

Sistema de controle adaptativo de semáforos com coleta de dados em tempo real do tráfego nas vias urbanas

Elizabeth Moreira da Silva
liz.moreira1310@gmail.com

RESUMO

Este artigo apresenta uma abordagem para a coleta e processamento de dados em tempo real do tráfego urbano, com o objetivo de ajustar dinamicamente os tempos dos semáforos com base nas condições atuais do tráfego. A metodologia proposta utiliza a biblioteca OpenCV em um ambiente Python para capturar imagens do tráfego, que são processadas por uma rede neural YOLO (You Only Look Once) para extrair informações, como os tipos e a quantidade de veículos que passam nas vias. Em seguida, foi desenvolvido um algoritmo para ajustar os tempos dos semáforos dinamicamente, de acordo com as condições de tráfego em tempo real. A eficácia do sistema foi avaliada através de um simulador contendo um cruzamento com quatro vias e por meio de simulações que compararam um sistema de semáforo dinâmico com um sistema estático. Os resultados da simulação demonstraram que o sistema dinâmico reduziu o tempo médio de espera dos veículos nas interseções e aumentou o número de veículos que atravessam a interseção por unidade de tempo, destacando a importância da ciência de dados em tempo real na criação de sistemas de controle de tráfego inteligentes, capazes de atender às demandas de uma infraestrutura urbana moderna e eficiente.

Palavras Chave: Semáforo Inteligente. Mobilidade Urbana. Coleta de dados. Ciência de dados em tempo real

Artigo Submetido: 01/09/2024

Artigo Aceito Publicação: 01/02/2025

Adaptive traffic light control system with real-time data collection of urban traffic

ABSTRACT

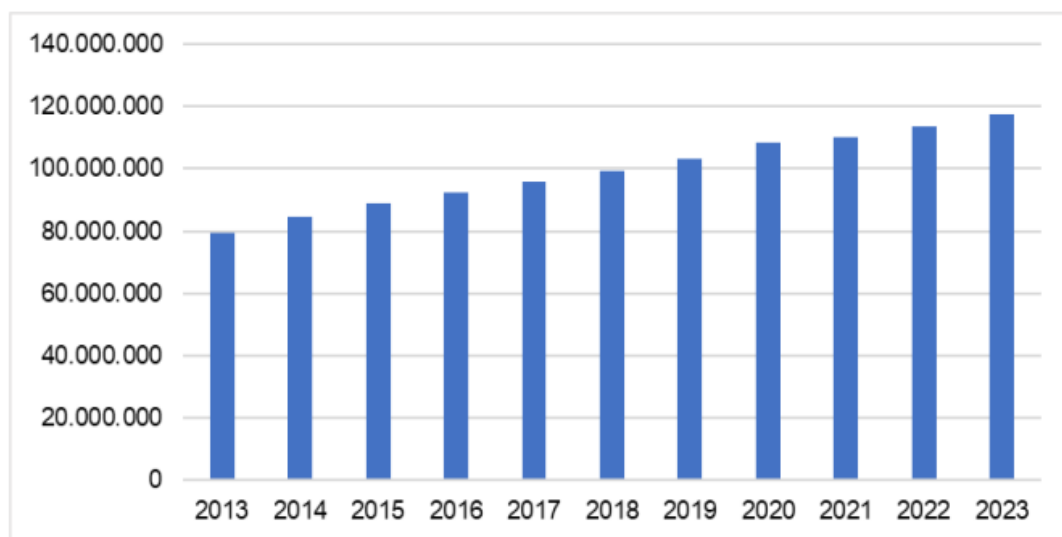
This paper presents an approach for collecting and processing real-time data from urban traffic, with the aim of dynamically adjusting traffic light timings based on current traffic conditions. The proposed methodology uses the OpenCV library in a Python environment to capture traffic images, which are processed by a YOLO (You Only Look Once) neural network to extract information, such as the types and number of vehicles passing through the roads. An algorithm was then developed to dynamically adjust traffic light timings according to real-time traffic conditions. The effectiveness of the system was evaluated through a simulator containing a four-way intersection and through simulations that compared a dynamic traffic light system with a static system. The simulation results demonstrated that the dynamic system reduced the average waiting time of vehicles at intersections and increased the number of vehicles crossing the intersection per unit of time, highlighting the importance of real-time data science in the creation of intelligent traffic control systems capable of meeting the demands of a modern and efficient urban infrastructure.

