



GERENCIAMENTO REMOTO APLICADO A SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA A LED[√]



Rodrigo Gonçalves LEOPOLDO*
Cristiano Gomes CASAGRANDE**
Fernando José NOGUEIRA***

RESUMO

A importância do combate ao desperdício de energia é tema de diversas discussões na sociedade moderna. A busca por tecnologias sustentáveis cresce cada vez mais, e os LEDs, por apresentarem características como maior tempo de vida útil, elevada eficácia luminosa, e melhor facilidade de dimerização, fazem parte de uma das soluções encontradas, no campo da iluminação, para contribuir com a redução desse desperdício. Este trabalho tem como objetivo apresentar a tecnologia LED em redes de iluminação pública e também de avaliar o desempenho dessas luminárias e o sistema de telegerenciamento integrado a elas. Apresentam-se primeiramente os LEDs e suas características, e as luminárias e sua composição. Após, será abordado o tema telegerenciamento, com uma revisão de alguns protocolos de comunicação utilizados. No fim, será mostrado um estudo de caso de um sistema de telegerenciamento integrado de luminárias LED, feito na Universidade Federal de Juiz de Fora, estudo esse sendo feito para enfatizar como o sistema de telegerenciamento pode contribuir para a eficiência energética do sistema de iluminação pública.

Palavras-Chave: LEDs. Luminárias. Iluminação pública. Telegerenciamento. Eficiência energética.

1 INTRODUÇÃO

As recentes discussões sobre a economia de energia mostram que o cenário mundial atual necessita de várias adequações em seus sistemas de energia elétrica. Um desses importantes sistemas é o de IP (iluminação pública). Estima-se que a IP é responsável por utilizar 30% de toda energia elétrica produzida no mundo para

[√] Artigo recebido em 22 de setembro de 2015 e aprovado em 15 de dezembro de 2015.

* Graduado em Engenharia de Telecomunicações pelo Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora (CES/JF). @: rodrigoleopoldo@yahoo.com.br

** Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). @: casagrandejf@yahoo.com.br

*** Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). @: fernando.nogueira@engenharia.ufjf.br

gerar iluminação artificial (POLONSKII & SEIDEL, 2008). Devido a esse importante fato, um setor de iluminação eficiente é de extrema importância, visto que isso proporciona uma grande redução de impactos ambientais e econômicos, diminuindo assim o consumo mundial de energia.

Os sistemas de IP atuais utilizam normalmente lâmpadas de descarga em alta pressão (vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor metálico). Essas lâmpadas se apresentaram como soluções econômicas e eficientes comparadas às lâmpadas incandescentes e fluorescentes, suas antecessoras (ŽUKAUSKAS *et al.*, 2002). Mesmo sendo consideradas econômicas, as lâmpadas de descarga de alta pressão, apresentam altas taxas de perda energética, pois o processo de produção de luz está associado à elevação de temperatura, e como não existe um sistema de resfriamento eficaz acaba que o tempo de vida útil dessas lâmpadas é reduzido (ŽUKAUSKAS *et al.*, 2002).

O uso de LEDs (diodos emissores de luz – *light-emitting diodes*) no setor de iluminação pública mostra uma grande evolução tecnológica nos últimos anos. Estudos recentes no campo de iluminação apontam os LEDs como lâmpadas eficazes, capazes de integrar um sistema eficiente (RODRIGUES, 2012). A comprovada eficácia luminosa, longa vida útil, maior resistência mecânica, facilidade de controle sobre a intensidade luminosa (dimerização), capacidade de emitir luz branca e um ótimo índice de reprodução de cores (IRC), são fatores determinantes que justificam o uso dos diodos emissores de luz em IP (NOGUEIRA *et al.*, 2013). Contudo, um dos melhores benefícios que o LED pode trazer com sua utilização no campo de iluminação pública é o de diminuição de consumo elétrico: quase 50% da energia mundial consumida por iluminação artificial pode ser poupada com o uso de lâmpadas de estado sólido (TSAO, 2004). Não só pela redução de consumo, o meio ambiente também seria beneficiado com a diminuição de poluição, pois esses dispositivos diferentes das lâmpadas convencionais não apresentam gases tóxicos internos (NOGUEIRA *et al.*, 2013).

