



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática



Análise de Fluxos Urbanos com IoT

Andrea Cecilia¹, Anshu Li¹, Mariana Okamoto¹, Matheus Henrique¹, Wallace Santana¹

¹Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)
Rua da Consolação, 930 Consolação, São Paulo - SP, 01302-907 - Brasil

{ 10418084@mackenzista.com.br, 10417673@mackenzista.com.br,
10418069@mackenzista.com.br, 10409051@mackenzista.com.br,
wallace.santana@mackenzie.br }

Repositório GitHub: <https://github.com/heriqueMH/loT.git>

Abstract. *This project aims to develop an Internet of Things (IoT)-based solution for collecting and analyzing data on urban flows in the city of São Paulo. In the face of population growth and the increasing strain on public transportation systems, the proposal seeks to monitor people's movements in real time, even if only in a simulated environment, generating insights that could later support more effective urban planning decisions.*

The solution was tested through simulations using the ESP32 microcontroller, presence and distance sensors, along with tools such as Node-RED, InfluxDB, and Grafana. Although not yet applied in real-world conditions, the system has shown potential to assist in the creation of actionable insights on urban mobility and contribute to the development of smarter, more sustainable cities.

The project aligns with the United Nations' Sustainable Development Goals and the concept of smart cities, representing a relevant first step in addressing a complex urban issue that involves multiple variables—from infrastructure limitations to the integration of different transport systems.

Resumo. *O presente projeto tem como objetivo desenvolver uma solução baseada em sensores de Internet das Coisas (IoT) para a coleta e análise de dados sobre os fluxos urbanos na cidade de São Paulo. Diante do crescimento populacional e da sobrecarga crescente dos sistemas de transporte público, a proposta busca monitorar, mesmo que em ambiente simulado, o*



deslocamento de pessoas em tempo real, gerando informações que possam futuramente subsidiar decisões mais eficazes para o planejamento urbano.

A solução foi testada por meio de simulações com o uso do microcontrolador ESP32, sensores de movimento e distância, além de ferramentas como Node-RED, InfluxDB e Grafana. Ainda que não tenha sido aplicada em campo, o sistema demonstrou potencial para apoiar a criação de insights sobre a mobilidade urbana e colaborar com o desenvolvimento de cidades mais inteligentes e sustentáveis.

A proposta está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU e ao conceito de cidades inteligentes, mostrando-se um passo inicial relevante frente a um problema urbano que envolve muitas variáveis, desde limitações de infraestrutura até integração entre diferentes modais de transporte.

1. Introdução

Atualmente, o estado de São Paulo conta com 44.420.259 habitantes, tendo registrado um crescimento populacional de 7,65% entre 2010 e 2022 (IBGE, 2022). Esse crescimento intensifica os desafios da mobilidade urbana, especialmente no transporte público, e evidencia a importância de estratégias baseadas em dados para compreender e gerir os fluxos urbanos de forma eficiente. Segundo o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento, "o crescimento desordenado das cidades, aliado à falta de investimentos estruturais, resulta em sistemas de transporte sobrecarregados e ineficientes" (ITDP Brasil, 2023).

Diante desse cenário, surge a necessidade urgente de ferramentas que possibilitem a coleta sistemática e em tempo real de dados sobre os fluxos de pessoas na cidade, para embasar decisões mais eficazes e responsivas. Neste contexto, o objetivo central do nosso projeto é desenvolver uma solução de coleta de dados sobre fluxos urbanos por meio da aplicação de sensores IoT, que permitam monitorar em tempo real o deslocamento das pessoas em áreas de alta circulação. O foco está na obtenção de informações estratégicas que possibilitem a análise detalhada de padrões de mobilidade e subsidiem políticas públicas e privadas voltadas à melhoria da mobilidade urbana.



De acordo com a International Telecommunication Union (2022), "as cidades inteligentes são aquelas que utilizam tecnologias de informação e comunicação para melhorar a qualidade de vida dos seus cidadãos, promover a eficiência operacional e garantir o desenvolvimento sustentável." A proposta se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especialmente o Objetivo 9 — Indústria, inovação e infraestrutura — e o Objetivo 11 — Cidades e comunidades sustentáveis (United Nations, 2025). Ambos incentivam o desenvolvimento de soluções tecnológicas que aprimorem a infraestrutura urbana, tornando as cidades mais inclusivas, seguras e resilientes.

