

As potencialidades da iluminação pública no contexto das cidades inteligentes

The potential of public lighting in the context of smart cities

DOI:10.34117/bjdv9n5-003

Recebimento dos originais: 04/04/2023

Aceitação para publicação: 02/04/2023

Adriel Christian Diniz Leite

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)

Endereço: Av. Major Fernando Valle, 2013, São Miguel, Bragança Paulista - SP, Brasil,
CEP: 12903-000

E-mail: diniz.leite@aluno.ifsp.edu.br

Luiz Fernando Tibaldi Kurahassi

Doutor em Engenharia Elétrica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Endereço: Av. Major Fernando Valle, 2013, São Miguel, Bragança Paulista - SP, Brasil,
CEP: 12903-000

E-mail: kurahassi@ifsp.edu.br

RESUMO

A iluminação pública (IP) desempenha um papel vital na dinâmica das cidades. Ela proporciona condições para a realização de diversas atividades noturnas, além de ser um elemento fundamental para a segurança pública. Entretanto, um sistema de iluminação pública traz diversas preocupações para governos municipais, as quais estão associadas aos gastos com energia elétrica e com a necessidade de prover um serviço de iluminação de qualidade. Contudo, inovações tecnológicas recentes têm proporcionado avanços que tem como um de seus mais significativos resultados a redução dos gastos com IP. Sistemas de iluminação inteligentes poderão, no futuro, agregar soluções de internet das coisas (IoT) e prover diferentes serviços urbanos. Esse artigo tem como objetivo analisar sistemas de iluminação pública inteligentes, considerando a possibilidade de melhoria da gestão da IP e as potencialidades de integração de serviços urbanos dentro do contexto de cidades inteligentes.

Palavras-chave: iluminação pública (ip), eficiência na ip, sistemas de ip inteligentes, cidades inteligentes.

ABSTRACT

Public lighting (IP) plays a vital role in the dynamics of cities. It provides conditions for conducting various night activities, in addition to being a fundamental element for public safety. Nevertheless, a public lighting system brings several concerns to municipal governments, which are associated with electricity costs and the need to provide a quality lighting service. However, recent technological innovations have provided advances that have as one of their most meaningful results the reduction of IP expenses. Smart lighting systems may, in the future, aggregate Internet of Things (IoT) solutions and provide different urban services. This paper aims to

analyze smart street lighting systems, considering the possibility of improving IP management and the potential for integrating urban services within the context of smart cities.

Keywords: street lighting (ip), ip efficiency, smart ip systems, smart cities.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação pública constitui-se em um elemento essencial para a realização de atividades noturnas, além de desempenhar um importante papel para a segurança pública. Ela é um serviço essencial, cuja responsabilidade está a cargo das administrações municipais.

Até o final dos anos 2010, era comum, em grande parte dos municípios brasileiros, que os ativos dos sistemas de iluminação pública pertencessem às companhias distribuidoras de energia elétrica. Cabia às prefeituras a tarefa de pagar a conta de energia elétrica, sobre a qual era aplicada uma tarifa cujo valor tinha a finalidade de remunerar o custo da energia e da manutenção do sistema. Todavia, alterações na legislação do setor elétrico resultaram na obrigatoriedade da transferência dos ativos de IP das empresas de energia para as prefeituras. Um dos resultados imediatos dessa mudança foi o aumento das despesas das administrações municipais com a iluminação pública.

Entretanto, a escassez de recursos de grande parte dos municípios brasileiros torna difícil a concretização de projetos para implantação de sistemas de iluminação baseados nas lâmpadas de LED.

Se por um lado, o sistema de IP mostra-se como um desafio para os gestores de um município diante da necessidade de se prover um serviço de qualidade e com custos crescentes, por outro lado, existem potencialidades ainda pouco discutidas no contexto nacional.

A iluminação pública é, atualmente, o centro de muitas iniciativas no contexto das cidades inteligentes. A introdução de tecnologias de iluminação energeticamente eficientes, com as lâmpadas de LED, associadas a tecnologias que incluem sistemas de comunicação para transformar a infraestrutura de iluminação em um sistema inteligente pode levar a uma economia geral com energia que pode atingir cerca de 80% ou mais. Os postes de iluminação podem estabelecer uma capilar rede de comunicação multifuncional capaz de transmitir informações, coletar dados e entregar serviços de e para milhões de dispositivos (PASOLINI, 2019).

