COLUNASCAN: DISPOSITIVO VESTÍVEL NÃO INVASIVO PARA AVALIAÇÃO DE DESVIOS POSTURAIS DA COLUNA VERTEBRAL

COLUNASCAN: A NON-INVASIVE WEARABLE DEVICE FOR THE ASSESSMENT OF SPINAL POSTURAL DEVIATIONS

Ana Beatriz Elias Martins, Maria Eduarda Ferreira Silva, Thiago Sakai Ribeiro de Oliveira, Eduardo Mota Braz, Kelly Cristina Abou Arabi de Mendonça, Raquel Galhardo de Carvalho Lopes Araújo, Yuri Silva Cruz Storino

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia da Computação
E-mail para contato: aninha13465@gmail.com, dudaferreira1113@gmail.com, Thiagosakai7@gmail.com, eduardomotabraz@gmail.com

RESUMO – O ColunaScan é um colete inteligente equipado com cinco sensores MPU6050 para avaliação não invasiva de desvios posturais da coluna vertebral. Os sensores coletam dados de inclinação que são transmitidos a um software dedicado, responsável por gerar relatórios visuais para fisioterapeutas e ortopedistas. O encapsulamento impresso em 3D protege os sensores e permite ajustes adequados ao corpo do paciente, garantindo conforto e precisão. Além do dispositivo físico, foi desenvolvido um site para armazenamento e análise dos dados, facilitando o acompanhamento clínico em tempo real. A solução representa uma alternativa acessível, rápida e segura em comparação a exames radiológicos tradicionais, com potencial para uso em diferentes faixas etárias e contextos de saúde.

Palavras-chave: Desvios posturais; sensores MPU6050; Diagnóstico postural; Colete inteligente; Monitoramento da coluna.

ABSTRACT – The ColunaScan is a smart vest equipped with five MPU6050 sensors for non-invasive assessment of spinal postural deviations. The sensors collect inclination data that is transmitted to dedicated software, which generates visual reports for physical therapists and orthopedists. The 3D-printed housing protects the sensors and allows proper adjustment to the patient's body, ensuring comfort and accuracy. In addition to the physical device, a website was developed to store and analyze the data, enabling real-time clinical monitoring. The solution represents an affordable, fast, and safe alternative to traditional radiological examinations, with potential application across different age groups and healthcare contexts.

Keywords: Postural deviations; MPU6050 sensors; Postural diagnosis; Smart vest; Spine monitoring.

1 INTRODUÇÃO

A avaliação de desvios posturais da coluna vertebral é fundamental para a detecção precoce e acompanhamento de condições ortopédicas e neuromusculares. Estudos apontam que cerca de 80% da população mundial terá algum episódio de dor lombar ao longo da vida, sendo que parte significativa dos casos está associada a desalinhamentos posturais (SOUZA; VALLE, *et al.*, 2022) (SANTOS; TOLEDO, *et al.*, 2024). Tradicionalmente, exames radiológicos, como o Raio-X, têm sido amplamente utilizados para a identificação desses desvios. Contudo, além de exporem o paciente à radiação, apresentam limitações relacionadas ao custo, tempo de obtenção e necessidade de repetição em monitoramentos contínuos.

Nesse cenário, surge a necessidade de soluções tecnológicas não invasivas, acessíveis e rápidas, capazes de fornecer dados confiáveis para o acompanhamento clínico. O ColunaScan foi desenvolvido para atender a essa demanda, constituindo-se em um colete inteligente equipado com sensores acelerômetros MPU6050, posicionados estrategicamente ao longo da coluna. Esses sensores medem a inclinação corporal, permitindo a análise postural em tempo real e sem riscos associados à radiação (BONFIM; ROCHA, *et al.*, 2020).

