

## PROTÓTIPO DE LUMINÁRIA LED DE BAIXO CUSTO COM USO DE FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA

**Fernanda Soares Lima** – e-mail: limas.fernanda99@gmail.com

**Igor Forcelli Silva** – e-mail: igor.forcelli@academico.ifpb.edu.br

Instituto Federal da Paraíba – Campus João Pessoa

PPGEE- Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica

Endereço: Av. Primeiro de Maio, 720 – Jaguaribe

CEP: 58015-435 – João Pessoa – PB

**Andréa Samara Santos de Oliveira Gomes** – e-mail: andsamara@hotmail.com

Instituto Federal da Paraíba – Campus João Pessoa

Unidade Acadêmica da Indústria

Endereço: Av. Primeiro de Maio, 720 – Jaguaribe

CEP: 58015-435 – João Pessoa – PB

**Resumo:** Atualmente, a iluminação pública no Brasil, em grande parte de seu território, é dispendiosa e ineficaz, visto que ainda são utilizadas lâmpadas a vapor de mercúrio e sódio. Por conta disso e pelo fato da tecnologia LED estar em grande ascensão, possibilitando maior conforto, segurança e menor custo, se torna interessante o desenvolvimento de um sistema de baixo custo capaz de prover a iluminação em locais abastecidos ou não, pela concessionária de energia elétrica e, assim, promover conforto e segurança, bem como melhorar a qualidade da iluminação pública, visando inibir a criminalidade. A solução proposta consiste em um protótipo constituído por um sistema híbrido, o qual pode ser alimentado tanto pela fonte convencional de tensão, como por fontes alternativas, por exemplo, a energia solar fotovoltaica. Para uso em locais abastecidos por concessionárias, um circuito retificador garante a alimentação para o funcionamento do LED. Já em locais desprovidos de abastecimento convencional, painéis fotovoltaicos e bateria são utilizados como fonte de eletricidade e o gerenciamento de energia é realizado pelo circuito integrado (XL6009) fornecendo a tensão necessária para o LED. O protótipo está montado e funcional, e responde aos objetivos básicos esperados. Embora diversos trabalhos já tenham sido desenvolvidos na área em questão, o diferencial do presente trabalho é o uso da tecnologia já existente para a resolução com baixo custo e bom desempenho de um problema cotidiano.

**Palavras-chave:** LED. Controle de luminosidade. Segurança. Redução de custos.

### 1 INTRODUÇÃO

Economizar energia tem sido cada vez mais essencial, principalmente nos últimos anos, por causa de questões ambientais, como as alterações climáticas e o aquecimento global (TOMPROS et al., 2009; HAN, CHOI e LEE, 2011). Vários sistemas de controle de luz são introduzidos no mercado atual, porque os sistemas de iluminação instalados estão desatualizados e ineficientes em termos energéticos. Isso provoca um grande interesse em pesquisas de projeto de sistemas de iluminação inteligentes, para impulsionar conforto do usuário e economia de energia (FARIA, 2014).

Somente recentemente é que essa tecnologia começou a ser propalada também em grandes projetos públicos. Portanto gradativamente, a antiga e estimada iluminação com lâmpadas de vapor vem sendo substituída pela iluminação a LED, devido a diversas vantagens, como:

economia de energia, dispensa o uso de reatores, sua vida útil teórica é de pelo menos 50 mil horas, mais que o dobro das lâmpadas em uso atualmente. Isso permite reduzir o número de manutenções, eliminando custos, a instalação é muito simples, já que usam a mesma tensão das lâmpadas convencionais. Não é necessário trocar fiação ou disjuntores e são muito mais leves. É sustentável e não possui materiais tóxicos para o meio-ambiente e ao ser humano, além disso, consome menos energia, diminuindo a emissão de CO<sub>2</sub> e pelo fato de não utilizar materiais nocivos, simplifica consideravelmente o processo de descarte. Permitem uma reprodução de cores superior à das lâmpadas de sódio, melhorando a percepção de elementos na paisagem urbana (LECCESE, 2013).

