

MONITORAMENTO OBJETIVO NA REABILITAÇÃO ONCOLÓGICA: DESENVOLVIMENTO DE INDUMENTÁRIA TECNOLÓGICA PARA MULHERES SOBREVIVENTES DO CÂNCER DE MAMA

OBJECTIVE MONITORING IN ONCOLOGICAL REHABILITATION: DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL CLOTHING FOR WOMEN SURVIVING BREAST CANCER

Caique Zaneti Kirilo^{1, i}
 Vinicius Schilieve Santos^{2, ii}
 Manuela de Carvalho Pierazzo^{3, iii}
 Thiago Augusto de Oliveira^{4, iv}
 Jéssica Franzon Cruz do Espírito Santo^{5, v}
 Arthur Gustavo de Araújo Ferreira^{6, vi}
 Vivian de Oliveira Preto^{7, vii}
 Emerson Costa Santos^{8, viii}

RESUMO

A reabilitação física é fundamental para mulheres sobreviventes do câncer de mama, mas sua avaliação ainda se apoia majoritariamente em instrumentos subjetivos, o que acaba por limitar a padronização e a comparação entre diferentes intervenções. O Projeto Remama, uma iniciativa da Universidade de São Paulo (USP), propõe a utilização da prática da remada como estratégia inovadora de reabilitação oncológica, tendo em vista seus benefícios principalmente em quadros de linfedemas. Em parceria com o SENAI, o projeto integra duas áreas complementares, o SENAI de Informática, com a participação de alunos de Ciência de Dados e responsável pela sensorização, processamento e análise das informações coletadas e o SENAI de Produção de Vestuário, encarregado do desenvolvimento de vestimentas adaptadas à coleta de dados. Essa articulação entre prática esportiva, tecnologia vestível e análise de dados possibilita monitoramento objetivo e acompanhamento personalizado do desempenho das pacientes, ampliando a eficácia e a precisão dos processos de reabilitação.

Palavras-chave: Indumentária Tecnológica; Ciência de Dados; Produção de Vestuário; Reabilitação; Projeto REMAMA.

¹Doutorando e Docente no curso de graduação na Faculdade SENAI-SP de Ciência de Dados, E-mail: caique.zaneti@sp.senai.br

²Graduando e Discente do curso de graduação na Faculdade SENAI-SP de Ciência de Dados, E-mail: viniusschilive@gmail.com

³Graduada pela Faculdade SENAI-SP no curso Superior de Tecnologia em Produção de Vestuário, E-mail: manuelacarpierazzo@gmail.com

⁴Mestrando e Docente dos cursos Técnicos e de Aprendizagem Industrial da Escola SENAI Paulo Antonio Skaf, E-mail: thiago.aoliveira@sp.senai.br

⁵Mestranda e Docente no curso de graduação na Faculdade SENAI-SP de Ciência de Dados, E-mail: jessica.santo@sp.senai.br

⁶Doutor e Docente no curso de graduação na Faculdade SENAI-SP de Ciência de Dados, E-mail: arthur.ferreira@sp.senai.br

⁷Mestre e Coordenadora dos cursos superiores de Tecnologia em Ciência de Dados e Segurança Cibernética da Faculdade SENAI-SP, E-mail: vpreto@sp.senai.br

⁸ Doutorando e Diretor do Campus Paulo Antônio Skaf, E-mail: emerson@sp.senai.br

ABSTRACT

Physical rehabilitation is essential for women surviving breast cancer, but its assessment still relies largely on subjective instruments, which ultimately limits standardization and comparison between different interventions. The Remama Project, an initiative of the University of São Paulo (USP), proposes the use of rowing as an innovative oncological rehabilitation strategy, given its benefits, particularly in cases of lymphedema. In partnership with SENAI, the project integrates two complementary areas: SENAI's Informatics Department, which includes Data Science students and is responsible for sensing, processing, and analyzing the collected information, and SENAI's Clothing Production Department, which develops clothing adapted for data collection. This integration of sports practice, wearable technology, and data analysis enables objective monitoring and personalized tracking of patient performance, increasing the effectiveness and accuracy of rehabilitation processes.

