Iluminação LED e os efeitos de sua expansão

Emanuelle Evencio[1], **Fernando Albuquerque**[2], **Marcos Reis**[3], **Marcus Silva**[4], **Tiago Fernandes**[5]

(remanuelle007@gmail.com, fernandoha13@gmail.com, marcosgabriel.sreis@gmail.com, marcussilva.1430@aluno.una.br, tiagocruzfernandes@yahoo.com.br)

Professora orientadora: Adriana Izidoro

Coordenação de curso de Engenharia Elétrica

RESUMO

Atualmente a tecnologia LED (*Light Emitting Diode*) vem ganhando cada vez mais o mercado de iluminação, devido seu baixo consumo, eficiência luminosa, vida útil prolongada e facilidade de manutenção. Na iluminação pública não é diferente, cada vez mais as cidades estão optando pela implementação da tecnologia LED. Neste artigo será detalhado as vantagens dessa implementação citando benefícios dessa tecnologia e os efeitos de sua expansão no sistema elétrico atual.

Palavras chave: Iluminação pública, tecnologia LED, eficiência luminosa.

ABSTRACT

Currently, LED technology is gaining more and more in the lighting market, due to its low consumption, luminous efficiency, extended life and ease of maintenance. In public lighting it is no different, more and more cities are opting for the implementation of LED technology. In this article we will detail the advantages of this implementation and the effects of its expansion in the current electrical system, citing all the benefits of this technology. Make clear the objectives and methodology.

Keywords: Public lighting, led technology, luminous efficiency.

1 INTRODUÇÃO

LED - Diodo Emissor de Luz é um componente eletrônico semicondutor que utiliza a mesma tecnologia dos chips de computador, responsável por converter a energia elétrica em luz. O processo é muito diferente das lâmpadas convencionais que incluem:

* Eliminação de gases;

* Raios ultravioleta;

* Consumo de fibras metálicas;

---

[1] Graduação em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA

[2] Graduação em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA

[3] Graduação em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA

[4] Graduação em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA

[5] Graduação em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA

E outros componentes agressivos ao meio ambiente, enquanto nos LEDs a transformação ocorre em estado sólido (Solid State), ou seja, a energia elétrica através da matéria dá origem à luz. O LED tem dois terminais, é um componente bipolar e é chamado de ânodo e cátodo. Conforme ocorre a polarização, ela permite ou não a passagem de corrente elétrica e, por sua vez, a incidência ou ausência de luz. Sua invenção é creditada ao engenheiro Nick Holonyak, mas não foi um trabalho independente, antes mesmo de Henry Round (1881-1966), cientista britânico, apresentar uma descrição científica da emissão de luz por certos tipos de semicondutores ao interagir com uma corrente elétrica. Ao mesmo tempo, o talentoso cientista Oleg Vladimirovich (1903-1942) publicou a primeira pesquisa sobre LEDs em 1927.O então engenheiro da General Electric, Nick Holonyak, introduziu os LEDs no espectro visível em 1962, e mais tarde já se declarava que os LEDs substituiriam as lâmpadas, grande legado deixado à humanidade por Thomas Edison. LEDs de alto brilho com luz branca, ultravioleta, laser azul, predecessor da tecnologia blu-ray, são mérito de outro grande engenheiro e cientista Shuji Nakamura (1954). Somente no início da década de 1990, com o advento da tecnologia InGaN, foi possível obter LEDs com comprimentos de onda mais curtos nas cores azul, verde e ciano, tecnologia que levou ao desenvolvimento do LED branco cobrinho, ou seja, todo o espectro de cores. Até então, todos esses LEDs tinham no máximo 4.000 a 8.000 mil candelas com um ângulo de feixe entre 8 e 30 graus. Nessa altura, no final dos anos 90, surgiu o primeiro Power LED Luxeon, que foi responsável por uma verdadeira revolução na tecnologia LED, pois proporcionava um fluxo luminoso (não mais intensidade luminosa) na ordem dos 30 a 40 lúmens e com um ângulo de feixe de 110 graus. Hoje temos LEDs que atingem 120 lumens de fluxo luminoso e estão disponíveis em diversas cores com 1.0 - 3.0 e 5.0 watts, necessários para um aumento significativo na responsabilidade de substituição de alguns tipos de lâmpadas em diversas aplicações de iluminação. Em outubro de 2014, os cientistas Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura receberam o Prêmio Nobel de Física pela invenção do diodo emissor de LED, por destacar de forma brilhante sua utilidade em benefício da sociedade.

