



IX Congresso Internacional *de Gestão e Tecnologias*

**DISPOSITIVO EMBARCADO PARA AUXÍLIO NO EMBARQUE DE PESSOAS
COM DEFICIÊNCIA EM TRANSPORTE PÚBLICO URBANO**

**UN DISPOSITIVO EMBARCADO PARA ASISTENCIA EN EL EMBARQUE DE
PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL TRANSPORTE URBANO**

**AN EMBEDDED DEVICE TO ASSIST BOARDING OF PEOPLE WITH
DISABILITIES IN PUBLIC URBAN TRANSPORT**

Apresentação: Pôster

Julio Felipe da Silva Junior¹; Isabelli Gabriela Cavalcanti Bernardes²; Tássio Vitor Tristão³; Gilmar Gonçalves de Brito⁴; Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa⁵

INTRODUÇÃO

A inclusão plena de pessoas com deficiência (PCD) no transporte público urbano brasileiro ainda enfrenta importantes obstáculos, apesar das legislações vigentes que garantem seus direitos. Entre os principais desafios está a ausência de mecanismos tecnológicos que possibilitem ao condutor saber com antecedência que um PCD deseja embarcar, comprometendo a acessibilidade e segurança desse processo.

Com o objetivo de mitigar esses entraves, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo embarcado, parte do projeto maior intitulado “Sigabem apoio ao embarque”, voltado para o suporte ao embarque de passageiros com deficiência. O dispositivo possibilita o rastreamento em tempo real do veículo e o envio de alertas ao motorista, melhorando o tempo de resposta e a qualidade no atendimento. Fundamentado em tecnologias embarcadas, o projeto apostava na integração entre hardware e software como ferramenta para promover a acessibilidade no transporte coletivo urbano.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

¹ Técnico em Eletrônica, IFPE, jfsj2@discente.ifpe.edu.br

² Técnologo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, IFPE, igcb@discente.ifpe.edu.br

³ Técnologo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, IFPE, tvts@discente.ifpe.edu.br

⁴ Doutor em Engenharia Civil, UFPE, gilmarbrito@recife.ifpe.edu.br

⁵ Doutora em Engenharia Civil, UFPE, ionarameh@recife.ifpe.edu.br

A acessibilidade urbana é um direito garantido por legislações como o Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015). No entanto, ainda há uma lacuna entre o que é garantido por lei e o que é efetivamente oferecido. De acordo com a Cartilha de Tecnologias Assistivas do Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos (BRASIL, 2021), o uso de recursos tecnológicos pode impactar diretamente a mobilidade, autonomia e inclusão de pessoas com deficiência em ambientes urbanos e no acesso a serviços públicos.

O uso de dispositivos com tecnologias embarcadas como ESP32, GPS e comunicação por rede móvel via MQTT vem sendo adotado em sistemas inteligentes de transporte (ITS). O protocolo MQTT, por sua leveza e eficiência, é amplamente utilizado em soluções de IoT (Internet das Coisas) para comunicação entre dispositivos e servidores (MQTT.org, 2023).

A proposta se fundamenta ainda em conceitos de design universal e cidades inteligentes, buscando soluções inclusivas e adaptáveis, reforçando a importância da interação entre engenharia e inclusão social. O estudo de Silva et al. (2024) demonstrou a viabilidade técnica e a escalabilidade de uma arquitetura IoT de baixo custo voltada a pessoas com deficiência visual, reforçando que soluções acessíveis podem ser integradas ao transporte público para promover inclusão. Diferentemente dessa proposta, que utiliza LoRa, o trabalho aqui apresentado explora a comunicação via MQTT sobre rede móvel, integrando hardware e software embarcado para reduzir barreiras no processo de embarque de passageiros com deficiência.

No contexto brasileiro, Andrade et al. (2019) apresentaram o BlindMobi, um sistema de identificação de ônibus baseado em Bluetooth Low Energy (BLE), que utiliza beacons instalados nos veículos e um aplicativo móvel para notificar passageiros com deficiência visual sobre a aproximação do ônibus. O protótipo alcançou 91,5% de acerto, evidenciando a viabilidade técnica e o impacto social dessa solução no transporte público nacional.

