



Associação Propagadora Esdeva
Centro Universitário Academia – UniAcademia
Curso de Engenharia Elétrica
Trabalho de Iniciação Científica - Artigo

TÍTULO: ESTUDO DE NOVAS TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO

Alunos: Larissa Abbud, Larissa Chaves; Laura Grossi, Tamiris Souza; Gessyelle Vilela; Orientadora: Camila do Carmo Almeida Abritta; Colaboradores: Fernando José Nogueira e Cristiano Gomes Casagrande.

Linha de pesquisa: Eficiência energética e Sistemas de Energia elétrica

RESUMO

Os sistemas de iluminação são de grande relevância para as atividades humanas, sendo de interesse para diversos campos de estudo. A recente e permanente evolução tecnológica na área da iluminação tem originado produtos que permitem soluções contemporâneas e inovadoras. Diversos novos conceitos e aplicações vêm surgindo, permitindo a quebra de paradigmas em projetos de arquitetura e engenharia. Assim, este trabalho apresenta uma visão geral de algumas tecnologias modernas de iluminação, voltadas para soluções em projetos de iluminação de interiores. Além disso, são apontados aspectos relevantes ligados a essas tecnologias que poderiam ser questionados e analisados em maior profundidade, como eficiência energética, qualidade de energia, conforto visual, entre outros. O objetivo é fornecer uma visão geral de novas tecnologias de iluminação.

Palavras-chave: Iluminação, tecnologias modernas, eficiência energética, qualidade de energia, conforto visual.

1 INTRODUÇÃO

O homem é extremamente dependente da iluminação artificial. No decorrer dos séculos e com a descoberta da eletricidade, vieram outras possibilidades e tecnologias para emprego da iluminação artificial. O campo de estudo de novas tecnologias de iluminação é vasto, envolvendo conceituação, aspectos construtivos,

desempenho no que se refere à eficiência energética, qualidade de energia, conforto visual, reprodução de cores, vida útil, e tantos outros. Dessa forma, a Iluminação apresenta-se como uma área do conhecimento de interesse multidisciplinar, englobando ciências tais como a Matemática, a Física, a Química, a Eletrônica e Engenharias (COSTA, 2006).

Uma preocupação comum em projetos de iluminação está relacionada com a eficiência energética; hoje é uma questão bastante importante em diversos setores, o uso eficiente da energia elétrica, sem desperdícios. Diversas empresas fabricantes de lâmpadas se preocupam com a redução de impactos ambientais, assim, na elaboração de um projeto, a escolha do tipo de lâmpada deve ser orientada não somente pelo conforto, estética e funcionalidade, mas também pela economia de energia que será proporcionada, e soluções para uso eficiente têm sido muito adotadas. A constante evolução tecnológica na área tem originado novos conceitos e aplicações. Assim, este estudo irá apresentar algumas das tecnologias modernas empregadas em projetos de iluminação de interiores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão abordadas as grandezas físicas: intensidade luminosa, fluxo luminoso, iluminância, luminância, eficácia luminosa, refletância, índice de reprodução de cor e temperatura correlata de cor, com o propósito de melhor compreensão do estudo da luz. Uma abordagem mais ampla sobre as grandezas físicas pode ser encontrada em (CASAGRANDE, 2021).

2.1 INTENSIDADE LUMINOSA (I)

É uma grandeza do sistema internacional de unidades (SI) para iluminação humana. Pode ser entendida como energia luminosa projetada numa direção a partir de uma determinada posição. É uma grandeza vetorial, o que conduz à noção de um “vetor luminoso emitido por uma fonte”. Sua unidade, no SI, é candela (cd). Matematicamente, podemos definir a intensidade luminosa como o limite entre a razão do fluxo luminoso através de um ângulo sólido em torno de uma direção e esse valor de ângulo sólido tendendo a zero. Em termos matemáticos, (1):

$$I = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta\phi}{\Delta\omega} \right) = \frac{d\phi}{d\omega}, \quad (1)$$

em que: I é a intensidade luminosa, medida em candelas (cd), ϕ é fluxo luminoso, medido em lumens (lm), ω é ângulo sólido, medido em esferorradiano (sr).

