

DESENVOLVIMENTO DE UMA PULSEIRA INTELIGENTE PARA DETECÇÃO DE QUEDAS BASEADA EM ESP32 E SENSOR MPU6050

DEVELOPMENT OF A SMART BRACELET FOR FALL DETECTION BASED ON ESP32 SENSOR AND MPU6050.

Guilherme dos Santos Velozo ¹, Isabella Fernandez Correia ², Kerolayne de Oliveira Fernandes ³, Rogério Thomazella ⁴.

RESUMO: As quedas representam um dos principais problemas de saúde pública, afetando pessoas de diferentes idades e contextos, com destaque para a população idosa. Essas ocorrências, muitas vezes associadas a fatores como tropeços, escorregões e episódios de síncope, podem resultar em lesões graves, hospitalizações prolongadas e até óbitos. Diante desse cenário, este projeto propõe o desenvolvimento de uma tecnologia vestível, uma pulseira inteligente equipada com sensores voltada à detecção automática de quedas, com o objetivo de oferecer uma resposta rápida e eficaz em situações de emergência. O estudo justifica-se pela crescente incidência desses eventos e pelo impacto que causam nos sistemas de saúde. Dados recentes apontam que, entre 2013 e 2022, milhares de idosos buscaram atendimento médico em razão de quedas, sendo essa uma das principais causas de mortalidade entre pessoas com mais de 65 anos. Nesse contexto, a proposta de um dispositivo acessível, de uso contínuo e com comunicação automática surge como uma alternativa promissora para reduzir os danos físicos e psicológicos provocados por tais incidentes. O objetivo geral do projeto é desenvolver e validar uma pulseira inteligente de baixo custo, utilizando o microcontrolador ESP32 e o sensor inercial MPU6050, destacando vantagens como facilidade de implementação, boa disponibilidade dos componentes no mercado e viabilidade econômica. O dispositivo será capaz de identificar quedas e enviar alertas automáticos a contatos de emergência, além de emitir um alerta sonoro. A metodologia adotada é de natureza aplicada e caráter experimental, dividida em três etapas: revisão bibliográfica, desenvolvimento do protótipo e validação em ambiente controlado. A revisão de literatura abrange estudos sobre tecnologias vestíveis, sensores inerciais e métodos de monitoramento corporal. Na etapa de desenvolvimento, o sistema foi implementado com a integração entre hardware e software, enquanto a fase de validação envolveu simulações de quedas e movimentos cotidianos para verificar o funcionamento do algoritmo e a confiabilidade geral do dispositivo. Com a consolidação deste projeto, espera-se contribuir para a área da saúde e da engenharia biomédica, oferecendo uma solução tecnológica acessível, eficiente e integrada ao cotidiano das pessoas, promovendo maior segurança, autonomia e qualidade de vida aos usuários.

Palavras-chave: Internet das coisas; Tecnologia vestível; Telegram; MPU6050; ESP32.

ABSTRACT : Falls represent a major public health problem, affecting people of all ages and backgrounds, especially the elderly. These incidents, often associated with factors such as tripping, slipping, and syncope, can lead to serious injuries, prolonged hospital stays, and even death. Given this situation, this project proposes the development of a wearable technology: a smart bracelet equipped with sensors for the automatic detection of falls, with the aim of providing a rapid and effective response in emergency situations. The study is

¹ Graduando em Sistemas Biomédicos. E-mail: guilherme.velozo@fatec.sp.gov.br

³ Graduando em Sistemas Biomédicos. E-mail: isabella.correia01@fatec.sp.gov.br

³ Graduando em Sistemas Biomédicos. E-mail: kerolayne.fernandes@fatec.sp.gov.br

⁴ Docente da Faculdade de Tecnologia de Bauru. E-mail: rogerio.thomazella@fatec.sp.gov.br

justified by the increasing incidence of these events and their impact on healthcare systems. Recent data indicate that, between 2013 and 2022, thousands of older adults sought medical attention due to falls, one of the leading causes of death among people over 65. In this context, the proposal for an accessible, continuously wearable device with automatic communication emerges as a promising alternative to reduce the physical and psychological harm caused by these incidents. The overall objective of this project is to develop and validate a low-cost smart bracelet using the ESP32 microcontroller and the MPU6050 inertial sensor, highlighting advantages such as ease of implementation, good component availability, and economic viability. The device will be able to identify falls and send automatic alerts to emergency contacts, as well as emit an audible alert. The methodology adopted is applied and experimental in nature, divided into three stages: literature review, prototype development, and validation in a controlled environment. The literature review covers studies on wearable technologies, inertial sensors, and body monitoring methods. In the development stage, the system was implemented through hardware and software integration, while the validation phase included simulations of falls and everyday movements to verify the algorithm's functionality and the device's overall reliability. With the completion of this project, it is expected to contribute to the fields of health and biomedical engineering, offering an accessible, efficient, and integrated technological solution for people's daily lives, promoting greater safety, autonomy, and quality of life for users.

Keywords: Internet of Things; Wearable technology; Telegram; MPU6050; ESP32.

1. INTRODUÇÃO

As quedas representam um dos maiores desafios contemporâneos no campo da saúde pública, especialmente entre a população idosa, principalmente entre a população idosa, devido à elevada frequência e ao alto potencial de causar ferimentos graves, hospitalizações prolongadas ou até óbitos (CARVALHO, 2024). Segundo Ricci et al. (2025), as quedas domésticas estão entre os principais incidentes que ameaçam a integridade física de idosos e crianças, sendo, portanto, um problema de saúde que exige atenção preventiva e tecnológica.

Dados recentes reforçam a gravidade desse cenário, segundo Barbosa et al. (2022), entre 1996 e 2012 houve um crescimento significativo na mortalidade por quedas em idosos no Brasil, refletindo uma tendência preocupante que se mantém até os dias atuais. Rone Carvalho (2024) aponta que o número de óbitos de pessoas com mais de 65 anos causados por quedas passou de 4.816 em 2013 para 9.592 em 2022. No total, foram registradas mais de 70.516 mortes por essa causa no período de 2013 a 2022, configurando as quedas como a terceira principal causa de mortalidade entre idosos no país.

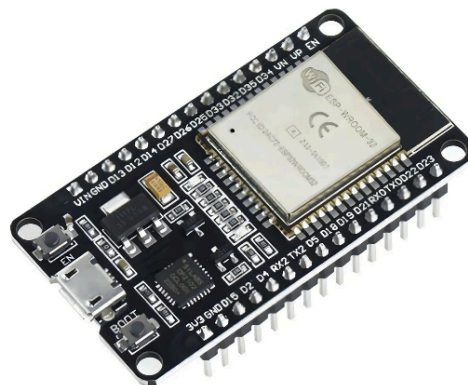
Além das consequências diretas, há impactos secundários que comprometem significativamente a qualidade de vida dessas pessoas. O medo de novas quedas, a perda de autonomia e a redução da mobilidade física são fatores psicológicos e comportamentais recorrentes após um acidente desse tipo. Episódios relacionados à síncope também contribuem significativamente para internações, reforçando a necessidade de sistemas de acompanhamento mais precisos (PORTAL SECAD, 2021; RICCI ET AL., 2025).