A iluminação LED, também conhecida como diodo emissor de luz, é uma tecnologia que tem sido amplamente utilizada na indústria como uma alternativa mais eficiente e sustentável para a iluminação convencional. A expansão da iluminação LED na indústria tem sido impulsionada pelos seus benefícios, como a redução do consumo de energia e a durabilidade das lâmpadas. No entanto, a adoção em massa da iluminação LED na indústria também pode trazer alguns efeitos negativos que precisam ser avaliados. Um desses efeitos é o aumento do custo inicial de investimento, já que as lâmpadas LED têm um preço mais elevado do que as lâmpadas convencionais. Além disso, a falta de regulamentação pode levar à produção de lâmpadas de baixa qualidade, que podem apresentar problemas de funcionamento e segurança. Diante desses fatores, é necessário avaliar criticamente os efeitos da expansão da iluminação LED na indústria, buscando soluções para minimizar suas desvantagens e maximizar suas vantagens. Este trabalho tem como objetivo analisar este efeito e propor soluções para tornar a utilização da iluminação LED na indústria, mais eficiente, econômica e sustentável.

2 QUESTÃO DE PESQUISA

Desse modo, definiu-se a questão de pesquisa: “Quais as consequências da expansão dos LED’s para o sistema elétrico?”

Então para início da pesquisa foram levantadas algumas hipóteses que serão vistas a seguir.

Hipóteses:

- Viabilidade econômica de consumo energético;

- Viabilidade econômica por melhor qualidade de equipamento;
- Viabilidade de utilização de controle de iluminação;
- Viabilidade de política de descarte adequado;
- Vantagens e desvantagens da iluminação LED.

3 DESENVOLVIMENTO

- **Viabilidade econômica de consumo energético;**

A viabilidade econômica do consumo de energia do LED é uma questão importante e atual, principalmente em um mundo onde a sustentabilidade e a eficiência energética são cada vez mais valorizadas. Os LEDs são dispositivos semicondutores que convertem energia elétrica diretamente em luz, sem a necessidade de aquecimento de filamentos ou outros processos intermediários, tornando-os muito mais eficientes do que as lâmpadas tradicionais e lâmpadas fluorescentes.

Uma das principais vantagens dos LEDs é sua alta eficiência energética. Eles podem usar até 90% menos energia do que as lâmpadas incandescentes e até 50% menos energia do que as lâmpadas fluorescentes compactas. Isso significa economia significativa de energia e economia de custos, especialmente para empresas e organizações que usam muita iluminação.

Além disso, os LEDs têm uma vida útil muito mais longa do que as lâmpadas incandescentes, o que significa que a manutenção e a substituição são menos frequentes e, portanto, mais econômicas a longo prazo. Eles também são muito mais fortes e duráveis do que as lâmpadas incandescentes, reduzindo ainda mais os custos de manutenção e substituição.

Outra vantagem importante do LED é a flexibilidade no controle e ajuste da iluminação. Isso significa que a intensidade da luz e a temperatura da cor podem ser adaptadas às necessidades específicas do ambiente, o que pode levar a reduções ainda maiores no consumo de energia e economias significativas de custos.

Embora o custo inicial dos LEDs possa ser ligeiramente superior ao das lâmpadas tradicionais, a longo prazo a economia de energia e manutenção mais do que compensa o investimento inicial. E como a tecnologia continua a evoluir e os preços continuam caindo, o uso de LED está crescendo rapidamente em todo o mundo.

Em suma, a viabilidade económica do consumo de energia LED é uma realidade comprovada que oferece vantagens significativas em termos de poupança de custos, eficiência energética e sustentabilidade. A adoção dessa tecnologia pode ser especialmente benéfica para empresas e organizações que usam muita iluminação, mas também pode trazer benefícios significativos para os consumidores domésticos.

- **Viabilidade econômica por melhor qualidade de equipamento;**

A viabilidade econômica de investir em melhores equipamentos é um tema que merece atenção no contexto empresarial. Comprar um equipamento melhor pode parecer um investimento caro no começo, mas você precisa avaliar os benefícios a longo prazo.

