

PULSE: SISTEMA ASSISTIVO DE MONITORAMENTO FISIOLÓGICO PARA PESSOAS COM TEA

PULSE: ASSISTIVE PHYSIOLOGICAL MONITORING SYSTEM FOR
INDIVIDUALS WITH ASD

Engenharias, Ciências da Saúde • 26/05/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/779644184](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/779644184)

Luis Eduardo de Paula Bueno¹

Edmara das Graças Carvalho

Gabriel Augusto dos Santos

Gabrielly Simões do Carmo

Marcus Vinicius Vila Nova Conceição

Glauco da Silva

RESUMO

Este trabalho apresenta a Pulse, uma solução assistiva desenvolvida para monitorar sinais fisiológicos e emitir alertas preventivos de pré-crise em pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O sistema integra sensores fisiológicos, processamento embarcado e notificações em tempo real para apoiar cuidadores e favorecer intervenções precoces em situações de sobrecarga sensorial. A metodologia combina revisão de literatura, coleta qualitativa, simulação computacional na plataforma Wokwi e prototipagem física utilizando microcontrolador ESP32. O sistema realiza aquisição contínua de dados fisiológicos e aplica lógica condicional baseada em limiares experimentais para identificação preliminar de estados de pré-crise, acionando alertas automatizados via Telegram Bot. Os resultados iniciais demonstram viabilidade técnica, relevância social e potencial de evolução da solução para um dispositivo vestível assistivo voltado à ampliação da segurança, autonomia e qualidade de vida de pessoas com TEA.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro Autista; monitoramento fisiológico; sistemas embarcados; detecção de pré-crise.

ABSTRACT

This paper presents Pulse, an assistive solution developed to monitor physiological signals and provide preventive pre-crisis alerts for individuals with Autism Spectrum Disorder (ASD). The system integrates physiological sensors, embedded processing, and real-time notifications to support caregivers and enable early interventions during sensory overload situations. The methodology combines literature review, qualitative data collection, computational simulation using the Wokwi platform, and physical prototyping based on the ESP32 microcontroller. The system performs continuous acquisition of physiological data and applies

threshold-based conditional logic for preliminary identification of pre-crisis states, automatically triggering alerts through a Telegram Bot. Initial results demonstrate the technical feasibility, social relevance, and evolutionary potential of the solution as an assistive wearable device aimed at improving the safety, autonomy, and quality of life of individuals with ASD.

Keywords: Autism Spectrum Disorder; physiological monitoring; embedded systems; pre-crisis detection.

1. INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição do neurodesenvolvimento caracterizada por alterações na comunicação, na interação social e na regulação sensorial, apresentando ampla variabilidade em suas manifestações e níveis de suporte (American Psychiatric Association, 2013). De acordo com o Censo Demográfico de 2022, divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o Brasil possui cerca de 2,4 milhões de pessoas diagnosticadas com TEA, o equivalente a 1,2% da população. Esses dados reforçam a necessidade de soluções tecnológicas acessíveis que contribuam para a autonomia, o bem-estar e a inclusão social de pessoas neurodivergentes.

Entre os desafios mais recorrentes vivenciados por pessoas com TEA estão os episódios de *meltdown* e *shutdown*, respostas de sobrecarga sensorial que afetam intensamente o comportamento, a regulação emocional e o funcionamento global da pessoa autista. A imprevisibilidade dessas crises gera desgaste físico e emocional para a pessoa autista, familiares, cuidadores e profissionais, aumentando o estresse e dificultando intervenções precoces. Assim, torna-se

fundamental dispor de ferramentas que possam reconhecer sinais fisiológicos de sobrecarga antes da eclosão da crise.

Nesse cenário, tecnologias vestíveis têm se destacado pelo potencial de monitorar sinais fisiológicos de forma contínua e não invasiva. Esses dispositivos permitem acompanhar parâmetros como frequência cardíaca, temperatura e padrões de movimentação, oferecendo informações valiosas para intervenções preventivas (Grand View Research, 2024; Imarc Group, 2024).

Apesar do crescimento expressivo desse setor, que vem apresentando expansão contínua nos últimos anos, observa-se escassez de soluções voltadas especificamente ao público autista. Relatórios recentes de mercado indicam que o segmento de dispositivos vestíveis mantém tendência de crescimento acelerado, impulsionado pela demanda por monitoramento contínuo de saúde e bem-estar (IDC Brasil, 2023; Grand View Research, 2024; Imarc Group, 2024).

Estudos nacionais e internacionais, como os de Rebelo (2023) e Souza (2023), indicam que aplicações de tecnologias vestíveis em contextos de neurodiversidade ainda se encontram em fase inicial de desenvolvimento, revelando uma lacuna significativa para inovação. A literatura científica destaca correlações consistentes entre sinais fisiológicos e estados emocionais de estresse, evidenciando a relevância do monitoramento multimodal na identificação de sobrecargas sensoriais (Alban *et al.*, 2023; Goodwin *et al.*, 2019; Imbiriba *et al.*, 2023). O *dataset* WESAD, desenvolvido por Schmidt *et al.* (2018), constitui uma referência importante para esse tipo de análise, oferecendo subsídios para a definição de limiares de variação fisiológica associados ao estresse.