O surgimento de novas tecnologias que possam aumentar a eficácia do sistema de IP como um todo, é um campo de interesse mundial que atrai altos investimentos. Essas tecnologias de lâmpadas eficazes têm a possibilidade de se associar com as modernizações no campo de telecomunicações, onde um estudo de sistemas de iluminação pública telegerenciados através de protocolos se torna



bastante atrativo, e mostra que essa aliança entre iluminação e telecomunicação pode trazer benefícios importantes para um meio ambiente sustentável.

O objetivo central desse trabalho é demonstrar através de pesquisas bibliográficas que o uso de sistemas de telegerenciamento em sistemas de iluminação pública pode proporcionar economia de energia (ou redução do desperdício de energia). Também será apresentado no trabalho um estudo prático realizado na Universidade Federal de Juiz de Fora, incluindo os resultados de simulação de dimerização em um sistema de iluminação pública na Faculdade de Engenharia da UFJF, apoiando a funcionalidade que este tipo de sistema oferece em otimizar o consumo de energia elétrica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DIODOS EMISSORES DE LUZ

Os LEDs foram descobertos no ano de 1962 pela General Electric e desde então passaram a ser uma tecnologia que atraiu atenção de vários estudos e investimentos, obtendo assim grandes avanços. No início, era possível apenas a obtenção de emissão da cor vermelha. LEDs verdes e amarelos não demoraram muito a surgir, ficando a tecnologia limitada a essas cores por três décadas. Com apenas essas três cores, os LEDs tinham sua aplicabilidade reduzida, eram usados como indicadores e também para sinalização. Mas, a partir da década de 90, surgiu o LED azul e dele foi possível o desenvolvimento de LEDs que emitem luz branca, possibilitando assim a entrada dessa tecnologia em aplicações de iluminação em geral.

2.2 LUZ BRANCA NOS LEDS

A emissão de luz branca é a mais desejada na área de iluminação. Isso se deve ao fato de que todas as frequências visíveis são observadas em ambientes que são iluminados por esse tipo de luz, com isso o olho humano é capaz de identificar e distinguir sem muito esforço todas as cores perfeitamente (NOGUEIRA *et al.*, 2013).

A obtenção de luz branca nos diodos emissores de luz pode ser obtida de duas maneiras diferentes: a primeira é obtida através da combinação de LEDs de cores primárias (vermelha, verde e azul, LEDs RGB). A mistura dessas cores

produzirá a luz branca. A segunda é obtida através de LEDs monocromáticos azuis revestidos com uma camada de fósforo amarelo. O fósforo absorve a luz azul emitida pelo LED que ele reveste e, através disso, emite luz branca (SCHUBERT, 2006). Esses LEDs revestidos são denominados PC – LEDs (*Phosphor Converter LEDs*).

Os PC – LEDs são os mais utilizados em iluminação pública, visto que a temperatura de cor do LED pode ser controlada no momento de sua fabricação através de aumento ou diminuição de dopagem com fósforo em seu revestimento (SCHUBERT, 2006).

2.3 ILUMINAÇÃO PÚBLICA A LED

Os grandes investimentos de fabricantes nos dias atuais acarretou em um rápido desenvolvimento da tecnologia LED na área de IP. O favorável investimento em LED se deve a vários fatos, dentre eles: a busca por uma fonte de luz artificial de alta eficiência, boa reprodução de cores, confiabilidade e baixa emissão de resíduos contaminantes para o ambiente, seja na produção ou no descarte final (VASCONCELLOS, 2013).

O LED muda, significativamente, as concepções no setor de iluminação conhecidos até os dias atuais pelo fato que a sua emissão de fluxo luminoso é direcionada, divergindo assim das lâmpadas convencionais, que emitem fluxo luminoso para todos os lados. Essa particularidade é interessante, pois traz como vantagem a diminuição da poluição luminosa e também é possível projetar um arranjo bem mais eficaz do fluxo luminoso. Através dessa redistribuição de fluxo, luminárias LED são capazes de gerar o mesmo nível de iluminamento que lâmpadas presentes nas luminárias atuais, que apresentam maior fluxo luminoso. Essa característica se torna a grande vantagem dos diodos emissores de luz na IP.