Verifica-se, portanto, que o desenvolvimento de sistemas inteligentes de iluminação pública pode ser um caminho promissor para a melhoria da gestão do sistema de IP, uma vez que investimentos tecnológicos na infraestrutura da rede não teriam como finalidade única a redução do consumo de energia e a melhoria da qualidade do serviço de iluminação, mas poderiam ser justificados pela possibilidade de criação de uma rede que serviria de suporte para o desenvolvimento de diversos serviços.

2 OBJETIVO

O objetivo geral desse artigo é o de analisar sistemas de iluminação pública inteligentes, considerando a possibilidade de melhoria da gestão da IP e as potencialidades de integração de serviços urbanos dentro do contexto de cidades inteligentes.

3 METODOLOGIA E ANÁLISE

Para buscar alcançar o objetivo geral, a pesquisa que deu origem ao artigo foi dividida em três etapas principais. Na primeira, a partir das pesquisas iniciais, buscou-se compreender o contexto do trabalho e o conhecimento dos elementos técnicos que estão envolvidos, incluindo questões relacionadas à eficiência energética dos sistemas de IP.

Na segunda etapa, a pesquisa baseou-se na investigação de publicações relacionadas com o desenvolvimento de sistemas inteligentes de iluminação pública, buscando encontrar estudos de caso e relatos de aplicações, cujos resultados, são utilizados para analisar padrões técnicos, tendências tecnológicas e possibilidades de inovação nos sistemas de iluminação pública.

A terceira etapa da pesquisa, também baseada na análise de publicações, avaliou as possibilidades de integração de serviços urbanos aos sistemas de IP inteligentes, buscando-se investigar se a integração de serviços poderia, inclusive, ser um fator para justificar investimentos em sistemas de IP inteligentes.

4 RESULTADOS

4.1 O CONTEXTO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A iluminação pública caracteriza-se por um serviço de grande importância social para as cidades no que se refere às atividades noturnas e eventuais escurecimentos diurnos, com a tarefa de fornecimento de luz (SEE, 2013). Ela traz vida à cidade no período noturno, pois aumenta as interações sociais, as festividades e as práticas de

esportes. Também contribui para a redução de acidentes, por uma melhor visibilidade, e o avivamento de certos objetos em monumentos que atraem turistas, suscitando a sociabilidade (DE MASCARO, 2006).

De acordo com a Constituição Federal de 1988, compete aos municípios organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, que tem caráter essencial. Dentre esses serviços está o de iluminação pública. Até os anos 2010 era comum que os sistemas de IP de muitos municípios fossem operados e mantidos por empresas de distribuição de energia elétrica. Entretanto, alterações na legislação¹ do setor elétrico determinaram que a partir de 2010 as empresas distribuidoras deveriam transferir o sistema de iluminação pública registrado como Ativo Imobilizado em Serviço (AIS) à pessoa jurídica de direito público competente.

Com a transferência dos ativos de IP, a modalidade tarifária destinada ao subgrupo de baixa tensão B4, que correspondente à iluminação pública, passou da tarifa B4b, em que diz respeito à responsabilidade da concessionária sobre os serviços de operação e manutenção da IP, com o ponto de entrega situado no bulbo da lâmpada, para a tarifa B4a (cerca de 9% menor do que a tarifa B4b), com a responsabilidade das prefeituras municipais sobre estes serviços, e ponto de entrega no contato com a rede de distribuição secundária (SEE, 2013).

Apesar de uma economia direta na fatura do consumo de energia proveniente da alteração tarifária, as prefeituras tiveram que assumir os custos com a operação e manutenção do sistema de IP. A Confederação Nacional dos Municípios (CNM) fez uma previsão de que os gastos das prefeituras com os serviços de operação e manutenção poderiam aumentar em até 64,42% nos casos em que houve a transferência de ativos da distribuidora para a administração municipal (MACIEL, 2011).

O aumento dos gastos com o sistema de iluminação pública diante de um cenário de recursos escassos é um fator de motivação para a pesquisa de soluções que possam reduzir as despesas com IP, através de uma nova cultura de gestão. Dentre essas soluções está o uso de tecnologias energeticamente eficientes onde vem se destacando, atualmente, as luminárias baseadas na tecnologia LED.

¹ Resolução Normativa 414/2010, Art. 218. “A distribuidora deve transferir o sistema de iluminação pública registrado como Ativo Imobilizado em Serviço - AIS à pessoa jurídica de direito público competente.”