Keywords: Wearable Technology; Data Science; Apparel Production; Rehabilitation; Remama Project

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias vestíveis, conhecidas na área de Internet das Coisas como wearables, vêm promovendo uma mudança de paradigma na saúde. Avaliações clínicas que antes eram realizadas de forma pontual passam a dar lugar a um monitoramento contínuo e em tempo real, com dispositivos capazes de registrar indicadores de saúde ao longo do dia. Essa transição permite uma compreensão mais detalhada da condição do indivíduo, algo particularmente valioso em contextos de reabilitação.

Apesar do potencial, o uso dessas tecnologias em áreas específicas, como a reabilitação oncológica de mulheres que sofreram com o câncer de mama, ainda apresenta desafios. A dificuldade aumenta quando as atividades ocorrem fora do ambiente controlado de laboratório, o que introduz variabilidade e incerteza para pesquisas que buscam maior rigor científico.

Com o objetivo de enfrentar essas limitações, este artigo descreve o processo de concepção de um sistema de vestuário inteligente. O projeto foi desenvolvido de forma interdisciplinar, buscando oferecer meios para a coleta de dados objetivos durante a prática da remada, permitindo um acompanhamento mais fiel e preciso da evolução das pacientes.

1.1 Problema de pesquisa

O processo de reabilitação física de mulheres que sobreviveram ao câncer de mama é baseado em métodos de avaliação subjetivos, que carecem de padronização. Essa limitação compromete a precisão do acompanhamento e a objetividade dos resultados, sendo assim, faz-se necessário desenvolver metodologias com tecnologias vestíveis para coletar dados fisiológicos de forma confiável e metódica.

1.2 Objetivo(s)

O objetivo deste estudo é desenvolver uma indumentária tecnológica com sensores integrados para a coleta objetiva de dados fisiológicos de mulheres sobreviventes do câncer de mama durante a prática da remada.

1.3 Justificativa

O desenvolvimento de uma indumentária tecnológica representa no contexto do exercício físico em tempo real traz uma abordagem inovadora que oferece aos profissionais de saúde dados precisos e em tempo real, superando as barreiras tradicionais, permitindo assim a personalização dos tratamentos, potencializando a qualidade do acompanhamento clínico e contribuindo para a formação de um banco de dados para futuras pesquisas, gerando impacto científico e social.

2 METODOLOGIA

A metodologia foi iniciada com uma imersão no contexto operacional do Projeto Remama (JORNAL DA USP, 2017). Para isso, foi conduzida uma reunião com uma representante da iniciativa, que forneceu um panorama completo sobre a reabilitação por meio da canoagem (CAMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2022), detalhando os procedimentos da prática da remada no barco-dragão, incluindo a organização das atividades, a dinâmica dos treinos e as particularidades das atletas. Uma importante discussão foi levantada sobre o uso do manguito de compressão, um recurso terapêutico essencial para o controle do linfedema no braço, uma seqüela frequente do tratamento cirúrgico do câncer de mama (DROBOT, 2023).