Segundo o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP Brasil, 2023), cidades que investem em transporte coletivo integrado e planejamento urbano orientado ao transporte (Transit Oriented Development — TOD) oferecem deslocamentos mais eficientes e melhor qualidade de vida para a população. "O TOD promove o desenvolvimento urbano compacto e misto, priorizando o transporte coletivo e não motorizado, como forma de reduzir a dependência dos automóveis" (ITDP Brasil, 2023).

São Paulo, que possui uma das maiores redes de transporte público da América Latina, registra milhões de viagens diariamente. Conforme a Pesquisa Origem-Destino (Companhia do Metrô de São Paulo, 2023), o tempo médio de deslocamento no transporte público ultrapassa duas horas por dia, afetando diretamente a produtividade e o bem-estar dos cidadãos.

Ademais, levantamento da Folha de S. Paulo (2024) apontou que, em apenas um ano, o tempo médio de deslocamento aumentou cerca de 10 minutos, evidenciando a crescente sobrecarga do sistema e a necessidade urgente de soluções baseadas em dados. Segundo a reportagem, "a expansão dos congestionamentos e as falhas de integração entre modais agravam o cenário de saturação do transporte na capital paulista" (Folha de S. Paulo, 2024).

O Plano Diretor Estratégico de São Paulo (2023) reforça a importância de integrar diferentes modais e priorizar o transporte público.

Com a solução proposta, espera-se transformar dados brutos em insights valiosos para o planejamento urbano e a tomada de decisão baseada em evidências, promovendo uma mobilidade mais fluida e sustentável para todos. Essas informações poderão apoiar a gestão eficiente desses espaços, prevenindo aglomerações, sobrecargas e outros desafios.

Revisão da Literatura



Diversos estudos apontam que a compreensão dos fluxos urbanos, sustentada pela coleta e análise de dados em tempo real, é essencial para enfrentar os desafios da mobilidade contemporânea. A aplicação da IoT nesse contexto surge como uma ferramenta indispensável para capturar informações dinâmicas e em larga escala sobre os deslocamentos diários nas cidades.

A mobilidade urbana é um dos pilares para o desenvolvimento sustentável das grandes cidades. Conforme aponta o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP Brasil, 2023), cidades que priorizam o transporte coletivo integrado e o planejamento urbano voltado à mobilidade ativa e sustentável garantem não apenas a redução do tempo de deslocamento, mas também melhorias na qualidade do ar, na inclusão social e no desenvolvimento econômico local. O conceito de Transit Oriented Development (TOD) busca justamente concentrar moradias, comércios e serviços em torno de eixos de transporte de massa, promovendo cidades mais compactas e acessíveis.

No contexto das cidades inteligentes, a International Telecommunication Union (2022) define que a utilização de tecnologias de informação e comunicação (TIC) permite não apenas a otimização dos serviços públicos, mas também a criação de cidades mais inclusivas e resilientes. A integração de soluções de Internet das Coisas (IoT) nas cidades facilita a coleta de dados em tempo real, contribuindo para diagnósticos mais precisos e decisões mais ágeis sobre a gestão urbana.

Particularmente em São Paulo, os desafios de mobilidade são intensificados pela elevada densidade populacional e pela complexidade da rede viária. A Pesquisa Origem-Destino realizada pela Companhia do Metrô de São Paulo (2023) aponta que o tempo médio gasto em deslocamentos supera duas horas diárias por pessoa, impactando diretamente a saúde mental e física dos cidadãos, além de reduzir a produtividade no ambiente de trabalho.

Complementando esse panorama, dados jornalísticos reforçam o agravamento da situação. A Folha de S. Paulo (2024) reporta que, em um período de apenas um ano, o tempo médio de deslocamento na capital paulista aumentou cerca de 10 minutos. Esse crescimento evidencia a sobrecarga dos sistemas de transporte e a necessidade urgente de inovações que possam mitigar os gargalos existentes.

O documento estabelece diretrizes claras para uma mobilidade sustentável, alinhando-se às metas da Agenda 2030 da ONU.



Por fim, estudos acadêmicos como o de Pinheiro et al. (2024) destacam que o aumento da densidade populacional impacta diretamente os sistemas de tráfego, sobretudo nas vias expressas das grandes cidades. A pesquisa enfatiza a importância de monitoramento constante e estratégias baseadas em dados para enfrentar os desafios do tráfego urbano em expansão.

Dessa forma, a literatura existente reforça a pertinência de soluções que integrem tecnologias de IoT para monitoramento da mobilidade urbana em tempo real. Tais soluções oferecem não apenas ganhos operacionais, mas também impactos positivos na qualidade de vida urbana e na sustentabilidade ambiental.