Outras vantagens das luminárias LED em IP (RODRIGUES, 2012) são: Elevado índice de reprodução de cores; Design livre adaptado para diferentes ambientes; Segurança (alta resistência a impactos e tensão reduzida no LED diminui danos com acidentes elétricos); Redução dos custos de manutenção (devido à elevada vida útil); Luz branca com diversidade de Temperatura Correlata de Cor; Luz colorida de alta eficiência e saturação (LEDs RGB); Possibilidade de dimerização; Maior eficiência luminosa (relação entre o fluxo luminoso gerado e o



fluxo luminoso que sai da luminária); Estreita faixa de emissão de luz (não produz radiação infravermelha e ultravioleta, que podem causar degradação dos componentes da luminária);

2.3.1 Luminárias LED

Alguns fatores importantes devem ser levados em consideração no uso de luminárias LEDs na iluminação pública, o projeto térmico é um deles, pois altas temperaturas podem prejudicar o funcionamento dessas lâmpadas e também reduzir sua vida útil.

Com a chegada de LEDs de alta potência, que apresentam gastos de energia inferior e também maior tempo de vida útil e elevada eficácia luminosa, o uso destes componentes vem aumentando, principalmente na área de IP. Quanto maior o fluxo luminoso maior será a temperatura de junção dos LEDs. Com isso, o gerenciamento térmico é um ponto importante para LEDs de alta potência (CHI *et al.*, 2008).

Todas as fontes de luz convertem energia elétrica em energia radiante e calor em várias proporções (Tabela 1). LEDs geram pouco ou nenhuma radiação infravermelha (IR) ou ultravioleta (UV) no fecho, mas convertem entre 20% e 30% da energia em luz visível, o restante é convertido em calor (DOE, 2007).

TABELA 1
Conversão de potência relativa para fontes de luz "brancas"

Energia radiante / Calor	Incandescente 60 W	Fluorescente Tubular	Vapor Metálico	LED
Luz Visível	8%	21%	27%	20 – 30%
IR	73%	37%	17%	~ 0%
UV	0%	0%	19%	0%
Total Energia Radiante	81%	58%	19%	20 – 30%
Calor (Condução + Convecção)	19%	42%	63%	70 – 80%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

Fonte: Adaptado de: DOE, 2007

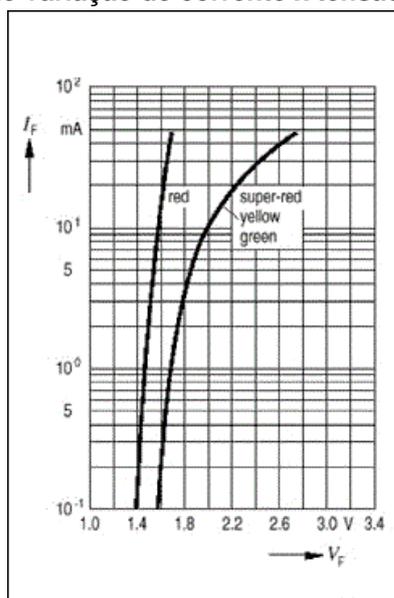
Assim é de fundamental importância que essas luminárias possuam um sistema passivo de resfriamento para dissipar calor (JOSEFOWWICZ, 2010).

O projeto de construção mecânica de uma luminária LED, principalmente para aplicações em iluminação pública deve levar em consideração a expectativa de vida, acima de 15 anos, dos LEDs, que não devem apresentar falhas durante este período de tempo. Em resumo, o projeto mecânico deve levar em consideração (JOSEFOWWICZ, 2010):

- Ausência de emendas que permita o escoamento da água (expansão e danos por congelamento da água da chuva);
- Proteção para o sistema óptico (vento, chuva e outras condições de mau tempo);
- Superfície superior curvada para promover a auto limpeza;
- Dispositivo de fixação ao poste baseado em normas existentes.

Também incorporam as luminárias, controladores eletrônicos, chamados *drivers*. Nos LEDs a corrente aumenta rapidamente com o aumento da tensão. Pequenas flutuações de tensão podem causar grandes variações de corrente (Figura 1), que podem danificar os LEDs. A conexão de luminárias LED a uma fonte de tensão como a rede de distribuição de energia elétrica ou baterias, deve ser controlada de modo que os LEDs possam utilizá-la de forma segura. Este é o trabalho do controlador eletrônico de LEDs (WEINERT,2010).

