

# Sistema de Monitoramento de Passageiros para Transporte de Tratamento Médico Intermunicipal

Deilson da S. Sousa<sup>1</sup>, Diogo Bruno de Sá Amorim<sup>1</sup>, Vinicius A. Lima<sup>1</sup>,  
Samuel O. e Silva<sup>1</sup>, Silvino M. da Silva Junior<sup>1</sup>,  
Tadeu Anderson N. Saraiva<sup>1</sup>, Marcony S. Maximo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Federal do Piauí (IFPI), Campus Floriano  
Floriano – PI – Brasil

deilsonn10@gmail.com, diogobamorim06@gmail.com,  
vinilima.sec21@gmail.com, samuelsilvaofc585@gmail.com,  
silvinomarques@ifpi.edu.br, tadeu.anderson@ifpi.edu.br,  
marconymaximo@ifpi.edu.br

**Abstract.** *The lack of real-time monitoring in Brazil's Out-of-Home Treatment (TFD) transport may pose risks during long inter-municipal travel. This study developed an integrated solution consisting of an ESP32-based embedded system and a web platform for clinical and logistical patient monitoring. The Incremental Software Development Model was adopted. The platform was built using React (frontend) and Django (backend), integrating two prototypes: one for RFID-based identification and another for vital signs monitoring (heart rate, SpO<sub>2</sub>, and temperature). Functional and integration tests confirmed technical feasibility, system stability, and low latency. The solution demonstrated scalability and strong potential for improving patient transport safety and management efficiency.*

**Resumo.** *A ausência de monitoramento em tempo real no Transporte Fora de Domicílio (TFD) pode representar riscos durante deslocamentos intermunicipais prolongados. Este estudo desenvolveu uma solução integrada composta por sistema embarcado baseado em ESP32 e plataforma web para monitoramento clínico e logístico de pacientes. Utilizou-se o Modelo Incremental de Desenvolvimento de Software. A plataforma foi construída com React (frontend) e Django (backend), integrando dois protótipos: um para identificação via RFID e outro para coleta de sinais vitais (frequência cardíaca, SpO<sub>2</sub> e temperatura). Testes funcionais e de integração confirmaram a viabilidade técnica, estabilidade e baixa latência do sistema. A solução demonstrou aplicabilidade prática, escalabilidade e potencial de impacto social na segurança e eficiência do transporte de pacientes.*

## 1. Introdução

O Tratamento Fora de Domicílio (TFD), regulamentado pela Portaria MS nº 55/1999, garante o deslocamento de pacientes para tratamentos indisponíveis em seus municípios de origem. Contudo, a normativa não prevê mecanismos de monitoramento clínico em tempo real durante o transporte, o que pode comprometer a segurança de pacientes em condição de vulnerabilidade.

Em trajetos longos, frequentemente realizados em rodovias com infraestrutura limitada, a ausência de acompanhamento contínuo dificulta intervenções médicas rápidas.

Nesse contexto, a telemedicina e a Internet das Coisas (IoT) possibilitam a coleta, transmissão e acompanhamento remoto de dados clínicos, ampliando a capacidade de resposta das equipes de saúde.

Microcontroladores como o ESP32, aliados a sensores biomédicos de baixo custo, como o MAX30102 e o MAX30205, permitem a construção de sistemas portáteis para monitoramento de sinais vitais. Adicionalmente, a tecnologia RFID possibilita o controle automatizado de entrada e saída de passageiros, garantindo rastreabilidade, precisão logística e maior segurança operacional.

Diante disso, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma solução integrada composta por sistema embarcado e plataforma web para monitoramento clínico e gerenciamento logístico de pacientes em transporte intermunicipal.

## **2. Fundamentação Teórica**

Doenças crônicas demandam monitoramento contínuo e respostas rápidas a alterações fisiológicas (TALATI, 2023). Nesse cenário, o modelo tradicional reativo de cuidado vem sendo progressivamente substituído por abordagens preditivas baseadas em e-saúde e monitoramento remoto.

A viabilização de redes de dispositivos conectados, capazes de coletar e transmitir dados de forma autônoma, constitui um dos pilares da IoT aplicada à saúde (MASCARENHAS et al., 2021). No contexto assistencial, esses sistemas operam por meio de uma arquitetura em camadas interdependentes. O fluxo inicia-se nos dispositivos finais, como sensores biométricos e leitores RFID, responsáveis pela captura dos dados. Em seguida, essas informações são encaminhadas a um gateway, geralmente representado por microcontroladores como o ESP32, que realiza a intermediação com a camada de comunicação por meio de tecnologias sem fio e protocolos específicos.

Após a transmissão, os dados são processados e armazenados em plataformas computacionais, possibilitando análise, persistência e disponibilização em interfaces web para monitoramento em tempo real. Segundo Benedict (2022), sistemas IoT aplicados à saúde ampliam a eficiência operacional e promovem cuidado contínuo. Nesse sentido, a integração entre monitoramento clínico e controle logístico configura uma aplicação da Internet das Coisas Médicas (IoMT), especialmente relevante em ambientes móveis, como o transporte intermunicipal de pacientes.