2.2 FLUXO LUMINOSO (ϕ)

O fluxo luminoso é uma grandeza derivada da intensidade luminosa. É toda a energia radiante na forma de luz emitida por uma fonte luminosa em todas as direções por unidade de tempo. Sua unidade, no SI, é o lúmen (lm). Matematicamente, o fluxo luminoso é definido por (2):

$$\phi = K_m \int_{380}^{780} \frac{d\phi_e(\lambda)}{d\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda, \quad (2)$$

em que: $\frac{d\phi_e(\lambda)}{d\lambda}$ é a distribuição espectral do fluxo radiante (W/nm), $V(\lambda)$ é a eficácia luminosa espectral, K_m é o valor do watt-luminoso (683 lm/W), λ é o comprimento de onda da radiação (nm), ϕ é o fluxo luminoso (lm).

2.3 ILUMINÂNCIA (E)

Iluminância é a razão entre o fluxo luminoso e a área que recebe esse fluxo a uma certa distância da fonte luminosa, isto é, a quantidade de luz que incide e ilumina uma determinada superfície ou área. Matematicamente, temos em (3).

$$E = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta A} = \frac{d\phi}{dA} \quad (3)$$

No Sistema Internacional, a luminância é dada por lm/m² ou lux (lx). Na Luminotécnica, essa é uma grandeza de extrema importância, principalmente na especificação de projetos, já que se remete à ideia de densidade de luz fundamental para uma determinada tarefa visual.

2.4 LUMINÂNCIA (L)

A luminância está ligada à excitação visual. Por definição, a luminância é a razão entre a intensidade luminosa e a área a partir da qual irradia, até alcançar os olhos do observador. A luminância mede a luz que “chega” até os olhos, podendo ser entendida como a intensidade de luz emitida por superfície iluminada. Sua unidade é a cd/m^2 . Matematicamente expressa em (4).

$$L = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta A \cdot \cos \alpha} = \frac{dI}{dA \cdot \cos \alpha} \quad (4)$$

Em que: A é área da superfície iluminada (m^2), α é ângulo da direção de observação, I é intensidade luminosa (cd), L é a luminância (cd/m^2). É importante ressaltar a diferença entre a iluminância e luminância. A iluminância é medida em lm/m^2 (lux), expressando a ideia de densidade de fluxo luminoso que incide em uma superfície, em contrapartida, a luminância, medida em cd/m^2 , passa uma ideia de intensidade luminosa emitida por uma superfície. Isto é, a iluminância é capaz de medir a luz que incide na superfície, à medida que a luminância mede a luz que verdadeiramente chega aos nossos olhos a partir da superfície.

2.5 EFICÁCIA LUMINOSA (η)

A eficácia luminosa de uma lâmpada é o quociente entre o fluxo luminoso emitido e a potência consumida, sendo expressa em lm/w . Essa grandeza é importante na avaliação da eficiência energética da fonte. Quanto maior a relação lm/W de uma lâmpada, mais eficiente na conversão de energia elétrica em luz.

2.6 REFLETÂNCIA (ρ)

A relação entre o fluxo luminoso refletido e o incidente em uma superfície é chamada refletância, e é apresentada em porcentagem. Essa grandeza é dependente das características da superfície em análise, como cor, textura, entre outros.

2.7 INDICE DE REPRODUÇÃO DE COR (IRC)

A medida da correspondência entre a cor real do objeto e sua aparência quando iluminado por uma fonte luminosa é chamada de Índice de Reprodução de Cor (IRC). O IRC pode ser entendido em porcentagem, indica aproximadamente como a iluminação artificial permite ao olho humano perceber cores com maior ou menor fidelidade. Lâmpadas com IRC de 100% reproduzem as cores com maior fidelidade.

