



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

Especificação de um semáforo inteligente para gestão da mobilidade urbana

Specification of an intelligent traffic light for urban mobility management

Karine Andressa Assmann^{*}, Gilson Ditzel Santos[†], Rodrigo Rodrigues da Silva[‡]

RESUMO

Considerando o crescimento e adensamento populacional em centros urbanos, o aumento da demanda por transporte sustentável e o desenvolvimento das Tecnologias de Inovação e Comunicação nas cidades, esta pesquisa teve como objetivo identificar quais componentes e custos integram um protótipo de semáforo inteligente, para que possa ser avaliado no contexto das cidades inteligentes e sustentáveis. Enquanto metodologia, realizou-se uma revisão sistemática da literatura, utilizando o Proknow-C como instrumento de intervenção, visando identificar os principais indicadores utilizados, e especificar o projeto teórico baseado na literatura e no contexto da cidade de Pato Branco – PR. O objetivo foi alcançado, levantando os materiais necessários para o protótipo do hardware e o custo de uma unidade do dispositivo para uma cidade de médio porte. A contribuição central do semáforo inteligente apresentado de forma teórica nesta pesquisa, é permitir a transmissão de dados de forma programada e ágil, via wireless, auxiliando na gestão da mobilidade urbana via por meio do uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e Internet das coisas (IoT). Com isso, busca-se estender a literatura no estudo do uso de dispositivos no contexto das cidades inteligentes, e fornecer um ponto de partida para o uso das TIC e IoT pelos gestores públicos do contexto estudado.

Palavras-chave: Cidades inteligentes. Sustentabilidade. Mobilidade urbana. Indicadores. Semáforos inteligentes.

ABSTRACT

Considering the growth and population densification in urban centers, the increased demand for sustainable transportation and the development of Innovation and Communication Technologies in cities, this research aimed to identify which components and costs integrate a prototype of intelligent traffic light, so that it can be evaluated in the context of smart and sustainable cities. As methodology, a systematic literature review was carried out, using the Proknow-C as a tool, aiming to identify the main indicators used, and to specify the theoretical project based on the literature and in the context of the city of Pato Branco - PR. The goal was achieved, raising the necessary materials for the hardware prototype and the cost of one unit of the device for a medium-sized city. The central contribution of the intelligent traffic light presented in a theoretical way in this research, is to allow the transmission of data in a programmed and agile way, via wireless, assisting in the management of urban mobility through the use of Information and Communication Technology (ICT) and Internet of Things (IoT). With this, it seeks to extend the literature in the study of the use of devices in the context of smart cities, and provide a starting point for the use of ICT and IoT by public managers in the studied context.

Keywords: Smart Cities. Sustainability. Urban Mobility. Indicators. Smart traffic lights.

* UTFPR, Engenharia Elétrica; kakaandressa@gmail.com.

† Departamento de Administração, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas; ditzel@utfpr.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-7839-2281>.

‡ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas; rodrigorodrigues7@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7882-5059>.



1 INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização no Brasil foram intensificados ainda nas décadas de 1950 e 1960, como consequência do desenvolvimento industrial das regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste (IBGE, 2011). Em decorrência do crescimento da população urbana, há também aumento no número de veículos e problemas para a gestão do tráfego nas cidades, os quais contribuem para aumentar os níveis de congestionamento, poluição ambiental e sonora (DE OLIVEIRA; MANERA; DA LUZ, 2020).

Desta forma, as cidades têm buscado desenvolver e adotar soluções tecnológicas para ajudar nesses problemas, como dispositivos de controle de semáforos, sensores para estacionamento, câmeras de monitoramento, lombadas eletrônicas, e etc. (DE OLIVEIRA; MANERA; DA LUZ, 2020). O uso dessas tecnologias levou ao surgimento, ainda na década de 1990, do termo “cidades inteligentes”, que pode ser definida como:

"uma cidade inteligente e sustentável pode ser definida como uma cidade inovadora que utiliza Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), Internet of Things (IoT) e outros meios tecnológicos para melhorar a qualidade de vida, eficiência operacional/serviços urbanos e competitividade, ao mesmo tempo em que garante que atenda as necessidades das gerações presentes e futuras no que diz respeito aos aspectos econômicos, sociais, ambientais e culturais (BIBRI; KROGSTIE, 2017, p. 9)".