Diante desse contexto, o uso de tecnologias vestíveis e da Internet das Coisas (IoT) vem se destacando por possibilitar monitoramento contínuo e respostas rápidas a situações emergenciais (PANELO, 2016). A integração entre sensores inerciais, microcontroladores e conectividade sem fio permite a criação de soluções de baixo custo que ampliam a autonomia dos usuários e favorecem intervenções imediatas em caso de queda (SILVA et al., 2022).

Neste cenário, destaca-se o desenvolvimento de uma pulseira inteligente equipada com o microcontrolador ESP32 e o sensor inercial MPU6050, ambos amplamente utilizados em aplicações biomédicas devido à boa disponibilidade no mercado, baixo custo e capacidade de operar em tempo real (GRANDEAUX, 2024; OLIVEIRA; SOARES; NASCIMENTO, 2021).

O ESP32, apresentado na Figura 1, atua como unidade central de processamento, responsável por executar o algoritmo de detecção de quedas e gerenciar a comunicação sem fio. Ele integra módulos de Wi-Fi e Bluetooth, permitindo o envio automático de alertas a aplicativos externos, como o Telegram, além de possuir capacidade de processamento suficiente para tratar os dados recebidos dos sensores em tempo real (GRANDEAUX, 2024).

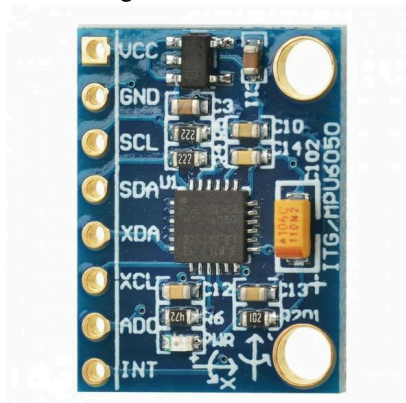
Figura 1 – ESP32



Fonte: IFTECHNOLOGY. Esp32 Doit Devkit Com Esp32-wroom-32. 2023. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/esp32-doit-devkit-com-esp32-wroom-32/p/MLB28251016#reviews>. Acesso em: 04 dez. 2025.

Já o MPU6050 (Figura 2) é um módulo inercial composto por acelerômetro e giroscópio triaxiais (X,Y,Z), capazes de medir aceleração linear, velocidade angular e orientar a posição do corpo no espaço. Essas informações permitem identificar padrões típicos de queda, como perda momentânea de sustentação, impacto súbito e imobilidade posterior. A combinação entre o ESP32 e o MPU6050 resulta em um sistema compacto, de baixo custo e eficiente para monitoramento contínuo de movimento, sendo amplamente empregada em soluções de detecção de quedas descritas na literatura (OLIVEIRA; SOARES; NASCIMENTO, 2021; SANTOS; BARRETO; LIMA, 2023).

Figura 2 – MPU6050



Fonte: EASYTRONICS. MPU6050 - Acelerômetro e Giroscópio de 3 Eixos GY-521. Disponível em: <https://shopee.com.br/MPU6050-Aceler%C3%B4metro-e-Girosc%C3%B3pio-de-3-Eixos-GY-521-i.329956775.10103602070>. Acesso em: 04 dez. 2025.

O objetivo geral deste projeto é desenvolver e validar um dispositivo vestível de detecção de quedas baseado no ESP32 e no MPU6050, capaz de emitir alertas sonoros e enviar notificações automáticas a contatos de emergência. Para isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos: i) realizar revisão de literatura sobre quedas e tecnologias de detecção; ii) projetar e construir um protótipo funcional; iii) implementar um algoritmo ajustado para minimizar erros de classificação; iv) validar o sistema por meio de testes experimentais.

A metodologia adotada possui natureza aplicada e caráter experimental, contemplando revisão bibliográfica, desenvolvimento do protótipo e testes em ambiente controlado, com o intuito de avaliar sensibilidade, especificidade e desempenho do dispositivo.

O presente projeto possui o objetivo de contribuir para o avanço da engenharia biomédica e das tecnologias assistivas, demonstrando que soluções acessíveis e de baixo custo podem ter impacto significativo na qualidade de vida de pessoas idosas e de pacientes em reabilitação. apresentando uma alternativa eficiente, portátil e de baixo custo para o monitoramento de quedas e promoção da segurança e autonomia dos usuários. Além disso, o desenvolvimento desta pulseira inteligente representa um passo importante na integração entre tecnologia e cuidado humano, promovendo segurança, autonomia e bem-estar aos usuários.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 As quedas como um problema de saúde pública

As quedas representam um importante problema de saúde pública em âmbito global, especialmente entre pessoas idosas, devido à elevada incidência, às graves consequências clínicas e ao impacto sobre os sistemas de saúde. Embora quedas possam ocorrer em qualquer faixa etária, sua gravidade aumenta significativamente com o envelhecimento, em razão de fragilidades músculo esqueléticas, alterações cognitivas e presença de comorbidades (BARBOSA, 2022).

Esse cenário torna-se ainda mais preocupante quando se considera que a maioria das quedas ocorre dentro do próprio domicílio, um ambiente teoricamente seguro, mas que, na prática, apresenta inúmeros riscos ocultos. Ricci et al. (2025) destacam que o ambiente doméstico é responsável por uma parcela significativa dos acidentes entre idosos e crianças, sendo as quedas os incidentes mais recorrentes. Tapetes soltos, pisos escorregadios, iluminação inadequada e a ausência de barras de apoio são fatores que, combinados com limitações físicas e cognitivas, aumentam a vulnerabilidade a esses episódios.

Além das lesões físicas, como fraturas, traumas cranianos e complicações musculoesqueléticas, as quedas também acarretam consequências psicológicas importantes. Muitos idosos passam a viver com medo de cair novamente, o que reduz suas atividades diárias, prejudica a autoconfiança e acelera o declínio funcional (RICCI et al., 2025). Segundo o Portal Secad (2021), uma parcela significativa das quedas está relacionada a episódios de síncope, desmaios ou perdas momentâneas de consciência, que resultam em hospitalizações com média de 5 a 6 dias. Essa combinação de fatores físicos e emocionais reforça a necessidade de soluções tecnológicas que ofereçam monitoramento constante e resposta rápida em casos de emergência.

2.2 O papel da tecnologia na prevenção e monitoramento de quedas

De acordo com Panelo (2016), a tecnologia tem se mostrado uma aliada cada vez mais importante na promoção da saúde e na prevenção de acidentes. Nos últimos anos, o

avanço da chamada Internet das Coisas (IoT) e das tecnologias vestíveis trouxe novas possibilidades para o cuidado com pessoas idosas ou em situação de vulnerabilidade. Os dispositivos vestíveis representam uma das maiores inovações tecnológicas aplicadas à área da saúde, permitindo a coleta contínua de dados corporais, como batimentos cardíacos, temperatura, movimento e postura. Esses dispositivos são projetados para serem confortáveis e discretos, integrando sensores, microcontroladores e sistemas de comunicação sem fio.