4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Considerando a questão da eficiência energética, uma tecnologia que vem recebendo bastante destaque é a LED. Reconhecido como um dispositivo semicondutor que, quando polarizado diretamente, emite um fluxo luminoso (e uma pequena parte de energia térmica) com a recombinação das lacunas e elétrons de sua junção p-n, a partir do campo elétrico formado pela tensão elétrica (efeito da eletroluminescência), o LED recebe destaque por sua menor potência elétrica e por se caracterizar uma fonte luminosa mais limpa, quando comparada à lâmpada de vapor de sódio de alta pressão (HPSV ou VSAP, em português) ou à lâmpada fluorescente, por exemplo (DE SOUSA, 2012).

Dentre as principais vantagens da adoção da tecnologia LED estão a baixa potência de trabalho, a não utilização de componentes tóxicos que degradam o meio ambiente, como o mercúrio (DE SOUSA, 2012), o elevado Índice de Reprodução de Cor (IRC), o fácil controle do fluxo luminoso (PEREIRA, 2017), com respostas a comutações praticamente instantâneas, e o elevado tempo de vida útil, além da utilização da tecnologia de estado sólido, deixando de ser necessário filamentos e vidro, o que aumenta consideravelmente a sua resistência a vibrações, e o provimento de maior segurança na instalação e operação, por trabalhar em tensões menores que 33 volts (LOPES, 2014).

Os projetos atuais de eficiência energética na IP utilizando as lâmpadas de LED geralmente baseiam-se na redução do consumo de energia elétrica a partir da substituição das lâmpadas de descarga, principalmente as de vapor de mercúrio e de vapor de sódio (mais comumente utilizadas atualmente

Com base em estudos de caso de substituição de luminárias de descarga pela tecnologia LED ao redor do Brasil, observa-se resultados na redução do consumo de energia de 49,01% até 61,67% (ASCURRA, 2013).

Nota-se nestes estudos que com a substituição das lâmpadas de descarga pela tecnologia LED, os percentuais econômicos se mostram bastante favoráveis, Como a lâmpada de LED tem uma vida útil maior do que as lâmpadas de descarga, os custos de manutenção são reduzidos. Por ter um Índice de Reprodução de Cor (IRC) superior ao das lâmpadas de descarga, a obtenção do LED na IP melhora sua qualidade. Porém, observou-se que os estudos analisados partiam de sistemas com características distintas (como os níveis de iluminância e luminância) e, nem sempre, obtinham os dados a partir de medições com o sistema proposto implantado, apontando apenas estimativas de redução de consumo de energia elétrica.

Estudos de caso que adotaram medidas técnicas mais rigorosas, como os níveis de iluminação e luminância, mostraram uma economia com a troca das lâmpadas de descarga para o LED de 31% até 37,12% (DJURETIC, 2018; FRAGOSO, 2020; BECCALI, 2015).

Uma medida verificada em alguns estudos para aumentar a economia de energia, foi a dimerização, ou seja, a variação da potência das lâmpadas durante o funcionamento. Em trabalhos analisados que utilizaram técnicas de dimerização a partir da metodologia de horários fixos, foi possível observa economias de energia variando de 47% até 79,5% (DJURETIC, 2018; BECCALI, dez. 2017).

Outros estudos de caso adotaram a prática de dimerização a partir de metodologias de sensoriamento (e não de horários fixos). Exemplos de estudos realizados em cidades da Itália, República Checa, Espanha e Índia demonstraram sistemas de IP com os pontos de iluminação acompanhados com sensores de detecção de presença (para os pedestres e os veículos), como sensores infravermelhos (IR) e sensores infravermelhos passivos (PIR), e sensores de luz (LECCESE, 2013). A partir de um valor mínimo de intensidade de luz solar, configurada através de valores fornecidos por norma, os sensores de luz habilitam o sistema, e pelos sensores de presença o controle da iluminação é realizado, através de uma comunicação dos sensores com a luminária por uma rede cabeada, com o exemplo da rede Ethernet (KUNCICKY, 2018). A variação da intensidade luminosa é feita de forma gradual, de modo a evitar incômodos visuais por um rápido aumento de luz no local. Desse modo dá-se a ideia de um sistema de IP que “pense por si mesmo” (JAGADEESH, 2015), de modo a controlar a sua intensidade luminosa a partir da densidade do tráfego e das condições de luminosidade do ambiente ao redor dos pontos de luz, por meio dinâmico e autônomo (ELEJOSTE, 2013). E com relação aos percentuais de economia, em um destes estudos, elaborado na cidade de Leganés, localizada ao sul de Madrid, experimentos foram realizados e, comparando o sistema de IP com luminárias de LED e dimerização por sensoriamento, chegou-se a uma economia de 55% no consumo de energia, com relação a um sistema de LED de acionamento tradicional (ESCOLAR, 2014).