Em primeiro lugar, equipamentos de melhor qualidade geralmente têm vida útil mais longa e menor taxa de falhas, o que significa manutenções e reparos menos frequentes. Isso se traduz em menores custos de manutenção e redução do tempo de inatividade da produção, o que pode levar a economias significativas.

Equipamentos de melhor qualidade também costumam ser mais eficientes em termos de energia, o que pode levar a economia de energia e custos de energia mais baixos. Em

muitos casos, a economia de energia pode ser tão significativa que o retorno do investimento em equipamentos melhores pode ser alcançado em poucos anos.
Outra vantagem de um equipamento melhor é a melhoria da qualidade do produto final ou serviço prestado. Equipamentos mais avançados e eficientes podem aumentar a produtividade, reduzir o índice de rejeição de produtos defeituosos e consequentemente melhorar a satisfação do cliente. Isso pode levar ao aumento das vendas e à fidelização dos clientes, o que pode gerar um retorno financeiro ainda maior.
Vale ressaltar que ao investir em melhores equipamentos, uma empresa pode oferecer serviços ou produtos com maior valor agregado, diferenciar-se dos concorrentes e aumentar sua vantagem competitiva.
Porém, investir em equipamentos de maior qualidade deve ser avaliado com cautela, pois nem sempre é necessário investir em equipamentos de última geração. É importante avaliar a real necessidade de substituição do equipamento, bem como considerar a disponibilidade de recursos financeiros e uma análise de custo-benefício.
Em resumo, o benefício econômico de investir em equipamentos melhores está relacionado a uma série de fatores, como redução de custos de manutenção, economia de energia, melhoria da qualidade do produto final ou serviço prestado e vantagem competitiva.

- **Viabilidade de utilização de controle de iluminação.**

O uso de controles de iluminação é uma estratégia eficaz para reduzir o consumo de energia em edifícios e empresas. A viabilidade dessa tecnologia pode ser avaliada de várias formas, como redução de gastos com energia, melhoria do conforto e produtividade dos habitantes do ambiente, além do impacto positivo no meio ambiente.

Os sistemas de controle de iluminação podem ser programados para ajustar os níveis de iluminação de acordo com a luz natural disponível na sala. Por exemplo, durante o dia em que há muita luz natural, as lâmpadas podem ser desligadas ou reguladas automaticamente, reduzindo o consumo de eletricidade. Além disso, esses sistemas podem ser controlados por meio de sensores de presença que detectam a presença de pessoas no ambiente e acendem ou apagam as luzes conforme a necessidade.

A introdução de sistemas de controle de iluminação pode trazer reduções significativas nos custos de eletricidade. A economia pode variar dependendo do tipo de edifício e do uso atual de eletricidade, mas estudos mostram economia do uso total de eletricidade de um edifício.

Além de reduzir custos, os sistemas de controle de iluminação também podem melhorar o conforto dos ocupantes do ambiente, pois permitem que a luz seja ajustada de acordo com as atividades realizadas no espaço. Por exemplo, em uma sala de reuniões, a intensidade da luz pode ser ajustada para um nível mais baixo para criar um ambiente mais quente e confortável para os participantes. Isso pode melhorar a experiência do usuário e consequentemente aumentar a produtividade dos habitantes do ambiente. O uso de sistemas de controle de iluminação também pode trazer benefícios ambientais significativos. A redução do consumo de eletricidade reduz as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera, o que contribui para a redução do impacto no ambiente e nas alterações climáticas

Em resumo, o uso de sistemas de controle de iluminação é uma tecnologia viável e eficaz para reduzir o consumo de energia elétrica em edifícios e empresas, gerando economia de

custos, melhorando o conforto dos habitantes do ambiente e trazendo significativos benefícios ambientais.

- **Viabilidade de política de descarte adequado;**

A viabilidade política do descarte adequado do LED é uma questão relevante e importante, pois o LED é uma tecnologia cada vez mais utilizada na iluminação e, portanto, seu descarte inadequado pode trazer impactos significativos ao meio ambiente.