Apesar dos avanços recentes, a literatura científica sobre acessibilidade em transporte público urbano mediada por IoT ainda é escassa, principalmente no contexto brasileiro. Isso reforça a importância de estudos como este, que contribuem para preencher essa lacuna. Em paralelo, algumas soluções comerciais já buscam apoiar a mobilidade de pessoas com deficiência, ainda que de forma limitada. Aplicativos como o Moovit e o CittaMobi oferecem recursos de acessibilidade, como notificações de parada e informações sobre linhas adaptadas, mas não integram diretamente a comunicação entre passageiro e condutor em tempo real. Já

em grandes centros urbanos, como São Paulo e Rio de Janeiro, há ônibus equipados com sistemas de aviso sonoro para deficientes visuais, mas esses recursos são restritos a veículos adaptados e apresentam custos elevados de implantação e manutenção. Nesse cenário, a proposta aqui apresentada se destaca por oferecer uma alternativa de baixo custo, escalável e integrável à frota existente, sem necessidade de grandes modificações estruturais.

METODOLOGIA

A metodologia adotada foi de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e experimental, voltada ao desenvolvimento e teste de um protótipo funcional.

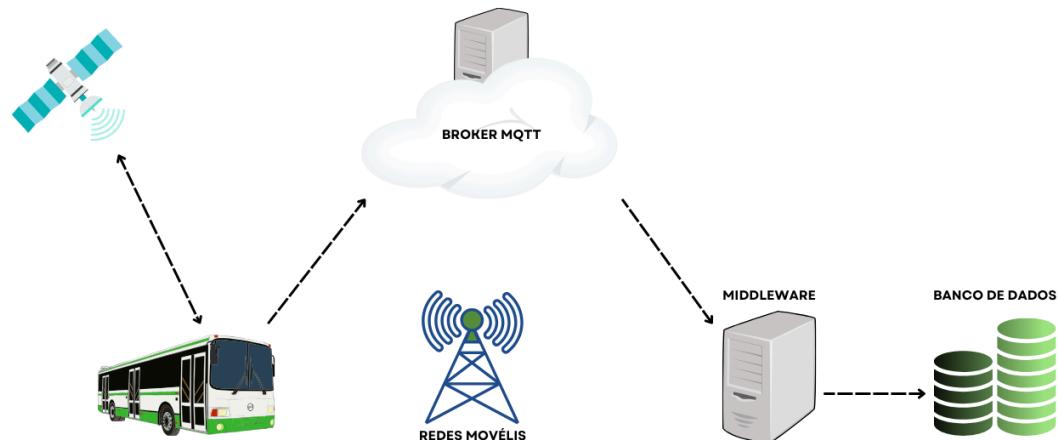
A arquitetura do dispositivo é baseada no módulo LilyGO T-Beam, que integra o microcontrolador ESP32, GPS e interface LoRa, além do módulo SIM7600SA, responsável pela conectividade 4G. O sistema coleta dados de geolocalização (latitude e longitude), além da velocidade do veículo, e envia essas informações via protocolo MQTT a um broker, de onde são processadas por um middleware e armazenadas em banco de dados. A **Figura 01** ilustra a arquitetura de funcionamento idealizada para o dispositivo.

A montagem física do dispositivo incluiu também um buzzer (para alerta sonoro) e um LED (para alerta visual), ambos conectados ao módulo LilyGO T-Beam. A **Figura 02** apresenta o protótipo físico montado com os componentes integrados.

A programação foi realizada na IDE Arduino, com uso das bibliotecas TinyGPS++ (para interpretação dos dados do GPS), PubSubClient (para comunicação MQTT) e TinyGsmClient (para controle do módulo SIM7600SA).

O ciclo de interação ocorre da seguinte forma: o passageiro com deficiência aciona o sistema por meio de um dispositivo localizado na parada de ônibus, especialmente desenvolvido para esta aplicação, ou alternativamente via aplicativo móvel conectado à mesma infraestrutura. Imediatamente, o condutor recebe o alerta visual e sonoro no veículo, possibilitando que prepare o embarque de forma antecipada e segura.