Embora existam pesquisas e soluções comerciais voltadas ao monitoramento fisiológico por meio de dispositivos vestíveis, observa-se que grande parte dessas abordagens permanece concentrada em aplicações relacionadas ao acompanhamento geral de saúde, atividade física ou identificação isolada de alterações fisiológicas em ambientes controlados. Estudos como os de Goodwin *et al.* (2019) e Alban *et al.* (2023) demonstram avanços importantes na utilização de biossensores para identificação de padrões associados ao estresse e alterações comportamentais, porém frequentemente direcionados à análise experimental dos sinais fisiológicos ou ao treinamento de modelos específicos de detecção em contextos laboratoriais.

De forma semelhante, bases de referência como o *dataset* WESAD (Schmidt *et al.*, 2018) oferecem suporte relevante para estudos de detecção fisiológica multimodal, mas não contemplam variáveis contextuais associadas às situações de sobrecarga sensorial presentes no cotidiano de pessoas com TEA. Além disso, dispositivos vestíveis comerciais disponíveis atualmente concentram-se predominantemente em monitoramento biométrico geral ou aplicações clínicas específicas, sem integrar mecanismos assistivos voltados à comunicação preventiva com a rede de apoio e ao registro contextual das intervenções realizadas durante episódios de crise.

Nesse cenário, a proposta da Pulse diferencia-se não apenas pela utilização de monitoramento fisiológico contínuo, mas pela integração entre aquisição multimodal de dados, processamento embarcado, lógica condicional baseada em limiares experimentais e comunicação assistiva em tempo real. Além da detecção preliminar de possíveis estados de pré-crise, a solução também incorpora

mecanismos de contextualização comportamental e registro das intervenções realizadas pelos cuidadores, buscando aproximar análise fisiológica, suporte assistivo e acompanhamento contextual em uma arquitetura unificada voltada às particularidades do TEA.

Diante desse contexto, o projeto Pulse propõe o desenvolvimento de uma solução assistiva de baixo custo e alta acessibilidade capaz de monitorar sinais fisiológicos e enviar alertas preventivos à rede de apoio. Na etapa atual, o sistema foi validado por meio de simulação na plataforma Wokwi e pela construção de um protótipo físico de mesa, integrando sensores biométricos a um microcontrolador ESP32 responsável pela coleta e transmissão dos dados.

Também foi construída a primeira versão do fluxo de notificações preventivas por meio do Telegram Bot e desenvolvido um *mockup* conceitual da pulseira vestível, que representa a etapa futura de evolução do dispositivo. O objetivo central da Pulse é contribuir para a antecipação de episódios de sobrecarga sensorial, promovendo maior segurança, autonomia e qualidade de vida para pessoas com TEA e suas famílias.

Como contribuição científica, este trabalho propõe uma arquitetura assistiva embarcada voltada ao monitoramento fisiológico e à identificação preliminar de estados de pré-crise em pessoas com TEA, integrando aquisição contínua de dados, processamento local por meio do microcontrolador ESP32 e envio automatizado de alertas em tempo real via Telegram Bot. Diferentemente de abordagens concentradas exclusivamente na análise fisiológica ou em ambientes experimentais controlados, a proposta da Pulse busca integrar monitoramento multimodal, comunicação assistiva e

registro contextual das intervenções realizadas pela rede de apoio em uma única estrutura funcional.

Além da validação conceitual da arquitetura computacional proposta, o estudo também contribui ao aproximar aspectos técnicos e qualitativos relacionados ao cuidado assistivo, incorporando percepções obtidas junto à rede de apoio e considerando fatores associados à variabilidade comportamental, sensorial e fisiológica presentes no contexto do TEA. Dessa forma, o trabalho estabelece uma base inicial para futuras investigações envolvendo tecnologias vestíveis aplicadas ao monitoramento preventivo em contextos de neurodiversidade, ampliando discussões sobre acessibilidade, usabilidade e integração entre sistemas embarcados e suporte assistivo em tempo real.

2. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O presente estudo possui natureza aplicada e abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos para o desenvolvimento de uma solução assistiva voltada à previsibilidade de episódios de *meltdown* e *shutdown* em pessoas com TEA. A metodologia foi organizada em etapas sequenciais que incluem revisão bibliográfica, coleta qualitativa, análise temática, modelagem conceitual, simulação técnica e prototipagem. Essa organização garante rigor científico e coerência metodológica, conforme orientam Gil (2008) e Prodanov e Freitas (2013).

A primeira etapa consistiu em uma revisão da literatura científica, relatórios técnicos e bases de dados especializadas com o objetivo de compreender os principais parâmetros fisiológicos associados à sobrecarga sensorial. Foram priorizados estudos recentes e

diretamente relacionados ao monitoramento fisiológico em contextos de estresse e neurodiversidade. Essa revisão evidenciou que variações simultâneas na frequência cardíaca, na condutância da pele e na movimentação corporal podem indicar o início de estados de pré-crise, o que permite a construção de um modelo preditivo baseado em indicadores mensuráveis (Goodwin *et al.*, 2019; Alban *et al.*, 2023; Imbiriba *et al.*, 2023).