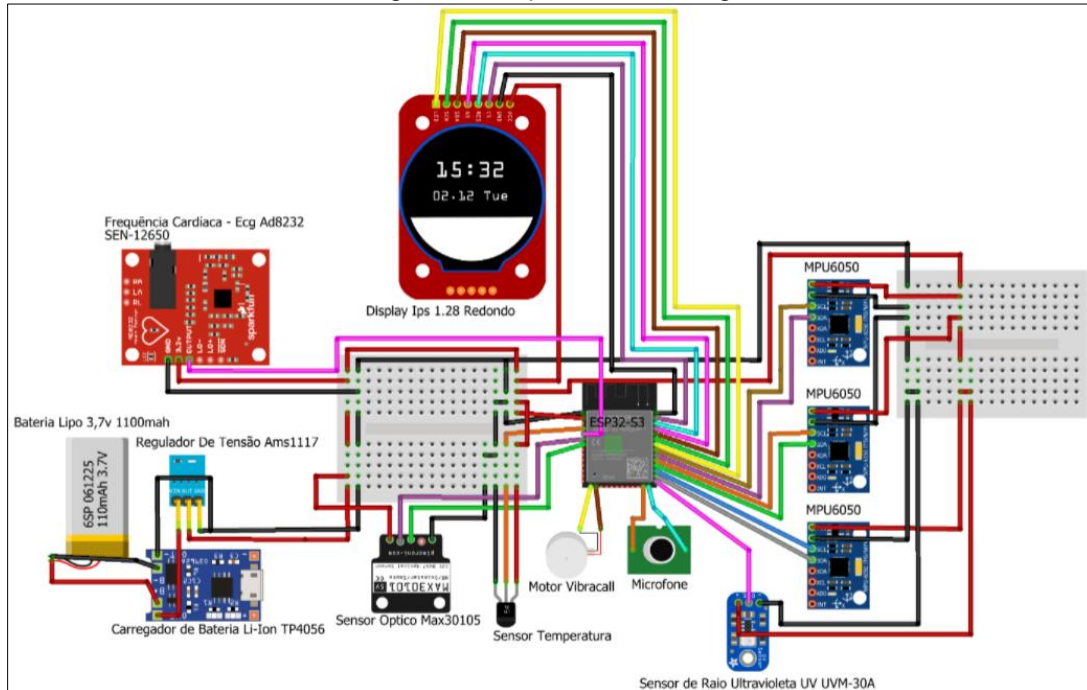
Após a fase de imersão, iniciou-se um processo de ideação interdisciplinar entre os alunos de Ciência de Dados e Produção de Vestuário, com foco em definir as diretrizes técnicas do protótipo. As discussões abordaram três eixos principais, a seleção de um tecido que aliasse conforto e compatibilidade com componentes eletrônicos, o design ergonômico da vestimenta, considerando a biomecânica da remada e a especificação dos sensores, alinhando as necessidades de coleta de dados com a viabilidade de integração.

Com as diretrizes iniciais estabelecidas, a equipe de Ciência de Dados assumiu a liderança na definição da arquitetura de hardware do sistema. A primeira ação consistiu em uma criteriosa prospecção tecnológica, fundamentada em uma revisão de literatura, para identificar sensores e componentes que atendessem aos requisitos do projeto. Os critérios de seleção foram rigorosos, priorizando não apenas a precisão na coleta de dados, mas também a miniaturização dos componentes, o baixo consumo energético e a viabilidade de integração com tecidos. Ao final desta etapa, uma lista de componentes potenciais foi consolidada e apresentada aos professores e pesquisadores da USP ligados ao Projeto Remama. Essa etapa de validação foi essencial para garantir que a escolha tecnológica estivesse alinhada às necessidades clínicas e biomecânicas do estudo, recebendo o aval da equipe acadêmica antes da aquisição e implementação.

A arquitetura de hardware, detalhada no diagrama esquemático da Figura 1 (elaborado no software Fritzing), é centralizada no microcontrolador ESP32, que gerencia o processamento e a conectividade (KRYVONOS, 2022). Para o monitoramento biomecânico, foram integrados seis módulos inerciais MPU6050 (acelerômetro e giroscópio), enquanto os sinais vitais são aferidos primariamente por

um módulo de ECG AD8232 e secundariamente por um sensor óptico MCU-30105. O sistema inclui também sensores de temperatura (LM35DZ) e de radiação UV (UVM-30A). A autonomia do dispositivo é garantida por um subsistema de alimentação com bateria de Li-Po, módulo carregador TP4056 e regulador de tensão, e o feedback ao usuário é fornecido por um display IPS e um motor de vibração.