2.8 TEMPERATURA CORRELATA DE COR (TCC)

A temperatura de cor correlata (TCC) é uma grandeza associada à aparência de cor da luz emitida por uma fonte luminosa. No Sistema Internacional essa grandeza é representada pela unidade Kelvin (K). É comum classificar uma lâmpada como luz quente, neutra e fria. Essa classificação está relacionada a sensação psicológica que a cor da lâmpada provoca no ser humano, assim sendo, uma luz de TCC mais baixa é chamada luz quente, devido à sensação das cores quentes, vermelho, laranja e amarelo, uma lâmpada com TCC em torno de (2700 K a 3000 K). Já uma luz de TCC mais elevada é chamada de luz fria, devido a sensação psicológica de frio provocada pelas cores branca e azul, uma lâmpada com TCC em torno de (6000 k a 6500 K). Essas características são bastante significativas para escolha adequada do tipo de lâmpada a ser empregada no projeto, em função da sensação que se deseja criar no ambiente.

3 METODOLOGIA

Este projeto de iniciação científica tem como objetivo fornecer uma visão geral sobre novas tecnologias de iluminação de interiores; para tanto foi necessário pesquisas bibliográficas em artigos, revistas e teses. A seguir serão apresentadas as tecnologias abordadas no presente estudo.

3.1 LEDs

Os diodos emissores de luz, do inglês, Light-Emitting Diodes (LEDs) têm sua invenção no ano de 1962, inicialmente empregados apenas para aplicações simples

como sinalizadores em eletrônicos. Porém, com o desenvolvimento das técnicas de fabricação, nos anos 90 foi possível a sintetização da cor branca. Com a emissão da luz branca, os LEDs, tornaram-se aplicáveis também nos sistemas de iluminação. Os LEDs brancos de potência são capazes de emitir luz de alta intensidade com um baixo consumo, possuem uma longa vida útil e maior resistência mecânica. Também causam menos danos ao meio ambiente, por não apresentarem substâncias tóxicas em seu interior (DIAS, 2011). Com o aumento da vida útil e a diminuição do custo foi possível iniciar uma nova era da indústria de iluminação, em que estes componentes vêm sendo utilizados substituindo às tecnologias convencionais de iluminação (TEIXEIRA, 2016).

Os LEDs possuem elevada eficácia luminosa, na ordem de 120 a 150 lm/w, vida útil elevada podendo chegar a 100 mil horas e um ótimo índice de reprodução de cor na ordem de 80% (ALMEIDA, 2012). É importante ressaltar que a luz produzida pelos LEDs é mais direcionada, possuindo um fecho de luz mais fechado, com um ângulo de abertura menor, portanto há necessidade de criação de luminárias bem adequadas, adicionando em alguns casos lentes para alterar esse ângulo de emissão do feixe de luz com o objetivo de manter a uniformidade na iluminação. Em muitos projetos a luz direcionada pode ser bastante atrativa, como por exemplo em projetos de iluminação que é desejável realçar determinado espaço do ambiente.

Existem vários formatos e tamanhos disponíveis de lâmpadas e luminárias de LEDs, criando infinitas possibilidades de utilização, lâmpadas e luminárias em forma convencional, tubular, painéis, fitas – o estudo de tecnologias construtivas para os LEDs, constituem campos de estudo que se desenvolvem rapidamente (CASAGRANDE, 2014). A tecnologia avança velozmente no sentido de produzir LEDs de maior vida útil e cada vez mais eficientes na conversão de luz. A seguir será apresentado alguns modelos existentes no mercado. As Lâmpadas de LEDs tubulares surgiram com o propósito de substituir as fluorescentes tubulares. Essas lâmpadas passam a não necessitar de reatores apenas do driver de acionamento que fornece a alimentação da lâmpada em corrente contínua, uma vez que o LED funciona com corrente contínua, a ligação diretamente na rede elétrica (em corrente alternada 110VAC ou 220VAC) não é possível. Deve-se retificar a corrente alternada e reduzir a tensão (FERREIRA, 2014). A iluminação de ambientes com lâmpadas a LEDs RGB pode ter sua cor alterada, criando efeitos diversos, exemplo figura 1. São empregadas na decoração de eventos, festas, hotéis, fachadas de prédios e monumentos e em

tantos outros ambientes em que a possibilidade de modificar a cor da iluminação seja desejável.