Considerando o caráter exploratório da pesquisa, a amostra não possui finalidade de representação estatística da população brasileira, mas busca compreender, de forma aprofundada, percepções, padrões e demandas recorrentes da rede de apoio. Estudos na área de tecnologias vestíveis aplicadas ao monitoramento fisiológico indicam que, em fases iniciais de desenvolvimento, é comum a utilização de grupos reduzidos de participantes, geralmente variando entre 8 e 30 indivíduos (Hernandez *et al.*, 2016; Keshav *et al.*, 2017). No contexto específico do TEA, investigações de maior escala tendem a ser conduzidas em etapas posteriores de validação, como no estudo de Goodwin *et al.* (2019), que contou com aproximadamente 144 participantes com TEA.

As entrevistas foram semiestruturadas e buscaram compreender como os sinais fisiológicos e comportamentais se manifestam antes, durante e após os episódios de crise, bem como identificar as principais dificuldades enfrentadas pela rede de apoio. As interações realizadas durante a etapa qualitativa ocorreram de forma voluntária e com consentimento dos participantes, sendo conduzidas exclusivamente para fins acadêmicos e de desenvolvimento conceitual da solução proposta. As conversas envolveram profissionais da área do TEA, familiares e responsáveis por pessoas

autistas, priorizando a compreensão das experiências práticas relacionadas às situações de sobrecarga sensorial, às dificuldades enfrentadas pela rede de apoio e aos impactos emocionais associados à imprevisibilidade das crises no cotidiano.

Embora esta etapa inicial não envolva coleta de dados fisiológicos reais nem intervenções diretas com pessoas autistas, reconhece-se que o contexto de aplicação da Pulse envolve informações sensíveis relacionadas à saúde, comportamento e rotina dos usuários monitorados. Dessa forma, futuras etapas experimentais exigirão cuidados éticos adicionais, especialmente em função da vulnerabilidade associada ao público-alvo, da variabilidade individual presente no espectro autista e dos possíveis impactos decorrentes do monitoramento contínuo de parâmetros fisiológicos e comportamentais.

Além da necessidade de proteção e confidencialidade dos dados coletados, futuras validações da solução deverão considerar aspectos relacionados ao consentimento informado, participação da rede de apoio, adaptação sensorial do dispositivo e minimização de possíveis desconfortos durante o uso contínuo da tecnologia. Nesse contexto, reconhece-se a necessidade de submissão posterior aos procedimentos de avaliação ética aplicáveis à pesquisa com seres humanos, especialmente em etapas que envolvam coleta de dados reais, testes em ambientes aplicados e validação experimental com usuários. As respostas foram organizadas e analisadas por meio de categorização temática, o que possibilitou identificar padrões recorrentes e reforçar a imprevisibilidade das crises como uma das principais dificuldades relatadas. Além das entrevistas utilizadas na etapa inicial da pesquisa, o desenvolvimento conceitual da solução também foi influenciado por diálogos contínuos realizados com

profissionais da área do TEA, familiares e responsáveis por pessoas autistas. Essas interações permitiram compreender de forma mais aprofundada aspectos relacionados à rotina da rede de apoio, aos diferentes níveis de suporte presentes no espectro e à variabilidade individual existente na manifestação das crises de sobrecarga sensorial.

Os relatos evidenciaram que episódios de *meltdown* e *shutdown* podem apresentar características bastante distintas entre indivíduos, tanto em intensidade quanto em duração, frequência e sinais antecedentes. Em muitos casos, alterações comportamentais sutis, como agitação progressiva, isolamento repentino, mudanças no padrão de fala, movimentação repetitiva ou desconforto sensorial, são percebidas apenas por pessoas com convivência contínua e familiaridade com a rotina da pessoa autista. Também foram recorrentes os relatos relacionados ao desgaste físico e emocional provocado pela imprevisibilidade das crises, pela necessidade de monitoramento constante e pela dificuldade de identificar antecipadamente situações de risco em ambientes cotidianos.

Essas percepções contribuíram diretamente para a definição das funcionalidades centrais da Pulse e para a própria delimitação conceitual da proposta. A compreensão de que os sinais associados às pré-criSES podem variar significativamente entre indivíduos reforçou a necessidade de uma abordagem baseada em monitoramento contínuo, análise contextual e possibilidade futura de calibração personalizada dos parâmetros fisiológicos. Da mesma forma, os relatos da rede de apoio influenciaram a implementação do sistema de alertas preventivos e do registro contextual das intervenções realizadas pelos cuidadores, buscando não apenas

identificar alterações fisiológicas, mas também associá-las ao contexto comportamental observado durante os episódios monitorados.

Antes da construção do protótipo físico, realizou-se uma simulação técnica utilizando a plataforma Wokwi, que possibilitou emular o comportamento do microcontrolador ESP32 e de módulos equivalentes aos utilizados no projeto. A simulação permitiu testar a lógica de leitura contínua, reproduzir variações fisiológicas semelhantes às registradas em bases de referência, como o *dataset* WESAD, e ajustar comportamentos antes da implementação física. O ambiente virtual registrou logs detalhados que auxiliaram na depuração e na identificação de ajustes necessários.

Para a simulação, foram utilizados valores de referência inspirados nos padrões fisiológicos descritos no *dataset* WESAD (Schmidt *et al.*, 2018), empregado como base conceitual para representar situações associadas ao aumento de estresse fisiológico. A simulação não utilizou a reprodução integral dos sinais brutos do *dataset*, mas sim a emulação de variações fisiológicas compatíveis com os intervalos observados na literatura, permitindo testar o comportamento lógico do sistema em cenários controlados.