FIGURA 1
Gráfico de variação de corrente x tensão nos LEDs



Fonte: Adaptado de: WEINERT, 2010



3 TELEGERENCIAMENTO

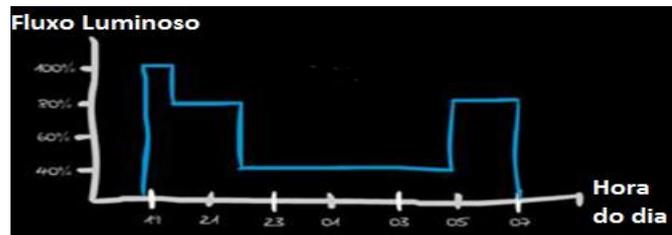
O telegerenciamento consiste em um controle remoto. Os sistemas de telegestão mais modernos utilizam tecnologias abertas e ligação à Internet e permitem o controle da iluminação por meio de aplicativos baseados na Web. Com tecnologia sem fio (*wireless*) permitem o monitoramento, o controle, a medição e a gestão de iluminação, que melhora a confiabilidade e segurança. Cada ponto de luz pode ser ligado / desligado ou desativado a qualquer momento. O estado de funcionamento, o consumo de energia, e possíveis falhas, juntamente com data e hora exata e a localização geográfica, são armazenadas em um banco de dados que pode ser acessado remotamente pelos gestores de iluminação pública, no sentido de assegurar o nível exato de luz para a sua aplicação, que permite melhorar a confiabilidade da iluminação pública e reduzir os custos operacionais (SCHRÉDER, 2009).

Os sistemas de controle e monitoramento normalmente são realizados por meio de comunicação com fios (PLC), que utiliza a rede elétrica de distribuição tradicional, e é uma solução cara em face da instalação dos cabos e manutenção envolvida. Com os avanços das redes de sensores sem fio (*Wireless Sensor Networks – WSNs*), os sistemas de controle e monitoramento tornaram-se mais acessíveis e rentáveis. Nestes sistemas, os parâmetros mais importantes, como tensão, corrente, temperatura, potência, tempo de funcionamento e outros dados relacionados, são monitorados e transmitidos a uma estação central (BILGIN *et al.*, 2012).

Uma das características importantes de um sistema de telegerenciamento é o controle do fluxo luminoso por ciclos pré-programados (Figura 2), que consistem na variação do fluxo luminoso das luminárias de uma maneira programada. Por exemplo, é possível alterar os níveis de iluminação durante períodos do dia, reduzindo a potência das luminárias em períodos noturnos em que há menor circulação de pedestres e veículos, o que deve estar de acordo com as normas definidas para o local a ser iluminado (SCHREDER, 2013).

FIGURA 2

Níveis de fluxo luminoso durante o dia por ciclos pré-programados



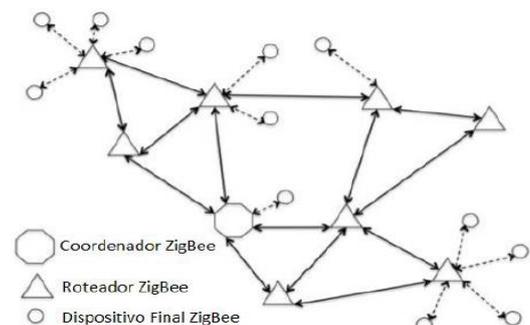
Fonte: Adaptado de: SCHREDER, 2013

3.1 ZIGBEE IEEE 802.15.4

A tecnologia *ZigBee* consiste em um sistema de rede sem fio de baixo consumo de energia e de baixo custo. Ele usa a tecnologia denominada Espectro de Propagação de Sequência Direta (*Direct Sequence Spread Spectrum – DSSS*) com frequência de trabalho com 868MHz, 915MHz e 2.4GHz. A frequência de DSSS não precisa de licenças. Adapta-se aos dados de comunicações de pequeno volume por ocasião da eficiência de transferência de dados. A segurança e a confiabilidade dos dados têm um conjunto de requisitos, e seu custo e consumo de energia são muito baixos. Portanto, *ZigBee* tem perspectivas de ampla aplicação em controle de iluminação (SHIZHONG et al., 2012).

É possível integrar o protocolo em dispositivos móveis, de forma que permita a troca de informações entre esses dispositivos. Além disso, é possível controlar aparelhos eletrônicos com ele, ele também permite implementação de leitura de dados relacionados à iluminação, possibilitando que seja feito controle de eficiência e de resposta oportuna a picos de consumo de forma segura. Assim, a informação transmitida não pode ser acessada por ninguém que não seja emissor ou destinatário, sendo implementados diversos mecanismos que visam à proteção e integridade da informação, como chaves de segurança (SECA, 2013).

