Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

DINAMÔMETRO DIGITAL COM ESP32 INTEGRADO À APLICAÇÃO MÓVEL: FORÇA DE PREENSÃO PALMAR E TRANSMISSÃO DE DADOS VIA BLUETOOTH

DIGITAL DYNAMOMETER WITH ESP32 INTEGRATED TO MOBILE APPLICATION: HANDGRIP STRENGTH AND BLUETOOTH DATA TRANSMISSION

Yasmim Rayane da Silva Nonato, Marcelo Watanabe Machado, Pedro Corrêa Marins, Sarah Sousa de Oliveira Nascimento, Kelly Cristina Abou Arabi de Mendonça, Luis Fernando Pompeo Ferrara, Yuri Silva Cruz Storino

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia da Computação
E-mail para contato: silva.yasmimray@gmail.com

RESUMO – A força de preensão palmar é essencial na reabilitação física. Este estudo desenvolve um dinamômetro digital, construído com ESP32 e célula de carga, integrado a um aplicativo móvel via Bluetooth para otimizar o processo de armazenamento histórico dos dados. O sistema criado exibe dados em tempo real, arquiva históricos e gera gráficos evolutivos, levando em consideração o engajamento do paciente no tratamento.

Palavras-chave: Dinamometria; Reabilitação física; Saúde móvel; Internet das Coisas; Instrumentação biomédica.

ABSTRACT – Handgrip strength is essential in physical rehabilitation. This study develops a digital dynamometer built with an ESP32 microcontroller and a load cell, integrated with a mobile application via Bluetooth to optimize the historical storage of data. The developed system displays real-time data, stores historical records, and generates progress graphs, considering patient engagement in treatment.

Keywords: Dynamometry; Physical rehabilitation; Mobile health; Internet of Things; Biomedical instrumentation.

1 INTRODUÇÃO

Atuando como um confiável indicador da integridade neuromuscular e do estado de saúde de um indivíduo, a medição da força de preensão palmar (FPP) é um procedimento fundamental da prática clínica. Com o crescente envelhecimento populacional, a sua avaliação contínua tornou-se um mecanismo valioso na detecção precoce do declínio funcional e de patologias

ISSN 2317-1316

geriátricas, como a sarcopenia (Szaflik et al., 2025). Dificultando o arquivamento sistematizado e a visualização a longo prazo do progresso dos pacientes, o uso de equipamentos convencionais, em sua maioria, pode alavancar os fatores responsáveis pela desmotivação e pelo abandono de terapias de reabilitação prolongadas.

Para contornar essa dificuldade de acompanhamento, a incorporação de tecnologias baseadas em m-Health (saúde móvel) e dispositivos integrados tem se mostrado promissora (Conselho Federal de Enfermagem, 2022). Aprimorando a relação entre o profissional de saúde e o paciente, tais soluções permitem o armazenamento em nuvem e o *feedback* visual imediato. Do ponto de vista técnico, a utilização de sistemas microcontrolados modernos, que aliam baixo consumo energético e conectividade sem fio, viabiliza o desenvolvimento de instrumentação médica de precisão a um custo acessível (Maier, Sharp e Vagapov, 2017).

O presente estudo tem como objetivos desenvolver e validar um protótipo de dinamômetro digital de baixo custo, integrado via Bluetooth a um aplicativo móvel. O foco principal é estruturar uma plataforma digital intuitiva que registre, processe e exiba graficamente o histórico de força muscular dos usuários, auxiliando o corpo clínico na tomada de decisão e fomentando a adesão dos pacientes aos tratamentos de reabilitação.

