

Sistema de Iluminação Pública Inteligente

Fábio Rodrigues de la Rocha
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
fabio.rocha@gmail.com

ABSTRACT

Public street lighting management is a well known problem which can be revisited from the perspective of Smart Cities. In Smart Cities there is an interconnection of services and infrastructure to provide sustainable growth and improvements in citizens' quality of life. In this research work, we explore new low cost technologies to create a smart street light system capable of monitoring and controlling the lamps, thus reducing the costs with maintenance and allowing a more rational use of electricity.

KEYWORDS

Smart Cities, IoT, Iluminação

1 INTRODUÇÃO

Segundo estimativas das Organizações das Nações Unidas hoje metade da humanidade vive nas cidades e esse número atingirá 60% em 2030 [1]. No Brasil, segundo dados de 2015 [2], o cenário é ainda pior, cerca de 85% população vive em áreas urbanas. Com o aumento da população urbana sem o devido planejamento, bem como de melhorias na infraestrutura, novos desafios são criados ou ainda problemas já existentes são exacerbados. Como exemplos temos o consumo de energia, geração de gases de efeito estufa, problemas de mobilidade urbana, poluição das águas, iluminação pública deficiente, locais para estacionamento insuficientes, etc.

Atualmente um tópico em destaque é o das cidades inteligentes [3] onde a tecnologia da informação é utilizada para interconectar os diversos tipos de serviços e infraestrutura existentes numa cidade para proporcionar um crescimento sustentável e melhorias na qualidade de vida do cidadão.

1.1 Identificação do problema

Um dos problemas das cidades brasileiras é o gerenciamento racional da iluminação pública. A iluminação pública é composta de postes de luz com lâmpadas (tipicamente lâmpadas de sódio) e um sensor de luz para detectar quando está escuro e acionar uma ou mais lâmpadas dos postes. Mesmo que não seja evidente, existe uma relação entre a iluminação pública e a segurança. Segundo Jorge Lordello [4], "Em 1974, na Inglaterra durante a crise do petróleo, a iluminação pública foi reduzida em 50% em algumas áreas urbanas, as estatísticas apontaram aumento de 100% nos indicadores de furtos e de 50% nos índices de criminalidade".

A iluminação pública é de responsabilidade da prefeitura e esta deve realizar as trocas de lâmpadas quando as mesmas queimam. Na grande maioria das cidades a iluminação pública funciona sem qualquer tipo de automatização, isto é, não existe forma de acionar ou apagar as luzes em determinado horário/situação nem obter um mapa do sistema que mostre

onde estão as lâmpadas queimadas ou se mesmo se a queima ocorre sempre nos mesmos postes.

A prefeitura tem basicamente duas abordagens para detectar quando uma lâmpada deve ser substituída:

Reclamações da população A população entra em contato com a prefeitura alertando que uma lâmpada próxima a algum endereço não está funcionando. Como ponto negativo desta abordagem temos que existe um tempo em que a lâmpada permanece queimada até que alguém entre em contato com a prefeitura (que em muitos casos só pode ocorrer em horário comercial).

Varreduras periódicas Funcionários da prefeitura dirigem a noite pela cidade, verificando os postes de luz para detectar se os mesmos estão apagados. Como a operação de troca de luz é dificultada se realizada à noite, os funcionários marcam o poste com algum símbolo (pano pendurado, placa, etc.) e anotam o endereço próximo, retornando no dia seguinte para efetuar a troca da lâmpada. Como ponto negativo temos o custo envolvido em termos de recursos financeiros, humanos e tempo nesta atividade de varredura e troca das lâmpadas.

Dependendo da tecnologia de iluminação utilizada é possível controlar também a intensidade da luz (dimerização). Desta forma, existe uma economia de energia elétrica ao ajustar a iluminação para um nível mais baixo, além de aumentar a própria vida útil da lâmpada [5].

O gerenciamento racional da iluminação pública é um problema já conhecido, com trabalhos na literatura científica [6],[7],[8],[9] e pelo menos um sistema comercial, ainda em estágio experimental, da empresa BC Hydro.