FIGURA 3
Modelo de Rede *ZigBee*



Fonte: Adaptado de: YÜKSEL et al., 2011



Os nós de uma rede ZigBee (Figura 3) comportam-se como retransmissores de informação dentro da malha definida pela rede (*mesh*) fazendo chegar a informação a cada um dos nós, conforme o caminho disponível para o efeito (SECA, 2013).

Utilizando esse protocolo é possível criar, para pequenas distâncias (aproximadamente 100 metros) comunicação entre pontos diversos de luz que recebem dados sem necessidade de fiação que os una (SECA, 2013).

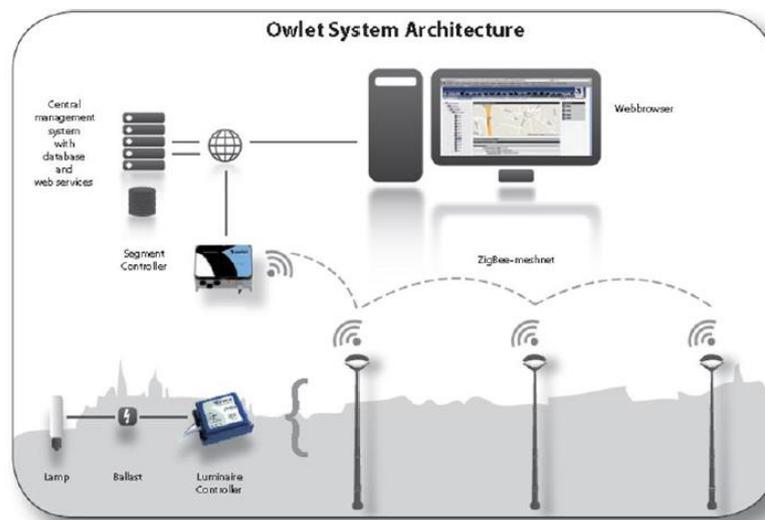
4 ESTUDO DE CASO

Com base em estudos na área de pesquisa e de avanços tecnológicos no campo de iluminação através de luminárias LED, efetuados pela Universidade Federal de Juiz de Fora, esse estudo de caso tem o objetivo de analisar a eficiência de luminárias LED da linha Akila, disponibilizadas pela empresa SCHREDER que integram o sistema de telegerenciamento criado e desenvolvido pela empresa OWLET, nomeado de Owlet Nightshift. Esse sistema foi criado com o intuito de monitorar remotamente, controlar, medir e gerenciar sistemas de iluminação externa, sendo que a comunicação é sem fio, utilizando o protocolo ZigBee e padrões como GSM e 3G. No sistema OWLET, cada ponto de luz pode ser ligado, desligado e dimerizado a qualquer instante, através de uma conexão segura com a internet, toda comunicação é criptografada e protegida. O sistema também proporciona informação de dados de consumo de energia e falhas que possam ocorrer no sistema.

4.1 COMPONENTES DO SISTEMA DA OWLET NIGHTSHIFT

O Owlet NightShift (Figura 4) apresenta um controlador do sistema ZigBee que é nomeado SeCo (*Segment Controller*) e de equipamentos finais que podem ser controlados individualmente em cada ponto de luz. Dois equipamentos distintos podem ser escolhidos dependendo da característica dos pontos de luz: CoCo (*Column Controller*) que controla dois pontos de luz situados na mesma coluna, ou LuCo (*Luminaire Controller*) que controla pontos de luz afastados (VAZ, 2013).

FIGURA 4
Sistema da Owlet



Fonte: Adaptado de: SCHREDER, 2013

Pelo LuCo, corrente, tensão e potência são continuamente monitorados e registrados, além de ser embutido no controlador um relógio astronômico que fornece comutação antes do pôr do sol e depois que este nasce, em caso de falha no comando enviado as luminárias. O LuCo vem incorporado à luminária Akila, dentro de um compartimento eletrônico (SCHREDER,2013).

O controlador de circuito, SeCo ,pode gerenciar até 150 CoCos e LuCos. Ele grava todos os dados através do sistema ZigBee e transmite através da internet ao servidor de rede. A conexão com a internet é feita para GPRS ou 3G, possibilitando enviar e receber dados e comandos de sensores remotos (SCHREDER, 2013).