Conforme destaca Silva et al. (2022) a IoT possibilitou a criação de ecossistemas inteligentes de monitoramento da saúde, nos quais diferentes dispositivos trocam informações em tempo real e auxiliam na tomada de decisões clínicas. No caso da detecção de quedas, essa integração é essencial, pois permite que o dispositivo identifique o evento e acione automaticamente um alerta sonoro e notificativo, mesmo quando o usuário está desacordado ou impossibilitado de pedir ajuda. O uso de tecnologias portáteis e conectadas oferece ainda outras vantagens: amplia a autonomia dos pacientes, reduz o tempo de resposta em emergências e contribui para o trabalho das equipes médicas e familiares. Além disso, por serem de baixo custo e fácil implementação, os dispositivos vestíveis representam uma solução acessível para contextos domésticos e instituições de longa permanência.

2.3 Sensores inerciais e algoritmos de detecção de quedas

O coração de qualquer sistema vestível de detecção de quedas está na combinação entre hardware sensorial e algoritmos de análise de movimento. Os sensores inerciais, compostos por acelerômetros e giroscópios, captam variações de aceleração, velocidade angular e orientação corporal em tempo real, permitindo a identificação de padrões que caracterizam uma queda, como um impacto seguido de imobilidade. Um dos principais desafios é equilibrar sensibilidade e especificidade, evitando tanto falsos alarmes quanto a falha em detectar quedas reais (OLIVEIRA; SOARES; NASCIMENTO, 2021).

Em concordância com Oliveira et al, Santos et al (2023) explicam que a calibração dos sensores é um fator determinante para o bom desempenho do sistema. Pequenas variações no posicionamento do dispositivo ou nas condições ambientais podem alterar significativamente os resultados. Por isso, o desenvolvimento de algoritmos inteligentes, ajustados às condições reais de uso, é essencial para garantir precisão e confiabilidade.

Nesse sentido, o uso de microcontroladores modernos, como o ESP32, tem se mostrado uma escolha eficiente para projetos de protótipos de baixo custo e alto desempenho. Com capacidade de processamento avançada, conectividade Wi-Fi e Bluetooth integradas, o ESP32 possibilita a implementação de algoritmos embarcados capazes de processar dados localmente, sem depender de servidores externos. A combinação entre o ESP32 e o sensor MPU6050, que integra acelerômetro e giroscópio em um único módulo, torna o sistema compacto, acessível e eficaz para aplicações biomédicas e de monitoramento pessoal (GRANDEAUX, 2024).

2.4 Conectividade do ESP32 e integração com o Telegram

O desenvolvimento de tecnologias vestíveis para a detecção de quedas depende não apenas da precisão dos sensores, mas também da eficiência na comunicação entre o dispositivo e os sistemas de alerta. Nesse sentido, o ESP32 destaca-se como uma das plataformas mais completas e acessíveis disponíveis atualmente, devido à sua conectividade nativa via Wi-Fi e Bluetooth, além de sua capacidade de processamento de dados em tempo real.

Segundo Grandeaux (2024), o ESP32 é amplamente utilizado em projetos que exigem comunicação entre hardware e serviços de mensagens instantâneas, como o Telegram. Por meio de bots integrados à API da plataforma, essa integração permite que o microcontrolador envie mensagens automáticas para um grupo pré-configurado sempre que um determinado

evento é detectado, por exemplo, um alerta de queda ou um sinal de emergência. O autor explica que o uso do Telegram como canal de notificação se mostra vantajoso por ser gratuito, multiplataforma e de fácil configuração, além de oferecer respostas rápidas e seguras em tempo real.

O estudo também ressalta que o protocolo HTTPS utilizado pela API do Telegram confere segurança às informações transmitidas, o que é essencial para aplicações na área da saúde.

Grandeaux (2024) conclui que a combinação entre hardware embarcado e plataformas de comunicação digital representa um avanço significativo para o desenvolvimento de soluções inteligentes de monitoramento remoto. Essa integração entre tecnologia e cuidado humano reforça o papel das tecnologias IoT como ferramentas fundamentais para promover autonomia, bem-estar e segurança, especialmente em contextos de vulnerabilidade, como o de idosos e pacientes em reabilitação.

2.5 Contribuições da engenharia biomédica e da IoT para a saúde

A integração entre engenharia biomédica, ciência da computação e IoT tem impulsionado uma nova era na área da saúde, com foco na prevenção e no monitoramento remoto. Segundo Silva et al. (2022), o conceito de saúde conectada ou *connected health* vem ganhando força, permitindo que informações sejam coletadas e compartilhadas de forma contínua, segura e personalizada.

Panelo (2016) destaca que a IoT aplicada à saúde não apenas facilita o diagnóstico precoce de doenças, mas também reduz custos hospitalares e melhora o acompanhamento de pacientes crônicos. No contexto da detecção de quedas, a aplicação desses conceitos permite que dispositivos simples, como uma pulseira inteligente, se tornem parte de um sistema mais amplo, capaz de enviar alertas automáticos a familiares, cuidadores ou profissionais de saúde.

Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias vestíveis para detecção de quedas representa não apenas um avanço técnico, mas também um passo importante na humanização da tecnologia, pois busca preservar a segurança e a autonomia do indivíduo, garantindo que ele continue ativo e independente por mais tempo.

O presente projeto se insere nesse cenário como uma proposta concreta de inovação aplicada à saúde, unindo engenharia, computação e cuidado humano. Mais do que um dispositivo eletrônico, a pulseira inteligente de detecção de quedas se apresenta como um instrumento de proteção, tranquilidade e empatia, uma ponte entre o avanço tecnológico e a qualidade de vida das pessoas.

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada de natureza experimental e abordagem quantitativa. A pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimentos voltados à solução de problemas práticos, envolvendo a concepção e o desenvolvimento de um protótipo funcional de pulseira para detecção de quedas em idosos.

A abordagem quantitativa justifica-se pela necessidade de mensurar dados de aceleração e movimento obtidos por sensores, visando à análise objetiva do comportamento físico durante quedas simuladas.

3.2 Procedimentos metodológicos

A metodologia adotada foi dividida em etapas sequenciais, que compreenderam desde o levantamento de informações até o desenvolvimento e os testes do dispositivo.

3.2.1 Pesquisa de similares

Antes da idealização e implementação do protótipo proposto, foi realizada uma pesquisa de dispositivos e soluções similares já existentes no mercado e na literatura acadêmica. Essa etapa teve como principal objetivo compreender as abordagens tecnológicas atualmente empregadas, suas limitações práticas e as oportunidades de aprimoramento que poderiam orientar o desenvolvimento do presente projeto.