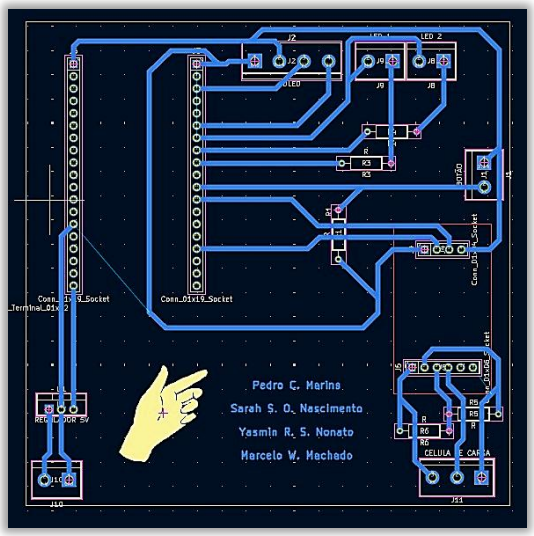
2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de desenvolvimento tecnológico experimental, dividido na concepção de *hardware* embarcado e na engenharia de *software* (plataforma *mobile* e servidor).

Para o hardware, o circuito foi estruturado utilizando o microcontrolador ESP32D devido ao seu módulo nativo de Bluetooth Low Energy (BLE). A captação da força mecânica foi realizada por uma célula de carga de até 50 kgf, interligada a um conversor analógico-digital HX711 (24 bits) auxiliado por resistores de 1 kΩ. Os resultados das medições locais são projetados em um *display* OLED (128 × 32 pixels). O protótipo é alimentado por uma bateria de 9 V, cuja tensão é ajustada por um regulador L7805CV. O *firmware* responsável pelo controle dos periféricos, filtragem do sinal analógico e transmissão dos dados de pico foi programado em linguagem C++. A Figura 1 exibe a placa de circuito impresso utilizada no projeto, demonstrando as conexões entre cada componente eletrônico utilizado.

ISSN 2317-1316

Figura 2: Projeto do layout da placa de circuito impresso (PCB) criada pelos autores, detalhando as trilhas e conexões entre o microcontrolador ESP32, a célula de carga, o display OLED e o regulador de tensão.



Em relação à sua estrutura mecânica e design, o protótipo passou por uma reestruturação substancial. O dinamômetro em sua versão prévia era caracterizado por uma constituição em aço carbono, assim como a versão atual, apresentando um formato quadrado e peso consideravelmente elevado. Em contrapartida, o dinamômetro atual foi redesenhado e fabricado utilizando uma estrutura mais leve por adotar um encapsulamento vazado (oco em seu centro). Além da alteração da densidade, o novo dispositivo possui formato redondo e dimensões maiores em sua área de apoio. Essa modificação construtiva reduziu o peso do equipamento (de 702 g para 517 g) e permitiu contornos ergonômicos superiores, otimizando a pegada, melhorando a adaptação à anatomia da mão e conferindo conforto durante a aplicação da força de preensão, conforme mostra a Figura 3.

Figura 4: Comparação entre o protótipo antigo (à esquerda) e o dinamômetro atual (à direita), evidenciando a estrutura em aço oco e o design ergonômico e redondo.



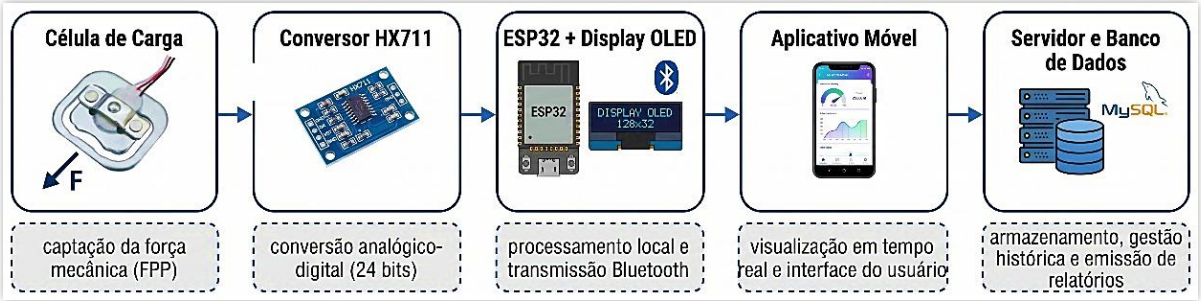
ISSN 2317-1316

Tabela 1. Comparação de parâmetros técnicos e estruturais entre as versões do dinamômetro