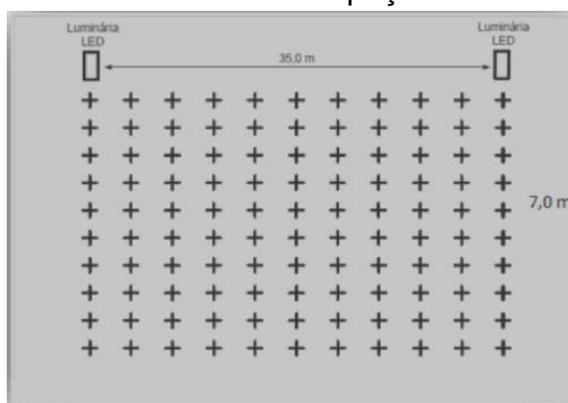
No servidor do Nightshift tecnologias abertas possibilitam que o sistema seja instalado sem dependência de fornecedores, e nenhum conhecimento especial é necessário para trabalhar com esse sistema. O servidor de rede e a página do sistema de monitoração indica a localização dos pontos de luz em mapas geográficos, isso possibilita imprimir relatórios, configurar o sistema e na criação de curvas pré-programadas de dimerização das luminárias (SCHREDER, 2013).

4.3 ENSAIOS FOTOMÉTRICOS



A malha de inspeção (Figura 5), utilizada para aferir as iluminâncias, é a presente na NBR 5101 (ABNT, 2012). Essa malha apresenta 110 pontos divididos em 11 linhas transversais à via, igualmente espaçadas, compostas por 10 pontos também igualmente espaçados entre si. Ajustou-se o posicionamento da malha de acordo com o número de luminárias LED do mesmo modelo disponíveis. No caso em que duas luminárias foram instaladas, as medições foram realizadas entre o vão dos postes, considerando a largura da via como 7 metros e a distância entre postes de 35 metros.

FIGURA 5
Malha de inspeção



Fonte: Adaptado de: ABNT, 2012

Depois de concluída a etapa de medição, foi feita uma verificação das normas dos níveis de iluminância do local onde as luminárias foram instaladas e comparou-se com os dados obtidos anteriormente. A norma ABNT NBR 5101, para iluminação pública, diz que as vias públicas devem ser iluminadas de acordo com a classificação do tipo de via e fluxo de veículos.

Em relação ao volume de tráfego de veículos, a via da quarta plataforma da Universidade Federal de Juiz de fora é classificada como Leve (L). E em relação às classes de iluminação, a via da quarta plataforma da Universidade Federal de Juiz de fora é classificada como V5 .

A Tabela 2 estabelece a iluminância média mínima, o fator de uniformidade mínimo e a luminância média mínima para cada classe de iluminação para as vias de tráfego de veículos. A iluminância média, E_{med} , é dada pela média aritmética da

iluminância medida em cada um dos pontos estabelecidos, e a uniformidade é definida como a razão entre a iluminância mínima e a iluminância média.

TABELA 2
Requisitos mínimos de iluminância média, uniformidade e luminância média para cada classe de iluminação

Classe de iluminação	Iluminância média mínima $E_{med,min}$ lux	Fator de uniformidade mínimo $U_o = E_{min}/E_{med}$	Luminância Média Mínima $L_{med,min}$ cd/m ²
V1	30	0,4	2,00
V2	20	0,3	1,50
V3	15	0,2	1,00
V4	10	0,2	0,75
V5	5	0,2	0,50

Fonte: Adaptado de: ABNT, 2012

Como consta na Tabela 2, a via de tráfego de veículos da quarta plataforma da Universidade Federal de Juiz de Fora deve apresentar uma iluminância média mínima de 5 lux, um fator de uniformidade mínimo de 0,2 e uma luminância média mínima de 0,50 cd/m. Para o anel viário da Universidade Federal de Juiz de Fora, a classificação correspondente é a V3. Deve então apresentar uma iluminância média mínima de 15 lux, um fator de uniformidade mínimo de 0,2 e uma luminância média mínima de 1,00 cd/m².

4.4 RESULTADOS DOS ENSAIOS FOTOMÉTRICOS

Para se chegar às conclusões analisadas anteriormente, foram verificados dados de acordo com a malha de medição proposta pela NBR 5101, considerando os níveis de fluxo luminoso de 100%, 80%, 60%, 40% e 20%. Para cada um desses valores, foram feitas medições com o luxímetro de precisão Optronik, de acordo com a norma, e foi possível chegar-se aos resultados mostrados na Tabela 3.

