



Software de Gerência de Semáforos de Trânsito com Internet das Coisas

Software Management of Traffic Lights with Internet of Things

Gustavo Nogueira da Silva¹, Lucio Agostinho Rocha²

RESUMO

O presente artigo apresenta o desenvolvimento de um software em nuvem para gerência de semáforos de trânsito com Internet das Coisas. O artigo mostra uma pesquisa sobre ferramentas gratuitas e comerciais para o estabelecimento de rotas de passagem de veículos entre uma origem e um destino geográfico com mapas virtuais de trânsito urbano. O objetivo dessa estratégia é estimar a rota necessária para a passagem de veículos de acordo com o tráfego, e assim controlar o tempo de abertura dos semáforos inteligentes presentes nesse caminho. Como funcionalidade complementar também foi utilizada lógica Fuzzy através de regras de inferência para estimar o tempo de abertura necessário à passagem de veículos de acordo com o horário do trânsito urbano. Os resultados mostram uma alternativa eficiente e de baixo custo para a gerência de vias urbanas, otimizando o tráfego nos horários de pico, e oferecendo alternativas viáveis para a melhoria do trânsito das cidades.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Gerência de Tráfego Urbano; Computação em Nuvem; Lógica Fuzzy.

ABSTRACT

The present paper presents the development of a cloud software for management of traffic lights with Internet of Things. The paper shows a research on free and commercial tools for establishing routes for the passage of vehicles between an origin and a geographical destination with virtual maps of urban traffic. The objective of this strategy is to estimate the necessary route for the passage of vehicles according to the traffic, and thus control the opening time of the intelligent traffic lights present on this path. As a complementary functionality it was also used Fuzzy logic through inference rules to estimate the necessary opening time for the passage of vehicles according to the urban traffic schedule. The results show an efficient and low-cost alternative for the management of urban roads, optimizing traffic during peak hours, and offering viable alternatives to improve the urban traffic of cities.

Keywords: Internet of Things; Urban Traffic Management; Cloud Computing; Fuzzy Logic.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta uma proposta para resolver o problema de controle de semáforos de trânsito com Internet das Coisas. O contexto deste problema vem de encontro a uma necessidade de estudos mais aprofundados sobre a possibilidade de oferecer soluções de baixo custo para complementar a gestão de tráfego de veículos em vias urbanas. No Brasil o sistema de trânsito urbano utiliza equipamentos semaforicos que atuam de forma alternada ou intermitentemente por meio de sistema eletromecânico ou eletrônico. (COTRAN, 2020). Esse sistema simplifica a manutenção dos semáforos, mas reduz a capacidade de mudança dinâmica do tempo de abertura e fechamento das vias.

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Bacharelado em Engenharia Química, Apucarana, Paraná, Brasil; gustavo.1999@alunos.utfpr.edu.br.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Bacharelado em Engenharia de Computação, Apucarana, Paraná, Brasil; luciorocha@utfpr.edu.br.



A motivação para a realização deste artigo é oferecer uma alternativa em nuvem para agregar informações de dispositivos de trânsito com Internet das Coisas para auxiliar a gestão das vias urbanas. Essa motivação vem de encontro a pesquisas que informam que há quantidade reduzida de informações com as tecnologias usadas para a gestão do tráfego e para a mobilidade urbana. Então, por meio da revolução digital e uso da Internet das Coisas, é possível suprir essa necessidade de dados (ASHIK, MIM e NEEMA, 2020) e contribuir para o desenvolvimento de centros urbanos (ENGIN et al., 2020).

Neste artigo o objetivo é apresentar um protótipo de software de gerência em nuvem para controle de semáforos de trânsito com Internet das Coisas. Esse protótipo propõe responder a seguinte pergunta: é possível ajustar dinamicamente o tempo de abertura do semáforo de acordo com a demanda de tráfego? Para responder a esta pergunta utilizamos lógica Fuzzy para ajustar o tempo de abertura do semáforo com dados estimados de passagem de veículos de acordo com o horário. Os resultados mostraram que o ajuste dinâmico contribui para melhorar o fluxo de veículos em vias urbanas.