De acordo com a análise do professor Ken Pease (1999), especialista em prevenção de crimes, fica evidente como a iluminação melhorada pode ter uma variedade de efeitos diferentes sobre o crime como: na escuridão a iluminação aprimorada evita que os infratores potenciais aumentem o risco de serem vistos ou reconhecidos quando cometerem crimes. A iluminação melhorada pode encorajar mais pessoas a andar à noite, o que aumentaria a vigilância informal. Em consequência, os criminosos potenciais podem já não ver os vizinhos como alvos fáceis. Uma melhor iluminação pode aumentar o orgulho e a coesão da comunidade, levando a uma maior disposição para intervir no crime e denunciá-lo, transmitindo informações sobre os infratores.

Este projeto propõe a implementação de uma luminária fazendo uso da tecnologia LED por um sistema de alimentação híbrido, a energia para seu funcionamento poderá ser fornecida pela rede elétrica como por painéis fotovoltaicos, será voltado para iluminação de cidades no interior do país nas quais a transmissão de energia elétrica ainda não alcançou pelo seu alto custo.

## 2 ESTADO DA ARTE

Torna-se amplamente reconhecido que o ambiente de iluminação visual tem uma influência sobre o conforto e a produtividade dos ocupantes (LINHART, 2010; LI, 2011; VEITCH *et al.*, 2008). Além disso, a iluminação é um dos principais fatores constituintes do uso de energia elétrica em edifícios (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2003), provocando um grande interesse no projeto de sistemas de iluminação inteligentes impulsionado pelo conforto do usuário e economia de energia (PAN *et al.*, 2008; VEITCH *et al.*, 2008; YEH *et al.*, 2010). Como exemplo, temos Pan *et al.* (2008) que propõe um sistema doméstico inteligente de iluminação LED que autonomamente ajusta o valor mínimo de intensidade de luz para melhorar a eficiência energética e satisfação do usuário, Veitch *et al.* (2008) propõe o estudo sobre a influência da iluminação do ambiente de trabalho em relação a produtividade e o bem estar do usuário, Yeh *et al.* (2010) faz uso de redes de sensores e atuadores sem fio, em que algoritmos de decisão controlam dispositivos de iluminação locais adaptando a iluminação do ambiente de forma autônoma.

## 3 OBJETIVO

Construir um equipamento capaz de produzir conforto e segurança, melhorar a qualidade da iluminação pública, visando inibir a criminalidade com o fomento de pesquisas sobre a tecnologia LED, pelo fato das fontes de iluminação utilizadas se apresentarem ineficazes e ultrapassadas.

## 4 METODOLOGIA

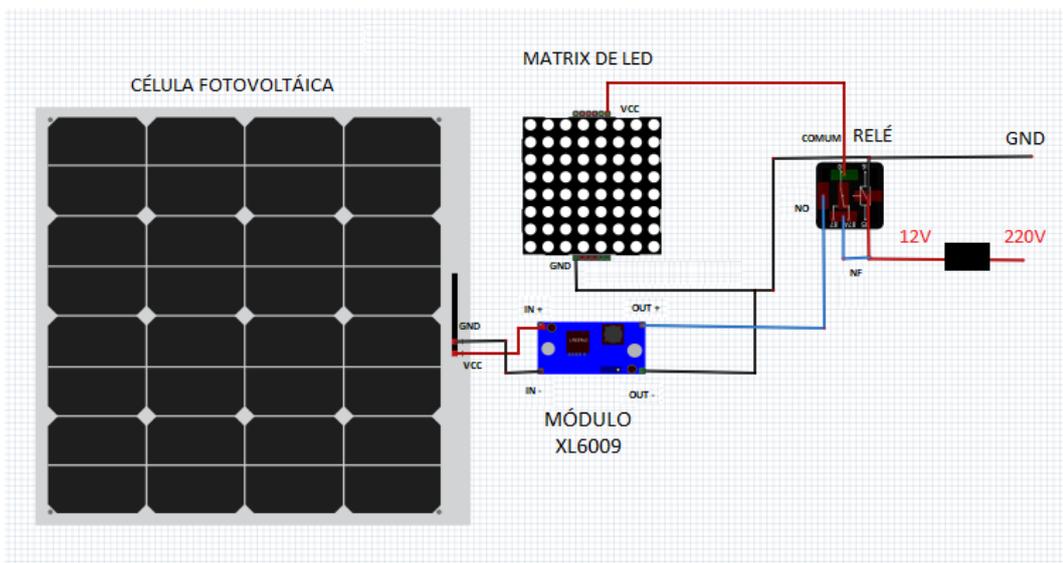
A tecnologia LED utilizada para o sistema de iluminação apresenta duas formas atuantes, a primeira seria a rede elétrica convencional, e a segunda a rede elétrica alternativa. O foco do