Parâmetro avaliado	**Versão anterior**	**Versão atual**
Material Construtivo	Aço carbono, maciço	Aço carbono, estrutura oca
Formato Geométrico	Quadrado	Cilíndrico e de maior dimensão
Massa (Peso)	702 g	517 g
Ergonomia	Limitada, causando potencial desconforto	Aprimorada e anatômica, facilitando a preensão

No *software*, a interface de usuário foi implementada em React com TypeScript e empacotada para o sistema Android utilizando o *framework* Capacitor, o que permitiu o acesso nativo à antena BLE do celular para comunicação com o ESP32D. A arquitetura *back-end* consistiu em uma API REST desenvolvida em Java (Spring Boot), responsável por receber as cargas de dados e orquestrar as regras de negócio relativas a profissionais e pacientes. O arquivamento seguro dos perfis e das medições foi estruturado em um banco de dados MySQL, operado sob conteinerização via Docker para garantir a estabilidade e portabilidade do servidor. O fluxo de uso compreende a aferição da força (expressa em quilograma-força, kgf), transmissão imediata ao celular e sincronização na nuvem para posterior emissão de relatórios em PDF ou planilhas. A arquitetura geral e o fluxo de dados desse sistema estão representados na Figura 5.

Figura 6: Arquitetura geral do sistema de funcionamento do dinamômetro, englobando os sistemas de software, hardware e mecânico.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os declínios sistemáticos na FPP possuem correlação direta com o aumento da morbimortalidade por causas variadas (Leong et al., 2015). Ainda, as projeções da Organização Mundial da Saúde (2022) indicam um aumento substancial da população idosa até 2050, e as

ISSN 2317-1316

ferramentas digitais para mensuração de força despontam como mecanismos vitais de triagem em massa.

O desenvolvimento deste protótipo resultou em um sistema funcional capaz de realizar a leitura da deformação mecânica na célula de carga, convertê-la precisamente para quilograma-força (kgf) e disponibilizar a informação de modo quase instantâneo no aplicativo.

Para possibilitar a criação de uma conta de usuário-paciente, é necessário que um profissional da saúde o cadastre primeiro na zona de pacientes e vincule ao *e-mail* dele. Ao ter um *e-mail* vinculado a um perfil, o paciente receberá um código de verificação na caixa de entrada para fazer *login* pela primeira vez e cadastrar uma senha, enquanto um profissional pode cadastrar diretamente ao inserir as próprias informações.

Ao cadastrarem-se no aplicativo, os pacientes poderão visualizar uma tela de benefícios atrelados à medição da força palmar enquanto os profissionais da área da saúde visualizarão um manual de como utilizar o aplicativo e pareá-lo ao dinamômetro via Bluetooth.

Do ponto de vista da usabilidade clínica, a segregação de perfis e interfaces na plataforma (Figura 4) permite que o fisioterapeuta cadastre diversos indivíduos, classifique a mão testada (direita ou esquerda) e utilize o painel de relatórios temporais para fornecer *feedback* visual ao paciente (Figura 5), enquanto o paciente possui acesso às próprias medições e evolução. Conforme elucidado por Krebs e Duncan (2015), recursos visuais em aplicativos de saúde elevam drasticamente o engajamento na terapia, combatendo o abandono de tratamentos, o que foi levado fortemente em consideração durante a construção da interface do aplicativo móvel.

Apesar da eficácia do conjunto tecnológico avaliado, algumas melhorias estão programadas para ciclos futuros do projeto. Do lado do *hardware*, prevê-se a adição de um sistema de monitoramento de carga da bateria e o aprimoramento ergonômico da estrutura mecânica do puxador do dinamômetro, a fim de garantir total conformidade com as recomendações posturais da Sociedade Americana de Terapeutas da Mão. No que tange ao *software*, encontra-se em desenvolvimento a inserção de um módulo de agendamento de consultas com notificações automáticas via *push*.