A análise iniciou-se com a observação de dispositivos comerciais voltados à detecção de quedas e monitoramento pessoal, amplamente disponíveis em plataformas de venda online e voltados ao público idoso ou a pessoas com necessidades especiais. Um dos modelos analisados foi um botão de emergência doméstico, ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Sistema de alerta de emergência pessoal



Fonte: HARAYAA. Cuidador pager botão de pânico 4 nível ajuste volume plug pager 1 botão 1 receptor para paciente deficientes idosos. Estados Unidos, 2024. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/dp/B0D1KNTCKB/ref=olp-opf%20redir?aod=1&ie=UTF8&condition=new&creative=380345&creativeASIN=%20B0D1KNTCKB&linkCode=asm&tag=zoom059%2020&ascsubtag=5f61b9915b35464c8f167b191a0f2bd2>. Acesso em: 4 dez. 2025.

O produto consiste em um dispositivo fixo ou portátil de acionamento manual, que, ao ser pressionado, emite um alerta sonoro local, chamando a atenção de pessoas próximas. Esse tipo de solução é frequentemente utilizado em residências adaptadas ou instituições de longa permanência, e seu principal ponto positivo é a simplicidade de operação e o baixo custo de implementação.

Entretanto, o sistema apresenta diversas limitações funcionais. Primeiramente, o acionamento depende totalmente da interação consciente do usuário, o que o torna ineficiente em casos de desmaios, síncope ou quedas que resultem em imobilização. Além disso, o alcance restrito do alerta sonoro compromete sua utilidade quando o paciente se encontra sozinho ou distante de outras pessoas. Outro ponto crítico é a possibilidade de acionamentos acidentais, o que pode gerar alarmes falsos e comprometer a confiança no uso do dispositivo.

Essas limitações reforçam a importância de tecnologias automatizadas e não dependentes da ação do usuário, capazes de identificar uma queda de forma autônoma e notificar automaticamente familiares ou serviços de emergência, um dos pilares centrais do presente projeto.

Em paralelo, foram estudados trabalhos acadêmicos e protótipos desenvolvidos por outros pesquisadores, entre eles o estudo de Lucas Grandaux (2024), que apresenta um projeto de sistema de detecção de quedas com microcontrolador ESP32 integrado ao Telegram, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Dispositivo de Grandeaux



Fonte: Lucas Grandeaux (2024)

O dispositivo desenvolvido por Grandeaux (2024), Figura 4, emprega sensores inerciais baseados em acelerômetros e giroscópios, associados ao microcontrolador ESP32, que atua como unidade central de processamento. O sistema é capaz de reconhecer movimentos abruptos e impactos corporais, acionando um buzzer e enviando uma mensagem automática via Telegram por meio da conectividade Wi-Fi. Essa integração entre hardware e comunicação digital é destacada pelo autor como uma alternativa eficiente e acessível para o monitoramento remoto de eventos de queda.

Apesar da eficiência demonstrada, o estudo apresenta limitações ergonômicas e estruturais que precisam ser consideradas. O sensor é posicionado na região da cintura, preso a um cinto convencional, o que o torna mais exposto a impactos diretos e suscetível a danos físicos. Além disso, o tamanho e formato do dispositivo podem comprometer o conforto e a estética do usuário, dificultando o uso contínuo em situações cotidianas. A ausência de uma carcaça protetora e o contato direto com o corpo também levantam questões relacionadas à durabilidade, resistência mecânica e estabilidade de leitura dos sensores.

Em contrapartida, o presente projeto propõe uma solução mais integrada, leve e discreta, por meio do uso de carcaça impressa em 3D adaptada ao formato de uma pulseira vestível. Essa abordagem visa aprimorar o conforto do usuário, reduzir o risco de danos por impacto e melhorar a aceitação estética do produto. A interface de comunicação com o Telegram foi mantida como no modelo de Grandeaux (2024), por se mostrar uma ferramenta eficaz e segura de envio de alertas automáticos, garantindo resposta rápida em caso de emergência.

A comparação entre os modelos analisados evidencia uma evolução natural das tecnologias de monitoramento, passando de sistemas reativos e manuais, como o botão de emergência doméstico, para soluções inteligentes e proativas, baseadas em sensores e conectividade IoT. Essa transição reflete o avanço da engenharia biomédica e o papel crescente das tecnologias vestíveis na promoção da saúde e segurança.

Por fim, a análise comparativa dos trabalhos existentes e dos produtos disponíveis no mercado permitiu identificar lacunas técnicas relevantes, como a autonomia energética limitada, a precisão insuficiente dos sensores em detecção dinâmica e a falta de integração estética e ergonômica nos dispositivos atuais. Essas observações serviram como base para o aperfeiçoamento do protótipo proposto neste projeto, que busca unir funcionalidade, conforto, acessibilidade e confiabilidade em um único sistema vestível de detecção de quedas.

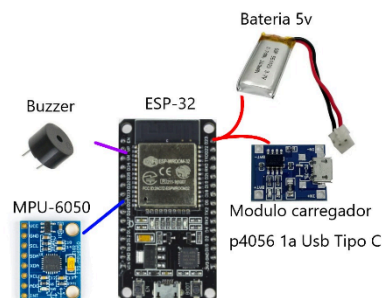
3.2.2 Seleção dos componentes eletrônicos e definição da arquitetura do sistema

Os materiais empregados no projeto foram selecionados com base em critérios de baixo custo, eficiência energética, portabilidade e integração tecnológica. A seguir, são descritos os principais componentes:

- a) **Microcontrolador ESP32**: atua como núcleo de processamento do sistema, responsável pela coleta, análise e transmissão dos dados via Wi-Fi.
- b) **Sensor inercial MPU6050**: módulo que combina acelerômetro e giroscópio, responsável por detectar variações de aceleração e orientação corporal em tempo real.
- c) **Módulo carregador de bateria TP4056 USB C**: módulo que faz o carregamento das baterias de alimentação do protótipo
- d) **Kit Jumpers**: kit de fios para as conexões elétricas.
- e) **Placa de circuito impresso (PCB)**: Placa de circuito para conexões de componentes
- f) **Bateria recarregável de lítio (5V)**: fornece autonomia mínima de 12 horas de funcionamento contínuo.
- g) **Filamento de impressora 3D Termoplástico de Poliuretano (TPU)**: usado para desenvolver uma carcaça para proteger o circuito e proporcionar conforto durante o uso, garantindo leveza e resistência.
- h) **Módulo buzzer**: utilizado para emitir alerta sonoro em caso de detecção de queda.
- i) **Software Arduino IDE**: plataforma utilizada para programação do ESP32 e desenvolvimento do algoritmo de detecção.
- j) **Aplicativo Telegram**: plataforma utilizada para envio de notificações remotas ao usuário ou responsável, permitindo o recebimento de alertas de queda em tempo real por meio de um bot integrado ao sistema.

Esses componentes foram integrados em um circuito compacto, projetado para ser seguro, ergonômico e de fácil manutenção. Na figura abaixo segue os componentes.

Figura 5 - Componentes eletrônicos



Fonte: Autores.

3.3 Desenvolvimento do projeto e do protótipo

3.3.1 Etapa inicial e definição da proposta

O desenvolvimento do projeto iniciou-se com uma etapa de levantamento de ideias em grupo, na qual foram discutidas propostas voltadas ao atendimento de públicos em situação de vulnerabilidade, especialmente pessoas com doenças que provocam quedas ou episódios de perda de consciência.