projeto estará concentrado na fonte luminosa e o sistema de conexão com a rede. Este tendo conexão elétrica seja com fonte convencional ou alternativa.

O benefício da seleção da forma de energia que irá alimentar a luminária é importante para economizar gastos, ao evitar o uso da rede convencional, além de incentivar o aumento no número de pesquisas na área de energias renováveis, área imprescindível para o desenvolvimento sustentável da matriz energética. As conexões de funcionamento do protótipo ficaram como demonstra a Figura 1.

O sistema funciona da seguinte forma: O usuário tem a possibilidade de escolher ligar a matriz de LED pela rede convencional, ou pela fonte de energia alternativa, onde, no caso, o relé tem a função de fazer a seleção. O modo automático seria a alimentação da matriz de LED pela rede convencional, situação em que o contato N.F. (normalmente fechado) do relé faz a ligação. Ao mudar de opção, o contato N.A. (normalmente aberto) selaria seu contato (fecha), fazendo com que a carga receba energia da rede alternativa, assim, em ambos os casos, liga-se o LED. A fácil manutenção das lâmpadas LED é um dos principais fatores, também, para apontar a implementação de luminárias com tal tecnologia como melhor solução.

Figura 1 - Condição de funcionamento do sistema proposto atual



Fonte: Acervo Pessoal.

Para medição de fluxo luminoso (em lúmens) nos ensaios com as lâmpadas de vapor e de LED é utilizado o luxímetro digital, modelo MLM-1020, ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Luxímetro modelo MLM-1020. Resultado de imagem para luxímetro



Fonte: Loja do profissional, 2018.

A iluminação proposta seria produzida pela utilização do LED, conforme ilustrado na Figura 3. Seu funcionamento implica em uma alimentação de 12 V, com potência de 60 W, apresentando uma temperatura de cor de 6000 Kelvins (K).

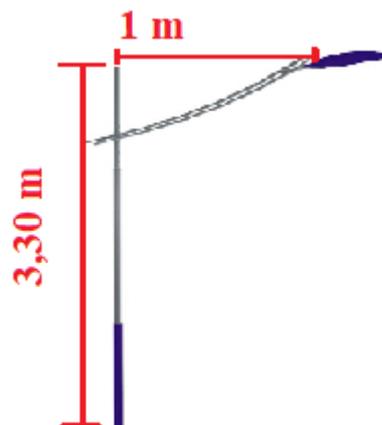
Figura 3 - Led acoplado com dissipador.



Fonte: Acervo pessoal.

Os ensaios para medição do fluxo luminoso foram realizados no Laboratório de Postes do IFPB – Campus João Pessoa. Utilizaram-se lâmpadas de vapor de mercúrio, vapor de sódio, mista e de LED. O poste em que foram colocadas as luminárias mede 3,30 m de altura. As lâmpadas de vapor de mercúrio, vapor de sódio e mista, foram colocadas em luminárias utilizadas atualmente na iluminação pública, as quais têm 1 metro de comprimento, distância para o receptáculo da lâmpada, como é possível visualizar na Figura 4.

