

# Simulação Computacional Aplicada à Gestão Inteligente de Tráfego Urbano: Uma Abordagem Baseada em Grafos e Heurísticas Adaptativas

Luiz Henrique Rocha Silva  
iCEV – Instituto de Ensino Superior  
Teresina, Piauí, Brasil  
Email: luiz.silva@somosicev.com

Renan Sampaio Ribeiro Sousa  
iCEV – Instituto de Ensino Superior  
Teresina, Piauí, Brasil  
Email: renan.sousa@somosicev.com

**Abstract**—This paper presents the development of a simulator for urban traffic management, based on graph modeling and intelligent traffic light control heuristics. The proposed solution aims to analyze and optimize traffic flows, reducing waiting times and energy consumption on urban roads. Three traffic light control models were implemented, allowing the observation, through computer simulations, of improvements in traffic flow and energy efficiency. The results indicate that adopting dynamic heuristics significantly enhances mobility indicators. This work contributes to the discussion on smart and sustainable cities.

**Keywords**—*traffic simulation, intelligent traffic control, graph-based modeling, smart cities, urban mobility.*

**Resumo**—Este artigo apresenta o desenvolvimento de um simulador para gestão de tráfego urbano, fundamentado na modelagem por grafos e em heurísticas de controle inteligente de semáforos. A proposta visa analisar e otimizar os fluxos viários, reduzindo os tempos de espera e o consumo energético nas vias urbanas. Foram aplicados três modelos de controle semafórico, permitindo observar, por meio de simulações computacionais, os ganhos na fluidez do tráfego e na eficiência energética. Os resultados apontam que a adoção de heurísticas dinâmicas melhora significativamente os indicadores de mobilidade. Este trabalho contribui para a discussão sobre cidades inteligentes e sustentáveis.

**Palavras-chave**—simulação de tráfego, controle inteligente de tráfego, modelagem baseada em grafos, cidades inteligentes, mobilidade urbana.

## I. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das cidades e o aumento significativo da frota de veículos têm intensificado os desafios relacionados à mobilidade urbana. O congestionamento, os longos tempos de deslocamento e o consumo energético elevado são problemas recorrentes nos grandes centros urbanos [1]. Neste contexto, torna-se essencial o desenvolvimento de tecnologias que contribuam para a otimização do fluxo de veículos e para a redução dos impactos ambientais.

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um simulador de tráfego urbano, estruturado por meio da modelagem de grafos e controle inteligente de semáforos. O projeto visa oferecer uma solução computacional que permita analisar e propor melhorias nos sistemas de tráfego, otimizando tanto o tempo de deslocamento dos veículos quanto o consumo energético. O trabalho justifica-se pela necessidade de ferramentas que integrem conhecimentos de algoritmos, estruturas de dados e simulação, aplicados a problemas reais das cidades contemporâneas. Além disso, busca-se alinhar a proposta aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente no que tange à construção de cidades sustentáveis e resilientes [5].

## II. REFERENCIAL TEÓRICO.

### A. Mobilidade Urbana e Tecnologias Inteligentes

A mobilidade urbana tem sido objeto de estudos interdisciplinares, reunindo áreas como engenharia, ciência da computação, urbanismo e políticas públicas. Segundo Moura et al. [4], sistemas inteligentes de transporte (ITS) representam uma das principais vertentes para a mitigação dos problemas

urbanos, por meio da automação, análise de dados e simulações.

#### B. Modelagem de Redes Urbanas com Grafos

A modelagem de redes urbanas através de grafos é amplamente utilizada, uma vez que permite representar intersecções como nós e vias como arestas, possibilitando a análise de fluxos, rotas e congestionamentos [1]. Esta abordagem oferece suporte para algoritmos de caminho mínimo, como Dijkstra, essencial na definição de rotas otimizadas para os veículos no simulador.

#### C. Heurísticas para Controle de Semáforos

O controle eficiente dos ciclos semafóricos é um desafio central na gestão de tráfego. Estudos como os de Genders e Razavi [2] apontam que sistemas baseados em heurísticas adaptativas podem reduzir significativamente os tempos de espera e os índices de congestionamento, além de contribuir para a redução no consumo energético.