Key Words: *Smart Traffic Light. Urban Mobility. Data Collection. Real-Time Data Science*

1 Introdução

Com o crescente desenvolvimento urbano, o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2024) aponta que a quantidade de veículos leves (carros) que circulam nas grandes cidades do Brasil teve um crescimento considerável. Brasília, por exemplo, obteve um crescimento de 90% de 2003 a 2013. Na figura 1, percebe-se um aumento de 35% da frota brasileira.

Figura 1 – Evolução da frota de brasileira de veículos



Fonte: Senatran. Elaboração CNM, 2023.

Atualmente, o trânsito nas grandes capitais representa um dos principais desafios enfrentados pela população. Com o crescente número de veículos e a influência do setor automobilístico, observa-se uma frota massiva de automóveis circulando pelas ruas das metrópoles em todo o país, agravando os problemas de mobilidade urbana, especialmente nos horários de pico e expondo o problema da alta demanda por transporte e da ineficiência do atual sistema de controle e distribuição do tráfego de veículos (AROCHO, 2023)

Scaringella (2001) comenta que para uma metrópole operar de maneira adequada, é necessário um eficaz planejamento da utilização da geografia em conjunto com um sistema de transporte eficiente, o autor afirma também que o problema da mobilidade urbana reflete de maneira direta na obstrução do trânsito nas grandes cidades brasileiras. Na mesma linha, Bertini (2005), Rufolo & Bianco (1998) e Ploeg & Poelhekke (2008)

comentam que nos últimos anos, os congestionamentos provocam prejuízos aos motoristas, uma vez que aumenta os custos por diversos fatores, como maior gasto de combustível.

Neste contexto, o tráfego nas áreas urbanas também sofre aumento de demanda, em que se torna crucial dispor de ferramentas capazes de processar informações em tempo real para melhorar a eficiência do fluxo de veículos e reduzir congestionamentos (AWARI, 2023).

Assim, proporcionar uma solução eficiente e automatizada para coletar dados em tempo real do tráfego nas vias urbanas de forma a permitir o ajuste dinâmico dos tempos dos semáforos com base nas condições de tráfego atuais contribui na gestão do tráfego urbano, permitindo a adaptação dinâmica dos tempos dos semáforos de acordo com as condições de tráfego em tempo real. Esta abordagem não só resulta em uma melhor fluidez do tráfego e redução do tempo de deslocamento para os motoristas, mas também contribui para a diminuição da poluição do ar; menos congestionamentos e menor gasto de combustível, melhorando assim a qualidade de vida nas cidades. Ao agilizar o ajuste dos tempos dos semáforos com base nos dados de tráfego em tempo real, podemos melhorar a eficiência do sistema de transporte urbano, reduzindo os atrasos e aumentando a segurança nas vias. Isso não só beneficia os motoristas, mas também pedestres, ciclistas e o meio ambiente como um todo (BERTINI, 2005).