O projeto busca não apenas otimizar diagnósticos clínicos, mas também contribuir para a saúde pública ao oferecer uma alternativa escalável e de baixo custo. A integração entre hardware e software permite a geração de relatórios visuais de fácil interpretação, auxiliando fisioterapeutas e ortopedistas em suas práticas (QUEIROZ; TORRES; CARDOSO, 2004). Além disso, o ColunaScan amplia o alcance do monitoramento, podendo ser utilizado em ambientes escolares, em programas de prevenção ergonômica no trabalho, ou em clínicas especializadas no cuidado da coluna.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O ColunaScan foi confeccionado com tecido de lycra na cor preta, contendo velcros e reguladores de alça para oferecer conforto e adaptação a diferentes biotipos. Os principais componentes eletrônicos utilizados foram: cabos de cobre, extensor de I2C, microcontrolador ESP32 e sensores MPU6050. O encapsulamento dos sensores foi realizado por meio de impressão 3D, utilizando filamentos resistentes a impactos. Cada cápsula foi projetada para proteção, fácil encaixe e substituição dos sensores.

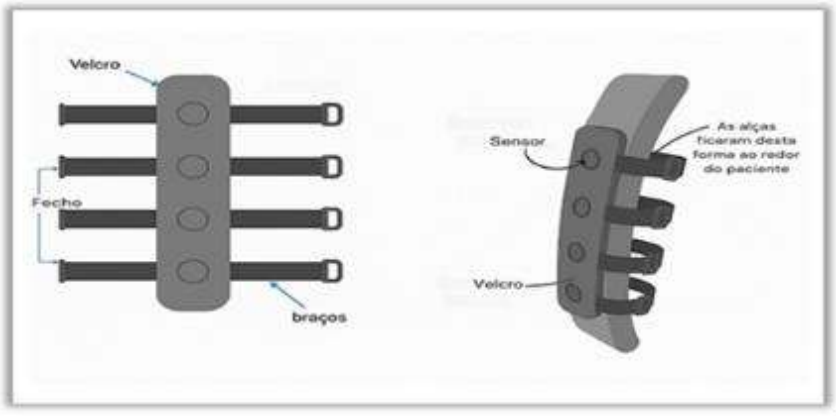
Do ponto de vista metodológico, o desenvolvimento contou com revisão bibliográfica de artigos científicos e publicações acadêmicas sobre scanners posturais e exames de imagem convencionais. Além disso, entrevistas e questionários foram conduzidos com fisioterapeutas e ortopedistas para validar as necessidades clínicas e direcionar o design do dispositivo. Foi elaborada uma ficha de coleta de dados dividida em quatro partes: identificação do paciente, objetivos da pesquisa, relato da experiência do paciente e termo de consentimento livre e esclarecido.

Os testes experimentais consistiram em comparar os dados obtidos pelo ColunaScan com exames radiológicos tradicionais, como o Raio-X, de forma a verificar a precisão e a confiabilidade das medições. Os relatórios gerados pelo software foram validados junto a especialistas, considerando aspectos como clareza, usabilidade e correspondência com diagnósticos convencionais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo final do ColunaScan resultou em um dispositivo leve, funcional e de fácil manuseio, atendendo às necessidades tanto dos pacientes quanto dos profissionais da saúde. O uso do tecido de lycra garantiu conforto, enquanto os reguladores de alça permitiram ajustes adequados a diferentes tipos corporais. A Figura 1 apresenta a ilustração interna e externa do colete com reguladores de largura.

Figura 1: Ilustração interna e externa do colete com reguladores de largura.



Os sensores, posicionados estrategicamente, possibilitaram a identificação de curvaturas superiores a 10° em diferentes regiões da coluna. O sistema demonstrou aplicabilidade em

crianças, adolescentes e adultos, permitindo diagnósticos associados a dores nas costas, fadiga postural e assimetrias estruturais. As placas foram atualizadas para ESP32, em conjunto com os sensores MPU6050, aprimorando a manutenção e a confiabilidade dos dados coletados.

Foram desenvolvidos dois modelos de encapsulamento dos sensores, visando a proteção e a durabilidade durante o uso. Alterações adicionais no design do colete facilitaram a passagem dos fios, preservando o conforto do paciente. A Figura 2 demonstra as modificações implementadas no protótipo.

