# **SIMULADOR DE MOBILIDADE URBANA PARA CONTROLE INTELIGENTE DE TRÁFEGO E SEMÁFOROS**

**Arthur Santos Godinho**ICEV

E-mail: [arthur.godinho@somosicev.com](mailto:arthur.godinho@somosicev.com)

**Francisco de Assis Barros Nunes Junior**ICEV

E-mail: [francisco.nunes@somosicev.com](mailto:francisco.nunes@somosicev.com)

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um simulador de tráfego urbano baseado em grafos, com foco na otimização do fluxo de veículos e redução de congestionamentos por meio do controle inteligente de semáforos. A rede urbana é modelada como um grafo, em que vértices representam interseções e arestas correspondem às ruas. Veículos são gerados com rotas calculadas pelo algoritmo de Dijkstra, simulando seu deslocamento e interagindo com semáforos controlados por heurísticas adaptativas. Ao final da simulação, são apresentadas estatísticas sobre tempos médios de viagem, consumo energético e desempenho do sistema.

**Palavras-chave:** Simulação de tráfego, controle de semáforos, estruturas de dados, grafos, heurísticas adaptativas.

## **ABSTRACT**

This work presents the development of an urban traffic simulator based on graphs, focusing on optimizing vehicle flow and reducing congestion through intelligent traffic light control. The urban network is modeled as a graph where vertices represent intersections and edges correspond to streets. Vehicles are generated with routes calculated by Dijkstra's algorithm, simulating their movement and interacting with traffic lights controlled by adaptive heuristics. At the end of the simulation, statistics on average travel times, energy consumption, and system performance are presented.

**Keywords:** Traffic simulation, traffic light control, data structures, graphs, adaptive heuristics.

## **1. INTRODUÇÃO**

O crescimento contínuo da frota de veículos nas cidades demanda soluções tecnológicas que promovam a melhoria da mobilidade urbana, reduzindo congestionamentos e aumentando a sustentabilidade. Este trabalho propõe um simulador que integra conceitos de estruturas de dados, algoritmos de grafos e heurísticas para controle adaptativo de semáforos, simulando o fluxo de veículos em uma cidade real, permitindo avaliar diferentes estratégias de controle.

## **2. MODELAGEM DA REDE URBANA**

A rede urbana é representada por um grafo direcionado, onde cada vértice corresponde a uma interseção, podendo estar equipada ou não com semáforos. As arestas representam ruas com atributos configuráveis, tais como comprimento, capacidade, sentido de circulação e tempo de travessia. Os dados reais utilizados correspondem ao bairro Morada do Sol, em Teresina, contendo aproximadamente 1922 vértices. O grafo foi gerado a partir de um arquivo JSON obtido por script em Python, que extrai informações geográficas para alimentar a estrutura do grafo no simulador.

## **3. ESTRUTURAS DE DADOS**

Todas as estruturas de dados essenciais para a simulação, incluindo listas, filas, pilhas, mapas e o próprio grafo, foram implementadas do zero, sem uso das bibliotecas padrão do Java. Essa decisão buscou garantir maior controle e aprendizado sobre os algoritmos e eficiência no gerenciamento dos dados necessários à simulação.

## **4. ALGORITMO DE ROTEAMENTO**

Para definir as rotas dos veículos entre origem e destino, foi utilizado o algoritmo de Dijkstra, que encontra o caminho mínimo em grafos ponderados. A aplicação desse algoritmo é fundamental para simular trajetos eficientes na rede urbana modelada.

## **5. CONTROLE DE SEMÁFOROS E HEURÍSTICAS**

O sistema de controle de semáforos possui três modos de operação:

* **Ciclo fixo:** semáforos operam com tempos fixos para os estados verde, amarelo e vermelho, sem adaptação ao fluxo.
* **Tempo de espera adaptativo:** os tempos dos semáforos são ajustados dinamicamente com base nas filas de veículos nas interseções.
* **Consumo energético:** prioriza estratégias que minimizem o consumo energético, reduzindo paradas desnecessárias e otimizando os ciclos conforme o tráfego.

## **6. SIMULAÇÃO DE VEÍCULOS**

Veículos são gerados aleatoriamente com origens e destinos definidos entre as interseções da rede. Utilizam o algoritmo de Dijkstra para determinar o caminho a ser percorrido. Durante a simulação, obedecem aos sinais dos semáforos, parando no vermelho e avançando no verde, e seus estados são monitorados e registrados.

## **7. COLETA DE DADOS E ESTATÍSTICAS**

O simulador coleta dados como tempo médio de viagem, consumo energético dos veículos, volume de veículos concluindo trajetos e movimentações em interseções. Estes dados permitem analisar o desempenho das heurísticas e o impacto no fluxo do tráfego.

## **8. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os testes realizados indicam que heurísticas adaptativas melhoram o desempenho do sistema, diminuindo o tempo médio de espera e o consumo energético, além de favorecer um fluxo de tráfego mais fluído. A modularidade do sistema possibilita a comparação entre diferentes estratégias de controle.

## **9. CONCLUSÃO**

O trabalho integrou conceitos fundamentais de estruturas de dados e algoritmos para o desenvolvimento de um simulador que controla semáforos de forma inteligente. As heurísticas adaptativas mostraram-se eficazes para melhorar a mobilidade urbana e reduzir o impacto energético, com potencial de aplicação em diferentes contextos urbanos.

## **REFERÊNCIAS**

[1] CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. Introduction to Algorithms. 3rd ed. MIT Press, 2009.

[2] BAEZA-YATES, R.; RIBEIRO-NETO, B. Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology Behind Search. 2nd ed. Addison-Wesley, 2011.

[3] OpenStreetMap contributors. OpenStreetMap, [https://www.openstreetmap.org](https://www.openstreetmap.org/).

[4] SILVA, J.; OLIVEIRA, M. Simulação de tráfego urbano: uma revisão. Revista Brasileira de Engenharia de Tráfego, v. 5, n. 1, p. 15-27, 2023.