Os parâmetros simulados incluíram frequência cardíaca, temperatura corporal aproximada e intensidade de movimentação. No modelo atual, o estado de pré-crise é identificado quando ocorre a variação simultânea de múltiplos parâmetros fisiológicos acima dos limiares definidos experimentalmente durante a etapa de prototipagem. Foram adotados, de forma preliminar, faixa experimental superior a 110 bpm, elevação da temperatura corporal

em relação ao padrão basal esperado e aumento significativo da movimentação detectada pelo sensor inercial.

A lógica embarcada no ESP32 realiza leitura contínua dos sensores e aplica uma regra condicional baseada na combinação simultânea dessas alterações fisiológicas. Quando os critérios são atingidos por um intervalo mínimo de estabilidade, o sistema classifica o estado como potencial pré-crise e aciona automaticamente o envio do alerta via Telegram Bot. Os limiares atualmente utilizados possuem caráter experimental e conceitual, sendo destinados exclusivamente à validação técnica inicial da arquitetura do sistema. A calibração personalizada com dados fisiológicos reais será realizada em etapas futuras do projeto, após validações éticas e experimentais apropriadas.

Do ponto de vista computacional, a arquitetura da Pulse foi estruturada a partir de um modelo embarcado de aquisição, processamento e transmissão de dados fisiológicos em tempo real. O microcontrolador ESP32 atua como unidade central do sistema, sendo responsável pela leitura cíclica dos sensores integrados ao protótipo, processamento local dos parâmetros monitorados e execução da lógica condicional utilizada para identificação preliminar de estados de pré-crise.

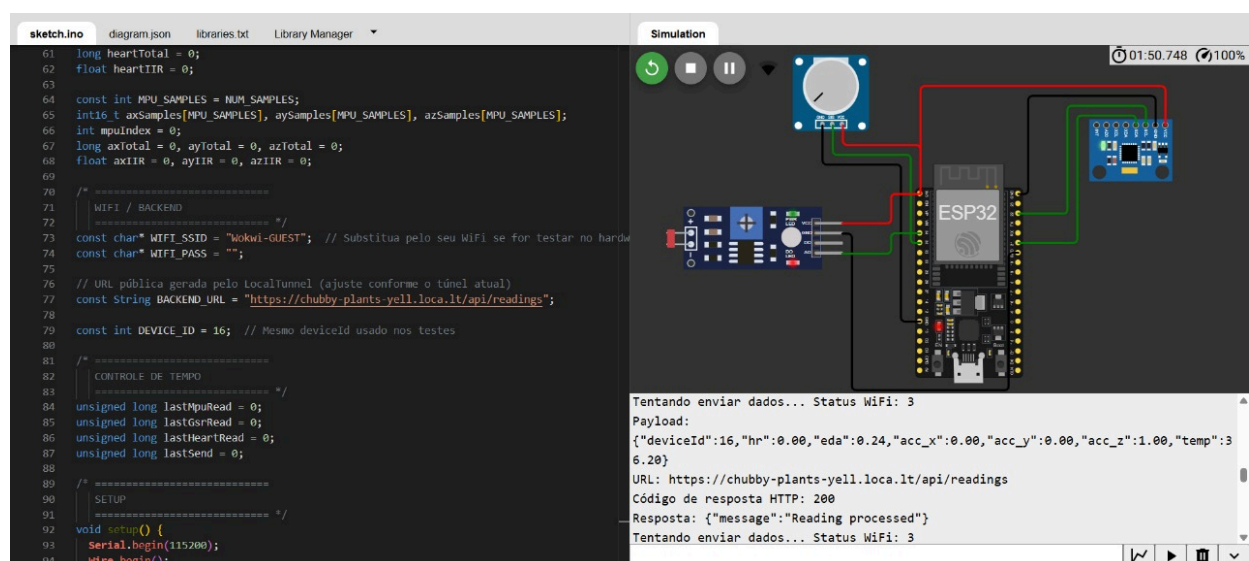
O fluxo operacional da solução inicia-se na captura contínua dos sinais fisiológicos provenientes dos sensores conectados ao dispositivo. Após a aquisição dos dados, o ESP32 realiza verificações sucessivas dos parâmetros monitorados, comparando as leituras obtidas com os limiares experimentais definidos durante a etapa de simulação. A lógica implementada considera a ocorrência simultânea de alterações fisiológicas específicas, como elevação da

frequência cardíaca, aumento da movimentação e variações relacionadas ao padrão térmico monitorado.

Quando os critérios definidos são atingidos durante um intervalo mínimo de estabilidade, o sistema executa automaticamente o fluxo de notificação remota, realizando o envio dos dados processados ao Telegram Bot por meio da conexão estabelecida com a rede. Além do alerta inicial, o sistema disponibiliza recursos interativos destinados ao registro contextual das respostas comportamentais observadas e das intervenções realizadas pela rede de apoio.

Essa estrutura permitiu validar não apenas o funcionamento individual dos sensores, mas também a integração entre aquisição contínua de dados, processamento embarcado, lógica de decisão e transmissão remota das informações, estabelecendo uma arquitetura funcional inicial para futuras expansões da solução. A Figura 1 apresenta a simulação utilizada nesta etapa.