Figura 4 - Ilustração do poste utilizado para o ensaio com as lâmpadas

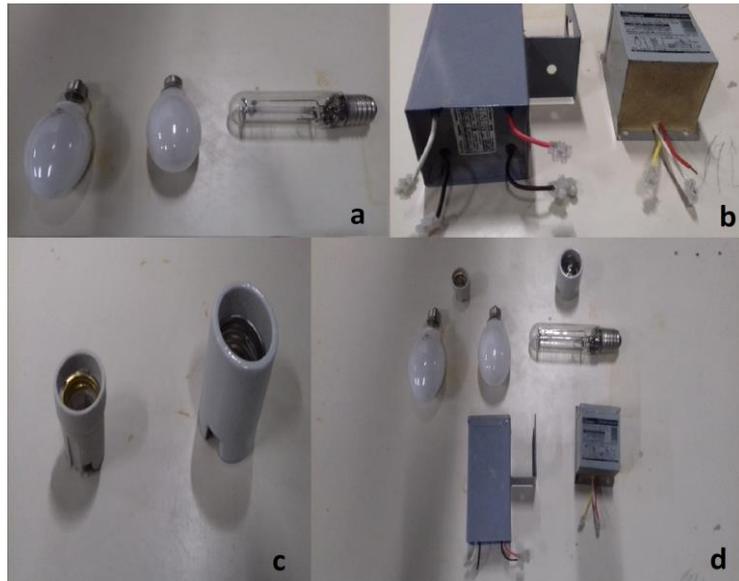


Fonte: Acervo Pessoal.

O objetivo do ensaio era procurar pelo maior ponto de luz, no qual as lâmpadas emitiam maior fluxo luminoso. A distância do poste até o ponto em que se obtém a maior iluminação, não é necessariamente a mesma distância em que a lâmpada está suspensa, pois ela fica suspensa a 1 m de distância, como mostra a Figura 4. A distância para a lâmpada LED acabou sendo diferente, pois a luminária utilizada para o experimento foi construída especificamente para ela, portanto não foi a mesma utilizada para as luminárias normais, da iluminação pública atual. Neste experimento, fez-se necessária a utilização de um luxímetro para detectar o local com maior fluxo luminoso.

Na Figura 5, o quadro “a” mostra as lâmpadas vapor de sódio 70W, mista 160W e vapor de mercúrio 150W, da esquerda para direita. Para utilizar as lâmpadas de mercúrio e de sódio, são necessários reatores, os quais estão ilustrados no quadro “b”; o reator para lâmpada vapor de sódio 70W (direita) e para lâmpada vapor de mercúrio 150W (esquerda). No quadro “c” da Figura 5, têm-se os receptáculos utilizados para conexão elétrica, o do lado esquerdo fora utilizado para a lâmpada vapor de sódio e a mista, e o do lado direito apenas para a lâmpada de mercúrio. No quadro “d”, todas as lâmpadas juntas, com seus reatores, e seus receptáculos.

Figura 5 - Componentes das lâmpadas utilizadas para ensaio



Fonte: Acervo Pessoal.

A respeito das luminárias utilizadas, foram utilizados dois tipos, a luminária comum em iluminação pública para as lâmpadas de vapor de mercúrio, vapor de sódio e a mista, e para os ensaios com a lâmpada LED foi utilizada uma luminária construída no propósito deste projeto. Elas estão representadas na Figura 6.

Figura 6 - Luminárias utilizadas durante os ensaios.



Fonte: Acervo Pessoal.

## 5 RESULTADOS

Para análise da relação custo-benefício foi elaborada a Tabela 1, onde é apresentado o custo estimado das luminárias públicas existentes e da luminária proposta neste trabalho, a qual faz uso da tecnologia LED, bem como alguns de seus parâmetros mais importantes.

Tabela 1 - Comparativo entre as lâmpadas: vapor de mercúrio, vapor de sódio e LED.

	Vapor de Mercúrio	Vapor de Sódio	Mista	LED
Modelo	HQL® 125	SON-E 70W	HWL® 160 225 V	SWISSPORT H7
Potência	125W	70W	160W	50W
Vida Útil	16000 horas	26000 horas	10000 horas	50000 horas
Temperatura de Cor	4200 kelvins	2000 kelvins	3600 kelvins	6000 kelvins
Fluxo Luminoso	6300	5600	3100	5000 lúmens
Custo Lâmpada(R\$)	15,36	35,27	16,73	25,00
Custo Reator(R\$)	58,85	43,29	-----	-----
Custo driver(R\$)	-----	-----	-----	32,00
Custo Fotocélula(R\$)	15,91	15,91	15,91	-----
Custo Luminária(R\$)	29,78	29,78	29,78	25,00
Custo Total(R\$)	119,90	124,25	62,42	82,00

Fonte: Alcelétrica, 2019; Loja Elétrica LTDA, 2019.