De forma a tornar os sistemas semafóricos convencionais mais ágeis e eficientes, surgiu o conceito de semáforos inteligentes. Conforme De Oliveira, Manera, Da Luz (2020, p. 23) “os semáforos inteligentes são dispositivos eletrônicos que realizam a gestão de tráfego de pedestres de forma dinâmica”. Estão relacionados à sistemas controladores de semáforos que intervêm e autogerenciam o fluxo dos diferentes tipos de veículos e modais, organizam o trânsito nas interseções, buscando diminuir os conflitos, aumentar a capacidade de escoamento e reduzir a frequência de acidentes por meio do uso de uma rede de comunicação sem fio (DE OLIVEIRA; MANERA; DA LUZ, 2020).

Nesse contexto, a pesquisa é norteadada pela seguinte questão: “Quais componentes integram um protótipo de semáforo inteligente e qual o custo desse semáforo, para que sua adoção por uma cidade de médio porte seja viável?”. Os atributos de cidades de pequeno, médio e grande porte são diferentes, implicando, assim, na importância de delimitar o contexto urbano para o qual as tecnologias são direcionadas (GARAU; MASALA; PINNA, 2016).

Logo, o objetivo geral é identificar quais componentes e custos integram um protótipo de semáforo inteligente, que possa ser avaliado no contexto das cidades inteligentes e sustentáveis. O objetivo geral se desmembra em: (i) identificar indicadores de avaliação para projetos de mobilidade em cidades inteligentes e sustentáveis; (ii) determinar os componentes de um sistema semafórico inteligente; (iii) especificar os recursos necessários para o funcionamento do sistema.

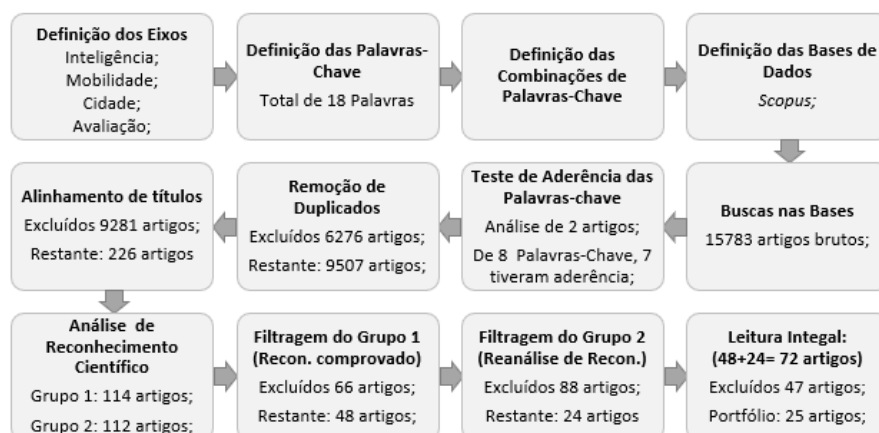
2 MÉTODO

Enquanto metodologia, realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura, utilizando o Proknow-C como instrumento de intervenção. A descrição das etapas completas do Pronow-C pode ser verificada em Ensslin, Ensslin e Pinto (2013).

A **Figura 1** apresenta o processo de seleção do portfólio bibliográfico, conforme as etapas do Proknow-C,

com as definições e resultados obtidos em cada fase.

Figura 1 – Seleção do Portfólio Bibliográfico conforme o Proknow-C.



Fonte: Adaptado de Ensslin, Ensslin e Pinto (2013).

A aplicação das palavras-chave nas bases de dados, utilizando os operadores booleanos AND e OR, resultou em 15783 artigos brutos do portfólio. As etapas seguintes foram: (i) remoção de duplicados; (ii) leitura de títulos; (iii) análise de reconhecimento científico; (iv) leitura de resumos; (v) leitura integral. Como resultado, obteve-se um portfólio final de 25 artigos. O portfólio de artigos foi dividido em 2 grupos: 15 que tratavam dos indicadores para avaliação de projetos de mobilidade urbana, e 10 relacionados aos projetos de semáforos inteligentes. Os indicadores foram utilizados para identificar quais aspectos do projeto deveriam ser especificados para uma possível análise de viabilidade; enquanto os artigos sobre semáforos foram utilizados como base para definição do projeto teórico.

A partir dos indicadores de mobilidade urbana, dos projetos desenvolvidos pelos autores pesquisados, e da análise dos projetos presentes no Plano Diretor do município de Pato Branco, decidiu-se propor um projeto teórico de semáforo inteligente, que pudesse ser avaliado pelos indicadores e (potencialmente) implementado pelo município.