Figura 1 - Esquema no Fritzing



Fonte: Autores

Para garantir a ergonômica e a usabilidade do protótipo, a sua modelagem foi baseada nas medidas antropométricas de uma atleta real do Projeto Remama. Este procedimento assegurou que o design, o caimento e o posicionamento dos componentes eletrônicos fossem desenvolvidos a partir de um caso de uso autêntico, alinhando a solução tecnológica às características físicas das futuras usuárias.

Figura 2 - Análise das dimensões da remadora

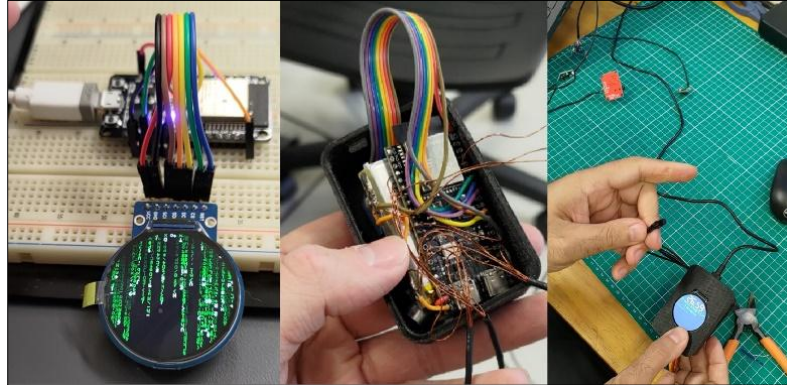


Fonte: Autores

A fase de prototipagem envolveu a montagem e teste do circuito eletrônico em bancada, conforme ilustrado na Figura 3. Inicialmente, os componentes foram interligados em uma protoboard para validação funcional do firmware e dos displays. Posteriormente, para otimizar a miniaturização e a portabilidade, o circuito foi consolidado em uma placa de circuito impresso compacta (PCB), que foi então alojada em um invólucro impresso em 3D, conforme demonstrado nas etapas

subsequentes da imagem. Este processo permitiu verificar a integração física dos componentes e a funcionalidade do sistema em um formato mais próximo ao produto final.

Figura 3 - Processo de prototipação e encapsulamento do protótipo



Fonte: Autores

Enquanto os alunos de ciência de dados focavam no desenvolvimento do hardware, a equipe de Produção de Vestuário foi responsável pela materialização da roupa, com base nas medidas antropométricas da remadora, foi confeccionado um protótipo em tecido de alta elasticidade para garantir conforto e liberdade de movimento durante a remada. O principal desafio desta fase, como demonstra a Figura 4, foi a integração física dos componentes eletrônicos ao tecido, o que fez com que fosse necessário a criação de canaletas internas na roupa para a fiação e um suporte estratégico na região dorsal para o acoplamento seguro do módulo principal.