O LED é composto por materiais que podem ser tóxicos e nocivos ao meio ambiente, como chumbo, mercúrio e arsênico. Além disso, os componentes eletrônicos presentes nos LEDs podem conter materiais nocivos à saúde humana, como cádmio e berílio.

Para garantir o descarte adequado dos LEDs, é necessário haver políticas públicas efetivas que incentivem a reciclagem desses materiais. Uma das formas de conseguir isso é por meio de campanhas de conscientização que informem a população sobre a importância do descarte correto dos LEDs, bem como a criação de programas de coleta seletiva e pontos de coleta específicos para o descarte de fontes de luz.

Além disso, é importante que existam regras que estabeleçam regras claras para o descarte de LEDs, bem como uma fiscalização rigorosa para garantir que essas regras sejam seguidas. O objetivo é evitar o descarte irregular de LEDs, por exemplo em aterros sanitários ou aterros sanitários, que podem causar contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Outra forma de incentivar o descarte correto dos LEDs é a criação de incentivos fiscais para as empresas que desenvolverem processos de reciclagem e destinação final ambientalmente corretos desses materiais.

Em resumo, a viabilidade política do descarte adequado dos LEDs depende da implementação de políticas públicas efetivas como campanhas de informação, programas de coleta seletiva, regulamentação e controles rígidos, bem como a criação de incentivos fiscais para as empresas que promovem o descarte adequado. LED.. esses materiais. Essas medidas são necessárias para garantir o descarte seguro e sustentável dos LEDs, minimizar os impactos ambientais e proteger a saúde pública.

- **Vantagens e desvantagens da iluminação LED**

Vantagens:

1. Eficiência energética: os LEDs são considerados uma tecnologia energeticamente eficiente e, portanto, seu uso pode ajudar a reduzir a demanda de eletricidade e, consequentemente, reduzir as emissões de carbono.
2. Durabilidade: Em comparação com outras tecnologias de iluminação, os LEDs têm uma vida útil mais longa, o que reduz a necessidade de substituição e, consequentemente, reduz a geração de lixo eletrônico.
3. Flexibilidade: Os LEDs são flexíveis e podem ser usados em uma ampla gama de aplicações de iluminação, desde iluminação residencial até iluminação pública e industrial.

Desvantagens:

1. Harmônicos: Conforme mencionado anteriormente, os LEDs podem gerar harmônicos que afetam a qualidade da energia e podem levar ao mau funcionamento de outros equipamentos elétricos conectados à rede.
2. Regulação: As regulações harmônicas variam de país para país e, em alguns casos, podem ser inexistentes ou insuficientes, o que pode levar a problemas de qualidade de energia.
3. Custo: embora os LEDs sejam energeticamente eficientes, eles ainda podem ter um custo inicial mais alto do que outras tecnologias de iluminação, o que pode impedir a adoção generalizada em países ou regiões de baixa renda.

Em resumo, existem vantagens e desvantagens na utilização de LEDs em relação aos harmônicos contidos na rede elétrica. Embora os LEDs sejam energeticamente eficientes e tenham uma vida útil mais longa, eles podem gerar harmônicos e afetar a qualidade da energia. Portanto, é importante que haja uma regulação adequada em relação aos harmônicos e que sejam tomadas medidas para minimizar os efeitos negativos na rede elétrica.

Em conclusão, a questão dos harmônicos gerados pelos LEDs na rede elétrica é uma questão importante que merece atenção. Embora os LEDs sejam energeticamente eficientes, é necessário avaliar o efeito dos harmônicos na qualidade da energia e tomar medidas para minimizar seus efeitos negativos.

4 METODOLOGIA

Como metodologia de pesquisa foram realizadas medições ilustrativas de eficiência energéticas em diferentes tipos de lâmpadas para comparação de viabilidade luminosa e custo-benefício de cada um. A seguir iremos detalhar cada um dos testes feitos.

Materiais utilizados:

1- Luxímetro R & D, modelo MT-30
1- Lâmpada fluorescente 15w / 127V –marca: Santa Clara
1- Lâmpada led 9w/ 127V controlável – marca: RSMART
1 - Lâmpada incandescente 100w/ 127v – marca: Osram
1- Extensão com soquete de lâmpada base E-27
1- Lâmpada Led 12w/127V – marca: City Lumi

Figura 3. Materiais utilizados

fonte: próprio autor

Para a realização do teste utilizamos o laboratório de aulas práticas da Una, penduramos a extensão no teto onde tivemos uma altura de 1.50 metros da mesa de testes, com o luxímetro com a escala de 2000 lux.