1.2 Problema de pesquisa

O problema central da investigação é encontrar uma forma adequada de realizar o sensoriamento/controle eletrônico para os postes de luz de tal forma que a solução seja escalável (quantidade de elementos sensores necessários, quantidade de mensagens enviadas, periodicidade das mensagens, tamanho das mensagens e energia utilizada). Um problema secundário envolve investigar alternativas economicamente mais vantajosas em relação às existentes na literatura. Desta forma, é necessário investigar tecnologias recentes de sensoriamento, processamento e transmissão de dados que possam ser utilizadas para desenvolver uma nova geração de sistemas de controle/monitoramento de iluminação pública a um custo mais baixo.

2 SOLUÇÃO PROPOSTA

Com a redução do custo de tecnologias, hoje é possível pensar num cenário no qual os postes de luz são dotados de um

pequeno dispositivo embarcado, de baixo custo, que aciona a lâmpada do poste e também monitora o estado da mesma (funcionando ou queimada). O mesmo dispositivo é capaz de transmitir uma mensagem indicando o estado da lâmpada ou ainda receber uma mensagem indicando que a lâmpada do poste deve ser ativada ou desativada. A prefeitura é o elemento gerenciador e deve ser capaz de varrer periodicamente o sistema de iluminação pública e construir o mapa do estado dos postes de iluminação. As principais motivações são:

- Monitorando online: O monitoramento pode ser feito continuamente durante o dia e noite e assim a detecção de problemas nas lâmpadas será mais rápida, reduzindo também os custos envolvidos. Uma redução do custo se daria na eliminação do sensor de acionamento da lâmpada que existe em alguns postes, visto que agora os postes são avisados quando devem acionar a lâmpada. Mais do que isso, a prefeitura não precisa mais varrer os postes de luz para saber seu status, os próprios postes de luz comunicam a prefeitura do problema.
- Mapa geral: A prefeitura pode desenhar um mapa dos postes de iluminação e num dado momento saber quantos são os postes com lâmpadas queimadas e em funcionamento e qual a localização destes. Pode ainda manter um histórico de falhas periódicas e assim identificar zonas de falhas na rede elétrica que causam queimas prematuras nas lâmpadas.
- Uso racional da energia: Como agora os postes são inteligentes seria razoável imaginar um cenário em que alguns dos postes tenham outros sensores como sensores de movimento (por exemplo: a cada dois postes, um deles tem sensor de movimento). Assim, numa rodovia em que não existem carros trafegando (tipicamente de madrugada) nem todos os postes de luz precisam ficar ativos, desperdiçando energia. Um poste de luz com sensor de movimento detecta que não existe movimento recente nas proximidades e envia mensagens para os postes próximos para alguns deles fiquem apagados. Quando eventualmente detecta movimento, envia mensagem para que todos sejam ativados.

2.1 Objetivos

Os objetivos do trabalho são:

- Investigar a viabilidade de desenvolver o sistema, tal como proposto, utilizando novas tecnologias;
- Construir um dispositivo de baixo custo capaz de ligar/desligar e informar o status de uma lâmpada de iluminação pública através de mensagens enviadas por rádio. O dispositivo deve ser capaz de ser expandido com a adição de alguns sensores de interesse, exemplo: detector de movimento (para ser capaz de detectar que é possível desativar alguns postes de luz), detector de chuva, sensor de temperatura, sensor de poluição, sensor de trânsito (quantidade de carros passando), detector de transbordo de um rio próximo, etc.

2.2 Tecnologias promissoras

Para que um poste seja capaz de enviar uma mensagem precisamos analisar algumas alternativas promissoras:

- Redes MESH - Nesta abordagem os dispositivos nos postes seriam dispositivos WiFi capazes de transmitir mensagens para os dispositivos próximos (postes de luz próximos). Os receptores das mensagens enviariam as mensagens para os demais e assim por diante, propagando as mensagens por toda a rede MESH até atingir o elemento gerenciador (prefeitura);
- Tecnologia SigFox - Tecnologia da Internet das Coisas para envio de dados sem fios que permite que um elemento poste dados num servidor na nuvem. Utiliza uma infraestrutura já disponível para acesso a rede. Existem custos anuais em relação à cada elemento instalado (cada poste), além de restrições na periodicidade e quantidade de dados enviados;
- Tecnologia LoRa - Tecnologia semelhante à SigFox, mas com um modelo de negócio diferente. O desenvolvedor deve construir toda a infraestrutura através de *gateways* e deve prover o acesso à Internet.