Figura 1 - Simulação do protótipo na plataforma Wokwi.



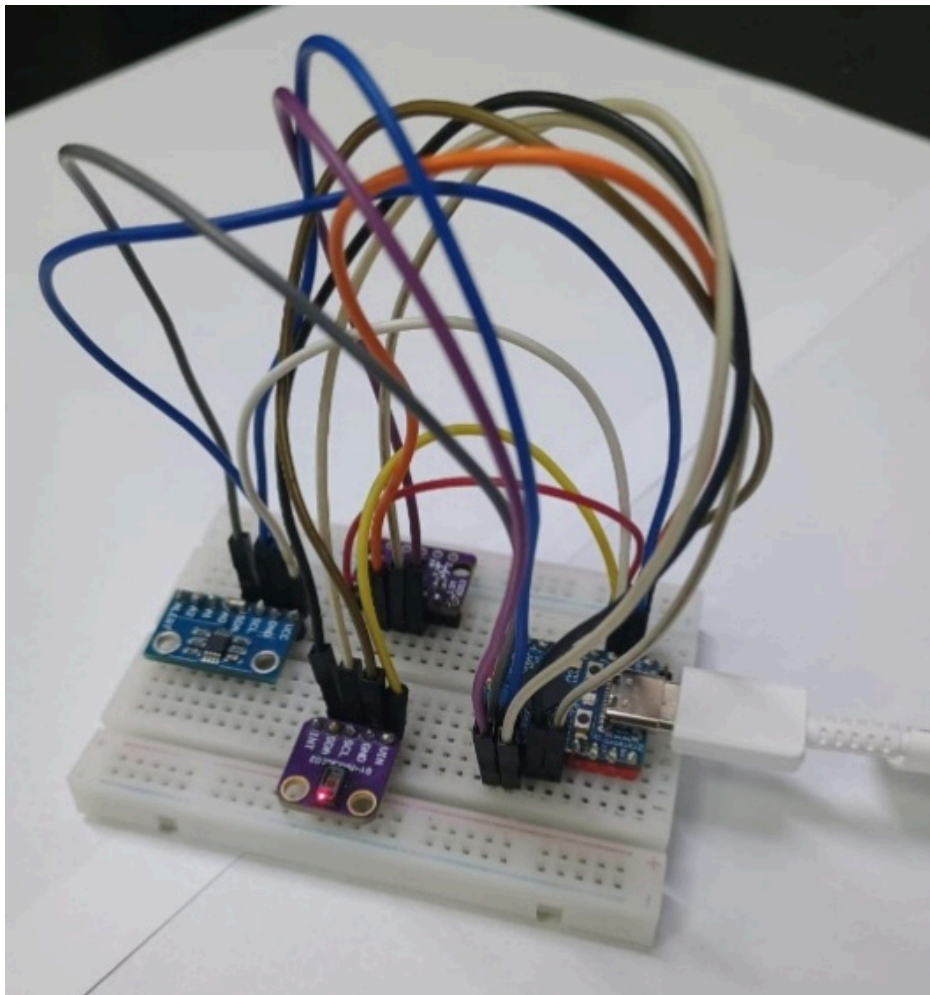
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Após validar a lógica do sistema, iniciou-se a construção do protótipo físico de mesa. A montagem foi realizada em uma

protoboard, conectando o microcontrolador ESP32 aos sensores de monitoramento fisiológico por meio de fios jumper, conforme práticas usuais em sistemas embarcados.

A Figura 2 mostra como essa organização facilitou ajustes rápidos durante os testes e permitiu verificar a estabilidade das conexões em condições reais de operação.

Figura 2 - Protótipo de mesa utilizado na validação física inicial da Pulse.

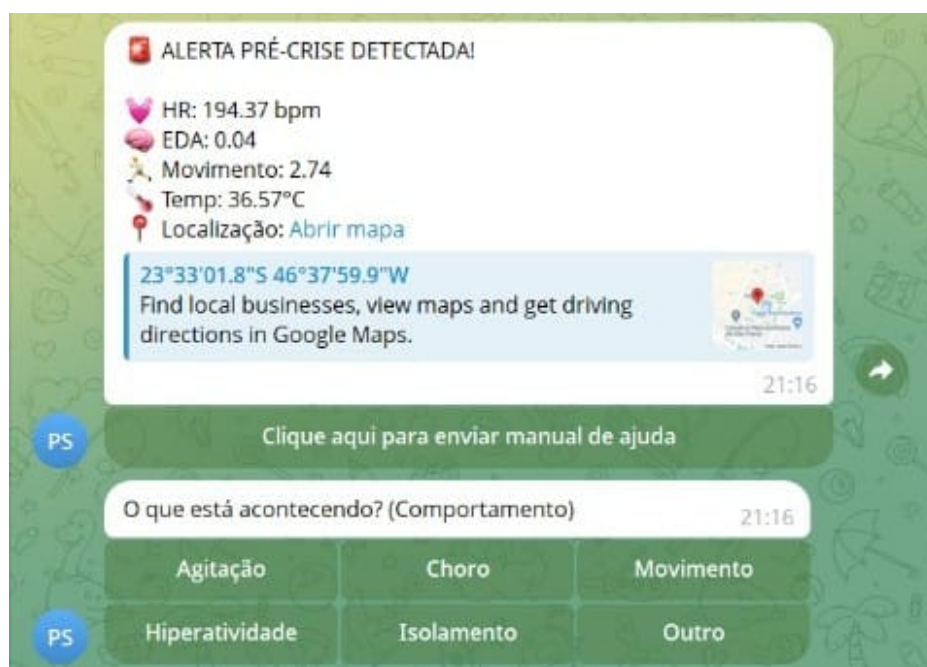


Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Com o protótipo funcional, procedeu-se à integração com o Telegram Bot, responsável pelo envio automático de alertas ao cuidador. A mensagem inicial apresenta os parâmetros monitorados em tempo real, incluindo frequência cardíaca, nível de