Figura 1: Iluminação proporcionada por LEDs RGB com controle de cor



Fonte: Imagem obtida na internet

Dentre as tecnologias existentes, as fitas de LEDs são uma das variedades de LEDs que permitem uma gama enorme de efeitos, permitindo um grande uso da criatividade. São fitas flexíveis, em geral com uma superfície adesiva, que podem ser utilizadas na decoração e sinalização de interiores, apresentada na figura 2.

Figura 2: Iluminação criada com fitas de LEDs



Fonte: Imagem obtida na internet

Hoje os LEDs são uma tecnologia em crescimento, sendo inserida cada vez mais no mercado de iluminação, devido principalmente à redução de custos e progressiva evolução da tecnologia, como consequência uma melhor aceitação dos consumidores. É possível perceber que os LEDs, tem tomado o lugar de muitas outras tecnologias utilizadas, tornando-as obsoletas, pois tem surgido novos produtos mais eficientes, de maior vida útil e com design cada vez mais inovadores, obtendo custos cada vez mais competitivos em comparação com os outros tipos de lâmpadas (SANTOS, 2021). Além disso, são fatores determinantes para as vantagens dos LEDs

o pequeno impacto ambiental gerado e a diminuição do consumo de energia elétrica (FARIA, TEIXEIRA, NORAT e ANDRADE, 2021).

3.2 OLEDs

Os diodos orgânicos emissores de luz, do inglês, Organic Light Emitting Diodes (OLEDs), apresentam um bom índice de reprodução de cores, têm como característica de destaque a possibilidade de serem flexíveis, o que permite uma grande variedade de aplicações. Em 1987 surgiu o primeiro OLED comercial construído por diferentes camadas de material orgânico, impulsionando diversos estudos na área. As inúmeras possibilidades de aplicação fizeram com que a tecnologia evoluísse de maneira a obter diversos tipos de OLEDs adequados a diferentes necessidades, OLEDs transparentes, de emissão superior, Dobrável (FOLEDs), de matriz passiva (PMOLED), de matriz ativa (AMOLED), OLEDs de luz branca (WOLEDs) (BENDER, 2015). É importante ressaltar que ao contrário dos LEDs tradicionais os OLEDs constituem uma superfície uniforme emissora de luz.

No entanto, ainda que a aplicação inicial dos OLEDs tenha sido no segmento dos eletroeletrônicos, surge também a possibilidade de utilização dessa tecnologia na iluminação de ambientes. O desenvolvimento do OLED branco, conhecido como WOLED (White Organic Light Emitting Diode), chega como grande incentivo para a criação de fontes de iluminação com os OLEDs, substituindo as lâmpadas fluorescentes e até mesmo os LEDs. Possuem tamanho compacto, flexibilidade de formas, baixas tensões de operação e boa eficiência energética são características que tornam essa tecnologia atrativa como fonte de luz (WONG and HO, 2009). Além disso, a luz emitida pelos OLEDs brancos possui bom índice de reprodução de cores, apresentando melhor desempenho em temperatura de cor (TCC) mais baixa (3000 K a 4000 K), mais agradável e aconchegante à visão humana (CORDA, 2010).