Figura 01: Ilustração do funcionamento



Fonte: Autores

Figura 02: Protótipo físico



Fonte: Autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos testes realizados em ambiente controlado, o dispositivo apresentou tempo médio de resposta de 1,2 segundos entre o acionamento do usuário e a emissão do alerta ao condutor. Em 100 acionamentos, a taxa de falhas na comunicação foi de quase zero por cento. O custo estimado do protótipo ficou em aproximadamente R\$320,00, valor consideravelmente inferior ao de tecnologias assistivas já comercializadas, que podem ultrapassar R\$2.000,00 por unidade. Esses resultados quantitativos confirmam a eficácia técnica e a viabilidade econômica da solução.

O sistema também comprovou sua capacidade de operar de forma autônoma, sem necessidade de intervenção constante, e mostrou compatibilidade com futuras expansões, como a inclusão de uma tela LCD para exibição de informações contextuais. As dificuldades técnicas encontradas foram solucionadas com ajustes no firmware e melhorias na comunicação entre módulos, reforçando a robustez da proposta.

A estrutura modular do dispositivo permite adaptações e ampliações, abrindo caminho para novas funcionalidades dentro do ecossistema do projeto Sigabem apoio ao embarque, incluindo sua integração com aplicativos de solicitação de embarque e sistemas de gestão urbana.

CONCLUSÕES

O projeto demonstrou a viabilidade de um sistema embarcado de baixo custo, eficaz e funcional, para promoção da acessibilidade no transporte público urbano. O dispositivo, ao fornecer alertas ao condutor e possibilitar o monitoramento em tempo real, contribui para uma experiência mais segura e inclusiva a passageiros com deficiência.

A proposta representa um avanço no desenvolvimento de tecnologias sociais com impacto direto na mobilidade urbana e na inclusão, sendo adaptável a diferentes contextos e escalável para políticas públicas de acessibilidade. Além de sua relevância social, o dispositivo apresenta baixo custo e potencial de aplicação em larga escala. Considerando que o custo unitário do protótipo é reduzido, sua implementação em frotas municipais de ônibus mostra-se economicamente viável, representando um investimento acessível e de alto impacto para políticas públicas de mobilidade inclusiva.

Como próximos passos, planeja-se ampliar os testes em cenários reais de transporte urbano e coletar feedback direto de pessoas com deficiência para validar a usabilidade do sistema. Além disso, ao ser comparado com tecnologias existentes no mercado, como aplicativos de acessibilidade e sistemas de aviso sonoro utilizados em ônibus adaptados, o dispositivo proposto apresenta a vantagem de integrar diretamente o passageiro e o condutor em tempo real, de forma simples e de baixo custo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. V. A. et al. **BlindMobi: Sistema de Identificação de Ônibus para Deficientes Visuais baseado em Bluetooth Low Energy**. In: *XXXVII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC)*, 2019, Porto Alegre. Anais [...].

Porto Alegre: SBC, 2019. Disponível em:
<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbrc/article/view/7374>. Acesso em: 7 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 7 jul. 2015.

BRASIL. Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania. Secretaria Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência. **Cartilha de Tecnologias Assistivas**. Brasília: MDHC, 2021. Disponível em:
https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/plano-nacional-de-tecnologia-assistiva/pnta_documento_web.pdf. Acesso em: 30 jul. 2025.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32 Technical Reference Manual**. Disponível em:
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf. Acesso em: 23 jul. 2025.

MQTT.ORG. **MQTT Version 3.1.1 Protocol Specification**. Disponível em: <https://mqtt.org/>. Acesso em: 29 jul. 2025.

MOSQUITTO. **Eclipse Mosquitto – An Open Source MQTT Broker**. Disponível em:
<https://mosquitto.org/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

SIMCOM WIRELESS SOLUTIONS. **SIM7600X Module – 4G Wireless Solutions**. Disponível em: <https://simcom.ee/product/SIM7600E-H/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

SILVA, N. A. O. et al. **A Low-cost IoT Architecture to Support Urban Mobility for Visually Impaired People**. 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2412.11363>. Acesso em: 6 set. 2025.