1.1 Objetivo

O objetivo do trabalho é desenvolver um algoritmo que seja capaz de coletar dados em tempo real do tráfego de veículos em vias urbanas. O foco principal é possibilitar o ajuste dinâmico dos tempos dos semáforos com base nas condições de tráfego atuais, proporcionando uma melhoria contínua na fluidez do tráfego e na redução de congestionamentos. Os dados serão coletados em tempo real e passarão por um pré-processamento para que seja possível a extração de informações relevantes, como tipo de veículos, assim como volume de veículos. O principal propósito é fornecer às autoridades de trânsito e órgãos responsáveis pela gestão urbana ferramentas eficazes para a otimização do fluxo de veículos e melhoria da mobilidade urbana. Ao permitir o monitoramento em tempo real do tráfego nas vias, o sistema possibilitará a identificação imediata de problemas emergentes, indicação de rotas mais assertivas visando mais

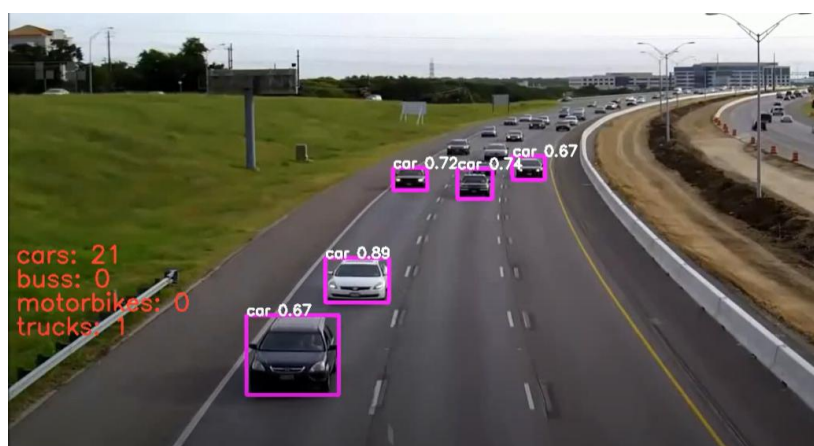
agilidade na finalização do percurso, temporização mais adequadas dos semáforos dependendo do dia, horário, condições climáticas, tipo de usuários da via, oportunidades de interação e melhorando a experiência de deslocamento dos usuários.

Com o pré-processamento das informações contidas na plataforma será possível projetar insights sobre padrões de deslocamento, pontos de congestionamento recorrentes, horários de pico, entre outros aspectos, auxiliando assim na implementação de políticas de transporte mais eficazes e na tomada de decisões estratégicas para o planejamento urbano.

1.2 Materiais e Métodos

Inicialmente, foi realizada uma análise das diversas ferramentas disponíveis para coleta de dados em tempo real e verificado que a utilização de imagens para monitoramento de semáforos é comumente empregada. Com base nisso, optou-se por utilizar a captura de imagens do tráfego na via onde o semáforo está instalado, ao empregar a biblioteca OpenCV, implementada em Python no ambiente Google Colab. Para simular imagens de tráfego em tempo real através de câmeras instaladas nos semáforos, foi utilizado um vídeo que retrata a movimentação de veículos. Posteriormente, aplicou-se uma rede neural utilizando o modelo pré-treinado YOLO (You Only Look Once) para detecção de objetos, a fim de processar as imagens e extrair informações sobre o número de veículos de cada classe, como carros, motos, ônibus e caminhões. A partir dessas informações, foi calculada a densidade de veículos nas vias, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