2.3 Discussão

O uso da tecnologia WiFi está mais consolidado atualmente na forma de *transceivers*, microcontroladores e outros equipamentos de hardware de baixo custo. Além disso, existem disponíveis bibliotecas de software que facilitam o desenvolvimento do sistema embarcado. O ponto negativo fica por conta do gasto de energia do WiFi que é maior do que as demais tecnologias citadas. O gasto de energia é uma questão relevante quando o sistema embarcado é mantido por baterias. Mesmo em locais onde a energia está disponível (como em postes de luz), é importante que o sistema seja alimentado com baterias para situações onde a alimentação do poste é interrompida (colisão de automóvel, vento, etc.) e o sistema embarcado precisa continuar funcionando e enviando dados sobre o status corrente e o evento ocorrido.

Como um exemplo de um microcontrolador que possui internamente um *transceiver* WiFi temos o **ESP8266**. O microcontrolador produzido pela *Espressif Systems* [10] custa cerca de 2 USD e implementa toda a pilha TCP/IP. O microcontrolador é vendido individualmente ou também na forma de módulos onde além do microcontrolador existe uma memória FLASH externa para armazenamento dos programas. A fabricante chinesa Ai-Thinker produz uma série de módulos ESP-xx usando o microcontrolador ESP8266 e uma memória FLASH. Outros fabricantes utilizam o mesmo microcontrolador para criar uma pequena placa de desenvolvimento, chamada NodeMCU, onde além da CPU e da memória FLASH existe ainda um regulador de tensão e uma interface USB-UART para facilitar o *upload* de programas pelo computador.

A tecnologia SigFox [11] está presente em 30 países e em cada país existe um acordo com uma empresa de telefonia que fica responsável pela cobertura nacional. No Brasil o acesso ao sinal SigFox atende quase todo o território nacional. Uma outra característica importante do SigFox é o modelo de

negócio, onde além de arcar com os custos dos equipamentos (*transceivers*, antenas, microcontroladores) o cliente precisa pagar uma anuidade pelo serviço de envio de dados. Ou seja, para cada poste instalado é necessário arcar com uma anuidade que segue um sistema de custo por categoria do plano assinado e também por quantidade de *transceivers* instalados. No plano mais econômico o custo da anuidade é de menos de 1 Euro para o envio de 2 mensagens por dia de *uplink* (dispositivo envia mensagem) e 0 mensagens de *downlink* (dispositivo recebe mensagens de um servidor). O *payload* da mensagem de *uplink* é de 12 bytes e para as mensagens de *downlink* é de 8 bytes (quando o plano permite). Em algumas aplicações como por exemplo a medição do consumo de água residencial, o envio de poucas mensagens de *uplink* por dia é adequado e de *downlink* pode ser desnecessário. Já no problema dos postes de luz é necessário o envio de mensagens diversas vezes durante o dia e possivelmente uma quantidade maior de dados (tais como dados de qualidade de energia elétrica naquele ponto ou dados de sensores diversos). Infelizmente mesmo no plano mais caro são permitidas apenas 140 mensagens de *uplink* e 4 mensagens de *downlink* por dia a um custo anual de cerca de 14 Euros por dispositivo. A tecnologia faz um uso eficiente de energia e assim estima-se que uma bateria de 1800mA possa manter um dispositivo operacional por cerca de 10 anos. Finalmente o alcance de um dispositivo SigFox em áreas urbanas é de aproximadamente 10 Km e em áreas rurais de 40 Km.