Percebe-se na análise destes estudos que com a inserção de metodologias de controle da iluminação, atreladas à eficiência energética, sendo iniciadas com a dimerização em horários fixos de operação, passando para o controle por sensoriamento, em que sensores de luz e de presença comandam a intensidade luminosa das lâmpadas, os sistemas de IP emergentes passam de uma estrutura de operação fixa para uma rede de

sensores, que se comunicam entre si, controlando todos os pontos de iluminação contidos nela, sendo estes sistemas conhecidos como sistemas inteligentes de iluminação pública.

4.3 SISTEMAS INTELIGENTES DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Os sistemas de iluminação pública inteligentes estão se fortalecendo no contexto de cidades inteligentes, e com isso, surgem projetos de sistemas a partir de variadas tecnologias. Em termos gerais, um sistema inteligente de IP constitui de um centro de controle, a rede de comunicação, e os controladores da luminosidade dos pontos de luz. O centro de controle opera como o gestor da rede, podendo controlar o acionamento e a intensidade luminosa de cada ponto de luz, além de monitorar suas condições quanto à necessidade de manutenção. Os controladores da luminosidade (ou simplesmente controladores) funcionam como um intermediário entre o centro de controle e os pontos de luz, recebendo e transmitindo dados de controle e monitoramento, através da rede de comunicação adotada. O circuito padrão de um controlador divide-se em dois blocos: circuito de potência (responsável pela alimentação da luminária, assim como de seu controle de luminosidade) e unidade de controle/interface de rede (responsável pela comunicação); e desempenha quatro tarefas básicas: monitorar o estado da luminária a ele conectada, monitorar valores elétricos como de tensão e corrente, fornecer a alimentação à luminária e a dimerização apropriada, e se comunicar com o centro de controle (PASOLINI, 2019).

Para realizar a comunicação entre o centro de controle e as luminárias, é possível utilizar redes cabeada ou wireless. Na rede cabeada, um método utilizado é o Power Line Communication (PLC), onde se transforma a rede elétrica tradicional no meio de comunicação entre os pontos de luz e o centro de controle. Porém este estilo de rede não é muito mais explorado por conta da facilidade e confiabilidade que as redes wireless vêm apresentando, além de não possibilitar a expansão dos recursos disponíveis, como de aplicações do mundo IoT. No caso das redes wireless, uma rede que se mostra oportuna é a de celular, pois esta já está instalada e representa uma cobertura extremamente favorável, com cerca de 95% das áreas habitadas no mundo. Porém, alguns obstáculos surgem para a sua aplicação, como obstáculos em regiões com muitos prédios que impedem a propagação limpa do sinal. Uma alternativa para resolver esse problema seria alterar o layout da rede. Entretanto, tal alternativa mostra-se inviável (econômica e tecnicamente). Outra questão a ser considerada são as taxas cobradas para a utilização das redes de celulares. Elas podem cobrir toda a economia obtida com o gerenciamento

inteligente da IP. Outro padrão wireless utilizado é o Long Range Wide Area Network (LoRaWAN), com conexão típica por topologia estrela, sendo o dispositivo central chamado de gateway, que conecta os grupos de luminárias, as redes locais, ao centro de controle, a rede das redes (com a conexão wireless das luminárias, e por fibra óptica ou uma outra rede wireless para o centro de controle). Por fim, outra rede wireless utilizada é a rede Mesh, onde não há uma dependência de um dispositivo central para a transmissão de dados entre os pontos conectados. As tecnologias IEEE802.15.4 e Bluetooth utilizam esta rede em suas operações. Nesta configuração, os pontos de luz são instalados em grupos, com um gateway (o coordenador) por grupo que se conecta, por outra rede, ao centro de controle. Porém, há também a comunicação entre os grupos de lâmpadas, sem a passagem pelo gateway, proporcionando maior flexibilidade na comunicação (PASOLINI, 2019).