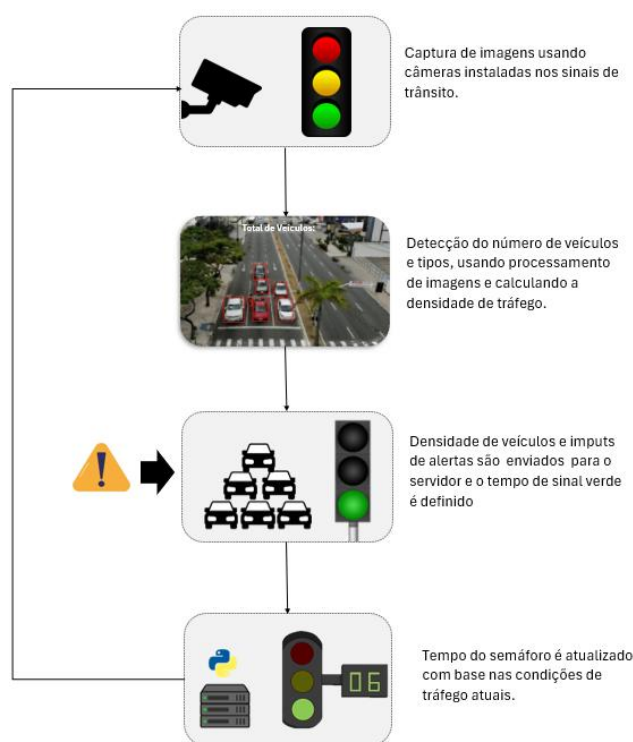
Figura 2 - Identificação e cálculo da densidade de veículos



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Com os dados coletados, o algoritmo processa a densidade de veículos e possíveis alertas para definir o tempo do sinal verde para cada faixa. Os tempos de sinal vermelho são ajustados em conformidade. O tempo do sinal verde é restrito dentro de um intervalo máximo e mínimo para evitar a inanição de qualquer faixa específica, garantindo uma distribuição equilibrada do tempo de sinal para todas as direções. As etapas do desenvolvimento do presente estudo podem ser vistas na Figura 3.

Figura 3 - Estrutura no desenvolvimento do trabalho



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Para determinar o tempo ideal de sinal verde com base no número de veículos de cada classe em um semáforo, foram utilizadas as velocidades médias dos veículos ao arrancar e seus tempos de aceleração. Com essas informações, estimou-se o tempo médio que cada classe de veículo leva para atravessar um cruzamento. O tempo do sinal verde é então calculado utilizando a equação apresentada abaixo.

$$GST = \frac{\sum_{vehicleClass} (NoOfVehicles_{vehicleClass} * AverageTime_{vehicleClass})}{(NoOfLanes + 1)} \quad (1)$$

Onde,

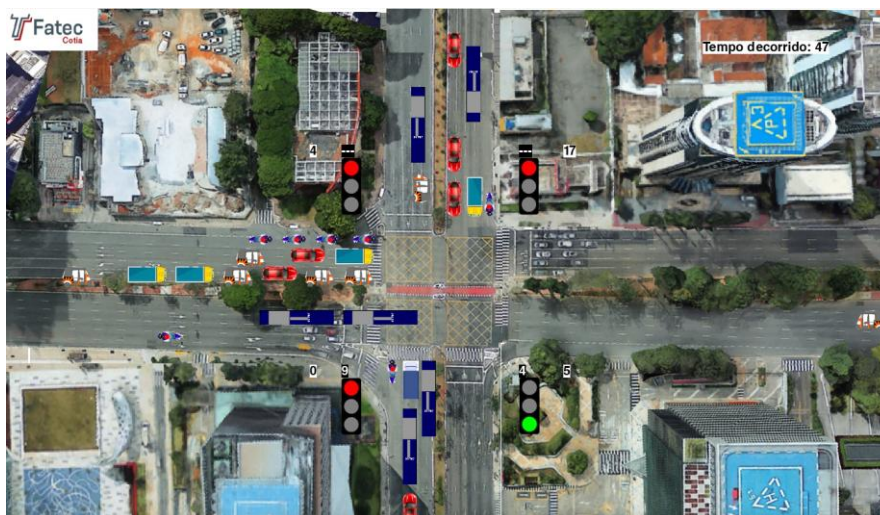
- GST é o tempo de sinal verde
- NoOfVehiclesOfClass é o número de veículos de cada classe de veículo no sinal detectado pelo módulo de detecção de veículos
- AverageTimeOfClass é o tempo médio que os veículos dessa classe levam para atravessar um cruzamento
- NoOfLanes é o número de faixas no cruzamento.