Durante essa fase, foram discutidas três ideias principais. As duas primeiras buscavam monitorar ou prevenir diretamente as causas da perda de consciência, mas apresentaram obstáculos técnicos e conceituais, sobretudo em relação à precisão dos sensores e à

viabilidade de implementação. Após análise crítica das alternativas, optou-se por pela terceira linha de raciocínio, o desenvolvimento de uma pulseira inteligente para detecção de quedas, equipada com alerta sonoro e notificação automática via Telegram (modelo apresentado na Figura 6). Essa proposta mostrou-se a mais viável tecnicamente e a mais alinhada com o público-alvo definido.

Figura 6 – Referência de Modelo para Carcaça da Pulseira



Fonte: BONYBEAR. **Smartwatch case for waveshare ESP32-S3 1.28in round touch LCD**. 2025. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:7038776>. Acesso em: 05 dez. 2025.

3.3.2 Seleção dos componentes e planejamento do hardware

Após a definição da abordagem adotada, foi realizado um levantamento dos materiais e componentes eletrônicos necessários para viabilizar o protótipo. Inicialmente, considerou-se a utilização do Arduino Nano como unidade central de processamento. No entanto, observou-se que o microcontrolador não atendia às exigências do projeto, devido à quantidade limitada de portas digitais e analógicas e à baixa capacidade de processamento.

Diante disso, optou-se pelo ESP32, por dois motivos principais:

1. Sua maior potência de processamento, que permite a coleta e o tratamento de dados do sensor em tempo real;
2. Sua conectividade Wi-Fi nativa, que possibilita a comunicação direta com serviços online, como o Telegram.

Essa decisão marcou um ponto importante no desenvolvimento, pois abriu espaço para a criação de um sistema autônomo e conectado à internet, ampliando o alcance da solução.

Além do microcontrolador, foram selecionados os seguintes componentes:

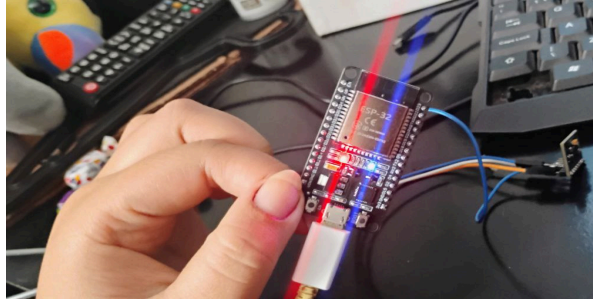
- a) Sensor inercial MPU6050, responsável por captar aceleração e giroscopia em três eixos;
- b) Buzzer passivo, utilizado como alerta sonoro;
- c) Baterias de íon-lítio recarregáveis (5V), escolhidas pela boa autonomia e portabilidade;
- d) Protoboard e jumpers, para montagem modular dos circuitos e maior facilidade de testes.

3.3.3 Desenvolvimento e ajustes de programação

A programação do dispositivo foi realizada no IDE Arduino, utilizando as bibliotecas compatíveis com o ESP32 e o MPU6050. O código foi iniciado com a integração básica entre esses dois componentes, permitindo a leitura dos dados de movimento e orientação.

No início, a montagem utilizou solda direta entre os fios e os pinos do sensor como demonstra a figura 7, o que posteriormente se mostrou uma decisão inadequada, pois dificultava ajustes e trocas de componentes durante os testes. O código passou por diversas revisões e versões experimentais, até que o sensor começou a captar de forma estável os movimentos nos três eixos.

Figura 7 - Protótipo inicial com solda.



Fonte: Autores.

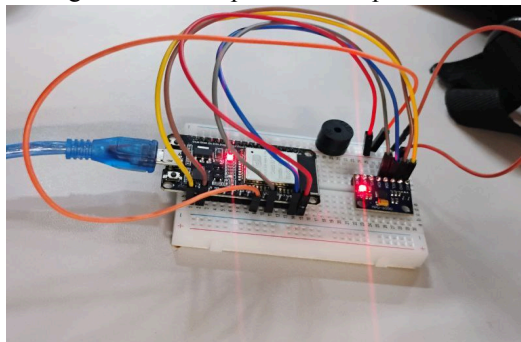
Após essa etapa inicial, iniciou-se a implementação da conectividade com o Telegram, escolhida por sua facilidade de integração com o ESP32 e pela possibilidade de criação de bots personalizados. O processo de conexão foi baseado em exemplos e bibliotecas estudadas, com apoio dos orientadores e referência na pesquisa de Lucas Grandaux (2024), que descreve o uso do ESP32 em conjunto com o Telegram para envio automático de notificações via rede Wi-Fi.

Durante os testes, ocorreram falhas e quebras de componentes, incluindo um ESP32 danificado, o que exigiu a substituição e reprogramação completa do sistema. Esse imprevisto, entretanto, resultou em melhorias significativas no algoritmo, tornando a detecção de quedas mais confiável e estável.

3.3.4 Montagem final do protótipo e solução de compatibilidades

Com a substituição do hardware, os componentes foram reorganizados em uma protoboard, como mostrado na Figura 8, substituindo as conexões soldadas por jumpers, o que facilitou novas implementações e ajustes. Em seguida, foram conectados o buzzer e a bateria recarregável, surgindo então um novo desafio técnico: o ESP32 opera em 3,3 V, enquanto a maioria dos módulos e baterias utilizadas são de 5 V.

Figura 8 - Protótipo final com protoboard



Fonte: Autores.

Essa incompatibilidade exigiu uma série de testes de adaptação elétrica, substituição de módulos de carregamento e substituição do Esp32 por uma versão compatível com 5v. Durante os testes, uma das baterias apresentou sinais de degradação e inchaço, sendo devidamente descartada.

Considerando apenas os componentes efetivamente necessários para a implementação do dispositivo, o custo efetivo para a montagem de uma unidade funcional do dispositivo permanece baixo. Considerando apenas os elementos realmente necessários, microcontrolador, sensor inercial, buzzer, módulo de carga, bateria, botão e a carcaça impressa em 3D; estima-se que o protótipo completo possa ser reproduzido por um valor

aproximado de R\$ 130 a R\$ 150. Esse custo reduzido reforça a viabilidade do projeto e seu potencial como solução de bom custo-benefício para aplicações em monitoramento de quedas, especialmente em contextos onde acessibilidade financeira e simplicidade de implementação são requisitos essenciais.

3.3.5 Implementação do algoritmo de detecção de quedas

A última fase do desenvolvimento concentrou-se na implementação e ajuste do algoritmo de detecção de quedas. O código foi projetado para monitorar continuamente as leituras de aceleração e orientação nos três eixos, verificando a ocorrência de variações bruscas de movimento seguidas de períodos de inatividade.