## **3. Metodologia**

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, descritiva e qualitativa. Foi adotado o Modelo Incremental de Desenvolvimento de Software (PRESSMAN; MAXIM, 2016), permitindo construção progressiva, refinamento contínuo e validação iterativa.

O processo iniciou-se com o levantamento de requisitos, fundamentado em entrevistas com profissionais responsáveis pelo transporte de Tratamento Fora de Domicílio (TFD) e na análise documental da rotina operacional. Dessa etapa, emergiram necessidades críticas, como autenticação e controle de acesso, gerenciamento de passageiros, monitoramento clínico em tempo real, registro automatizado de embarque e desembarque via RFID e disponibilização de um painel logístico para acompanhamento das viagens.

Com base nesses requisitos, foi desenvolvida uma plataforma web utilizando React e Tailwind CSS no frontend, garantindo interface responsiva e acessível. O backend foi implementado em Django (Python), centralizando regras de negócio, persistência de dados e disponibilização de APIs para integração com os dispositivos embarcados e com o sistema de agendamento de viagens.

Paralelamente, foram desenvolvidos dois módulos embarcados baseados no microcontrolador ESP32. O Módulo Clínico, acoplado a pulseiras inteligentes, utiliza os sensores MAX30102 e MAX30205 para coletar frequência cardíaca, saturação de oxigênio (SpO) e temperatura corporal. O Módulo Logístico, instalado no veículo, incorpora um leitor RFID responsável pelo registro automatizado de entrada e saída dos passageiros por meio de cartões individuais.

A comunicação entre os módulos ocorre por meio do protocolo ESP-NOW, utilizado para transmitir os dados coletados pelas pulseiras ao ESP32 central do módulo logístico. Posteriormente, esse módulo consolida as informações clínicas e logísticas e as transmite, via Bluetooth, a um aplicativo móvel utilizado pelo monitor da viagem. Esse aplicativo permite visualizar, em tempo real, os passageiros embarcados, seus respectivos sinais vitais e os eventos de entrada e saída durante todo o percurso.

Além do acompanhamento local durante a viagem, a solução conta com uma plataforma web destinada ao agendamento e gerenciamento das viagens, permitindo o controle administrativo e operacional do serviço.

Para validação da solução, foram realizados testes funcionais, de integração e de desempenho em ambiente controlado. Os testes funcionais verificaram o correto funcionamento dos sensores biomédicos, do leitor RFID e das funcionalidades do sistema. Os testes de integração avaliaram a comunicação entre os módulos embarcados, o aplicativo móvel e a plataforma web. Já os testes de desempenho concentraram-se na estabilidade da transmissão de dados e na latência da comunicação.

Os testes foram conduzidos com os próprios desenvolvedores, em caráter preliminar, sem a participação de pacientes reais, tendo como objetivo validar tecnicamente o funcionamento do primeiro protótipo. Os resultados confirmaram a correta aquisição, transmissão, recepção e exibição dos dados clínicos e logísticos em tempo real.

## **4. Resultados**

A solução desenvolvida apresentou desempenho estável e consistente durante os testes preliminares, demonstrando adequação para aplicações de monitoramento médico não invasivo. A validação funcional confirmou o correto funcionamento dos sensores biomédicos, da leitura RFID e dos mecanismos de comunicação entre os módulos do sistema.

No módulo clínico, os sensores MAX30102 e MAX30205 realizaram com precisão a coleta de frequência cardíaca, saturação de oxigênio (SpO) e temperatura corporal. Os dados capturados pelas pulseiras foram transmitidos com sucesso via ESP-NOW ao módulo logístico, sem perdas observáveis durante os testes.

No âmbito logístico, o sistema RFID mostrou-se eficaz no registro automatizado de embarque e desembarque. Cada passageiro é identificado por meio de um cartão RFID

individual, cuja leitura no momento da entrada ou saída elimina registros manuais, aumentando a precisão, a rastreabilidade e a confiabilidade das informações.

Após a consolidação dos dados clínicos e logísticos no ESP32 central, as informações foram transmitidas via Bluetooth ao aplicativo móvel do monitor. O aplicativo apresentou, em tempo real, a lista de passageiros embarcados, seus sinais vitais e os eventos de entrada e saída, assegurando acompanhamento contínuo durante o trajeto.

Essa arquitetura híbrida constitui um diferencial da solução, uma vez que reduz a dependência de redes móveis durante viagens intermunicipais. Enquanto a comunicação local é mantida por ESP-NOW e Bluetooth, a plataforma web permanece responsável pelo agendamento, armazenamento histórico e gestão administrativa das viagens.

A bateria de testes realizados confirmou a integridade da comunicação, a estabilidade do sistema e a robustez no armazenamento das informações. Embora os ensaios tenham sido conduzidos em ambiente controlado e com os próprios desenvolvedores, os resultados evidenciaram a viabilidade técnica e operacional da solução, representando um avanço significativo na gestão e segurança do transporte de pacientes.