Os sinais de trânsito mudam de forma cíclica, seguindo um padrão fixo e não priorizando a direção mais densa. Isso está alinhado com o sistema atual, onde os sinais ficam verdes sequencialmente, mantendo a familiaridade e evitando confusões ou a necessidade de alteração dos trajetos pelos motoristas. A ordem dos sinais permanece a mesma do sistema existente, incluindo a contabilização dos sinais amarelos.

Uma simulação utilizando Pygame foi empregada para replicar o tráfego da vida real, auxiliando na visualização do sistema e na comparação com os sistemas estáticos atualmente em uso. A simulação desenvolvida por Gandhi (2023) foi adaptada para o nosso contexto e inclui uma interseção de quatro vias com quatro sinais de trânsito. Cada sinal possui um temporizador que mostra o tempo restante para a transição de verde para amarelo, de amarelo para vermelho, ou de vermelho para verde.

Na simulação, veículos como carros, motos, ônibus e caminhões se deslocam de todas as direções e o número de veículos que passam o cruzamento é exibido ao lado de cada sinal além de um temporizador que exibe o tempo decorrido desde o início da simulação, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4: Simulação em funcionamento no ambiente Python



Fonte: (Elaborada pelos autores, 2024)

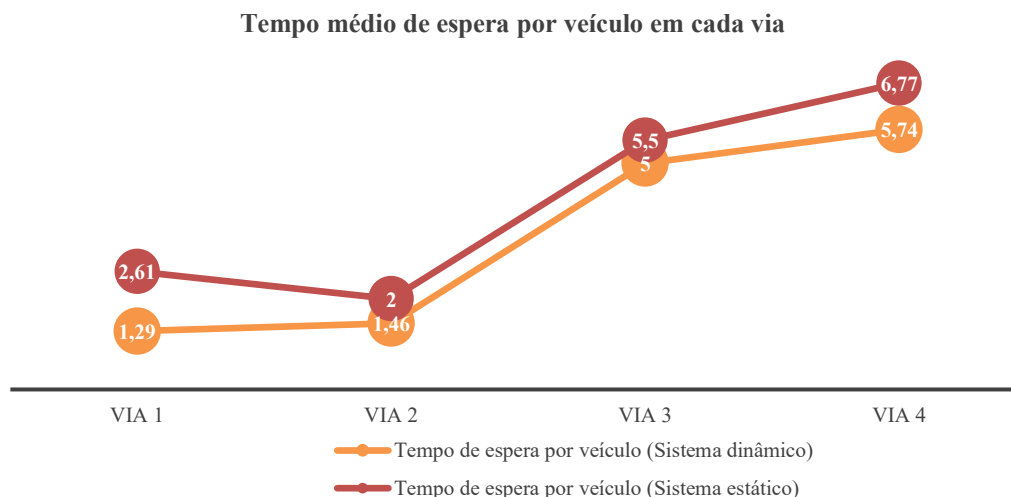
O tempo total da simulação foi estabelecido em 300 segundos. Ao término da simulação, são exibidas as seguintes métricas: o número de veículos que passaram por cada via, o total de veículos por unidade de tempo e o tempo total da simulação. Foram realizadas simulações em dois cenários distintos: um com o sistema dinâmico de semáforo e outro com um sistema estático. No sistema estático, o tempo do semáforo foi fixado em 30 segundos, sem autoajuste conforme o fluxo de veículos ou alertas gerados pelo sistema.

2 Resultados e Discussão

A partir dos dados gerados pela simulação, foram avaliados os benefícios de um sistema de semáforo com tempo dinâmico em comparação com um sistema de tempo estático. As métricas consideradas incluíram o fluxo de tráfego, que compara o número médio de veículos que atravessaram a interseção por unidade de tempo em ambos os cenários, e o tempo médio de espera, que mede quanto tempo os veículos aguardam na interseção antes de prosseguir.