Antes da implementação do algoritmo, foi necessário compreender o comportamento físico captado pelo acelerômetro durante uma queda. Em condições normais, o sensor registra aproximadamente 1 g, valor correspondente à aceleração da gravidade. Durante a queda livre, entretanto, o corpo encontra-se momentaneamente em “microgravidade”, fazendo a leitura cair para valores próximos de 0 g (MOLINA; MOLINA, 2014). Quando o corpo atinge o solo, ocorre uma desaceleração súbita, gerando um pico de aceleração significativamente superior ao estado de repouso. Estudos mostram que quedas reais produzem picos entre 2 g e 8 g, variando conforme o ângulo do impacto e a superfície de colisão. Por esse motivo, diversos trabalhos utilizam limiares entre 2 g e 3 g para distinguir impactos acidentais de movimentações cotidianas. Assim, o valor escolhido de $\approx 2,5$ g para este projeto foi adotado por se alinhar à literatura e por apresentar boa sensibilidade durante os testes experimentais (SOUZA, 2025).

O algoritmo segue uma sequência lógica (A e B):

A. Controle de Estado do Sistema

Figura 9 - Estrutura FallState

```
// ===== ESTADO =====  
enum FallState {IDLE, IMPACT_DETECTED, WAIT_POST_FALL};  
FallState state_ = IDLE;  
  
uint32_t t_last_sample = 0;  
uint32_t t_impact = 0;  
uint32_t t_last_alert = 0;
```

Fonte: Autores.

A estrutura enum FallState (Figura 9) representa três estados distintos do sistema:

- a) IDLE: estado de repouso, no qual o dispositivo realiza leituras contínuas do sensor MPU6050;
- b) IMPACT_DETECTED: indica que foi detectado um impacto com aceleração acima do limiar pré-estabelecido (2,5 g);
- c) WAIT_POST_FALL: estado de observação pós-impacto, utilizado para verificar se há imobilidade, confirmando ou descartando a queda.

As variáveis temporais (t_last_sample , t_impact e t_last_alert) são utilizadas para controlar o tempo de amostragem, o instante do impacto e o intervalo entre alertas, garantindo a execução sincronizada e evitando notificações repetitivas.

Essa organização em estados permite que o sistema funcione de forma sequencial e estruturada, reduzindo falsos positivos e aumentando a confiabilidade do processo de detecção.

B. Interface de Comunicação e Aquisição de Dados do MPU6050

Figura 10 - Configuração e Inicialização do Sensor MPU6050.

```
// ===== AUXILIARES I2C/MPU =====
bool mpuWrite(uint8_t reg, uint8_t val) {
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDR);
    Wire.write(reg);
    Wire.write(val);
    return Wire.endTransmission() == 0;
}

bool whoAmI(uint8_t sid) {
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDR);
    Wire.write(REG_WHO_AM_I);
    if (Wire.endTransmission(false) != 0) return false;
    Wire.requestFrom((int)MPU_ADDR, 1);
    if (Wire.available() < 1) return false;
    id = Wire.read();
    return true;
}

bool mpuInit() {
    // acorda o sensor
    if (!mpuWrite(REG_PWR_MGMT1, 0x00)) return false;
    delay(100);
    return true;
}
```

Fonte: Autores.

Figura 11 - Aquisição e Conversão de Dados do Sensor MPU6050.

```
// Leitura burst (14 bytes): accel XYZ, temp, gyro XYZ
bool mpuReadRaw(int16_t sax, int16_t say, int16_t saz,
                int16_t stemp, int16_t sgx, int16_t sgy, int16_t szg) {
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDR);
    Wire.write(REG_ACCEL_XOUT_H);
    if (Wire.endTransmission(false) != 0) return false;

    Wire.requestFrom((int)MPU_ADDR, 14);
    if (Wire.available() < 14) return false;

    ax = (Wire.read() << 8) | Wire.read();
    ay = (Wire.read() << 8) | Wire.read();
    az = (Wire.read() << 8) | Wire.read();
    temp = (Wire.read() << 8) | Wire.read();
    gx = (Wire.read() << 8) | Wire.read();
    gy = (Wire.read() << 8) | Wire.read();
    gz = (Wire.read() << 8) | Wire.read();
    return true;
}

inline float accLSBtoG(int16_t v) { return v / 16384.0f; } // ±2g
inline float gyroLSBtoDPS(int16_t v) { return v / 131.0f; } // ±250 dps
inline float tempToC(int16_t traw) { return traw / 340.0f + 36.53f; }

inline float mag3(float x, float y, float z) {
    return sqrtf(x*x + y*y + z*z);
}
```

Fonte: Autores.

As funções acima implementam a comunicação entre o ESP32 e o sensor MPU6050 via protocolo I²C, permitindo sua configuração, leitura e conversão dos dados inerciais.

A função `mpuWrite()`, presente na figura 10, realiza a escrita de valores em registradores internos do sensor, sendo usada para comandos de configuração e ativação. Já `whoAmI()` verifica a identificação do dispositivo através do registrador `WHO_AM_I`, confirmando a conexão e funcionamento do módulo.

A função `mpuInit()`, Figura 10, executa a inicialização do sensor, enviando o comando que o retira do modo de economia de energia, habilitando a coleta de dados.

A rotina `mpuReadRaw()`, Figura 11, realiza a leitura sequencial de 14 bytes, correspondentes às acelerações, giroscópio e temperatura, fornecendo os dados brutos utilizados na detecção de quedas.

As funções de conversão (`accLSBtoG`, `gyroLSBtoDPS` e `tempToC`), Figura 11, transformam esses valores em unidades físicas reais, aceleração em “g”, rotação em graus por segundo e temperatura em °C, conforme as fórmulas especificadas no datasheet do MPU6050.

Por fim, `mag3()`, Figura 11, calcula a magnitude vetorial das componentes de aceleração ou rotação, permitindo determinar a intensidade total do movimento, essencial para detectar impactos e imobilidade.

C. Detecção de quedas

Figura 12 - Estados para Detecção de Quedas.

```
// --- MAQUINA DE ESTADOS ---
switch (state_) {
case IDLE:
    if (amag > TH_IMPACT_G) {
        state_ = IMPACT_DETECTED;
        t_impact = now;
        Serial.println("Impacto detectado.");
    }
    break;

case IMPACT_DETECTED:
    // passa imediatamente para observar baixa movimentação
    state_ = WAIT_POST_FALL;
    break;

case WAIT_POST_FALL: {
    bool lowGyro = (gmag < TH_GYRO_LOW_DPS);
    bool near1g = (fabsf(amag - 1.0f) < ACC_NEAR_1G_TOL);
```

Fonte: Autores.

O trecho do código presente na Figura 12 implementa a máquina de estados responsável pela detecção de quedas, utilizando os dados de aceleração e giroscópio obtidos do sensor MPU6050. O processo é dividido em três estados principais: IDLE, IMPACT_DETECTED e WAIT_POST_FALL.

No estado IDLE, o sistema permanece em espera monitorando a magnitude da aceleração (`amag`). Caso o valor ultrapasse o limiar de impacto (`TH_IMPACT_G`), o estado muda para IMPACT_DETECTED, registrando o instante do evento.

Em IMPACT_DETECTED, o código transita imediatamente para o estado WAIT_POST_FALL, no qual o sistema avalia se há baixa movimentação e aceleração próxima à gravidade terrestre (1 g). Esses parâmetros (`gmag` e `amag`) indicam que o corpo está imóvel após o impacto.