## 5. Conclusão

O estudo confirmou a viabilidade técnica e funcional da solução proposta para o monitoramento clínico e logístico no transporte intermunicipal de pacientes atendidos pelo Tratamento Fora de Domicílio (TFD). A integração entre sistema embarcado, aplicativo móvel e plataforma web possibilitou monitoramento remoto em tempo real, registro automatizado via RFID e maior eficiência na gestão operacional das viagens.

A arquitetura de comunicação adotada mostrou-se particularmente adequada ao contexto de deslocamentos intermunicipais, uma vez que combina ESP-NOW e Bluetooth para garantir o funcionamento local do sistema mesmo em regiões sem acesso à internet. Dessa forma, assegura-se a continuidade do monitoramento clínico e do controle logístico ao longo de todo o trajeto.

Além disso, a utilização de uma arquitetura modular baseada em tecnologias abertas favorece a escalabilidade, a replicabilidade e a futura adoção da solução em larga escala por políticas públicas de saúde.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a realização de testes de campo em ambiente operacional real, com participação de pacientes e profissionais de saúde, bem como a incorporação de técnicas de inteligência artificial para análises preditivas do estado clínico dos passageiros.

Em síntese, ao integrar tecnologias acessíveis à gestão pública em saúde, o projeto contribui para a modernização, segurança e eficiência do transporte intermunicipal de pacientes no cenário brasileiro.

## 6. Referências

BENEDICT, S. IoT-Enabled Remote Monitoring Techniques for Healthcare Applications - An Overview. *Informatica*, 2022. Disponível em: <https://informatica.si/index.php/informatica/article/view/3912/1771>. Acesso em: 20 out. 2025.

- MALDONADO, J. M. S. de V.; MARQUES, A. B.; CRUZ, A. Telemedicina: desafios à sua difusão no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 32, p. e00155615, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/54bg8d5mfWmCC9w7M4FKFVq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 out. 2025.
- MASCARENHAS, A. P. F. M. et al. Desenvolvimento de produtos IoT. *Brazilian Journal of Development*, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23059/18534>. Acesso em: 21 out. 2025.
- PRESSMAN, Roger; MAXIM, Bruce. *Engenharia de Software – 8ª edição*. McGraw Hill Brasil, 2016.
- SANTOS, B. P. et al. Internet das Coisas: da teoria à prática. *SBRC – Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, 2016. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 21 out. 2025.
- SANTOS, L. M. et al. Sistemas embarcados aplicados à saúde: uma revisão. *CONEN*, 2022.
- SILVA, T. J. et al. Uso de sistemas embarcados em políticas públicas. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, 2021.
- TALATI, D. Telemedicine and AI in Remote Patient Monitoring. *Journal of Knowledge Learning and Science Technology*, 2023. Disponível em: <https://jklst.org/index.php/home/article/view/84/62>. Acesso em: 22 out. 2025.

## 7. Anexos - Figuras



Figura 1. Monitoramento de sinais vitais dos pacientes

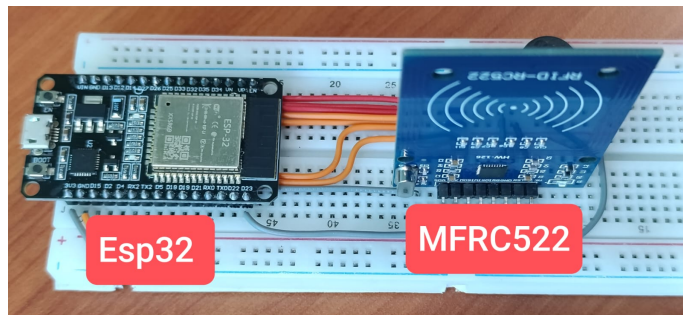


Figura 2. Hardware utilizados no projeto



Figura 3. Hardware utilizados no projeto

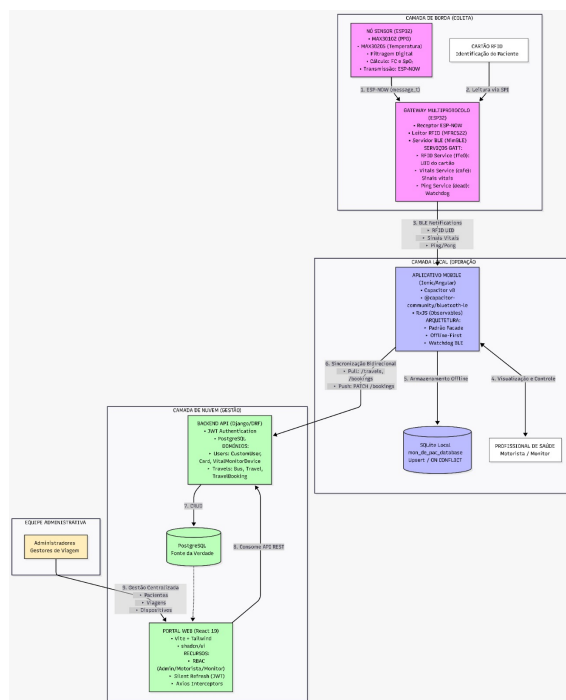


Figura 4. Fluxograma da arquitetura do sistema