Referente ao portfólio dos 10 artigos que relacionava projetos de semáforos inteligentes, buscou-se projetos que eram vinculados a semáforos de controle eletrônico sem fio, através de sensores, câmeras, wireless, e análise do status de detecção. Além disso, para a escolha e especificação do projeto, fez-se uma pesquisa sobre os projetos estudados ou implementados, relacionados à inovação e eficiência de mobilidade urbana inteligente em cidades brasileiras.

Uma visão macro do projeto do semáforo foi realizada para obter a ideia geral funcionamento, e a partir disso foi realizada uma divisão dos componentes mais específicos, demonstrando suas funções. Por fim, de forma a comprovar a viabilidade financeira do projeto teórico do semáforo inteligente, realizou-se uma pesquisa de custo dos componentes detalhados conforme a visão macro do semáforo.

3 RESULTADOS

Por meio da revisão sistemática da literatura, os principais indicadores identificados, referentes ao âmbito social, econômico e ambiental, que influenciam a mobilidade urbana, foram: frota de veículos, tempo gasto no trânsito, despesas de manutenção na infraestrutura de transporte, fornecimento de transportes públicos, densidade

de conexões de ruas, crescimento urbano, existência de plano diretor de mobilidade urbana, taxa de motorização, gestão de sistemas de tráfego, população exposta ao ruído do tráfego, impactos ambientais por conta de poluentes atmosféricos, e frequência do congestionamento.

O semáforo inteligente proposto faz uso de sensores infravermelhos, câmeras, comunicação wireless, detecção do status e sensores magnéticos em que estes dispositivos auxiliares fazem a coleta de dados, por exemplo o número de veículos que passam pela via, e a velocidade desses veículos (DE OLIVEIRA; MANERA; DA LUZ, 2020).

A visão macro do semáforo inteligente consiste na união do hardware (parte física do semáforo), com o firmware (parte lógica) e, por fim, a rede que faria a parte de comunicação. De forma a especificar melhor a visão macro do projeto semafórico, a comunicação wireless se refere a rede, a detecção do status seria o firmware, e o uso de sensores infravermelhos, magnéticos, atuadores, alimentação e câmeras se referem ao hardware controlador, em que estes dispositivos auxiliares fazem a coleta dos dados.

A **Figura 2** demonstra o diagrama simplificado dos recursos necessários para a composição e funcionamento do semáforo inteligente proposto.

Figura 2 – Composição do semáforo inteligente.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O semáforo inteligente, na teoria funciona da seguinte forma: inicialmente os sensores de magnetização, infravermelho e as câmeras fazem a coleta de dados da situação atual do trânsito; depois estes dados são processados pelo sistema; a via que esta com maior fluxo é liberada antes; quando o banco do processador ganhar uma nova coleta de dados de cada semáforo interligado é reajustado a abertura do semáforo para o novo caso, melhorando assim, o fluxo de veículos e facilita para outros usuários.

Os sensores, são componentes eletrônicos necessários para o funcionamento do semáforo inteligente, e medem propriedades físicas, como temperatura, aceleração, som, localização, presença, entre outras variáveis (VOAS; AGRESTI; LAPLANTE, 2018). Neste projeto, a pesquisa sobre a viabilidade financeira relacionada ao



controlador, composto pelo equipamento físico (hardware), totalizou R\$ 516,85. O levantamento dos custos dos componentes foi realizado com buscas na internet em sites que trabalham especificamente com microcontroladores, sensores, atuadores, fontes de alimentação entre outros dispositivos eletrônicos, e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Levantamento dos custos de hardware para o semáforo inteligente.

Nome e modelo do componente	Quantidade	Valor	Mês de referência
Sensor Infrared PIR D203S	1 unidade	R\$ 10,90	09/2021
Câmera Full HD 1080p Wifi Inteligente	1 unidade	R\$ 329,00	09/2021
Placa Microcontrolador ATMEGA328P-PU	1 unidade	R\$ 89,90	09/2021
Módulo Sensor de Tensão e Corrente 3A MAX471 GY-471	1 unidade	R\$ 32,90	08/2021
Módulo Semáforo Led 8mm Arduino Esp8266 C	1 unidade	R\$ 17,35	09/2021
Módulo Fonte Step Down AC-DC 9V 500mA	1 unidade	R\$ 23,90	09/2021
Módulo Sensor Magnético Reed Switch	1 unidade	R\$ 12,90	09/2021

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Depois da aferição feita pelos sensores, atuadores pela parte do hardware, os dados podem ser utilizados particularmente ou em conjunto, por meio de sua fusão usando *Internet das Coisas* (IoT). A concentração destes dados permite maximizar a qualidade dos dados medidos e a tomada de decisões, sendo de grande eficácia em ambientes complexos (ALAM *et al.*, 2017).