2 MÉTODO

O sistema de gerência de semáforos de trânsito apresentado neste artigo está na forma de um site na nuvem (SILVA, 2021). Esse sistema de nome SemaforoTel foi disponibilizado em uma plataforma de nuvem. Para isso, foi utilizada a plataforma de nuvem Heroku (SALESFORCE, 2021) que, apesar de ser uma solução comercial, permite desenvolver protótipos de software gratuitos. O software do sistema foi escrito de acordo com um template fornecido pela própria plataforma. Foram utilizadas as linguagens de programação Java, JavaScript, HTML, e CSS. Foi utilizado o framework Spring em um modelo de desenvolvimento em camadas do tipo Model-View-Control (MVC). O controle de versão foi feito com o sistema de gerenciamento de versões Git na plataforma GitHub. Finalmente, foi utilizado um banco de dados Postgresql para armazenar dados dos semáforos cadastrados, usuários do sistema, e detalhes de formação de rotas e tempo de abertura de semáforos. Todo o processo de desenvolvimento foi registrado no site do projeto (SILVA e NOVAES, 2021).

Ao acessar a plataforma, o usuário visualiza uma tela de acesso ao sistema, onde são fornecidas as credenciais do usuário (login e senha). Nessa interface gráfica também é apresentado um mapa virtual da cidade de Apucarana/PR no qual é utilizado para estimar os semáforos que pertencem a uma determinada rota. Além disso, também é utilizado para obter os dados necessários para o sistema enviar informações aos semáforos cadastrados. Após inseridas as credenciais, o usuário obtém acesso ao sistema onde pode fazer diversas alterações ou cadastramento de novos semáforos como pode ser visto na Figura 1.



Figura 1 - Interface Gráfica de Gerência de Semáforos na Nuvem.

Fonte: Autoria própria (2021).

1) ID do Semáforo: é o campo onde se registra a identificação do semáforo, podendo também remover o ID de um semáforo já registrado; 2) Tráfego (Fluxo de veículos/hora): neste campo é preenchido o fluxo de veículos que passa pelo semáforo cadastrado; 3) Horário: este campo seleciona o horário do dia em que o semáforo está atuando; 4) Calcular tempo de abertura (Fuzzy): este botão retorna o tempo que o semáforo ficará aberto através de um algoritmo, onde é usado como entrada os dados de tráfego e horário; 5) Data de cadastro: campo que informa a data em que foi cadastrado o semáforo; 6) Endereço: neste campo é preenchido o endereço físico onde do semáforo; 7) Localização Geográfica: esse campo informa a latitude e longitude do semáforo; 8) Controle Remoto: nesse campo é possível alterar o estado atual do semáforo entre as três opções de sinalização: verde, amarelo e vermelho.

3 RESULTADOS

3.1 Modelagem com Lógica Fuzzy

Rocha et al.(2011) informam que a lógica Fuzzy tem sido utilizada por muito tempo para desenvolver controladores de diversos tipos. Uma vantagem clara da lógica Fuzzy é que ela pode modelar sistemas lineares e não-lineares, agrupando estratégias de controle que não podem ser especificadas por uma única equação. A modelagem utilizou o método de inferência Fuzzy Mamdani que define operadores MAX-MIN e defuzzificação do tipo centróide. No site da nuvem que gerencia os semáforos foi utilizado um módulo de inferência (controle) Fuzzy em linguagem Java disponível na referência (CINGOLANI e ALCALÁ-FDEZ, 2021) para calcular o tempo necessário para abertura da via urbana. O sistema de controle utiliza regras de inferência “SE-ENTÃO” que imitam as decisões do ser humano. Essas regras são baseadas em experiências empíricas do comportamento do tráfego de veículos em determinado horário ao longo do dia. O



modelo Fuzzy foi escrito em linguagem de controle (FCL) (CINGOLANI e ALCALÁ-FDEZ, 2021). Além disso, a mesma modelagem foi realizada com o toolbox FuzzyLogic Toolbox sciFLT para Scilab (NAHRSTAEDT, GREZ e LUH, 2021) para visualizar melhor as variáveis e regras de inferência.