Com os resultados das medições mostrados na Tabela 3, conclui-se que quando a via for classificada como V5, todos os níveis de dimerização atendem à norma, pois o fator de uniformidade é superior a 0,2 e a iluminância média maior do



que 5 lux para todos os níveis de dimerização estudados. Já no caso da classificação ser V3, como é o caso do anel viário Central da UFJF, a faixa de fluxo luminoso de 20% não atende a norma, pois a iluminância média para esse nível é de 8,85 lux, média essa inferior ao que a norma estabelece. Para níveis de dimerização superior a 40% pode obter uma iluminância média maior que os 15 lux previstos pela norma NBR 5101.

TABELA 3
Resultados de ensaio fotométrico realizado

Fluxo Luminoso (%)	Iluminância mínima (lux)	Iluminância máxima(lux)	Iluminância média(lux)	Fator de uniformidade
100	19	57,7	37,67	0,5044
80	20,2	50,29	35,25	0,5729
60	15,2	45,29	30,25	0,5024
40	10,5	31,670	20,39	0,5148
20	4,5	13,5	8,85	0,5082

Fonte: ARQUIVO PESSOAL

4.5 AVALIAÇÃO GERAL CONSIDERANDO NÍVEIS DE DIMERIZAÇÃO

Através da telegestão das luminárias LEDs e dimerização do fluxo luminoso, conclui-se, com a comparação dos resultados obtidos nas medições e as normas da ABNT, que os padrões são atendidos até certo ponto. A Tabela 4 mostra os níveis de fluxo luminoso e as normas que são ou não atendidas, de acordo com a verificação dos resultados previamente obtidos, considerando a via de instalação das luminárias sendo classificado como V3, assim como sendo o anel viário central da UFJF, onde existe a previsão de instalação desse sistema.

TABELA 4
Níveis de fluxo luminoso e atendimento da norma NBR 5101

Fluxo luminoso (%)	NBR 5101
100	Ok
80	Ok
60	Ok
40	Ok
20	Não atende

Fonte: ARQUIVO PESSOAL

Com o estudo realizado foi possível criar ciclos previamente programados desde que nos horários de menor movimento urbano o fluxo luminoso não fique abaixo de 40%, que é o limite mínimo dentro da norma NBR 5101. Através de cálculos realizados foi possível estimar o consumo em kWh de um sistema contendo 4 luminárias LED Akila de 230 W de acordo com cada faixa de fluxo luminoso (Tabela 5). Concluiu-se que através da telegestão de um sistema de iluminação pública, a dimerização das luminárias permitiu economia de energia, atendendo às normas e promovendo a eficiência energética.

TABELA 5
Consumo mensal por nível de dimerização

Fluxo luminoso (%)	P_{in} (W)	Consumo mensal (kWh)
100	237,3	341,71
90	234,4	337,53
80	218,0	313,90
70	205,0	295,20
60	171,7	247,24
50	140,6	202,46
40	110,7	159,40
30	80,9	116,49
20	49,9	71,85
10	28,8	41,47

Fonte: ARQUIVO PESSOAL

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A iluminação pública é essencial à qualidade de vida nos centros urbanos, pois, além de proporcionar segurança para os pedestres e para o tráfego de veículos, contribui na redução da criminalidade, embeleza as áreas urbanas, destaca e valoriza monumentos, prédios e paisagens e permite um melhor aproveitamento das áreas de lazer. Melhorar o sistema de iluminação pública, com substituição de equipamentos obsoletos por outros de tecnologias mais eficientes é fundamental e apresenta resultados de curto prazo: economia de energia, melhora



na qualidade dos serviços e permite a redução da demanda em horários de baixo movimento urbano. A tecnologia LED possibilita a dimerização das luminárias integradas a um sistema de telegestão, e isso é uma vantagem dessa tecnologia, uma vez que o fluxo luminoso pode ser controlado de 100% até níveis mínimos permitidos pelas regras de iluminação pública, conseqüente isso acarreta redução da potência e consumo, tornando o sistema economicamente mais sustentável.

REMOTE MANAGEMENT APPLIED TO PUBLIC LIGHTING SYSTEMS LED

ABSTRACT

The importance of combating energy waste is the subject of several discussions in modern society. The search for sustainable technologies grows increasingly, and the LEDs, by presenting characteristics such as longer life time, higher energy efficiency, and easy dimerization, make part of one of the solutions in the field of lighting, to help reduce this waste. The main purpose for this paper is present the LED technology in public lighting systems and also to evaluate the performance of these luminaires and telemanagement system integrated into them. It will be first presented the LEDs and their characteristics, and the luminaires and their composition. After the telemanagement theme with a review of some communication protocols used will be discussed. In the end, a case study of a telemanagement system integrated with LEDs luminaires, made at the Federal University of Juiz de Fora will be shown, this study being done to emphasize how the telemanagement system can contribute to the energy efficiency of public lighting system.