Figura 4 - Confeção da vestimenta



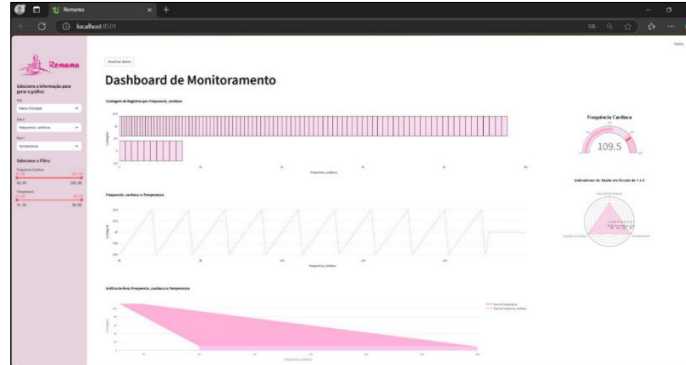
Fonte: Autores

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento metodológico culminou na criação de um protótipo funcional da indumentária tecnológica, principal resultado tangível deste projeto. O produto final é uma blusa de manga longa, ergonômica e personalizada com a identidade visual do Projeto Remama, que integra de forma discreta todo o hardware de sensoriamento. A materialização desta peça representa o sucesso da colaboração interdisciplinar, validando a fusão entre os conhecimentos de Produção de Vestuário, para a confecção de uma roupa funcional, e de Ciência de Dados, para a integração de um sistema eletrônico embarcado. Para traduzir os sinais brutos coletados em informações visuais, foi desenvolvido um dashboard de monitoramento

em tempo real (Figura 5), a plataforma centraliza e exibe os dados dos sensores, utilizando gráficos que ilustram a variação da frequência cardíaca, a temperatura e outros indicadores de bem-estar (JAYARAJ, 2024).

Figura 5 - Dashboard com dados da roupa



Fonte: Autores

Discute-se que o resultado obtido, ainda em escala de protótipo, já aponta para um caminho promissor na superação da dependência de avaliações subjetivas na reabilitação oncológica. A solução desenvolvida representa uma ferramenta de baixo custo e alto potencial para a coleta de dados objetivos que, em etapas futuras, poderão ser correlacionados com desfechos clínicos.

4 CONCLUSÃO

Este estudo concluiu com sucesso o desenvolvimento de um protótipo funcional de indumentária tecnológica, atingindo o objetivo de criar uma ferramenta para o monitoramento objetivo na reabilitação oncológica. A articulação entre Ciência de Dados e Produção de Vestuário demonstrou ser uma abordagem viável e eficaz para superar as limitações dos métodos de avaliação subjetivos.

REFERENCIAS

CAMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Outubro Rosa: Projeto Remama utiliza o remo para auxiliar na recuperação do câncer de mama. Camara Municipal de São Paulo, 28 Outubro 2022. Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.leg.br/blog/outubro-rosa-projeto-remama-utiliza-o-remo-para-auxiliar-na-recuperacao-do-cancer-de-mama>>. Acesso em: 3 Setembro 2025.

DROBOT, D. . S. O. . & Z. A. Biomaterials in the clinical treatment of lymphedema— a systematic review. Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders, v. 12, 2023.

JAYARAJ, V. . & G. P. Data Visualization Dashboard using Python. International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology., 2024.

JORNAL DA USP. Projeto Remama leva sobreviventes de câncer de mama ao remo. JORNAL DA USP, 12 Maio 2017. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/atualidades/projeto-remama-leva-sobreviventes-de-cancer-de-mama-ao-remo>>. Acesso em: 8 Setembro 2025.

KRYVONOS, O. . S. O. . & K. M. THE USE OF VISUAL ELECTRONIC CIRCUITS MODELLING AND DESIGNING SOFTWARE FRITZING IN THE EDUCATIONAL PROCESS. Zhytomyr Ivan Franko state university journal. Pedagogical sciences., 2022.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i Caique Zaneti Kirilo (Autor 1)



Possui bacharelado em Ciência da Computação (2012-2015); Mestrado em Engenharia de Produção com ênfase em Inteligência Artificial e Seis Sigma na linha de pesquisa de Métodos Quantitativos em Engenharia de Produção focada em Processos decisórios baseados em lógicas não clássicas (2016-2017); É Doutorando em Engenharia da Informação pela Universidade Federal do ABC. Atua como Professor Universitário e Pesquisador integrante do Grupo de Pesquisa de Engenharia de Software aplicada à criação de Sistemas Críticos, atuando também como orientador em programas de iniciação científica de alunos da graduação. <https://orcid.org/0000-0001-5667-0861>

ii Vinicius Schilieve Santos (Autor 2)