movimentação e temperatura, além da localização aproximada do usuário e link para acesso ao mapa. A Figura 3 ilustra um exemplo dessa notificação automática enviada ao cuidador.

Figura 3 - Exemplo de mensagem inicial de alerta enviada automaticamente via Telegram.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Após o envio do alerta, o bot disponibiliza botões interativos que permitem registrar o comportamento observado, como agitação, choro, movimento, hiperatividade, isolamento ou outra manifestação relevante. Em seguida, o sistema solicita uma descrição textual opcional e apresenta opções de registro da intervenção realizada, como conversa calma, pausa, brinquedo favorito, ambiente tranquilo, rotina conhecida ou outra ação relevante. A Figura 4 apresenta a interface completa dessa etapa de interação.

Figura 4 - Interface de registro de comportamento e intervenção no Telegram.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Com base na validação lógica e física, desenvolveu-se um *mockup* conceitual da pulseira, representando a evolução do protótipo de mesa para um dispositivo vestível. A proposta contempla tanto a organização interna dos componentes eletrônicos, evidenciando sua disposição compacta e adequada ao uso contínuo, quanto o desenvolvimento da estrutura externa, voltada à ergonomia, discrição e conforto, com acabamento uniforme e a inclusão do símbolo da peça de quebra-cabeça como referência ao TEA. As Figuras 5 e 6 apresentam, respectivamente, as vistas internas e externa do dispositivo.

Figura 5. Vista interna do mockup conceitual da pulseira / Figura 6. Vista externa do mockup conceitual da pulseira



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A metodologia adotada integrou revisão científica, análise qualitativa, modelagem técnica, simulação, prototipagem e validação funcional. Essa abordagem assegura que o desenvolvimento da Pulse seja fundamentado em evidências, necessidades reais e práticas consolidadas de desenvolvimento tecnológico, resultando em uma solução tecnicamente consistente e socialmente relevante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos até esta etapa demonstram que a Pulse apresenta viabilidade técnica, relevância social e potencial de evolução para um dispositivo vestível funcional. A simulação inicial na plataforma Wokwi permitiu validar o comportamento lógico do sistema antes da implementação física, garantindo que a leitura dos sinais fisiológicos e a comunicação com o Telegram Bot ocorressem de forma coerente e estável em ambiente controlado. As leituras simuladas dos parâmetros fisiológicos mostraram-se consistentes com os parâmetros de referência inspirados na literatura e nas bases conceituais utilizadas durante a etapa de simulação, e a integração entre código, sensores virtuais e microcontrolador demonstrou

robustez na detecção de variações simultâneas que podem indicar estados de pré-crise.

A transição para o protótipo físico possibilitou validar o comportamento do sistema em condições reais de operação, confirmando que sensores de baixo custo, quando corretamente configurados, podem gerar leituras estáveis e adequadas para as demandas de um sistema assistivo. A montagem física também evidenciou a importância da protoboard para ajustes rápidos e identificação de interferências elétricas. Em conjunto, essas etapas reforçam que a abordagem híbrida entre simulação e prototipagem reduz custos, otimiza o fluxo de desenvolvimento e amplia a confiabilidade do processo.

O fluxo de envio automático de alertas pelo Telegram Bot também apresentou resultados positivos. Durante os testes, o sistema identificou corretamente padrões de variação nos sinais fisiológicos e acionou o envio de mensagens contendo os dados monitorados e a localização do usuário, além de solicitar o registro do comportamento observado e da intervenção realizada pelo cuidador. Essa funcionalidade amplia a aplicabilidade prática da solução, permitindo que informações fisiológicas sejam complementadas por dados contextuais, o que poderá subsidiar futuros ajustes personalizados e aprimorar modelos preditivos nas próximas fases do projeto.

Os resultados qualitativos provenientes das entrevistas reforçam a pertinência social da solução. Os participantes relataram a imprevisibilidade das crises como uma das maiores dificuldades enfrentadas no cotidiano, o que destaca a necessidade de ferramentas capazes de antecipar sinais de sobrecarga sensorial. A

possibilidade de acompanhamento fisiológico e geração de alertas preventivos representa um avanço no suporte às famílias e profissionais, trazendo maior segurança e autonomia.

A elaboração do *mockup* conceitual da pulseira permitiu visualizar a viabilidade do encapsulamento dos componentes e da transição para um dispositivo vestível. Essa etapa demonstrou que a solução pode evoluir para uma versão compacta, ergonômica e adequada para uso diário, o que representa um passo fundamental para ampliar sua aceitação prática e seu potencial de escalabilidade.