Teste 1

No primeiro experimento testamos uma lâmpada incandescente de 100w, onde obtivemos uma medição de 190 lux conforme imagem abaixo:

Figura 4. Ambiente de teste lâmpada incandescente

fonte: próprio autor

Figura 4.1 Medição em Lux

fonte: próprio autor

Teste 2

No Segundo experimento testamos uma lâmpada led de 12w, onde obtivemos uma medição de 52 lux conforme imagem abaixo:

Figura 4.2. Ambiente de teste lâmpada led

fonte: próprio autor

Figura 4.3. Medição em Lux

fonte: próprio autor

Teste 3

No Terceiro experimento testamos uma lâmpada fluorescente de 15w, onde obtivemos uma medição de 36 lux conforme imagem abaixo:

Figura 4.4 Ambiente de teste lâmpada fluorescente

fonte: próprio autor

Figura 4.5 Medição em Lux

fonte: próprio autor

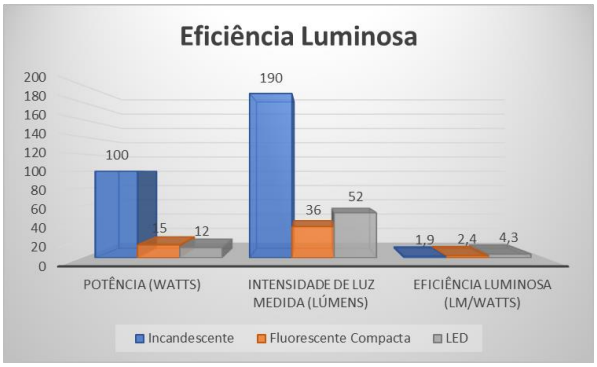
5 RESULTADOS E DISCURSÕES

Tabela 1. Planilha de comparação entre os tipos de lâmpadas

Tipo de lâmpada	Potência (Watts)	Intensidade de Luz Medida (Lúmens)	Eficiência Luminosa (Lm/Watts)
Incandescente	100	190	1,9
Fluorescente Compacta	15	36	2,4
LED	12	52	4,3

fonte: próprio autor

Gráfico 1. Eficiência luminosa



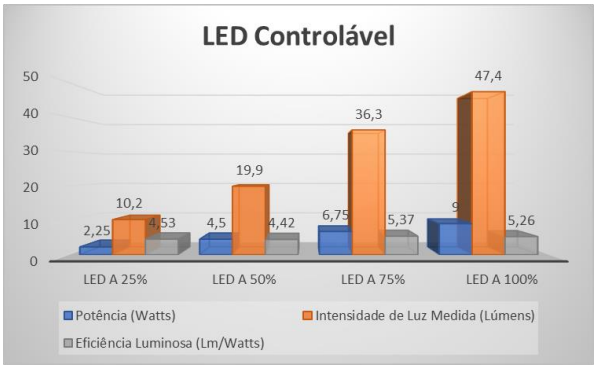
fonte: próprio autor

Planilha 2. Planilha de diferença de intensidade de lâmpada de led controlável

LED Controlável	Potência (Watts)	Intensidade de Luz Medida (Lúmens)	Eficiência Luminosa (Lm/Watts)
LED a 25%	2,25	10,2	4,53
LED a 50%	4,5	19,9	4,42
LED a 75%	6,75	36,3	5,37
LED a 100%	9	47,4	5,26