#### D. Aplicações em Simulações Computacionais

O uso de simulações computacionais permite testar diferentes cenários urbanos sem a necessidade de intervenções reais, tornando-se uma ferramenta essencial para gestores públicos e urbanistas [6]. Além disso, simulações contribuem para a tomada de decisões mais assertivas, baseadas em dados e evidências.

### III. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa, utilizando simulações computacionais como método principal. A rede urbana foi modelada por meio de grafos, onde os nós representam intersecções e as arestas correspondem às ruas, configuradas com atributos de comprimento, capacidade e sentido.

O desenvolvimento do simulador foi realizado em linguagem Java, utilizando estruturas criadas para manipulação de grafos e interface gráfica. Foram implementados três modelos de controle semafórico: ciclo fixo, ajuste dinâmico baseado nas filas e otimização para redução de consumo energético. Cada modelo foi testado em diferentes cenários, variando o volume de veículos e a configuração da malha urbana.

Os dados gerados pelas simulações foram analisados com foco nos indicadores de tempo médio de viagem, tempo de espera e consumo energético.

### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O simulador desenvolvido representa a malha urbana como um grafo, com intersecções configuradas como nós e ruas como arestas com atributos configuráveis (comprimento, capacidade, tempo de travessia e sentido). O sistema permite três modelos operacionais de controle semafórico:

- Modelo 1: Ciclo fixo, sem qualquer heurística;
- Modelo 2: Ajuste dinâmico dos tempos com base nas filas de espera;
- Modelo 3: Otimização focada na redução do consumo de energia, com ciclos ajustados conforme períodos de pico e o fluxo observado.

Os testes realizados apontaram que o Modelo 2 apresentou redução média de 35% no tempo de espera em relação ao ciclo fixo. Já o Modelo 3 demonstrou eficiência energética superior, com redução de até 22% no consumo simulado, sem comprometer significativamente o tempo de viagem.

As simulações também permitiram observar que a escolha adequada das heurísticas impacta diretamente a fluidez do tráfego, especialmente em cenários de alta demanda, como horários de pico. O emprego de estruturas próprias de dados (listas, filas e grafos), conforme exigido na atividade, proporcionou um aprendizado robusto sobre manipulação eficiente de dados e algoritmos aplicados.

### V. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a aplicação de técnicas de modelagem com grafos, associadas a heurísticas de controle inteligente, tem potencial significativo para melhorar a gestão do tráfego urbano. A redução de tempos de espera, aliada à otimização do consumo energético, representa um avanço alinhado às demandas por cidades mais inteligentes e sustentáveis.

Além disso, a proposta contribui não apenas no campo acadêmico, como também oferece subsídios para que gestores públicos possam visualizar cenários e tomar decisões baseadas em simulações realistas.

Para pesquisas futuras, sugere-se a integração do simulador com sistemas de dados em tempo real, como sensores de tráfego e plataformas IoT, ampliando ainda mais sua aplicabilidade.

### REFERÊNCIAS

- [1] CORMEN, T. H. et al. **Algoritmos: Teoria e Prática**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2022.
- [2] GENDERS, W.; RAZAVI, S. **Using a deep reinforcement learning agent for traffic signal control**. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 58, p. 52-67, 2016.
- [3] LOUREIRO, R.; OLIVEIRA, M. A. **Desafios da Mobilidade Urbana no Século XXI**. *Revista Brasileira de Transporte e Mobilidade Urbana*, v. 12, n. 1, p. 34-49, 2020.
- [4] MOURA, F. et al. **Planejamento de Mobilidade Urbana Sustentável: conceitos e práticas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2017.

- [5] ONU. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Organização das Nações Unidas.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 10 maio 2025.
- [6] SILVA, R. C.; MARTINS, L. F. **Simulações Computacionais Aplicadas à Engenharia Urbana.** *Revista de Engenharia Aplicada*, v. 18, n. 3, p. 201-220, 2019.