Apesar dos avanços, algumas limitações devem ser consideradas. O uso de dados simulados ainda restringe a precisão fisiológica e não permite a personalização dos limiares de alerta, que dependerá da coleta de dados reais nas próximas fases. A dependência de conectividade para envio dos alertas também constitui uma barreira em regiões com cobertura instável. Esses desafios são inerentes à fase de desenvolvimento de um protótipo inicial, mas oferecem subsídios importantes para o aprimoramento futuro.

Outro aspecto relevante refere-se aos desafios de privacidade, segurança e usabilidade associados à aplicação da solução em contextos reais. Como o sistema realiza coleta contínua de parâmetros fisiológicos e envio automatizado de alertas contendo informações comportamentais e localização aproximada do usuário, torna-se necessário considerar estratégias futuras de proteção, armazenamento e gerenciamento dos dados coletados. O armazenamento inadequado dessas informações ou o compartilhamento indevido com terceiros pode comprometer a privacidade da pessoa monitorada e de sua rede de apoio, especialmente por se tratar de dados biométricos e

comportamentais classificados como sensíveis. Nesse contexto, futuras implementações da solução deverão considerar princípios relacionados à segurança da informação, controle de acesso e conformidade com diretrizes previstas na Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).

Além das questões relacionadas à segurança da informação, a utilização prática da Pulse também apresenta desafios associados à confiabilidade e interpretação dos alertas emitidos. A definição de limiares fisiológicos generalizados pode gerar falsos positivos ou falsos negativos, principalmente em função das diferenças individuais existentes entre pessoas com TEA. Em situações reais, alterações fisiológicas podem estar associadas não apenas a episódios de sobrecarga sensorial, mas também a fatores externos, atividade física, ansiedade, temperatura ambiente ou variações emocionais momentâneas, o que evidencia a necessidade de calibração individualizada e validação experimental futura.

Do ponto de vista da usabilidade, a adoção contínua de um dispositivo vestível depende diretamente da adaptação sensorial do usuário. Características como textura, pressão, peso, aquecimento do dispositivo e estímulos luminosos ou vibratórios podem gerar desconforto em indivíduos com hipersensibilidade sensorial, reduzindo a aceitação prática da tecnologia. Considerando as particularidades sensoriais frequentemente associadas ao TEA, futuras versões da Pulse também deverão priorizar estratégias de design voltadas à redução de desconfortos durante o uso contínuo do dispositivo. Aspectos como utilização de materiais leves, hipoalergênicos e com baixa estimulação tátil, possibilidade de ajuste individual da pressão exercida pela pulseira e redução do

aquecimento gerado pelos componentes eletrônicos deverão ser considerados nas próximas etapas de desenvolvimento.

Além disso, pretende-se minimizar estímulos potencialmente aversivos, como vibrações intensas, sinais luminosos excessivos ou estruturas rígidas que possam comprometer a adaptação sensorial do usuário. A proposta busca priorizar uma abordagem discreta e ergonomicamente adaptável, reconhecendo que a aceitação prática de tecnologias vestíveis em contextos relacionados ao TEA depende não apenas da eficiência técnica do sistema, mas também da compatibilidade sensorial e do conforto percebido durante a utilização contínua do dispositivo.

Além disso, a dependência de conectividade para transmissão dos alertas e a necessidade de participação ativa da rede de apoio representam fatores que podem impactar a eficiência do sistema em cenários cotidianos. Dessa forma, futuras etapas do projeto deverão incluir avaliações de usabilidade, acessibilidade e validação em ambientes reais de utilização, permitindo aperfeiçoar tanto a experiência de uso quanto a confiabilidade da solução proposta.

Em síntese, os resultados indicam que a solução Pulse reúne viabilidade técnica, relevância social e potencial de evolução para um dispositivo vestível capaz de antecipar sinais de pré-crise em pessoas com TEA. A integração entre simulação, prototipagem física, sistema de notificações e escuta qualificada da rede de apoio aponta para um caminho promissor na construção de uma tecnologia assistiva acessível, segura e orientada ao cuidado humanizado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da Pulse permitiu confirmar a viabilidade técnica e conceitual de uma solução assistiva orientada à antecipação de sinais de pré-crise em pessoas com TEA. As etapas realizadas demonstraram que a combinação entre simulação, prototipagem de mesa e integração a sistemas de notificação pode sustentar um modelo funcional capaz de apoiar cuidadores na identificação precoce de situações de risco. Esse conjunto de evidências atende ao objetivo central do estudo, demonstrando que é possível estruturar uma arquitetura inicial coerente, acessível e alinhada às necessidades identificadas na investigação qualitativa.

A criação do *mockup* conceitual da pulseira mostrou que a arquitetura testada pode evoluir para um formato vestível adequado ao uso contínuo, permitindo visualizar as possibilidades de encapsulamento e oferecer diretrizes iniciais para decisões futuras de design e usabilidade. Embora ainda não exista um protótipo vestível, o *mockup* cumpre a função de projetar a próxima fase do desenvolvimento e reforçar a coerência entre a experimentação e a proposta final do dispositivo.

