIS ENERGIA →			MENOS ENERGIA	
450 lumens	40W R$ 19,50/ano	29W R$ 14,20/ano	10W R$ 4,90/ano	5W R$ 2,45/ano	Consumo / Custo anual
800 lumens	60W R$ 29,50/ano	43W R$ 20,95/ano	13W R$ 6,35/ano	10W R$ 4,88/ano	Consumo / Custo anual
1100 lumens	75W R$ 36,50/ano	53W R$ 25,80/ano	16W R$ 7,80/ano	15W R$ 7,30/ano	Consumo / Custo anual
1600 lumens	100W R$ 49,50/ano	72W R$ 35,10/ano	20W R$ 9,70/ano	19W R$ 9,25/ano	Consumo / Custo anual
	Vida Média = 1 ano	Vida Média = 1-2 anos	Vida Média = 10 anos	Vida Média = 15-25 anos	

http://www.electricanova.com

O **Meio Ambiente** deve ser preservado, não apenas no uso fim, tratando-se apenas dos **dejetos**, mas também no seu uso inicial, quanto à **matéria prima**.

Deve-se imaginar que a energia gerada, tem-se um **custo**, não há energia vinda do nada (Lavousier), portanto, **reduzir** gastos também faz parte de cuidar do meio ambiente.

O **uso consciente da energia** elétrica nos faz pensar em quais os tipos de lâmpadas que usamos e o o quanto usamos, isto ocasiona um gasto para a **natureza** e um gasto no bolso dos nossos **familiares**.

Tipos de Lâmpadas

Composição das Lâmpadas

Lâmpada Incandescente

Lâmpada Fluorescente

Equivalência

	40W	60W	75W	90W
	13W	16W	20W	26W
	7W	9W	12W	15W
Lúmens	600	810	1080	1350

Divulgação/Avant

Como as lâmpadas funcionam?

As lâmpadas em geral utilizam-se da tecnologia inventada por Thomas Edison, que se trata do **aquecimento de um fio** pela passagem de energia, este fio, ou **filamento**, pode ser de vários materiais, o mais comum, que aquecido produz instâneamente luz, é o **tungstênio**.

As lâmpadas halógenas possuem este nome pelo **gás halogêneo** em seu interior, Iodo ou Bromo, que produz uma quantidade maior de luz sem precisar produzir muito calor.

As lâmpadas fluorescentes possuem **eletrodos** que ao ativados, agitam gases inertes, no interior da lâmpada, há também um **revestimento fluorescente**, possibilitando a produção de luz sem uma grande perda de energia para calor como as lâmpadas incandescentes.

O que faz as lâmpadas fluorescentes mais econômicas é justamente o fator da **produção de calor**, uma lâmpada incadescente chega a produzir até, 5% de luz e 95% de calor.

E o LED?

O LED é um componente do tipo bipolar, ou seja, tem um terminal chamado anodo e outro chamado cátodo, possuindo a mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, e tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz.

A produção de luz é diferente da encontrada nas lâmpadas convensionais que utilizam filamentos. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria.

Dependendo do como for polarizado, permite ou não a passagem de corrente elétrica e, consequentemente, a geração ou não de luz.

Universidade de Brasília
Campus Planaltina

Universidade de Brasília
Campus Planaltina

ANEXO B – REFERÊNCIAS DAS IMAGENS NA CARTILHA

1. Ícones presentes no sítio: “http://www.flaticon.com"
2. http://www.lojaeletrica.com.br/lampada-incandescente-25w-220v-e27-claro,product,2351200000160,dept,0.aspx
3. www.edisontechcenter.org/lighting.html
4. http://s2.static.brasilescola.uol.com.br/img/2014/06/espectro-eletromagnetico%20.jpg
5. http://www.joname.xpg.com.br/apostila-2-UFES.htm
6. http://www.terraplenagem.net/dicionario/a/aterro/
7. http://meioambiente.culturamix.com/desenvolvimento-sustentavel/fim-dos-lixoes-no-brasil
8. http://www.philips.com.br/c-p/8718291110309/halogen-classic-lampada-halogena
9. http://www.dreaminc.com.br/sala_de_aula/7b-descobrindo-o-resistor/
10. https://blogdosarteiros.wordpress.com/2016/05/01/como-fazer-um-arco-iris-caseiro/
11. https://i.ytimg.com/vi/VKFBpoAKfsM/hqdefault.jpg
12. http://soucatequista.com.br/igreja-individual-e-igreja-em-comunidade.html/cartolina
13. http://www.retlit.com.br/esc/bra/compasso.htm
14. http://www.delo.com.br/produto-dello/regua-de-30-cm-pop/
15. http://datasupriweb.vteximg.com.br/arquivos/ids/166323-1000-1000/LAPIS-PRETO-N.2-HB-EVOLUTION-PRETO-REDONDO-BIC.jpg
16. http://www.infoescola.com/informatica/por-que-o-cd-convencional-tem-74-minutos/
17. http://www.leroymerlin.com.br/fitas-isolantes
18. https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/6f/6c/16/6f6c169ecb4cc6d84fc036ec260f166c.jpg
19. http://www.maluliarmarinhos.com.br/imagens/produtos/0017830011/0017830011/Ampliada/fita-fitpel-durex-19x50-13un.jpg
20. http://www.lojadomecanico.com.br/imagens/31/281/90692/Estilete-Emborrachado-de-6-Pol--tramontina-433903021.JPG
21. http://alagoasnanet.com.br/blogs-e-colunas/clerisvaldo-b-chagas/a-sedutora-caixa-de-fosforos/
22. http://az616578.vo.msecnd.net/files/2016/07/23/636049076842624124-2115961982_sun.jpg
23. http://www.bonde.com.br/casa-e-decoracao/morar-bem/led-e-a-mais-economica-das-lampadas-saiba-como-substituir-as-tradicionais-com-eficiencia-383213.html