D. Confirmação de Queda

Figura 13 - Confirmação e Alerta de Queda.

```
// Confirmação de queda: baixa movimentação após impacto dentro da janela
if (lowGyro && near1g) {
    // Checa cooldown
    if (now - t_last_alert > COOLDOWN_MS) {
        t_last_alert = now;
        // Monta mensagem
        char msg[256];
        snprintf(msg, sizeof(msg),
            "<b>ALERTA QUEDA</b>\n"
            "Impacto seguido de baixa movimentação.\n"
            "A=%.2fg | G=%.0f dps\n"
            "Tempo: %lu ms desde boot.",
            amag, gmag, (unsigned long)now);

        bool ok = sendTelegramMessage(String(msg));
        Serial.println(ok ? "Alerta enviado ao Telegram."
            : "Falha ao enviar alerta.");

        BUZ_STATE = true;
    } else {
        Serial.println("Queda confirmada, mas em cooldown (sem novo alerta).");
    }
    state_ = IDLE; // reinicia ciclo
}
```

Fonte: Autores.

Se a condição for confirmada dentro do intervalo definido (POST_FALL_WINDOW_MS), o sistema reconhece a ocorrência de queda. Em seguida, verifica se o tempo de cooldown (COOLDOWN_MS) já expirou, evitando alertas repetidos.

Quando uma nova queda é validada, o código monta e envia uma mensagem de alerta via Telegram, contendo dados do impacto e do movimento. Simultaneamente, o buzzer é ativado (BUZ_STATE = true) como aviso sonoro local. Após isso, o sistema retorna ao estado inicial (IDLE) para reiniciar o monitoramento (Figura 13).

Essas notificações são enviadas para um bot previamente configurado, que, por sua vez, alerta familiares ou profissionais de saúde responsáveis pelo acompanhamento do usuário.

O algoritmo passou por vários ciclos de testes e refinamentos, buscando minimizar falsos positivos (detecções incorretas de quedas) e falsos negativos (quedas não detectadas). As principais dificuldades enfrentadas nessa etapa foram a otimização da sensibilidade dos sensores, o tempo de resposta do sistema e a manutenção da estabilidade da conexão Wi-Fi.

3.3.6. Dificuldades e soluções encontradas

Durante o processo de desenvolvimento, foram enfrentados diversos desafios técnicos e operacionais. A programação mostrou-se uma das etapas mais complexas, exigindo ajustes constantes no algoritmo para evitar falhas de detecção.

A parte elétrica também apresentou obstáculos, principalmente quanto à compatibilidade da bateria de 5 V com o ESP32. Devido a esse incidente e às limitações de tempo para substituição e adaptação do circuito, optou-se por não utilizar bateria interna na versão final, mantendo o protótipo alimentado externamente durante os testes.

Apesar do planejamento inicial, a etapa de impressão da carcaça não foi finalizada dentro do cronograma, o que levou a realização dos testes sem o invólucro físico.

Mesmo com esses contratempos, o processo contribuiu para o aperfeiçoamento do sistema e amadurecimento técnico da equipe, resultando em um protótipo funcional, confiável e compatível com o objetivo inicial do projeto: monitorar quedas de forma automática, rápida e acessível.

4. RESULTADO

A etapa de resultados consistiu na análise do desempenho funcional do protótipo desenvolvido, avaliando sua capacidade de detectar quedas com precisão, acionar o alerta sonoro e enviar notificações automáticas via Telegram. Os testes foram realizados em ambiente controlado, mesclando simulações de quedas e movimentos cotidianos com leves impactos em diferentes direções, a fim de observar o comportamento do sensor, a estabilidade do algoritmo e a confiabilidade da comunicação Wi-Fi.

4.1 Desempenho do sensor e leitura dos movimentos

Os testes iniciais confirmaram que o MPU6050 respondeu adequadamente às leituras de aceleração e giroscópio, captando variações rápidas e bruscas associadas a impactos. O sistema foi calibrado para detectar quedas com base em dois critérios principais:

1. pico repentino de aceleração maior que o limiar estabelecido ($\approx 2,5$ g);
2. período subsequente de baixa movimentação, que caracteriza imobilidade pós-impacto.

Após ajustes no algoritmo, o dispositivo demonstrou boa sensibilidade em simulações de quedas frontais, laterais e posteriores, detectando corretamente a maioria dos eventos. Em contrapartida, movimentos cotidianos mais bruscos como sentar rapidamente ou levantar-se

de maneira abrupta inicialmente geraram falsos positivos, mas foram reduzidos conforme o limiar e o tempo de observação pós-impacto foram ajustados.

Figura 14 – Registro de impacto e suspensão de alerta no monitor serial.

```
17:30:38.801 -> Impacto detectado.  
17:30:38.849 -> Queda confirmada, mas em cooldown (sem novo alerta).
```

Fonte: Autores.

A Figura 14 mostra o resultado de um impacto seguido de movimentação, situação em que o sistema não confirma a queda. Nesses casos, o algoritmo retorna ao estado de espera e entra em um período de bloqueio temporário para evitar múltiplas detecções indevidas.

4.2 Conectividade e envio de notificações

A integração com o Telegram, baseada na abordagem de Grandeaux (2024), apresentou resultados satisfatórios após a estabilização do código e da conexão Wi-Fi. Nos testes finais, verificou-se que:

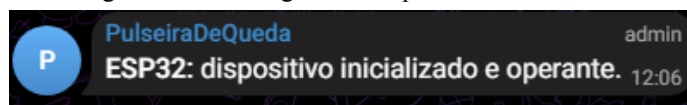
1. O envio de mensagens ocorreu de maneira rápida e consistente, com atraso mínimo entre a detecção da queda e o disparo da notificação;
2. A reconexão automática à rede funcionou adequadamente em situações de oscilação do sinal;
3. O conteúdo da mensagem incluindo valores de impacto e aceleração foi transmitido com clareza e precisão.

Figura 15 – Registro de impacto, ativação do Buzzer e envio do alerta para o Telegram.

```
17:26:32.685 -> Impacto detectado.  
17:26:35.645 -> Telegram HTTP code: 200  
17:26:35.645 -> Resposta Telegram:  
17:26:35.645 -> {"ok":true,"result":{"message_id":76,"from":{"id":8211584435,"is_bot":true,"first_name":"PulseiraDeQueda","username":"Pul  
17:26:35.691 -> Alerta enviado ao Telegram.  
17:26:37.697 -> A|g: 1.04 G|dps: 5 st:0 WiFi: OK Buzzer: 1  
17:26:37.697 -> Botão: 0  
17:26:38.692 -> A|g: 1.04 G|dps: 4 st:0 WiFi: OK Buzzer: 1
```

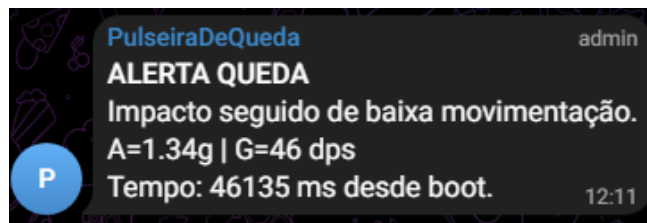
Fonte: Autores.