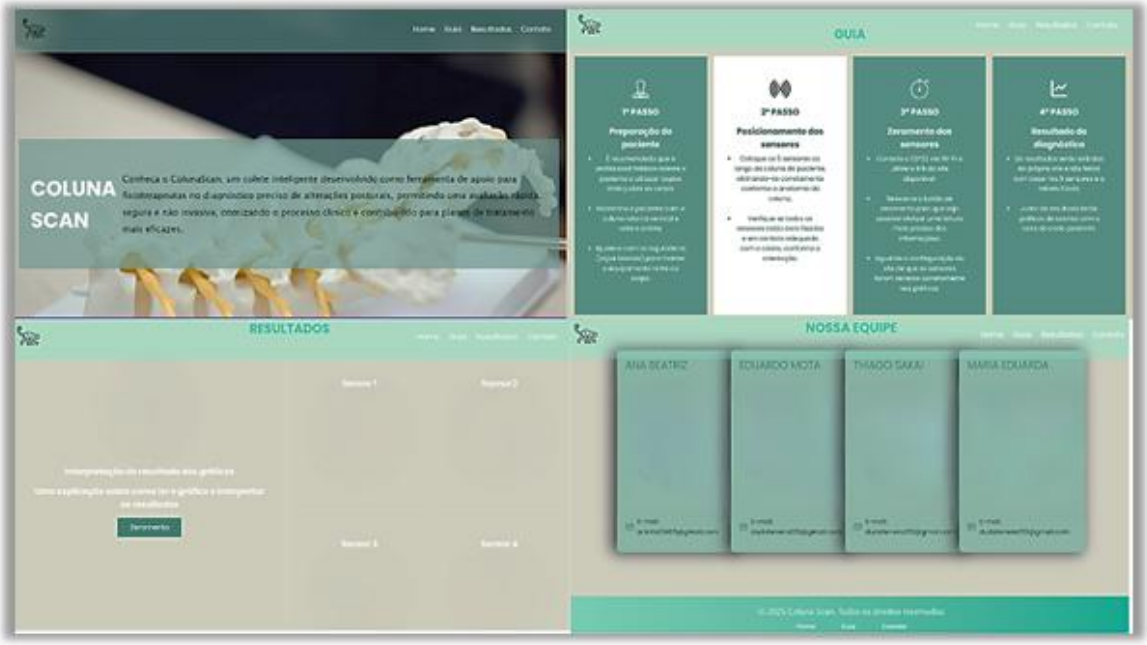
Figura 2: Ilustração interna e externa do colete com reguladores de largura.

Além do dispositivo físico, um site foi desenvolvido como ferramenta de apoio aos especialistas da fisioterapia e ortopedia. Esse ambiente digital armazena dados coletados em



cada consulta, exibe gráficos interativos e permite o acompanhamento longitudinal da postura dos pacientes. A aba 'Guia' do site apresenta instruções passo a passo para utilização do ColunaScan, garantindo padronização na coleta de dados.

Figura 3: Compilação visual das quatro partes do site.



De forma simplificada, para obtenção do resultado da média geral o seguinte cálculo é feito conforme equação (1): Calcular a média através dos resultados de dois em dois sensores (S1 e Sn) e a partir dos resultados dessas médias é feito uma média total que tem como objetivo fornecer um valor geral da inclinação da coluna.

$$M = \frac{S1 + Sn}{2} \tag{1}$$

Com a média total (média entre as médias) será fornecido um valor geral da inclinação da coluna, suavizando variações externas e ajudando a obter um resultado mais equilibrado. Calcular as diferenças entre sensores consecutivos conforme equações (2 – 5) abaixo:

$$D1{,}2 = |S1 - S2| \tag{2}$$

$$D2{,}3 = |S2 - S3| \tag{3}$$

$$D3{,}4 = |S3 - S4| \tag{4}$$

$$D4{,}5 = |S24 - S5| \tag{5}$$

Onde: D = Desvio

Ou conforme equação 6, também de forma otimizada podemos definir por:

$$\sum_{i=1}^{n-1} | Si - Si + 1 |$$

(6)

Onde: Si = Sensor inicial

Essas diferenças representam a variação postural ao longo da coluna. Obter o desvio postural final através da equação (7): Com a subtração dessas duas médias (média entre os sensores e a média total) serão destacadas diferenças na curvatura da coluna entre as duas regiões, identificando desalinhamentos mais evidentes.

$$D = M - (D1{,}2 + D2{,}3 + D3{,}4 + D4{,}5)$$

(7)