Com a obtenção desses dados e usando as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), esses dispositivos os enviam, para um sistema de comunicação, neste caso um sistema sem fio via wireless, onde posteriormente estas informações poderão ser analisadas por um sistema gestor supervisionado eletronicamente que faz o controle de fato do sistema semafórico.

4 CONCLUSÕES

O objetivo geral desta pesquisa foi identificar quais componentes e custos integram um protótipo de semáforo inteligente, que pudesse ser avaliado no contexto das cidades inteligentes e sustentáveis. O primeiro objetivo específico foi alcançado pela identificação dos indicadores para avaliação de projetos de mobilidade. O segundo objetivo específico foi atingido ao determinar os componentes de um sistema semafórico inteligente, a partir da literatura pesquisada. Por fim, o terceiro objetivo específico foi cumprido especificando os recursos necessários para o funcionamento do sistema.

Como contribuições, o semáforo inteligente apresentado de forma teórica nesta pesquisa, além de ser um sistema sem fio que permite transmitir os dados obtidos de forma programada e relativamente rápida via wireless, é uma das alternativas para melhorar a gestão do tráfego urbano, utilizando Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e Internet das coisas (IoT). Além de buscar maximizar a eficiência na gestão de trânsito, o sistema proposto busca contribuir para redução das poluições ambientais e sonoras, aprimorar as técnicas de comunicação entre diversos sistemas eletrônicos, e ajudar na transformação dos centros urbanos em cidades inteligentes.

Como limitações da pesquisa, aponta-se: (i) a seleção de um portfólio reduzido de artigos, decorrente do instrumento de revisão utilizado; (ii) a ausência de avaliação prática do projeto, a partir dos indicadores identificados na literatura. Como sugestão para trabalhos futuros, aponta-se: (i) o desenvolvimento e pesquisa de



outros dispositivos tecnológicos associados que possam ser pertinentes para o avanço das cidades inteligentes e sustentáveis; (ii) uso dos indicadores para avaliação de viabilidade de implementação dos projetos; (iii) pesquisas que busquem analisar a relação entre o uso de TIC na mobilidade urbana e o desenvolvimento das cidades médias nos contextos regionais.

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador, Professor Dr. Gilson Ditzel Santos pela oportunidade e apoio, e ao Rodrigo Rodrigues da Silva pela coorientação durante a pesquisa. Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Universidade Tecnológica do Paraná, pela bolsa de Iniciação Científica concedida (Edital PROPPG 02/2020 — PIBIC).

REFERÊNCIAS

- ALAM, Furqan *et al.* Data fusion and IoT for smart ubiquitous environments: A survey. **IEEE Access**, v. 5, p. 9533-9554, 2017.
- BIBRI, Simon Elias; KROGSTIE, John. ICT of the new wave of computing for sustainable urban forms: Their big data and context-aware augmented typologies and design concepts. **Sustainable cities and society**, v. 32, p. 449-474, 2017.
- DE OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto; MANERA, Leandro Tiago; DA LUZ, Paulo Denis Garcez. Development of a Smart Traffic Light Control System with Real-Time Monitoring. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 8, n. 5, p. 3384-3393, 2020.
- ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim; PINTO, Hugo de Moraes. Processo de investigação e Análise bibliométrica: Avaliação da Qualidade dos Serviços Bancários. **Revista de administração contemporânea**, v. 17, p. 325-349, 2013.
- GARAU, Chiara; MASALA, Francesca; PINNA, Francesco. Cagliari and smart urban mobility: Analysis and comparison. **Cities**, v. 56, p. 35-46, 2016.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores Sociais Municipais: Uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv54598.pdf>>. Acesso em 07 set. 2021.
- VOAS, Jeffrey; AGRETI, Bill; LAPLANTE, Phillip A. A closer look at IoT's things. **IT Professional**, v. 20, n. 3, p. 11-14, 2018.