Para não comprometer o experimento com medições equivocadas, colocamos uma mesa (de altura 75 cm) centralizada no foco da luminária e posicionamos o luxímetro sobre a mesa. Em seguida, procuramos o ponto em que o medidor indicava a incidência do maior fluxo luminoso. A Tabela 2 apresenta dados para uma análise comparativa de acordo com o ensaio realizado.

Tabela 2 - Ensaio efetuado com quatro tipos de lâmpadas: vapor de mercúrio, vapor de sódio, mista e LED.

	Vapor de Mercúrio	Vapor de Sódio	Mista	LED
Potência	125W	70W	160W	50W
Vida Útil	16000 horas	26000 horas	10000 horas	50000 horas
Temperatura de Cor	4200 kelvins	2000 kelvins	3600 kelvins	6000 kelvins
Distância do poste até a célula	153 cm	153 cm	153 cm	153 cm
Altura da mesa	75 cm	75 cm	75 cm	75 cm
Quantidade de lúmens no maior ponto	200 lux	91 lux	69 lux	30 lux

Fonte: Acervo Pessoal.

A medição da densidade de fluxo luminoso não ocorreu como se esperava, possivelmente a luminária não foi adequadamente projetada para uma melhor valorização do LED, pois ela não proporcionou uma quantidade maior de fluxo luminoso.

Foram feitos outros ensaios para se verificar a questão da visibilidade de cores. Durante estes testes, a lâmpada LED mesmo sem ter um ponto de foco com alta densidade de fluxo luminoso, visualmente pode-se perceber que propicia uma boa clareza na detecção das cores. Para tanto, foi usado um disco cromático que continha cores primárias e secundárias. Além disso, utilizou-se, também, uma paleta de cores contendo uma boa diversidade de cores primárias e secundárias para melhor avaliação.

As Figuras 7 e 8 são registros referentes ao ensaio das lâmpadas vapor de mercúrio, vapor de sódio, mista e LED, mostrando seu efeito de iluminação a partir do poste na percepção das cores.

Na Figura 7 é mostrado em 4 quadros a visão dos postes e suas intensidades luminosas para as lâmpadas utilizadas. No quadro "A" é a perspectiva utilizando a lâmpada vapor de mercúrio, em seguida no quadro "B" têm-se o ensaio com a lâmpada vapor de sódio, e no quadro "C" e "D", respectivamente, vê-se a perspectiva com as lâmpadas mista e de LED.

Figura 7 - Visão do poste no ensaio com as lâmpadas.



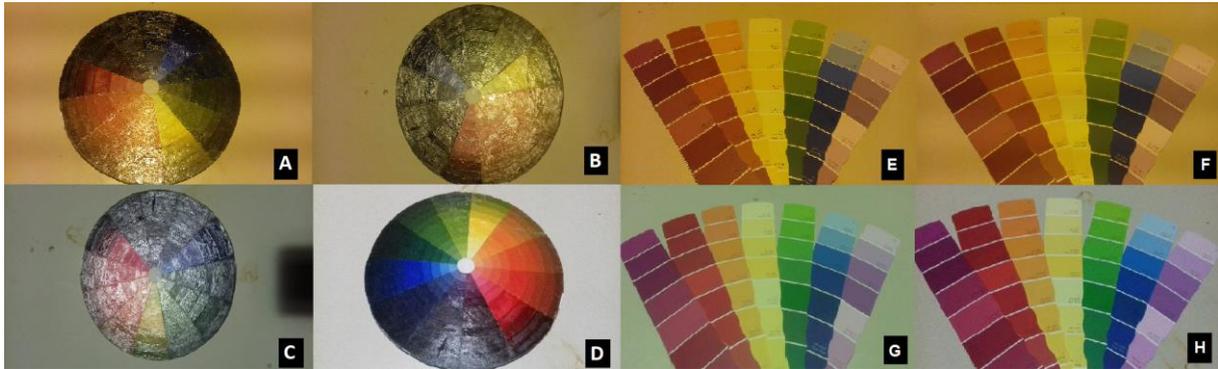
Fonte: Acervo Pessoal.