Onde: M = Média

Ou conforme equação (8), também de forma otimizada podemos definir por:

$$D = M - \sum_{i=1}^{n-1} | Si - Si + 1 |$$

(8)

Esse valor indicia o grau de desalinhamento da coluna, onde valores menores sugerem uma postura mais alinhada e valores negativos indicam desvios acentuados. Os resultados reforçam que o ColunaScan constitui uma alternativa viável e segura, apresentando vantagens quanto à agilidade, custo reduzido e ausência de radiação. No entanto, reconhece-se a necessidade de estudos clínicos mais amplos para consolidar a eficácia em diferentes contextos e populações.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o projeto desenvolvido atende aos objetivos pretendidos, do qual se caracteriza como um dispositivo médico leve, funcional e de fácil manuseio, que também proporciona conforto ao paciente e praticidade ao profissional de saúde. Como adaptações em design, a utilização do ESP32 e de cinco sensores MPU6050, bem como as projeções do colete

e os modelos de encapsulamento, os quais demonstram eficiência na proteção dos componentes, na manutenção e na confiabilidade dos dados obtidos. A integração com a plataforma web possibilita uma interpretação clara e objetiva das informações, contribuindo para o entendimento dos fisioterapeutas e ortopedistas no diagnóstico e acompanhamento de desvios da coluna vertebral. O trabalho demonstra a viabilidade de aplicação em diferentes faixas etárias e tamanhos corporais, reforçando seu potencial como tecnologia assistiva. Agradecemos o apoio institucional com a liberdade de uso de maquinários para confecção de placas e itens em composição 3D e dos professores envolvidos no desenvolvimento, Kelly Cristina Abou Arabi de Mendonça (orientadora), Raquel Galhardo de Carvalho Lopes Araújo e Yuri Silva Cruz Storino, e, como perspectivas futuras, destacam-se algumas perspectivas para evolução do ColunaScan: Validação clínica ampliada – realização de estudos com amostras maiores e diversificadas (crianças, atletas, idosos e pacientes com diferentes graus de escoliose ou lordose) para consolidar a eficácia diagnóstica. Integração com inteligência artificial – aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina para identificar padrões de desvios posturais e auxiliar na predição de evolução clínica. Expansão da plataforma digital – desenvolvimento de aplicativo mobile que permita o acompanhamento remoto por pacientes e profissionais de saúde, com alertas automáticos sobre alterações posturais. Melhorias de hardware – miniaturização dos sensores, aumento da autonomia energética por meio de baterias otimizadas e integração com tecnologias sem fio de baixo consumo. Aplicação em saúde pública e ergonomia – implementação em programas preventivos em escolas e ambientes corporativos, contribuindo para reduzir problemas relacionados a má postura. Normatização e certificação – adequação do dispositivo a padrões regulatórios de dispositivos médicos, visando futuras aprovações junto a órgãos como ANVISA e, em âmbito internacional, FDA/EMA.

5 REFERÊNCIAS

BONFIM, Rafael V. F. et al. Sensors used to train spine stabilizing muscles for patients with lombalgy or lumbar disc protrusion: a review. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. 1-35, ago. 2020. ISSN ISSN 2525-3409.

QUEIROZ, Rodrigo S. D.; TORRES, Haroldo S.; CARDOSO, Jefferson P. A INFORMÁTICA E O ENSINO EM FISIOTERAPIA: UMA PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS. **UCSal - Universidade Católica do Salvador**, Salvador, p. 1-10, out. 2004. Disponível em:

<https://ri.ucsal.br/server/api/core/bitstreams/fc4e9045-b7bc-4b4e-964c-4d4849d62991/content>. Acesso em: 14 setembro 2025.

SANTOS, Josenei B. D. et al. DIAGNÓSTICO DA POSTURA CORPORAL DE ATLETAS BRASILEIROS NA MODALIDADE DE FISICULTURISMO. **REPH - Revista Ensino e Pesquisa em Humanidades**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 138, set. 2024. ISSN 1678-0817.

SOUZA, Tiago G. D. et al. Avaliação postural: avaliação quantitativa da postura estática de crianças de seis a dez anos de idade. **ACTA FISIÁTRICA** , São Paulo, v. 29, n. 1, p. 18-24, mar. 2022. ISSN 2317-0190.