No processo de fuzzificação, as entradas previstas são modeladas em conjuntos Fuzzy de seu respectivo domínio. No caso, as variáveis de entrada definidas são “horário” e “tráfego”. A variável de entrada “horário” indica a hora da coleta de dados de veículos na via urbana. A variável de entrada “tráfego” indica a estimativa da quantidade de veículos que trafegam na via por hora. A variável de saída “abertura” indica o tempo de “abertura” no qual o sinal verde permanece aceso no semáforo da via urbana.

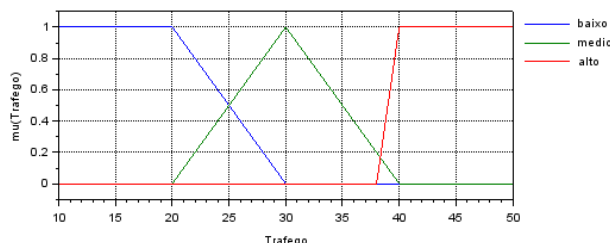
Os dados das variáveis de entrada são simulados no site da nuvem, mas poderiam ser adquiridos por dispositivos externos, tais como câmera e sensores na via urbana. A Tabela 1 mostra a modelagem do controlador Fuzzy. Cada termo linguístico foi modelado com uma função de pertinência do tipo triangular ou trapezoidal. A Figura 2 e Figura 3 mostram a modelagem dessas funções de pertinência.

Tabela 1 - Modelo de Controle Fuzzy para Controle de Semáforos de Vias Urbanas.

Variáveis de Entrada	Termos Linguísticos	Função de Pertinência	Intervalo
Tráfego [0--50]	Baixo Médio Alto	Trapezoidal Triangular Trapezoidal	[0--30] [20--40] [35--50]
Horário [0--23]	Manhã Tarde Noite	Trapezoidal Triangular Trapezoidal	[0--11] [11--18] [19--23]
Variável de Saída			
Abertura [0--10]	Baixo Médio Alto	Trapezoidal Triangular Trapezoidal	[0--5] [4--7] [6--10]

Fonte: Autoria própria (2021).

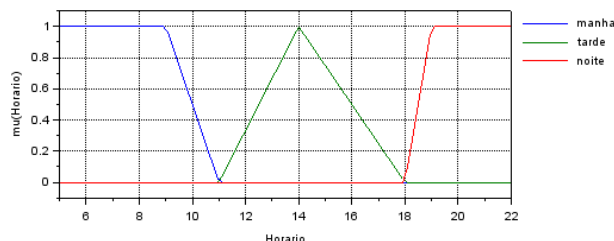
Figura 2 - Variável de Entrada Tráfego.



Fonte: Autoria própria (2021).

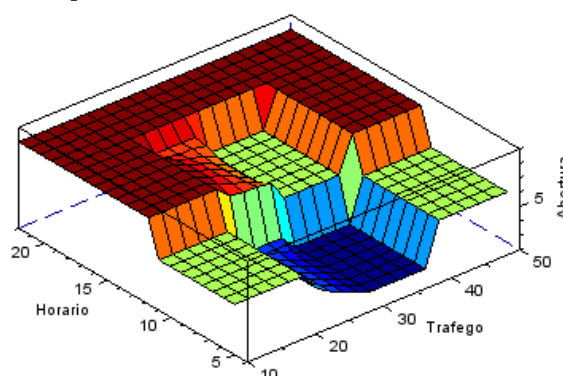


Figura 3 - Variável de Entrada Horário.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 4 - Superfície de Defuzzificação do Controlador Fuzzy.



Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 Método de Inferência Fuzzy

A Figura 4 mostra a superfície obtida através desse método. O método de inferência calcula o valor da variável de saída a partir dos valores fornecidos nas variáveis de entrada. A defuzzificação significa representar um valor obtido nas regras de inferência em um conjunto Fuzzy da variável de saída.