Segundo AGUILAR (2017), a tecnologia OLED, apesar de se encontrar em estágio inicial de pesquisa e aperfeiçoamento, demonstra ser uma tecnologia promissora para a aplicação de iluminação em interiores. A figura 3, exemplifica uma utilização da tecnologia OLED em um conceito de iluminação distribuída. Os OLEDs transparentes, são transparentes de ambos os lados e permitem a criação das “janelas inteligentes”, juntamente com a tecnologia do OLED branco, essas janelas são capazes de emitir luz branca ou se tornarem opacas, bloqueando a visão de quem

se encontra do outro lado, ou ainda, ficarem simplesmente transparentes, como uma janela comum (CUBBOS CONSULTORIA, 2011).

Figura 3: Conceito de iluminação com OLEDs



Fonte: CUBBOS CONSULTORIA, (2011)

O exemplo ilustra o potencial dos OLEDs como tecnologia emergente, abrindo possibilidades de aplicação, desconstruindo arquétipos e paradigmas. Por fim, mas não menos importante, embora já existam alguns dispositivos excepcionais, os OLEDs apresentam eficiência, tempo de vida e luminosidade menor, quando comparados, por exemplo, aos LEDs inorgânicos (MARTINS, 2017).

3.3 LÂMPADAS DE NANOFIBRAS

As lâmpadas de nanofibras constituem uma tecnologia recente, desenvolvida a partir de uma estrutura de nanofibras (fibras com diâmetros da ordem de nanômetros) que, diferentemente dos filamentos das lâmpadas incandescentes, podem ser controladas e manipuladas com precisão no momento da fabricação, permitindo um comando excepcional da intensidade da luz emitida e, conseqüentemente, da quantidade de eletricidade consumida. As dimensões muito pequenas dessas fibras fazem com que elas apresentem propriedades físicas e elétricas bem diferentes dos mesmos materiais em dimensões superiores. Pela capacidade de emitirem luz a partir de nanofibras, essas novas lâmpadas, são classificadas como lâmpadas de estado sólido, a mesma categoria dos LEDs e OLEDs (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2010b).

As lâmpadas de nanofibras são as menores estruturas emissoras de luz já criadas, também conhecidas como nanolâmpadas, tendo o tamanho aproximado de

um vírus ou das menores bactérias conhecidas (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2007). Contém minúsculas fibras orgânicas emissoras de luz, que medem 200 nanômetros de largura cada uma. Essas fibras são fabricadas com um composto à base do metal rutênio, misturado com o polímero óxido de polietileno. Quando elas são dispostas por uma pequena tensão elétrica, irradiam luz na cor laranja. Essas lâmpadas são menores do que o comprimento de onda da luz que emitem, tornando-as de grande importância para inúmeros campos de pesquisa, como sensores, microscópios, monitores e TVs de tela plana. Assim, por serem formadas de materiais orgânicos, essas pequenas lâmpadas podem ser integradas em equipamentos e superfícies flexíveis, como nos OLEDs e PLEDs.

O desafio é estudar a resistência e a durabilidade das nanofibras orgânicas emissoras de luz com o propósito de assegurar que elas suportarão funcionar pelo tempo de vida útil de um equipamento eletrônico (MORAN-MIRABAL et al, 2007). A aplicação na iluminação de ambientes pode vir a se tornar mais uma solução alternativa, estudos (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2010b) demonstram eficácia de 55 lm/W, apresentam uma tecnologia ambientalmente segura, uma vez que não usa mercúrio, podendo assim contribuir para redução nas emissões de dióxido de carbono e consumo de energia.