É possível perceber as diferenças, ao olhar a cor do chão dependendo da lâmpada, e a cor do móvel de madeira ao fundo, que tem uma variação ao ser colocado uma cor quente, neutra e fria.

Na Figura 8, é mostrado em 4 quadros ("A", "B", "C", "D"), imagens do disco cromático, com as cores primárias e secundárias, cada quadro com a iluminação feita por um tipo diferente de lâmpada, e nos outros 4 quadros restantes ("E", "F", "G", "H"), a percepção visual das paletas de cores. O objetivo foi perceber qual das fontes luminosas ensaiadas permite uma melhor visibilidade das cores. Para não interferir nos resultados, as fotos tiradas durante o experimento não tiveram auxílio de flash, porém houve algumas reflexões nos discos cromáticos, e essas reflexões foram causadas pela própria lâmpada utilizada no ensaio.

Nos quadros "A" e "E" da Figura 8 a iluminação é proveniente da lâmpada vapor de mercúrio, nos quadros "B" e "F", o ensaio tem a lâmpada vapor de sódio como fonte de luz, nos quadros "C" e "G", a lâmpadas mista foi utilizada, e em "D" e "H" tem-se a lâmpada de LED para iluminação.

Figura 8 – Visão do disco cromático e da paleta de cores no ensaio com as lâmpadas



Fonte: Acervo Pessoal.

A visibilidade de cores proporcionada pela lâmpada LED em comparação com as demais é bem melhor, o que é perceptível a olho nu, não apenas porque no ensaio do quadro “D” não houve reflexão, mas também, pela percepção da cor da mesa sobre a qual o disco cromático estava posicionados durante os ensaios, apresentando uma imagem mais branca, como de fato ela é, diferentemente de quando estava sendo iluminada pelas outras lâmpadas.

Na Figura 8, existe certa proximidade entre as imagens nos quadros para cada teste visual (disco cromático e paleta), porém, observando-se mais atentamente, os quadros “D” e “H” têm uma visibilidade mais clara, tornando as cores tanto do disco cromático como das paletas mais “vivas”. É possível perceber até mesmo pela cor da mesa do experimento, que o efeito luminoso da lâmpada de LED é melhor, promovendo uma visão mais real das cores.

## 6 CONCLUSÃO

O protótipo respondeu aos objetivos básicos esperados. Tornou-se viável fazer os ensaios práticos para uma comparação e validação do protótipo. Assim deve existir um equilíbrio na relação entre potência, lúmen fornecido e máxima temperatura de cor. O protótipo foi implementado com dispositivos de baixo custo. Com a solução proposta o produto apresenta acionamento híbrido, podendo acionar o LED tanto pela rede elétrica convencional, como pela fonte alternativa de energia, que no caso seria um painel fotovoltaico.

Percebe-se que pode utilizar a mesma potência para as fontes luminosas e até uma quantidade equiparada de lúmens, mas o fator principal que diferenciara as fontes, tornando uma mais eficaz que a outra é sua temperatura de cor.

É esperado que o projeto estimule os estudos de sistemas de iluminação deste tipo. Em suma, certamente a lâmpada LED tem muito o que proporcionar de melhorias na iluminação pública, pelo fato do ensaio de visibilidade de cores, ter excedido as expectativas e pela significativa economia de energia elétrica, quando relacionado a potência das lâmpadas em questão.

### *Agradecimentos*

Gostaríamos de agradecer ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, do Campus João Pessoa, pelo apoio técnico e financeiro.