Tendo a definição da rede de comunicação a ser adotada, a identificação dos controladores de cada luminária é feita por um endereço específico de controle de acesso ao meio (MAC - Media Access Control), que através do gateway é enviado ao centro de controle, sendo por este endereço que o centro de controle identifica os grupos de luminárias, as redes locais, conectadas a cada gateway característico. Deste modo o centro de controle torna-se ciente da localização de determinada luminária que ocasionalmente apresentar alguma falha, o que facilita a realização da manutenção deste ponto de luz (PASOLINI, 2019).

E quanto à alimentação elétrica destes sistemas de IP inteligentes o uso da rede elétrica convencional ainda se apresenta na maior parte dos casos. Há, no entanto, sistemas de IP inteligentes que adotam fontes de energia alternativas, com a energia solar fotovoltaica tendo maior destaque, sendo que estes sistemas operam no modo off-grid, em que se estabelece de forma isolada e autônoma, sendo uma escolha viável em locais distantes de centros urbanos, ou como um meio de economizar em cabos para a sua alimentação elétrica.

Estudos realizados na Espanha e na República Checa retrataram sistemas de IP inteligentes inseridos em uma rede de sensores de presença, de luz, e de medição das características elétricas das lâmpadas, que se comunicam com um centro de controle por uma rede ZigBee, cujo padrão segue a topologia da rede Mesh (LECCESE, 2013), ou pela rede 6LoWPAN™, ou pela rede Wi-Fi (MARTINEK, 2020), todas de modo wireless. O controle das luminosidades das lâmpadas é realizado por intermédio dos sensores de luz e de presença, através do protocolo DALI (Digital Addressable Lighting

Interface), por comunicação cabeada e digital destes sensores às luminárias a eles conectadas. O centro de controle se caracteriza por um sistema supervisorio denominado SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), com a arquitetura do sistema dividida em três camadas, com a base definida pelos sensores instalados nas luminárias, a camada central composta por computadores locais destinados a grupos de luminárias, e a camada superior constituída pelo centro de supervisionamento, que se comunica a cada grupo pelo computador local responsável (BELLIDO-OUTEIRIÑO, 2016), sendo além do controle também desenvolvido um aplicativo mobile para os técnicos, que informa o estado das lâmpadas destinadas a eles e se ocorreu falha em alguma delas, através das contínuas medições elétricas durante o funcionamento das lâmpadas (ELEJOSTE, 2013).

Um estudo nas cidades Palermo e Carini, na Itália, visou demonstrar um sistema de IP multifuncional, com integração de tecnologias da informação e comunicação (TICs), e inserido em uma rede cabeada, pelo método PLC, com interface de comunicação da rede Ethernet nos dispositivos sensores presentes, sendo realizado controle local e remoto (por um centro de controle) das lâmpadas, e para a comunicação e controle local dos pontos de luz é apresentado a plataforma Arduino, com a justificativa de uma abordagem de baixo custo, de fácil expansão e energeticamente eficiente, para o caso adotado (BECCALI, dez. 2017).

Nos sistemas de IP inteligentes analisados nota-se certas tendências de utilização, como a adoção de uma rede cabeada para a alimentação dos dispositivos e uma rede wireless, com maior frequência para a rede Mesh (com a adoção dos padrões ZigBee, Wi-Fi e outros protocolos afins), para a comunicação entre os sensores contidos na estrutura do sistema, além do uso dos padrões DALI ou Ethernet para o controle da luminosidade das lâmpadas pelos sensores a elas conectados. A arquitetura geralmente se divide em três níveis, sendo a base composta pelos sensores controladores das luminárias, o centro constituído de coordenadores, os dispositivos responsáveis pelas subredes do sistema, realizando a intermediação da comunicação entre as luminárias e um centro de controle, e o nível superior composto justamente por este centro de controle, normalmente baseado no sistema SCADA e com desenvolvimentos de aplicativos para celulares com o intuito de agilizar processos de manutenção, ao alertar os usuários, prioritariamente os técnicos autorizados, sobre pontos de iluminação que estão transferindo valores elétricos não usuais, que devem estar com falhas. A comunicação geralmente se comporta de forma centralizada, com o centro de controle sendo a matriz, porém pela adoção frequente da rede Mesh, usualmente os controladores das luminárias recebem parte do controle de suas

tarefas de acionamento e regulação da luminosidade, de modo a não sobrecarregar a rede de dados a serem transmitidos do centro de controle aos grupos de luminárias, realizando assim uma comunicação para o controle mais distribuída, não necessitando de um supervisionamento contínuo do centro de comando sobre todo o sistema de IP, o que caracteriza um funcionamento mais autônomo e dinâmico do sistema. Assim, os sistemas de IP inteligentes, que realizam controle e monitoramento de suas luminárias, já se afirmam como aplicações no contexto das cidades inteligentes, porém outros serviços vêm sendo acrescentados, caracterizando o sistema em multifuncional, com a obtenção de diversos cenários possíveis de operação.