2. Materiais e Métodos

Para viabilizar o monitoramento urbano, utilizamos uma combinação de sensores conectados a um microcontrolador e ferramentas de software integradas. O componente central do sistema é o ESP32, que possui conectividade Wi-Fi e é responsável por realizar a leitura dos sensores e enviar os dados coletados para a nuvem.

Foram utilizados os seguintes sensores, o sensor ultrassônico (HC-SR04) (Figura 1) e o sensor de movimento (PIR) (Figura 2). O primeiro sensor detecta a distância até um objeto em um intervalo de 4 metros, possibilitando detectar presença estática. Já o segundo, é um dispositivo de infravermelho responsável por identificar movimentações ao detectar a passagem de pessoas.

Figura 1. Foto do sensor HC-SR04

Figura 2. Foto do sensor PIR



FONTE: Site casa da robótica



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

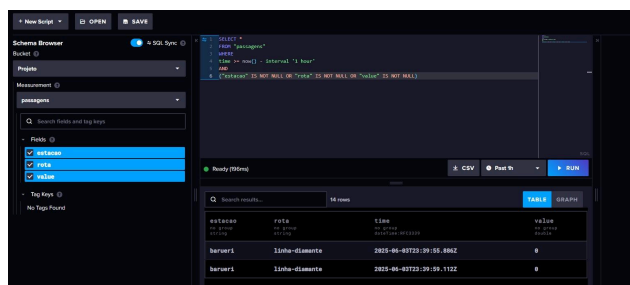
Faculdade de Computação e Informática



Essas leituras são publicadas pelo ESP32, via protocolo MQTT, em um broker público (HiveMQ). Os dados são enviados em dois tópicos diferentes: um para a distância e outro para a contagem de passagens.

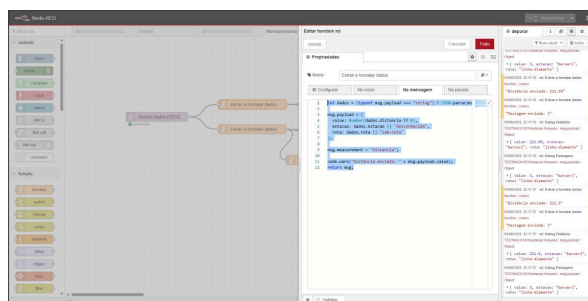
No outro extremo, o Node-RED (Figura 3) se conecta ao mesmo broker e recebe os dados publicados. A lógica criada dentro do Node-RED organiza e envia essas informações para o banco de dados InfluxDB, onde ficam registradas com marcação de tempo (Figura 4).

Figura 3. Node-RED



FONTE: Foto do autor.

Figura 4. Banco de dados InfluxDB



FONTE: Foto do autor.

Para a visualização, utilizamos o Grafana, uma ferramenta que permite criar dashboards personalizados, exibindo os dados de forma gráfica e compreensível.

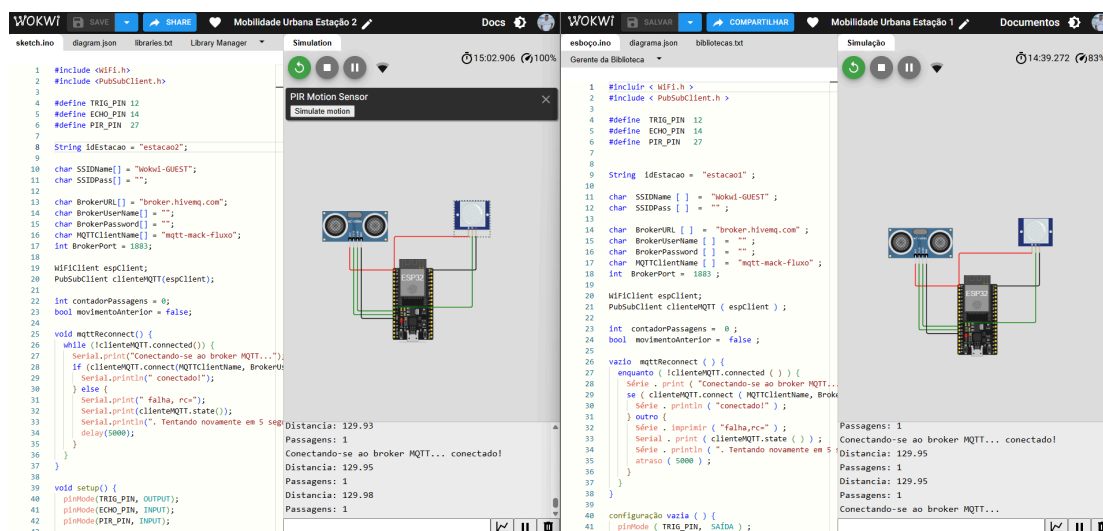
Vale destacar que todos os testes foram realizados por meio de simulações, utilizando o ambiente virtual Wokwi (Figura 5), que permitiu simular o comportamento dos sensores e da rede sem necessidade de um circuito físico real.

