



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; Isabelly 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 aposta 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 Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, IFPE, igcb@discente.ifpe.edu.br

³ Tecnólogo 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.

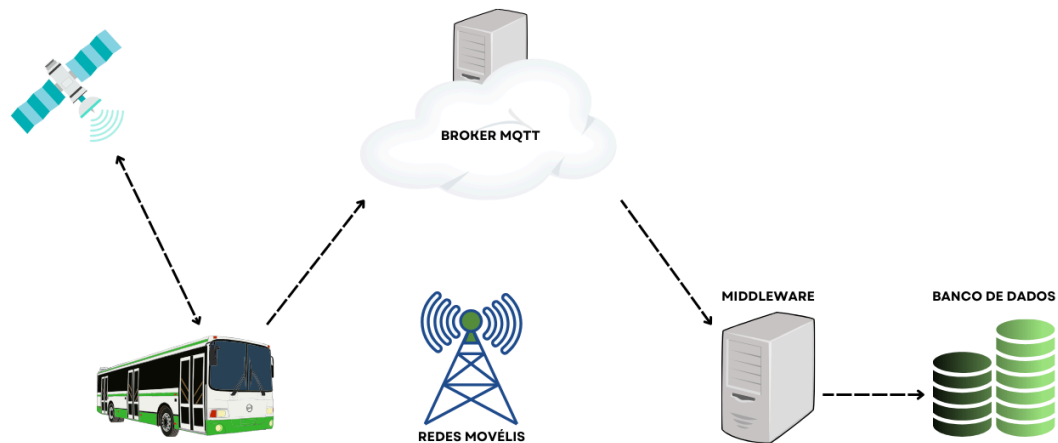
A arquitetura do dispositivo é baseada no módulo LilyGO T-Beam, que integra o microcontrolador ESP32, GPS e interface LoRa, além do módulo SIM7600SA, responsável pela conectividade 4G. O sistema coleta dados de geolocalização (latitude e longitude), além da velocidade do veículo, e envia essas informações 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).

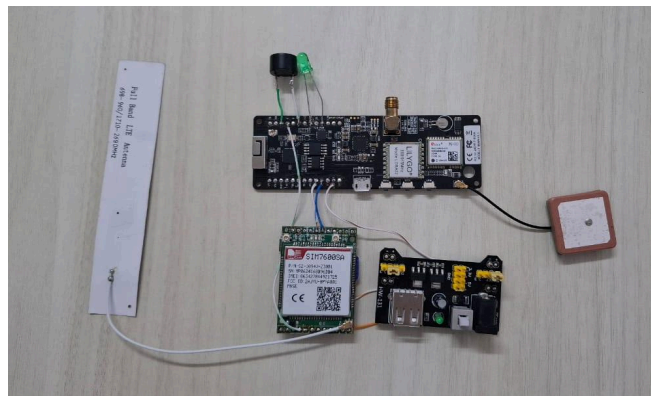
O ciclo de interação ocorre da seguinte forma: o passageiro com deficiência aciona o sistema por meio de um dispositivo localizado na parada de ônibus, especialmente desenvolvido para esta aplicação, ou alternativamente via aplicativo móvel conectado à mesma infraestrutura. Imediatamente, o condutor 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.