4.4 INTEGRAÇÃO DE SERVIÇOS URBANOS AOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA INTELIGENTES

Aplicações ligadas a IoT presentes nos arredores dos pontos de iluminação pública podem dar ao sistema de IP um caráter multifuncional, a partir da interligação de dispositivos com tecnologias da informação e comunicação (TICs).

Um estudo de caso nas principais ruas de Bagheria, uma comuna italiana da região da Sicília, apresentou um sistema inteligente denominado StairLight, em que sensores instalados nos pontos de iluminação são capazes de monitorar o tráfego, a qualidade do ar, os níveis acústicos das proximidades, a presença e as atividades das pessoas ao longo destes pontos. E com estes dados são propostos controles sobre o trânsito (como limite da quantidade de veículos em certos locais e gerenciamento dos semáforos), o gerenciamento em tempo real do transporte público, além do controle para a segurança do andar na calçada (BECCALI, mar. 2017).

No contexto da mobilidade urbana, o estudo nas cidades de Palermo e Carini introduziu uma aplicação quanto ao controle de estacionamento de locais comerciais ou exclusivos perto de um ponto de IP. A iniciativa é de que o sistema de IP monitore os veículos que forem estacionar e, sendo detectado algum veículo não autorizado, um sinal de aviso é transmitido ao gateway mais próximo, que o enviará ao centro de controle, por onde uma mensagem será conduzida à aplicação remota específica da operação (BECCALI, dez. 2017).

Em San Diego, cidade da Califórnia, Estados Unidos, foi instalado um sistema de IP em uma rede de comunicação do estilo IoT, com desenvolvimento de aplicativos. Neste sistema cada ponto de luz possui um hardware, chamado de CityIQ, que contém um processador Intel Atom, com 500MB de memória, placas de Wi-Fi e Bluetooth, duas

câmeras, dois sensores acústicos, além de sensores de umidade, temperatura, pressão, vibração e de monitoramento de campos magnéticos. Dentre as múltiplas aplicações possíveis, são apontadas operações de estacionamento, novamente com a ideia de alerta para estacionamentos não autorizados, além de sinais para vagas disponíveis, e pelos sensores acústicos são pensadas aplicações de reconhecimento de sons de batidas e de vidro quebrado, para o acionamento da polícia ao local, de forma a ajudar na segurança do trânsito e garantir eficiência no atendimento em casos de acidentes (PERRY, 2018).

Em relação à segurança pública, um estudo realizado no Instituto de Tecnologia de Illinois, em Chicago, Estados Unidos, elaborou um serviço de ajuda às operações de resgate em casos de emergência. Este serviço conta com a instalação de botões, nos pontos de IP, que acionam canais emergência, e pela comunicação das luminárias com estes botões, quando algum for acionado, as luminárias mais próximas começam a variar suas luminosidades (de 10% a 100%), em forma de pulsos, para alertar os socorristas que o acionamento de emergência ocorreu naquele local. Ainda com relação à segurança pública, um estudo desenvolveu um aplicativo para celular chamado SafeWalks, com características do Google Maps que é inserido na rede dos pontos de IP, recebe informações dos sensores sobre o fluxo de pedestres em suas regiões, e com isso calcula e exibe a rota mais segura para caminhar à noite, com base na que apresentar o maior fluxo de pedestres. Este aplicativo também transmite informações aos sensores nas luminárias da rota adotada, de modo a garantir um nível adequado de intensidade luminosa (JIN, 2016).

5 CONCLUSÃO

Diante das análises apresentadas este estudo procurou desenvolver um contexto de iluminação pública eficiente e suas potencialidades de expansão de serviços. Primeiramente em questões de eficiência, como pela adoção da tecnologia LED, seguido por meios inteligentes de controle, trazendo a dimerização e o monitoramento de todos os pontos de IP em operação em rede. Por representar uma rede de dispositivos por toda a cidade, como o seu sistema nervoso, além das aplicações de controle e monitoramento das luminárias, as chamadas redes inteligentes de iluminação pública podem agregar serviços de ordem de segurança e conforto público, representando um elemento essencial na criação e desenvolvimento das cidades inteligentes ao redor do mundo.