No gráfico abaixo é possível verificar o tempo médio de espera por veículos em cada uma das quatro vias da simulação. O sistema de semáforo com tempo dinâmico se mostrou mais eficiente em todas as vias analisadas, resultando em tempos médios de espera menores para os veículos em comparação com o sistema de tempo estático. Na via 1 o tempo médio de espera por veículo foi reduzido quase pela metade, já na via 4 houve uma redução de mais de 1 segundo por veículo.

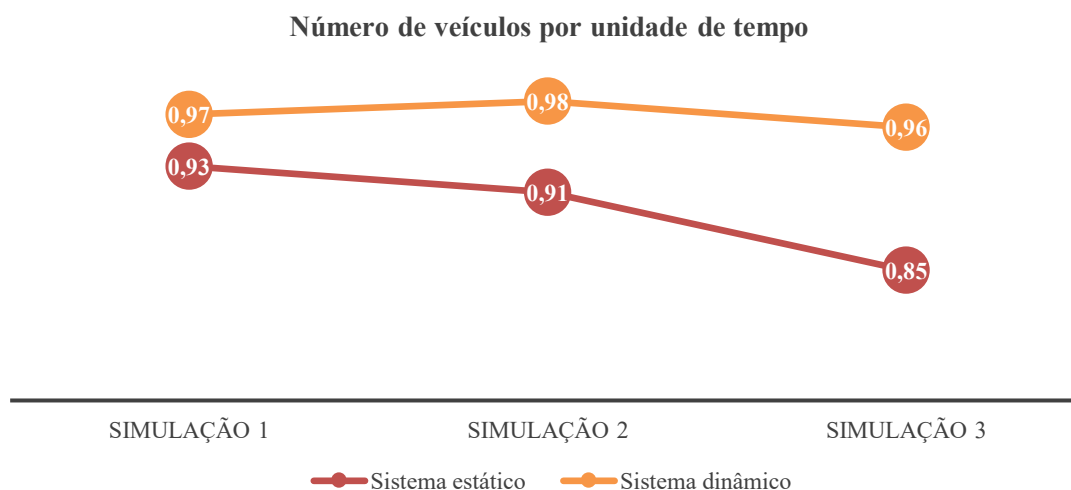
Figura 5: Gráfico com tempo médio de espera por veículo



Fonte: (Elaborada pelos autores, 2024)

O sistema de semáforo com tempo dinâmico demonstra uma melhor performance em todas as simulações, permitindo que um número maior de veículos atravesse a interseção por unidade de tempo em comparação com o sistema de tempo estático. A eficiência superior do sistema dinâmico pode ser evidenciada no gráfico abaixo, o qual o sistema com tempos dinâmicos consegue processar uma maior quantidade de veículos, indicando sua capacidade de adaptação às condições de tráfego para otimizar o fluxo de veículos.

Figura 6: Gráfico com número de veículos por unidade de tempo na simulação



Fonte: (Elaborada pelos autores, 2024)

3 Considerações Finais

Este artigo apresentou uma proposta de solução para melhorar a mobilidade urbana. A solução proposta foi atingida dentro das limitações de tempo e recursos, e consistiu em gerenciar os pontos de congestionamento ajustando dinamicamente os tempos dos semáforos de acordo com as condições em tempo real do trânsito e *inputs* de alertas no sistema. A simulação realizada comparando um sistema de semáforo com tempo dinâmico a um sistema com tempo estático evidenciou os benefícios significativos do primeiro. O sistema de tempo dinâmico demonstrou uma capacidade superior de gerenciar o fluxo de tráfego, reduzindo o tempo médio de espera dos veículos e aumentando o número de veículos que atravessam a interseção por unidade de tempo.

A análise das métricas, como o tempo médio de espera e o fluxo de tráfego, mostrou que o sistema dinâmico é mais eficiente em lidar com variações no volume de tráfego, proporcionando uma gestão mais eficaz e adaptável às condições reais de tráfego urbano. Este resultado reflete a importância da ciência de dados em tempo real na otimização dos sistemas de controle de tráfego.