Figura 5. ESP32 no Wokwi



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

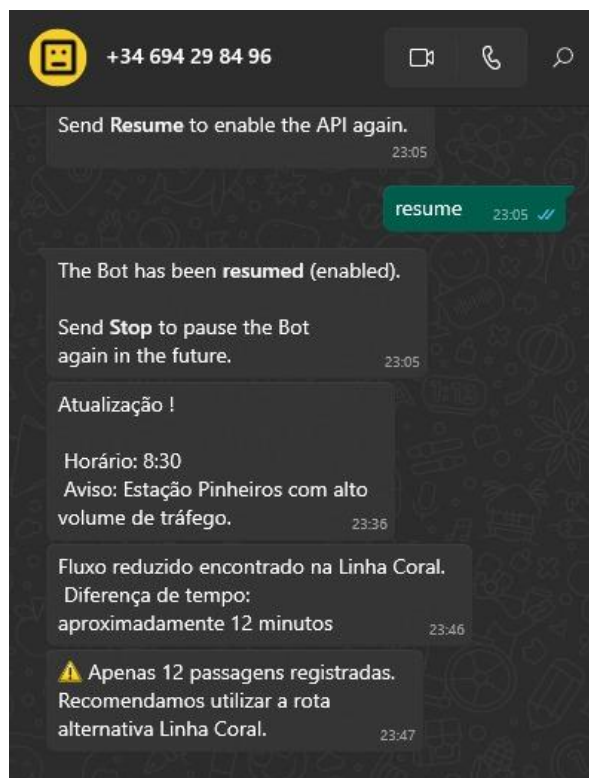
Faculdade de Computação e Informática



FONTE: Foto do autor.

Além das ferramentas de monitoramento e visualização, o projeto integrou uma API do WhatsApp (Figura 6) que permite o envio automático de mensagens a partir de novos eventos detectados pelos sensores. Isso ocorre por meio do Node-RED que aciona uma requisição HTTP GET com o número de telefone e a mensagem formatada, permitindo que o sistema avisasse um usuário remoto em tempo real.

Figura 6. Mensagens recebidas pela API



FONTE: Foto do autor.

3. Resultados

Os testes em ambiente simulado mostraram que o sistema foi capaz de ler os dados corretamente, enviá-los ao broker MQTT, processá-los no Node-RED e armazená-los no InfluxDB com precisão. A simulação permitiu validar o funcionamento do fluxo completo de dados, desde a coleta até a visualização.

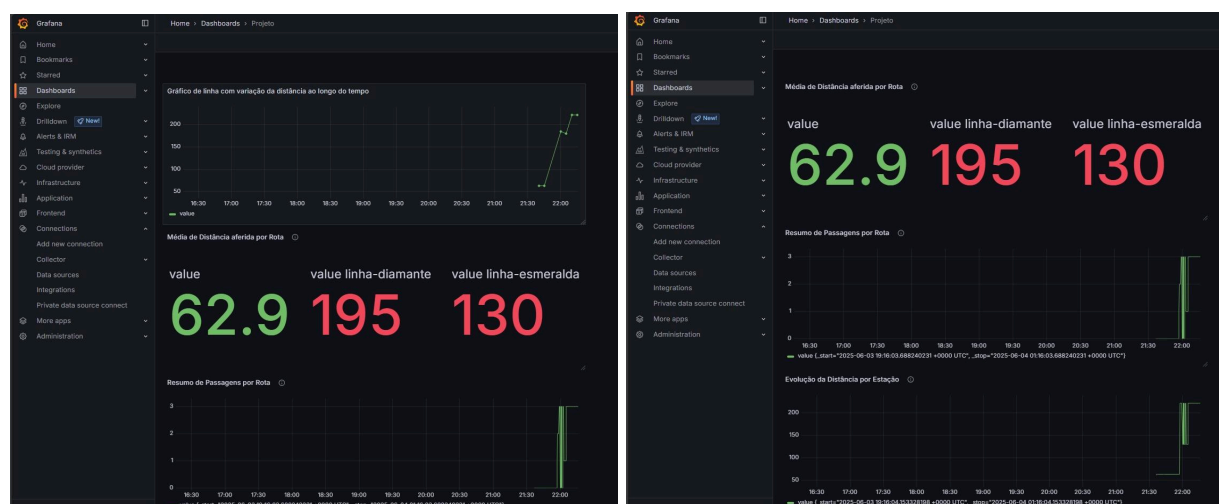
No Grafana, como é possível ver na (Figura 7), foi desenvolvido e configurado vários painéis interativos, para uma melhor análise dos dados. O primeiro painel apresenta um gráfico de linhas com a variância da distância ao longo do tempo, permitindo observar as oscilações dos sensores. Já o segundo mostra a média da distância detectada referente a cada uma das estações, permitindo facilitar a comparação entre diferentes locais. O terceiro mostra um gráfico de linha