3.4 LÂMPADAS DE INDUÇÃO

As lâmpadas de indução magnética são caracterizadas principalmente por não possuírem eletrodos, isto é, sua intensidade luminosa é devido a vaporização de moléculas de mercúrio excitadas por bobinas magnéticas. Essas bobinas metálicas eletromagnéticas constituem anéis de metais em que é gerado um campo eletromagnético em volta de um tubo de vidro que contém o gás. Um reator eletrônico é necessário para realizar o processo de descarga do gás por meio de magnetismo assim gerando altas frequências. Essa descarga elétrica induzida pela bobina forma um ciclo fechado em que acelera os elétrons livres colidindo com os átomos de mercúrio. Posteriormente, os elétrons energeticamente elevados descem um estado inferior mais estável emitindo radiação ultravioleta em que é convertida em luz visível quando atravessa a camada de fósforo depositada na superfície interna do tubo (JENIFFER, 2017). A ausência de eletrodos favorece a vida útil elevada, além de permitir que a lâmpada trabalhe com maiores correntes e, conseqüentemente,

maiores potências (SILVA et al, 2012), possuindo elevada eficácia luminosa, aproximadamente 110 lm/W, IRC de 90% e vida útil em torno de 100.000 horas. Outra característica dessas lâmpadas é a existência em diferentes temperaturas de cor (2700 a 6500K), têm partida rápida e reacendimento instantâneo, não apresentando flicker, possuindo alto fator de potência e baixa distorção harmônica. Porém, as lâmpadas de indução apresentam um alto custo, principalmente do reator eletrônico, que muitas vezes é o ponto problemático do sistema, em função das características técnicas necessárias para controlar a lâmpada. Além disso, as radiações eletromagnéticas geradas podem provocar interferências em equipamentos sensíveis como computadores e equipamentos médicos. Ademais, o formato e a dimensão geralmente não são compactas o que acaba dificultando o desempenho fotométrico da luminária (IWASHITA, 2012). Devido à longa vida útil, as lâmpadas de indução encontram boa aplicação em locais de difícil acesso para manutenção, como prédios e áreas industriais de pé-direito alto, shoppings e iluminação pública de vias e túneis (IWASHITA, 2012).

3.4 LÂMPADA DE ENXOFRE

A lâmpada de enxofre, criada em 1994 (COSTA, 2006), é um tipo especial de lâmpada que também funciona por indução, não apresentando eletrodos. A indução é produzida por meio de um gerador de radiofrequência chamado magnetron. Uma pequena esfera de vidro especial é montada na antena do magnetron. Quando este é acionado, a emissão de radiofrequência na faixa de micro-ondas provoca a excitação do enxofre dentro da esfera de vidro, semelhante ao que ocorre nas lâmpadas de descarga, emitindo uma luz muito intensa e com um tom levemente azulado, além de possuir um ótimo índice de reprodução de cores. É uma lâmpada de longa vida útil, cerca de 100 mil horas, e muito eficiente. Assim como a lâmpada de indução, essa tecnologia não se popularizou pelo custo elevado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Além das tecnologias apresentadas na seção metodologia, existem muitas outras, como por exemplo a lâmpada eletroluminescente capacitiva, lâmpada de plasma, lâmpada bioluminescente etc. As tecnologias abordadas abrem

oportunidades de estudos que podem envolver a investigação de temas de diferentes áreas para engenharia, como eficiência energética, qualidade de energia, fotometria, eletrônica e tantas outras. Visando o desenvolvimento sustentável é muito importante avaliar uma tecnologia quanto à eficiência energética, os sistemas de iluminação, em particular, representam grande potencial de economia de energia elétrica. Portanto, no cenário atual alternativas que promovam a redução do consumo de energia elétrica em sistemas de iluminação são imprescindíveis, pois podem reduzir significativamente impactos ambientais e econômicos. Na iluminação é importante equilibrar uso eficiente com a necessidade de um ambiente bem iluminado que assegure produtividade, bem-estar e segurança às pessoas que utilizam; para tanto é necessário fazer uso de tecnologias mais eficientes de iluminação.