fonte: próprio autor

Gráfico 2. Comparativo da lâmpada led controlável



fonte: próprio autor

6 CONCLUSÃO

Através dos estudos realizados a partir da história do led ao longo dos anos de sua evolução é constatado que a tecnologia led está cada vez mais presente no nosso dia a dia seja na iluminação residencial, industrial, urbana ou em dispositivos como: Tv's e artigos de decoração entre outros. E cada dia mais devida sua eficiência luminosa e aplicabilidade em dispositivos com conexão à rede sem fio. Portanto, concluímos que a tecnologia LED tem desempenhado um papel fundamental na melhoria da iluminação em diversos setores. Sua eficiência energética e durabilidade tornam-na uma opção atrativa e econômica para substituir as antigas lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Além disso, a capacidade de conexão a redes sem fio torna os dispositivos LED ainda mais versáteis, permitindo seu controle e programação de forma remota. Isso proporciona maior comodidade e flexibilidade, possibilitando a criação de ambientes personalizados de iluminação. Com o avanço contínuo da tecnologia LED, espera-se que sua presença seja ainda mais predominante em nosso cotidiano. A iluminação residencial, industrial e urbana tem se beneficiado da eficiência e qualidade proporcionadas pelos LEDs, oferecendo uma melhor experiência visual e contribuindo para a redução do consumo de energia. Portanto, é evidente que a tecnologia LED está transformando a maneira como iluminamos nossos espaços, proporcionando não apenas uma iluminação mais eficiente, mas também oferecendo novas possibilidades de criação e controle de ambientes iluminados.

7 REFERÊNCIAS

Iluminação LED: principais benefícios. **BNDES**, 2017. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/iluminacao-led. Acesso em: 20 mar. 2023.

Iluminação de LED e sustentabilidade combinam com a indústria? **GRUPO MB**. Disponível em: https://grupomb.ind.br/iluminacao-de-led/. Acesso em: 20 mar. 2023.

Tabela de Equivalência das lâmpadas LED: ILUMINAÇÃO. **ELGIN**. Disponível em: https://blog.elgin.com.br/iluminacao/equivalencia-de-lampadas-led/. Acesso em: 20 mar. 2023.

Certificação Inmetro de LÂMPADAS LED. **BRICS**. Disponível em: https://www.brics-ocp.com.br/certificacao-de-produtos/lampadas-led/. Acesso em: 20 mar. 2023.

SOLDI, Dimas. Brasil quer eliminar lâmpadas com mercúrio até 2025: Meta está em acordo internacional. **Agência Brasil**, 2023. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-06/brasil-quer-eliminar-lampadas-com-mercurio-ate-2025. Acesso em: 03 jun. 2023.

BRETAS, G.; ONLINE, C. A. S. DE D. Prefeitura inicia substituição de lâmpadas na iluminação pública em Itabira. **Defato Online**. Disponível em: <https://defatoonline.com.br/prefeitura-inicia-substituicao-de-lampadas-na-iluminacao-publica-em-itabira/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SCOPACASA, Vicente A.. Introdução à Tecnologia de LED. ln: Lume Arquitetura. **Lume.** [S.l.]. 2 nov. 2021. Disponível em:

https://www.lumearquitetura.com.br/pdf/LA_Pro1/02%20-%20pro_leds_Vis%C3%A3o_Geral.pdf. Acesso em: 1 mai. 2023.

MARTINS, A. P. B. A LUZ, SUA HISTORIA E SUAS TECNOLOGIAS: CURSO DE ATUALIZAÇÃO PARA PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA. 1 ed. Rio de Janeiro: **CAp-UERJ**, v. 1, 2018.

RENATO. BRILANZE. São Paulo: **Brilanze**, 2018. Disponível em: https://www.brilanze.com.br/o-que-e-led/. Acesso em: 3 mai. 2023.

F, Gianelli B et al. O Emprego de Tecnologia LED na Iluminação Pública: Seus Impactos na Qualidade de Energia e no Meio Ambiente. 2019. 10 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, **UNICAMP**, 2019. Disponível em: https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%e7%e3o%20P%fablica/Artigos/o_emprego_de_tecnologia_led_na_iluminacao_publica_seus_impactos_na_qualidade_de_energia_e_no_meio_ambiente.pdf. Acesso em: 1 mai. 2023.

BATISTA, M. C. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. Orientador: Talía Simões dos Santos. 2015. TCC (Graduação) - Curso de Engenheira Ambiental, **UNICAMP, SCIELO**, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/gZgg9y4kV5RrgK8Mv6J9YNh/#. acesso em: 1 mai. 2023.

O QUE É UM LED, COMO ele funciona, e de onde ele surgiu? Disponível em: https://ledneonbrasil.com.br/o-que-e-um-led-como-ele-funciona-e-de-onde-ele-surgiu/. Acesso em: 1 mai. 2023.