A tecnologia LoRa é desenvolvida pela Semtech e usa uma modulação proprietária na sua camada física. Na camada de rede utiliza-se o LoRaWAN para conectar os dispositivos sensores LoRa com um *gateway*. Nesta tecnologia o cliente adquire os *transceivers* e cria toda a infraestrutura de comunicação, a qual pode envolver a instalação de *gateways* espalhados pela cidade e a conexão destes à Internet. Entusiastas desta tecnologia têm contribuído para a disseminação do LoRa através da instalação de *gateways* com acesso público, ou seja, um pessoa pode adquirir um *transceiver* LoRa (*end-device*), capturar algum dado de um sensor e usar o *gateway* público para postar o dado em algum servidor na Internet, sem custos. Existem cidades na Europa com cobertura total de *gateways* públicos, o que é uma boa estratégia de fomentar a inovação no mercado de dispositivos IoT e a criação de soluções para as cidades inteligentes. Com essa infraestrutura pública disponível é possível pensar em aplicações como sistemas de monitoramento do transporte público, lixeiras inteligentes, alarme de incêndio, sistemas de tarifação de estacionamento inteligentes, sensores de qualidade do ar, inundação, etc. Assim, a escolha da tecnologia também deve levar em consideração aplicações futuras para uma cidade. O alcance do LoRa é menor do que o do SigFox, cerca de 5 Km em áreas urbanas e 20 Km em áreas rurais. Já o consumo de energia é baixo como o do SigFox, pois ambas tecnologias foram criadas para o nicho de sensores inteligentes. Deve ser destacado que quando se utiliza o protocolo LoRaWAN existe a necessidade de subutilizar a banda. Assim, as transmissões somente podem ocorrer em intervalos determinados

em função do tamanho do *payload* e do alcance desejado da mensagem. Uma outra alternativa alvo de investigação é a criação de um sistema multi-hop [12] usando LoRa para evitar a instalação de *gateways* numa região.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho preliminar, pretende-se realizar uma contribuição na área de Cidades Inteligentes com uma proposta de monitoramento eletrônico do sistema de iluminação pública da uma cidade. Foram apresentadas motivações e vantagens econômicas deste tipo de contribuição para as prefeituras das cidades, bem como foram elencadas algumas tecnologias promissoras para sua construção. Em específico, as tecnologias SigFox e LoRa estão sendo avaliadas. Ao final, deseja-se um protótipo funcional como prova de conceito para validar a proposta e sobre o mesmo realizar testes e avaliações desempenho.

REFERÊNCIAS

- [1] ONU. Sustainable Cities: Why They Matter, 2016. URL https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/16-00055K-Why-it-Matters-Goal-11-Cities_2p.pdf.
- [2] IBGE. Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílios (pnad) 2015 - População Rural e Urbana. Website, 2015. URL <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>.
- [3] Simon Elias Bibri and John Krogstie. Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31:183–212, May 2017.
- [4] Jorge Lordello. Iluminação noturna - O alerta inesperado. Online, 2019. URL http://tudosobreseguranca.com.br/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=421.
- [5] Gul Shahzad, Heekwon Yang, Arab Waheed Ahmad, and Chankil Lee. Energy-Efficient Intelligent Street Lighting System Using Traffic-Adaptive Control. *IEEE Sensors Journal*, 16(13):5397–5405, jul 2016.
- [6] Yusaku Fujii, Noriaki Yoshiura, Akihiro Takita, and Naoya Ohta. Smart Street Light System with Energy Saving Function Based on the Sensor Network. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Future Energy Systems*, e-Energy '13, pages 271–272, New York, NY, USA, 2013. ACM. ISBN 978-1-4503-2052-8.
- [7] Maxsuell Roger Caetano and Elias de Souza Gonçalves. Sistema De Interligação E Monitoramento Dos Pontos De Iluminação Pública. *Revista Científica Doctum Multidisciplinar*, 1(2):1–21, 2019. ISSN 2448-1815.
- [8] Larissa Paredes Muse. Iluminação Pública No Contexto Das Cidades Inteligentes: Matriz Multicritério Para Aplicação Do Led E Da Iot No Brasil. Master's thesis, Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019. URL <http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli2654.pdf>.
- [9] André Gimenes, Wagner Silvestre, sylvio almeida, and Miguel Udaeta. Sistema Integrado De Monitoramento, Controle E Diminuição Em Sistemas De Iluminação Pública: - Análise De Desempenho, Atendimento À Normalização E Proposta Para Implantação No Brasil, October 2011.
- [10] Neil Kolban. Kolban's book on the ESP8266, January 2016. URL <http://neilkolban.com/tech/esp8266/>. Online at <http://neilkolban.com/tech/esp8266/>.
- [11] Kais Mekki, Eddy Bajic, Frederic Chaxel, and Fernand Meyer. A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*, 5(1):1–7, mar 2019. doi: 10.1016/j.icte.2017.12.005.
- [12] Benjamin Sartori, Steffen Thielemans, Maite Bezunartea, An Braeken, and Kris Steenhaut. Enabling RPL multihop communications based on LoRa. In *2017 IEEE 13th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*, October 2017.