Figura 16 – Mensagem de Dispositivo Inicializado.



Fonte: Autores.

Figura 17 – Mensagem de Alerta.



Fonte: Autores.

Os resultados mostrados nas Figuras 15, 16 e 17 comprovam a viabilidade da solução como ferramenta de monitoramento remoto, especialmente em situações em que o usuário não está consciente para solicitar ajuda.

4.3 Alerta sonoro e resposta local

O buzzer apresentou funcionamento correto em todos os testes, emitindo um alerta audível imediatamente após a validação da queda. A intensidade sonora mostrou-se suficiente para chamar a atenção em ambientes fechados, atendendo ao objetivo de fornecer uma resposta local complementar ao alerta remoto.

4.4 Desempenho energético e limitações encontradas

A bateria de íon-lítio utilizada forneceu energia suficiente para manter o funcionamento contínuo do sistema ao longo dos testes. Porém apresentou sinais de inchaço e foi descartada, o que reforçou a necessidade de um módulo de alimentação robusto e adequado em versões futuras do dispositivo.

4.5 Síntese dos resultados

De maneira geral, o protótipo foi capaz de:

1. Detectar quedas com boa precisão em ambiente controlado;
2. Reduzir falsos positivos após ajustes no algoritmo;
enviar alertas automáticos via Telegram de forma eficiente;
3. Emitir aviso sonoro local imediatamente após a detecção;
4. Operar de forma estável após a reorganização elétrica na protoboard.

Os resultados demonstram que o sistema atende ao objetivo proposto e possui o potencial para ser aprimorado e transformado em um produto final de uso cotidiano.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento da pulseira inteligente para detecção de quedas demonstrou a viabilidade técnica de um dispositivo vestível, de baixo custo, capaz de identificar movimentos bruscos, reconhecer eventos de queda e emitir alertas locais e remotos por meio de integração com o Telegram. A combinação entre o microcontrolador ESP32 e o sensor MPU6050 apresentou desempenho satisfatório, permitindo a implementação de um algoritmo funcional de detecção baseado em limiares de aceleração e imobilidade, conforme sustentado pela literatura analisada.

Embora o projeto tenha enfrentado desafios relacionados à alimentação elétrica, instabilidade de componentes e necessidade de ajustes constantes no algoritmo, tais obstáculos contribuíram para o aprimoramento do protótipo e para o fortalecimento do processo de desenvolvimento. Os testes realizados em ambiente controlado confirmaram a capacidade do sistema em diferenciar quedas de movimentos cotidianos e em acionar notificações de forma eficiente.

Conclui-se que o protótipo atende aos objetivos propostos e apresenta potencial para evolução em versões futuras, reforçando a integração entre tecnologias vestíveis, IoT e cuidados em saúde. Como perspectivas de aprimoramento, destaca-se a compactação do sistema em uma carcaça própria no formato de pulseira, garantindo melhor ergonomia e proteção aos componentes, além da implementação de um sistema de alimentação independente por bateria recarregável. Também se sugere o desenvolvimento de um aplicativo dedicado, que permita configurar o dispositivo e receber alertas sem depender de redes Wi-Fi específicas, bem como a integração de um módulo GPS, ampliando sua utilidade em diferentes cenários. Tais avanços poderão transformar o protótipo em um dispositivo mais completo, portátil e adequado ao uso cotidiano.

6. REFERÊNCIAS

BARBOSA, L. R. et al. Mortalidade por quedas em idosos no Brasil entre 1996 e 2012: tendências temporais. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, v. 25, n. 1, p. 1-9, 2022.

PANELO, Hélcio Ricardo de Macedo. IoT e Dispositivos Vestíveis Aplicados à Área da Saúde. 2016. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação) – Univem, Campo Mourão, 2016. Disponível em: <https://aberto.univem.edu.br/handle/11077/1571>. Acesso em: 22 ago. 2025.

OLIVEIRA, R. F.; SOARES, J. L.; NASCIMENTO, A. R. Algoritmos para detecção de quedas utilizando sensores inerciais: revisão sistemática. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, v. 13, n. 3, p. 45-59, 2021.

PORTAL SECAD. Avaliação e manejo da síncope na atenção primária à saúde. *Secad Artmed*, 2021. Disponível em: <https://portal.secad.artmed.com.br/artigo/avaliacao-e-manejo-da-sincope-na-atencao-primaria-a-saude>. Acesso em: 20 ago. 2025.

SANTOS, A. C.; BARRETO, F. S.; LIMA, J. C. Sistemas de detecção de quedas com acelerômetros e giroscópios: desempenho e limitações. *Revista de Sistemas e Tecnologias Biomédicas*, v. 9, n. 1, p. 17-29, 2023.

SILVA, D. R. et al. Aplicações da Internet das Coisas na área da saúde: revisão de literatura. *Journal of Health Informatics*, v. 14, n. 2, p. 85-94, 2022.

RICCI, Rodrigo Mascarenhas *et al.* AMBIENTE SEGURO EM CASA: MANEIRAS DE MITIGAR INCIDENTES DOMICILIARES ENTRE IDOSOS E CRIANÇAS NO BRASIL. 2025. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/8146>. Acesso em: 9 set. 2025.

CARVALHO, Rone. (São José do Rio Preto (Sp)). O que explica o aumento das mortes de idosos por quedas no Brasil. 2024. *BBC NEWS BRASIL*. Disponível em: <https://ichef.bbci.co.uk/ace/ws/800/cpsprodpb/8f4b/live/73b4b2f0-9dce-11ee-ac9e-e336c4338730.jpg.webp>. Acesso em: 10 set. 2025

GRANDEAUX, Lucas *et al.* Desenvolvimento de dispositivo wearable para detecção de quedas com alerta via aplicativo de mensagens. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/262299>. Acesso em: 18 out. 2025.

AMAZON.COM.BR. Pagar Botão de Emergência. Acesso em: 15 out. 2024. 2024. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/dp/B0D1KNTCKB/ref=olp-opf-redir?aod=1&ie=UTF8&condition=new&creative=380345&creativeASIN=B0D1KNTCKB&linkCode=asm&tag=zoom05920&ascsubtag=5f61b9915b35464c8f167b191a0f2bd2>

HALQUIST, Jon et al. Smartwatch case for waveshare ESP32-S3 1.28in round touch LCD dev board. 2025. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:7038776>. Acesso em: 25 nov. 2025.

MOLINA, Eder Cassola; MOLINA, Arthur Gaia. **Gravidade**. 2014. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/~eder/GRAVIDADE.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2025.

DE SOUSA, Mellyssa Alves. **Eldersafe**: Um dispositivo vestível para detecção de quedas em idosos com comunicação lorawan. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Computação do Campus Quixadá da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/80966/1/2025_tcc_madesousa.pdf. Acesso em: 04 dez. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE. **Relatório global da OMS sobre prevenção de quedas na velhice**. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde, 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_prevencao_quedas_velhice.pdf. Acesso em: 04 dez. 2025.