## REFERÊNCIAS

- ALCELÉTRICA. **Alcelétrica**: Lâmpada de descarga - OSRAM. Disponível em: <<http://www.alceletrica.com.br/pdf/Osram%20catlogo-geral-2013---Impadas-de-descarga-de-alta-pressao.pdf>>. Acesso em: 01 de jul. de 2019.
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS). U.S. **Department of Energy**, 2003.
- FARIA, Ana Carolina. **Iluminação sustentável: os benefícios da tecnologia LED nos projetos de iluminação**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2014.
- HAN, Jinsoo; CHOI, Chang-Sic; LEE, Ilwoo. More efficient home energy management system based on ZigBee communication and infrared remote controls. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 57, n. 1, p. 85-89, 2011.
- LECCESE, Fabio. Remote-control system of high efficiency and intelligent street lighting using a ZigBee network of devices and sensors. **IEEE transactions on power delivery**, v. 28, n. 1, p. 21-28, 2012.
- LI, Danny H.W.; LAM, Joseph C. Evaluation of lighting performance in office buildings with daylighting controls. **Energy and buildings**, v. 33, n. 8, p. 793-803, 2001.
- LINHART, Friedrich; SCARTEZZINI, Jean-Louis. Minimizing lighting power density in office rooms equipped with anidolic daylighting systems. **Solar Energy**, v. 84, n. 4, p. 587-595, 2010.
- LOJA do profissional. **Loja do profissional**. Luxímetro Datalogger – MLM1020 - Minipa. Disponível em: <<https://www.lojadoprofissional.com.br/luximetro-datalogger-interface-usb-mlm-1020-minipa>>. Acesso em: 07 de ago. 2018.
- LOJA Elétrica LTDA. **Loja Elétrica**: A loja mais completa do Brasil. Página Inicial. Disponível em: <<http://www.lojaeletrica.com.br>>. Acesso em: 02 de jul. de 2019.
- PAN, Meng-Shiuan *et al.* A WSN-based intelligent light control system considering user activities and profiles. **IEEE Sensors Journal**, v. 8, n. 10, p. 1710-1721, 2008.
- PEASE, Ken. A review of street lighting evaluations: crime reduction effects. IN: Painter and Tilley (ed.), **Surveillance of Public Space: CCTV, Street Lighting and Crime Prevention, Crime Prevention Studies**, v. 10, p. 47-76. 1999.
- TOMPROS, S. *et al.* Enabling applicability of energy saving applications on the appliances of the home environment.. **IEEE Network**, v. 23, p. 8 – 16, Novembro de 2009.
- VEITCH, Jennifer A. *et al.* Lighting appraisal, well-being and performance in open-plan offices: A linked mechanisms approach. **Lighting Research & Technology**, v. 40, n. 2, p. 133-151, 2008.

YEH, W. *et al.* Autonomous light control by wireless sensor and actuator networks. **IEEE Sensors**, v. 10, n. 6, p. 1029 – 1041, 2010.

## LOW COST LED LIGHT PROTOTYPE WITH ALTERNATIVE USE POWER SOURCE

**Abstract:** *Currently, public lighting in Brazil, in much of its territory, is expensive and inefficient, since mercury and sodium vapor lamps are still used. Due of this, and because LED technology is on the rise, allowing greater comfort, safety and lower cost, it becomes interesting to develop a low cost system capable of providing lighting in places supplied or not, by the electric utility and thus to promote comfort and safety, as well as to improve the quality of public lighting, in order to inhibit crime. The proposed solution consists of a prototype consisting of a hybrid system, which can be powered by both the conventional voltage source and by alternative sources, such as photovoltaic solar energy. For use in locations supplied by utilities, a rectifier circuit guarantees the power to the operation of the LED. Already in places without conventional supply, photovoltaic panels and battery are used as a source of electricity and power management is performed by the integrated circuit (XL6009) providing the necessary voltage for the LED. The prototype is assembled and functional, and responds to the expected basic objectives. Although several works have already been developed in the area in question, the differential of the present work is the use of the existing technology for the resolution with low cost and good performance of a daily problem.*

**Key-words:** *LED, Control of luminosity, Safety, Reduced costs.*