Outro aspecto que deve ser levado em consideração ao adotar determinada solução para um projeto é o custo da tecnologia em questão. Outro ponto que deve ser considerado no estudo da iluminação é o conforto visual, a sensação que uma fonte de luz provoca é muitas vezes subjetivo, neste caso, para auxiliar essa investigação é necessário o levantamento das características fotométricas da lâmpada, portanto a fotometria é um campo importante na análise e avaliação de uma tecnologia de iluminação. Além dos aspectos referentes à análise de desempenho das novas tecnologias de iluminação, existe também a linha de pesquisa na esfera do desenvolvimento e descobertas de novos materiais, que possam melhorar a extração de luz, ou mesmo novas fontes e princípios de produção de luz que venham a ser descobertos.

Este artigo apresentou uma visão geral de tecnologias recentes de iluminação e diversos aspectos e características dessas fontes luminosas foram abordadas, assim sendo é indiscutível o fato de que os LEDs são uma realidade na iluminação de interiores, existem diversos produtos disponíveis no mercado e inúmeros projetos com sua utilização, as inovações ocorrem num ritmo bastante acelerado, muitos estudos e pesquisas vêm sendo apresentados para que esta tecnologia seja cada vez mais acessível e mais eficiente (JABBOUR, 2007; BUSSE, 2010; COSTA, 2010; DONG, 2012). Enfim, dentre as tecnologias mais modernas de iluminação, os LEDs surgem como a mais promissora e a que tem se desenvolvido num ritmo mais acelerado nos últimos anos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É bastante dinâmica a evolução das tecnologias de iluminação, a partir do desenvolvimento dos LEDs brancos de potência, novas possibilidades foram criadas promovendo mudanças de paradigmas e novos tipos e conceitos de iluminação. Este trabalho apresentou uma visão geral de algumas tecnologias recentes na iluminação de interiores. Houve dificuldade na elaboração da revisão bibliográfica apresentada, uma vez que surgem continuamente tecnologias no campo da iluminação, embora exista muita informação, elas são superficiais e não disponíveis em bibliografia científica especializada. Enfim, os tipos de lâmpadas mais recentes abordadas neste estudo, fornecem uma ideia do quanto a tecnologia vem evoluindo. Certamente, o estudo de soluções em iluminação de interiores terá muitos desafios a serem investigados.

ABSTRACT

Lighting systems are of great relevance to human activities, being of interest to several area of study. The recent and permanent technological evolution in lighting has resulted in products that allow contemporary and innovative solutions. Several new concepts and applications are developing, allowing for the breaking of paradigms in architecture and engineering projects. So, this work presents an overview of some modern lighting technologies, applicable at solutions in interior lighting projects. In addition, relevant aspects related to these technologies are pointed out that could be questioned and analyzed in greater depth, such as energy efficiency, energy quality, visual comfort, among others. The objective of this study is providing an overview of new lighting technologies.

Key words: Lighting, Modern technologies, energy efficiency, energy quality, visual comfort.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, A; MINICH, M, P; BENDER, C, V. **Análise de fontes de luz para a iluminação de interiores utilizando a goniofotometria.** In: Salão Internacional de Ensino- SIEPE Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, 2017.

ALMEIDA, P. S. **Conversor integrado SEPIC buck-boost aplicado ao acionamento de leds de potência em iluminação pública**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012.

BENDER, V. C. **Modelagem e acionamento de diodos orgânicos emissores de luz (OLEDs) para sistemas de iluminação**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

BUSSE, B. N. **“Textos acadêmicos sobre eficiência energética: uma amostra quantitativa dos últimos 40 anos de pesquisa”**. Especialize IPOG, novembro 2010.

CASAGRANDE, C. G. Iluminação Pública: Panorama, Tecnologias Atuais e Novos Paradigmas. **Editora Viseu**, Maringá, 1ª edição, 2021.

CASAGRANDE, C.G; ALMEIDA, P.S; BRAGA, H.A.C. Tecnologias modernas para Iluminação de Interiores: Uma Visão Geral. Parte 2: O Moderno ao seu Alcance. **Revista Lumière**, v.16, p.72-82, edição 191, mar. 2014.

COSTA, D. O. **“Estudo e Determinação das Características de Lâmpadas de Diferentes Tipos”**. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Portugal, 2010.