Keywords: LEDs. Luminaires. Street Lighting. Telemanagement. Energy efficiency.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5101. **Iluminação Pública**. 2012.

BILGIN, B. E., & GUNGOR, V. C. Performance evaluations of *ZigBee* in different smart grid environments. *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, 56(8), pp. 2196-2205. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2012.03.002>> Acesso em: 25 de Março de 2015.

CHI, W.-H., CHOU, T.-L., Han, C.-N., & Chiang, K.-N. **Analysis of Thermal Performance of High Power Light Emitting Diodes Package**. *10th Electronics Packaging Technology Conference*. HsinChu, 2008. Department of Energy (DOE). **Energy Efficiency and Renewable Energy**. 2007. Disponível em: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/thermal_led_feb07_2.pdf> Acesso em 01 de Maio de 2015.

GODOY, P.; CANDURA, P. **Iluminação Urbana: Conceitos e análise de casos**. São Paulo, VJ Marketing Institucional Ltda, 2009.

JOSEFOWWICZ, J. **LED Street Light best practice guidelines for high performance and long life expectancy**. CEATI REPORT Nº T094700- 5083, Montreal. (2010).

NOGUEIRA, F. J; CASAGRANDE, C. G; RODRIGUES, C.R.B.S; BRAGA, H. A . C. Aplicação dos diodos emissores de luz orientada a sistemas de iluminação pública. Revista Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora. Disponível em: <<http://www.cesjf.br/revistas/cesrevista/edicoes/2013/Artigo%2002.pdf>> Acesso em: 02 de março de 2015.

POLONSKII, M. e SEIDEL, A. R. **Reatores Eletrônicos para Iluminação Fluorescente**. Editora Unijuí 1. ed. Ijuí, 2008.

RODRIGUES, C.R.B.S. **Contribuições ao uso de diodos emissores de luz em iluminação pública**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais, 2012.

SECA, N.M.V. **Sistemas de informação aplicados a sistemas de iluminação pública**. Dissertação de Mestrado. Universidade Portucalense Infante D. Henrique. Portugal, 2013.

SCHREDER. **Telegestão**. Disponível em: <<http://www.schreder.com/pts-pt/AboutUs/Telegestao/Pages/default.aspx>> Acesso em: 12 de abril de 2015.

SCHUBERT, E. F., & KIM, J. K. **Solid-State Light Sources Getting Smart**. Science, 308, p. 1274. 2005. Disponível em: < www.sciencemag.org> Acesso em 01 de Maio de 2015.

SHIZHONG, C., YAO, J. & WU, Y. **Analysis of the Power Consumption for Wireless Sensor Network Node Based on ZigBee** . ScienceDirect -Procedia Engineering , 29. 2012. Disponível em:<www.elsevier.com/locate/procedia> Acesso em: 10 de maio de 2015.

TSAO, J. Y. **Solid State Lighting: Lams, Chips and Materials for Tomorrow**. IEEE Circuits & Devices n. 20 p. 28-37, 2004.

USMAN, A., & SHAMI, S. H. **Evolution of Communication Technologies for Smart Grid applications**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 19. 2013. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/rser> Acesso em: 10 de maio de 2015.

VASCONCELLOS, L.E.M.; LIMBERGER, M.A.C. (Org.). **Iluminação Eficiente: Iniciativas da Eletrobras Procel e Parceiros**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2013.

VAZ, L.C.T. **Supervisão e controle remoto de iluminação em vias públicas**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. Departamento de Engenharia Mecânica. Portugal, Aveiro, 2010.



WEINERT, J. **LED Lighting Explained - Understanding LED Sources, Fixtures, Applications and Opportunities**. Burlington, Massachusetts, USA: Philips Solid-State Lighting Solutions Inc. 2010.

ŽUKAUSKAS, A, M.; SHUR, S.; GASKA, R. **Introduction to Solid-State Lighting**. 1. ed. New York: John Willwy & Sons, 2002.

YÜKSEL, E., NIELSON, H. R. & NIELSON, F. A **Secure Key Establishment Protocol for ZigBee Wireless Sensor Networks**. The Computer Journal, 54(4). 2011. Disponível em: <<http://comjnl.oxfordjournals.org/>> Acesso em: 04 de maio de 2015.