As limitações identificadas nesta etapa incluem o uso de sinais simulados, que ainda não representam integralmente a complexidade fisiológica e comportamental observada em situações reais de sobrecarga sensorial. A opção pela utilização inicial de simulações e validações em ambiente controlado foi adotada como estratégia metodológica para reduzir riscos técnicos e permitir a verificação preliminar da arquitetura lógica do sistema antes da realização de testes com usuários reais. Essa abordagem possibilitou avaliar a estabilidade da comunicação entre sensores, microcontrolador e sistema de notificações, além de identificar

limitações operacionais e inconsistências no comportamento do protótipo durante a fase inicial de desenvolvimento.

Embora a utilização de dados simulados limite a precisão fisiológica e impeça a personalização dos limiares de alerta, essa etapa constitui um procedimento recorrente em processos de prototipagem tecnológica e validação conceitual de sistemas embarcados. A realização de testes com pessoas com TEA exige cuidados éticos adicionais, especialmente em função da variabilidade individual dos sinais fisiológicos, das questões relacionadas à sensibilidade sensorial e da necessidade de acompanhamento especializado durante situações potencialmente associadas a episódios de crise. Dessa forma, futuras etapas experimentais dependerão de processos de calibração individualizada, ampliação da robustez do dispositivo e eventual submissão a procedimentos de avaliação ética aplicáveis à pesquisa com seres humanos.

Além disso, reconhece-se que fatores externos, como temperatura ambiente, atividade física, ansiedade e estímulos sensoriais diversos, podem influenciar significativamente os parâmetros monitorados pelo sistema, tornando necessária a aplicação de modelos mais refinados de interpretação fisiológica em etapas futuras. Nesse contexto, a atual versão da Pulse deve ser compreendida como uma etapa inicial de validação técnica e conceitual, voltada à construção e verificação da infraestrutura funcional da solução proposta.

As etapas futuras envolvem a construção do protótipo vestível, a calibração dos sensores físicos, a realização de testes com dados coletados em campo e a aplicação de algoritmos capazes de identificar padrões mais refinados de resposta fisiológica. Esse

conjunto de ações aprofundará a robustez da solução e ampliará seu potencial como ferramenta preventiva, contribuindo para maior segurança, autonomia e bem-estar da pessoa autista e de sua rede de apoio.

A integração entre evidências científicas, escuta qualificada e desenvolvimento tecnológico demonstra a capacidade da equipe em elaborar uma solução inovadora e socialmente relevante. A Pulse representa um primeiro passo sólido na criação de tecnologias assistivas orientadas ao cuidado humanizado, reforçando a importância de iniciativas que unem acessibilidade, ciência e impacto social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAN, M. W. *et al.* Predicting emotional states in individuals with autism using wearable biosensors. *Sensors*, Basel, v. 23, n. 7, p. 1-14, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s23073563>. Acesso em: 15 maio 2026.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*. 5. ed. Washington, DC: APA, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>. Acesso em: 15 maio 2026.

GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOODWIN, M. S. *et al.* Predicting aggression in youth with autism spectrum disorder using physiological biosignals. *Autism Research*,

Hoboken, v. 12, n. 8, p. 1236-1248, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/aur.2133>. Acesso em: 15 maio 2026.

GRAND VIEW RESEARCH. Wearable medical devices market size report, 2024-2030. 2024. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/wearable-medical-devices-market>. Acesso em: 15 maio 2026.

IBGE. Censo Demográfico 2022: primeiros resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/5ab58b8c2ab073e86c02984aae6b6d6c.pdf. Acesso em: 15 maio 2026.

IDC BRASIL. Estudo da IDC Brasil indica retomada do mercado de wearables com aumento de 6,4% nas vendas do 2º trimestre de 2023. 2023. Disponível em: <https://abes.org.br/estudo-da-idc-brasil-indica-retomada-do-mercado-de-wearables-com-aumento-de-64-nas-vendas-do-2o-trimestre/>. Acesso em: 15 maio 2026.

IMARC GROUP. Wearable medical devices market report 2024-2033. 2024. Disponível em: <https://www.imarcgroup.com/wearable-medical-devices-market>. Acesso em: 15 maio 2026.

IMBIRIBA, L. A. *et al.* Physiological indicators of sensory overload in autism spectrum disorder: an experimental analysis. *Frontiers in Neuroscience*, Lausanne, v. 17, p. 1-12, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1187421>. Acesso em: 15 maio 2026.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 3. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REBELO, P. M. Diagnóstico da inserção da tecnologia wearable no setor têxtil em Blumenau. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/253986>. Acesso em: 15 maio 2026.

SCHMIDT, P. *et al.* Introducing WESAD: a multimodal dataset for wearable stress and affect detection. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMODAL INTERACTION, 20., 2018, Boulder. Proceedings [...]. New York: ACM, 2018. p. 400-408. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3242969.3242985>. Acesso em: 15 maio 2026.

SOUZA, J. J. A utilização de tecnologias vestíveis para monitoramento contínuo da saúde. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2023. Disponível em: <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1484/1/TCC%20%20A%20UTILIZACAO%20DE%20TECNOLOGIAS%20VESTIVELIS%20PARA%20MONITORAMENTO%20CONTINUO%20DA%20SAUDE.pdf>. Acesso em: 15 maio 2026.

¹ Discente do Curso Superior de Gestão da Tecnologia da Informação da Faculdade de Tecnologia de Guaratinguetá Prof. João Mod. Campus Guaratinguetá/SP. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)