COSTA, G.J.C. Iluminação Econômica: Cálculo e Avaliação. **Edipucrs**, Porto Alegre, 4ª edição, 2006.

CUBBOS CONSULTORIA. **“Iluminação na Arquitetura: LED ou OLED”**. 2011. Disponível em <<http://cubbos-consultoria.blogspot.com.br/search/label/TECNOLOGIA>>. Acesso em 01 dez. 2021

DIAS, M. P.; CASAGRANDE, C. G.; BRAGA, H. A. C. **Avaliação da geometria de arranjo de leds e do uso das lentes colimadoras para a eficiência da iluminação**. In: IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, Juiz de Fora, 2011.

DONG, L. **“Toward optoelectronic textiles”**. SPIE Optics East 2006 Conference Proceedings. Published online SPIE Newsroom, April 2012.

FARIA, Andrelle Soares Dantas; TEIXEIRA, Luiza Carla Girard Mendes; NORAT, Maria de Valdivia Costa; ANDRADE, Cristiane da Costa Gonçalves. **Análise da Viabilidade Ambiental e Econômica da Substituição de Lâmpadas Convencionais por Lâmpadas LED no Terminal Petroquímico de Miramar da Companhia Docas do Pará – CDP**. Revista AIDIS. Vol. 14, No. 1, p. (135-152), abril, 2021. Disponível em:<<http://www.journals.unam.mx/index.php/aidis/article/view/68488/69987>>. Acesso em: 10 nov. 2021.

FERREIRA, Juliana. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED**. 2014. Dissertação de Pós-Graduação - Universidade Tecnológica federal do Paraná, Curitiba, 2014.

FREITAS, Marcelo da Silva et al. **Modelo elétrico equivalente para lâmpadas fluorescentes sem eletrodos de indução**. 2012. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, fev. 2012.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Cientistas criam as nanolâmpadas, as menores lâmpadas no mundo**. 2007. Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 09 set. 2021.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Lâmpadas de nanofibras superam incandescentes e fluorescentes compactas**. 2010. Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em 09 set. 2021.

IWASHITA, J. Lâmpadas de indução magnética: vantagens e desvantagens. **Portal O Setor Elétrico**, edição 73, fev. 2012.

JABBOUR, G., LI, J., WILLIAMS, E., HAAVISTO, K. “**Excimer-Based White Phosphorescent Organic Light-Emitting Diodes with Nearly 100% Internal Quantum Efficiency**”. *Advanced Materials*, Vol. 19, Issue 2, pp. 197-202, January 2007.

JENIFFER, Thais Roberto; LUIZ, Edson Schultz. **Estudo Comparativo de Sistemas de Iluminação Pública: lâmpadas led, lâmpadas de indução e lâmpadas a vapor de sódio**. *Revista Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420*. Disponível em: <<http://creapr16.crea-pr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/article/view/268>>. Acesso em: 10 out. 2021.

MARTINS, Jefferson da Silva. **Fabricação e caracterização de OLEDs utilizando novos transportadores de buracos e novos emissores de luz para aplicações em eletrônica orgânica**. Juiz de Fora, 2017.

MORAN-MIRABAL, J. M et al. Electrospun Light-Emitting Nanofibers. **Nano Letters**, vol. 7, n. 2, p. 458-463, 2007.

PINTO, R. A. **Projeto e Implementação de Lâmpadas para Iluminação de Interiores empregando Diodos Emissores de Luz (LEDS)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SANTOS, E. **Avaliação técnica, econômica e ambiental para recuperação de materiais a partir de lâmpadas LED pós-consumo**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, 2021.

TEIXEIRA, I; RIVERA, R; REIFF, L. O. **Iluminação LED: sai Edison, entram Haitz e Moore-benefícios e oportunidades para o país**. *BNDES setorial*, Rio de Janeiro, 43, p363-412, 2016. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9576>>. Acesso em: 10 nov. 2021.