Como existem diversos valores que podem ser obtidos dentro do conjunto de saída com a aplicação das regras de inferência, a defuzzificação utilizou o processo de centro de gravidade (centróide) com o método de inferência Mamdani do tipo MIN que corresponde ao operador AND lógico. Em termos práticos, a defuzzificação aplica as regras de inferência e obtém uma área para cada regra que combina com os valores de entrada. A seguir, essas áreas parciais são combinadas (MIN: operador AND lógico) para produzir uma única área de saída. Finalmente, o método centróide aplica o valor médio sobre a área final obtida.

4 CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentado um sistema de gerência de semáforos em nuvem suprimindo a necessidade de estudos nessa área. Foi encontrada uma solução para o ajuste dinâmico do tempo de abertura de semáforos de acordo com a demanda através do Sistema Web criado. Esse sistema utiliza um controlador Fuzzy para definir dinamicamente o tempo de abertura de um semáforo de trânsito de acordo com o horário e a quantidade de veículos de uma via urbana, acrescentando então uma nova solução de menor custo para o que se tem atualmente. Foi verificado que há custos operacionais para manter o sistema operacional, além dos recursos humanos para a manutenção do aparato de software e hardware, os principais custos previstos são a hospedagem do sistema em um host servidor próprio. Até o presente momento, todo o desenvolvimento foi



baseado no uso de plataformas de software gratuitas, porém limitadas quanto à quantidade de requisições de acesso e ao armazenamento de dados. Para a implantação do sistema será necessário um servidor próprio de alto desempenho com acesso à Internet de alta velocidade.

Trabalhos futuros: para a comercialização do sistema será possível realizar a atualização remota de funcionalidades. Para fidelizar os usuários serão propostos treinamento para instalação e uso do produto, inclusão periódica de subprodutos conforme a demanda, versões específicas com funcionalidades de pacotes de software (componentes) específicos para tipos de clientes (urbanos, caminhões de carga), versões mais simples do sistema (alterar o tempo dos semáforos remotamente) e funções específicas do administrador.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador professor Lucio Agostinho Rocha por me conduzir e incentivar meu trabalho de pesquisa. Agradeço também à UTFPR por fornecer minha formação com excelência e qualidade de ensino. Também deixo meus agradecimentos ao CNPq por me disponibilizar essa oportunidade de bolsa de pesquisa pelo PIBITI 2020/2021.

REFERÊNCIAS

CONTRAN 2021. Manual brasileiro de sinalização de trânsito volume V – Sinalização semafórica. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/arquivos-denatran/educacao/publicacoes/manual_vol_v_-2.pdf. Acessado em: Outubro de 2021.

ASHIK, Fajle Rabbi; MIM, Sadia Alam; NEEMA, Meher Nigar. Towards vertical spatial equity of urban facilities: An integration of spatial and aspatial accessibility. **Journal of Urban Management**, v. 9, n. 1, p. 77-92, 2020.

ENGIN, Zeynep et al. Data-driven urban management: Mapping the landscape. **Journal of Urban Management**, v. 9, n. 2, p. 140-150, 2020.

SILVA, G. N. SemaforoTel. Disponível em: <https://semaforotel.herokuapp.com>. Acessado em Março de 2021.

SALESFORCE. HowHeroku Works. Disponível em: <https://devcenter.heroku.com/articles/how-heroku-works>. Acessado em Março de 2021.

SILVA, G. N. e NOVAES, G. M. Semáforo Inteligente. Disponível em: <https://sites.google.com/view/semaforotel/página-inicial>. Acessado em Março de 2021.

ROCHA L.A. et al. (2011) A CloudArchitecture for EducationalEnterprises: A Case Study in Robotics. In: Mahmood Z., Hill R. (eds) CloudComputing for Enterprise Architectures. Computer Communications and Networks. Springer, London https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2236-4_7

CINGOLANI, P. e ALCALÁ-FDEZ, J. Alcala-Fdez. *"jFuzzyLogic: a robustandflexibleFuzzy-Logicinference system languageimplementation."* Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2012 IEEE InternationalConferenceon. IEEE, 2012.

NAHRSTAEDT, H; GREZ, J. U.; LUH, T. C. "FuzzyLogic Toolbox". Disponível em: <https://atoms.scilab.org/toolboxes/sciFLT/0.4.7>. Acessado em Maio de 2021.