REFERÊNCIAS

ASCURRA, Rodrigo Esteves. Eficiência elétrica em iluminação pública utilizando tecnologia led: um estudo de caso. 2013. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) - Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

BECCALI, Marco et al. Improvement of energy efficiency and quality of street lighting in South Italy as an action of Sustainable Energy Action Plans. The case study of Comiso (RG). *Energy*, v. 92, n. 3, p. 394-408, dez. 2015. ISSN 0360-5442.

BECCALI, Marco et al. Smart lighting in a historic context: A case study. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, v. 28, n. 2, p. 282-298, mar. 2017.

BECCALI, Marco et al. A multifunctional public lighting infrastructure, design and experimental test. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, v. 5, n. 4, p. 608-625, dez. 2017.

BELLIDO-OUTEIRIÑO, Francisco José et al. Streetlight control system based on wireless communication over DALI protocol. *Sensors*, v. 16, n. 5, p. 597, abr. 2016.

DE MASCARO, Lucia Elvira Alicia Raffo. A iluminação do espaço urbano. *Arqtexto*. n. 8 (2006), p. 20-27, 2006.

DE SOUSA, Diogo Nunes. Eficiência Energética na Iluminação Pública. 2012. 143 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

DJURETIC, Andrej; KOSTIC, Miomir. Actual energy savings when replacing high-pressure sodium with LED luminaires in street lighting. *Energy*, v. 157, p. 367-378, ago. 2018. ISSN 0360-5442.

ELEJOSTE, Pilar et al. An easy to deploy street light control system based on wireless communication and LED technology. *Sensors*, v. 13, n. 5, p. 6492-6523, maio 2013.

ESCOLAR, Soledad et al. Estimating energy savings in smart street lighting by using an adaptive control system. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, v. 10, n. 5, p. 971587, maio 2014.

FRAGOSO, Adriano P. et al. Análise da economia de energia com dimerização quando da aplicação da tecnologia LED na Iluminação Pública-Estudo de caso: Cidade do Rio de Janeiro. *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos-SBSE*, v. 1, n. 1, 2020.

JAGADEESH, Y. M. et al. Intelligent street lights. *Procedia Technology*, v. 21, p. 547-551, nov. 2015.

JIN, Dong et al. Smart street lighting system: A platform for innovative smart city applications and a new frontier for cyber-security. *The Electricity Journal*, v. 29, n. 10, p. 28-35, dez. 2016.

KUNCICKY, Radim et al. IoT approach to street lighting control using MQTT protocol. In: International Conference on Advanced Engineering Theory and Applications. Springer, Cham, 2018. p. 429-438.

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, jan. 2013. ISSN 1937-4208.

LOPES, Leonardo Barbosa. Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública. 2014. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro.

MACIEL, Alice. Prefeituras terão que assumir custos de manutenção do sistema de iluminação pública. Estado de Minas, 28 ago. 2011. Política. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/politica/2011/08/28/interna_politica,247483/prefeituras-terao-que-assumir-custos-de-manutencao-do-sistema-de-iluminacao-publica.shtml. Acesso em: 28 maio 2021.

MARTINEK, Radek et al. Design of a measuring system for electricity quality monitoring within the smart street lighting test polygon: Pilot study on adaptive current control strategy for three-phase shunt active power filters. Sensors, v. 20, n. 6, p. 1718, mar. 2020.

PASOLINI, Gianni et al. Design, deployment and evolution of heterogeneous smart public lighting systems. Applied Sciences, v. 9, n. 16, p. 3281, ago. 2019.

PEREIRA, Bruno Expedito. Gestão energética em sistemas de iluminação pública. 2017. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Mecatrônica Industrial) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia campus Bragança Paulista, Bragança Paulista.

PERRY, Tekla S. San Diego's streetlights get smart. IEEE Spectrum, v. 55, n. 1, p. 30-31, jan. 2018.

SEE - Secretaria de Energia do Estado de São Paulo. A Iluminação Pública – Guia do Gestor. São Paulo: CEPAM, 2013. 36 p. Disponível em: http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portaicev2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Cartilha_Iluminacao_Publica.pdf. Acesso em: 14 maio 2021.