ISSN 2317-1316

Figura 4: Comparação da interface inicial de um profissional da saúde (à esquerda) e um paciente (à direita).

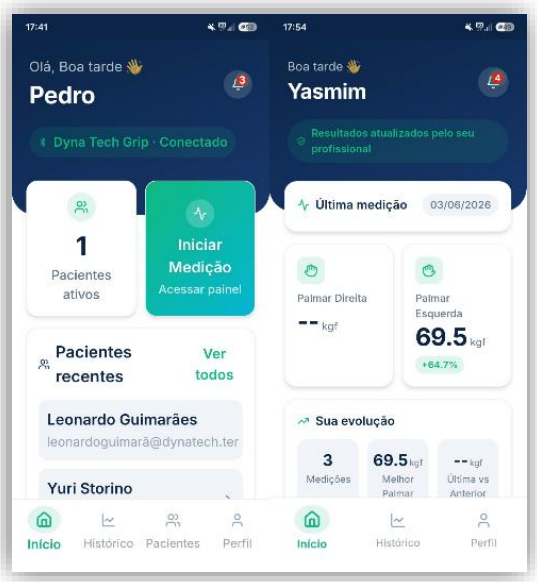


Figura 5: Interface de medição de força palmar (à esquerda) e geração de relatórios (à direita).



4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do dinamômetro digital integrado ao aplicativo móvel demonstrou ser uma solução funcional, viável e promissora para o contexto de reabilitação. O sistema cumpriu seus objetivos de mensurar com estabilidade a força palmar e digitalizar o histórico

ISSN 2317-1316

clínico por meio de uma plataforma em nuvem. Dessa forma, o projeto auxilia não somente os profissionais na gestão pacientes, relatórios e análises de progressão, tendo em vista que também colabora para a adesão ativa do paciente ao processo terapêutico. Os trabalhos futuros devem abranger calibrações clínicas rigorosas do dispositivo frente a dinamômetros com respostas precisas.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Declaração de Uso de IA: Durante a elaboração deste trabalho, utilizou-se a ferramenta Gemini 3.1 Pro para a reestruturação, adequação gramatical do texto e geração de imagem (Figura 3). O conteúdo gerado foi lido, validado cientificamente e editado pelos autores, que assumem total responsabilidade legal e intelectual pelo texto final.

6 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HAND THERAPISTS (ASHT). Clinical Assessment Recommendations. 3. ed. Chicago: ASHT, 2015.

BABIUCH, M.; FOLTYNEK, P.; SMUTNY, P. Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing. In: 20th International Carpathian Control Conference (ICCC), 2019.

CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM (COFEN). MHealth: Definição, Interesses, Desafios e Futuro. 2022.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA (CFM). Resolução CFM nº 2.314/2022. Brasília: Diário Oficial da União, 2022.

DIAS, J. A. et al. Força de preensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum, v. 12, n. 3, p. 209-216, 2010.

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP32 Series Datasheet. Versão 4.4. Shanghai: Espressif Systems, 2024.

MAIER, A.; SHARP, A.; VAGAPOV, Y. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. IEEE Xplore, p. 143-148, 2017.

MOURA, M. B. Desenvolvimento de um Dinamômetro Digital de Baixo Custo. Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica, v. 4, n. 2, p. 15-25, 2020.

ISSN 2317-1316

ROBERTS, H. C. et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. Age and Ageing, v. 40, n. 4, p. 423–429, jul. 2011.

SCOLLARD, P. Handgrip strength assessment: a skill to enhance diagnosis of disease-related malnutrition. Boise: Idaho Health Care Association, 2018.

WEBSTER, J. G.; CLARK, J. W. Medical instrumentation: application and design. Hoboken: Wiley, 2010.