com o número de passagens por cada rota ao longo do tempo, dessa forma é possível verificar a variação no fluxo de pessoas e por fim o último mostra a distância por estação.

Todos os painéis são atualizados em tempo real com a entrada de novas informações dos sensores. Essas informações foram exibidas em uma escala de tempo pequena, com atualização contínua, permitindo observar padrões de movimentação no ambiente simulado.

Figura 7 - Dashboard Grafana



FONTE: Foto do autor.

4. Conclusões

Mesmo com os testes realizados em ambiente simulado, o projeto demonstrou que é possível desenvolver uma solução eficiente e acessível para o monitoramento urbano. A integração entre ESP32, sensores, MQTT, Node-RED, InfluxDB e Grafana funcionou bem e validou o fluxo completo de dados, da coleta até a visualização em dashboards.

Apesar da simplicidade da proposta, o problema do fluxo urbano é muito mais complexo do que parece à primeira vista. Fatores como a falta de infraestrutura adequada para coleta de dados em tempo real, a ausência de padronização entre sistemas públicos e privados, a resistência à adoção de novas tecnologias por parte de gestores, além de limitações orçamentárias, são alguns dos desafios que dificultam a implementação de soluções realmente eficazes.



Ainda assim, o projeto mostra que, mesmo com recursos limitados, é possível começar a construir uma base sólida de informações que pode, no futuro, auxiliar em tomadas de decisão mais inteligentes. Os painéis desenvolvidos no Grafana, por exemplo, já são capazes de oferecer uma visão clara do comportamento do ambiente monitorado, o que pode ser expandido com a adição de novos sensores e pontos de coleta em regiões estratégicas.

Visando a continuidade deste projeto e trabalhos futuros, propomos algumas etapas visando tornar a solução mais efetiva, como realizar teste da implementação e utilização em ambiente físico, utilizando sensores instalados em corredores de circulação. Além disso é possível aumentar o número de sensores dessa forma cobrindo um maior número de regiões simultaneamente. Outra ideia é o aprimoramento do sistema de notificações com o uso de outras APIs como email ou sms.

Referências

COMPANHIA DO METRÔ DE SÃO PAULO. Pesquisa Origem-Destino 2023. São Paulo: Metrô, 2023.

FOLHA DE S. PAULO. Tempo gasto no transporte público na cidade de SP sobe 10 minutos em um ano. São Paulo: Folha de S. Paulo, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. São Paulo. 2025.

INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO. Mobilidade Urbana Sustentável: guia prático para cidades. São Paulo: ITDP, 2023.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Smart Sustainable Cities: a blueprint for action. Genebra: ITU, 2022.

MIT SENSEABLE CITY LAB. City Scanner Project. Cambridge, 2025.

MOMENTUM PROJECT. Modelling emerging transport solutions for urban mobility. Bruxelas, 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Prefeito sanciona revisão do Plano Diretor com avanços para habitação social, mobilidade e mais áreas verdes. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2023.



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Faculdade de Computação e Informática



PINHEIRO, T. S. et al. Impacto do aumento da densidade populacional sobre o sistema de tráfego no entorno da via expressa Comandante Aníbal Barcelos na cidade de Macapá. Revista Científica Multidisciplinar do CEAP, v. 6, n. 2, p. 1–13, 2024.

SMART SANTANDER. Projeto Smart Santander. Santander, 2025.

UNITED NATIONS. Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Nova York: United Nations, 2025.