A integração de algoritmos de tempo dinâmico e análise em tempo real permite uma resposta rápida às mudanças no fluxo de veículos, minimizando congestionamentos e melhorando a fluidez do trânsito. Este estudo reforça a necessidade de investimentos em tecnologias avançadas de gestão de tráfego que utilizam dados em tempo real para criar cidades mais inteligentes e eficientes.

Uma possível melhoria para futuras implementações no projeto seria a integração de um sistema de reconhecimento de pedestres na faixa de pedestres, permitindo facilitar a travessia de pedestres sempre que houvesse demanda, seguindo critérios estabelecidos durante a implantação do sistema.

Referências

AROCHO, Rafael. **Os desafios da análise de dados em tempo real**. Estatmg, 2023. Disponível em: <https://estatmg.com.br/2023/03/04/os-desafios-da-analise-de-dados-em-tempo-real/>. Acesso em: 21 fev. 2024.

AWARI. **A importância da ciência de dados em tempo real**. Awari, 2023. Disponível em: https://awari.com.br/a-importancia-da-ciencia-de-dados-em-tempo-real/?utm_source=blog&utm_campaign=projeto+blog&utm_medium=A%20i

Revista Brasileira em Tecnologia da Informação, Campinas, v.07, n. 01, jan./jul. 2025.
ISSN: 2675-1828

[mport%C3%A2ncia%20da%20ci%C3%A2ncia%20de%20dados%20em%20tempo%20real](#). Acesso em: 17 fev. 2024.

BERTINI, R. L. You are the traffic jam: an examination of congestion measures. In: ANNUAL MEETING OF THE TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 85., 2005, Washington, DC. **Proceedings [...]**. Washington, DC, 2005.

CNM. Confederação Nacional de Municípios. **Análise do impacto da frota de veículos nos Municípios brasileiros**. [2023?]. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/biblioteca/2023/Estudos_tecnicos/202309_ET_MOB_Impacto_frota_veiculos.pdf. Acesso em: 18 maio 2024.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. [2024?]. Disponível em: [Inserir URL do DENATRAN, se houver]. Acesso em: 1 maio 2024.

GANDHI, M. M., et al. Smart control of traffic light using artificial intelligence. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES AND INNOVATIONS IN ENGINEERING (ICRAIE), 5., 2020. **Proceedings [...]**. [S. l.]: IEEE, 2020.

JUNGA, Abel Mateus. **Aplicação da inteligência artificial no desenvolvimento de um semáforo inteligente para os cruzamentos da cidade de Maputo**. 2022. [S. l.]: [s.n.], 2022.

PLOEG, F. V. D.; POELHEKKE, S. Globalization and the rise of mega-cities in the developing world. **Cesifo Working Paper**, n. 2208, fev. 2008. (Category Trade Policy).

PRATA, D. F. R. F. et al. Os impactos causados congestionamento e crescimento da frota de veículos na cidade de Itaperuna/RJ. **Revista Multidisciplinar da UNIPAC**, v. 1, n. 1, 2020.

QUEIROZ, Adrielle. **Análise de dados em tempo real**. Dio, 2023. Disponível em: <https://www.dio.me/articles/analise-de-dados-em-tempo-real>. Acesso em: 18 fev. 2024.

ROCHA, Anderson Felipe de Melo. **Implantação de semáforo inteligente como solução na mobilidade urbana**. 2021. [S. l.]: [s.n.], 2021.

RUFOLO, A. M.; BIANCO, M. J. The impact of congestion pricing and parking taxes on spatial competition. **School of Urban Studies and Planning Portland State University**, 1998.

SCARINGELLA, R. S. A crise da mobilidade urbana em São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, v. 15, n. 1, jan./mar. 2001.