Possui Técnico de informática (2014-2015) Escola Técnica Estadual (ETEC); Graduando em ciência de Dados (2024-2025) pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de Tecnologia; Atua como Líder de produção em uma metalúrgica, responsável por orientar os diversos setores da empresa, garantindo que todo o processo de produção ocorra sem problemas cumprindo prazos, comunicativo, prestativo, responsável, com críticas construtivas e proatividade na solução de problemas e desenvolvimento das peças. <https://orcid.org/0009-0002-7713-7075>

iii Manuela de Carvalho Pierazzo (Autor 3)



Formada no curso Técnico de Vestuário (2015) e no curso Superior de Tecnologia em Produção de Vestuário (2024) pela instituição Senai Francisco Matarazzo, representante de classe no período letivo que estudou, participando ativamente das atividades extracurriculares e suas entregas. Entrou no ramo de Vestuário antes de saber ao menos andar, e atualmente atua no departamento de Produto da marca Hope Lingerie, consagrada na área de underwire. <https://orcid.org/0009-0005-4816-5976>

iv Thiago Augusto de Oliveira (Autor 4)



Possui bacharelado em Engenharia Mecatronica (2010-2015); Pós-Graduado Lato Sensu em Projetos de Cloud (2023); Pós-Graduado em Lato Sensu em Automação de Processos Industriais e Robótica(2024). Atua como Instrutor de Formação Profissional III na Escola SENAI Paulo Skaf nos cursos técnicos e nos cursos de Aprendizagem Industrial.

<https://orcid.org/0009-0008-6733-1388>

v Jéssica Franzon Cruz do Espírito Santo (Autor 5)



Possui graduação (Bacharelado) em Ciência da Computação (2018-2021) pela Universidade Paulista (UNIP); Pós-graduada em Gestão Educacional na Perspectiva Inclusiva (2022) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e Pós-graduada em Psicopedagogia (2024) pela Faculdade das Américas (FAM); É Mestranda em Engenharia da Informação pela Universidade Federal do ABC. Atua como Professora na Faculdade Senai no campus Paulo Antônio Skaf no curso de Ciência de Dados.

<https://orcid.org/0000-0002-2812-3673>

vi Arthur Gustavo de Araujo Ferreira (Autor 6)



Bacharel em Física com ênfase computacional pela Universidade de São Paulo (USP), mestre e doutor em Ciências pela mesma instituição. Atualmente atua como professor na Escola SENAI de Informática, em São Caetano do Sul. Possui ampla experiência em pesquisa e aplicações industriais de Ressonância Magnética Nuclear (RMN), com foco no estudo de meios porosos e computação quântica. Na indústria, tem atuação consolidada nas áreas de petrofísica e materiais cimentícios, realizando análises de RMN, modelagem estatística e machine learning aplicada à caracterização de materiais. Na educação, seu foco está voltado para ciência de dados, inteligência artificial e computação quântica. <https://orcid.org/0000-0002-6676-384X>

vii **Vivian de Oliveira Preto (Autor 7)**



Graduada em Tecnologia Gráfica (Faculdade SENAI Theobaldo de Nigris) e Mestre em Educação (UNESP/Marília). Coordenadora dos cursos superiores de Tecnologia em Ciência de Dados e Segurança Cibernética da Faculdade SENAI Mecatrônica (Campus Paulo Antônio Skaf). <https://orcid.org/0000-0002-2812-3673>

viii **Emerson Costa Santos (Autor 8)**



Supervisor de Operações do SENAI-SP. Atua com planejamento, gestão e avaliação das Escolas e Faculdades do SENAI. Professor Convidado da Sheridan College Institute of Technology and Advanced Learning - Canadá. Doutorando em Sociologia, Mestre em Engenharia Elétrica e Engenheiro Mecânico. Pesquisador do Centro de Inteligência Artificial (C4AI-USP), Indústria 4.0 e suas tecnologias habilitadoras (CECS-UFABC) e Expert Independente da WorldSkills International. Atuou como Especialista em Educação Profissional, Docente de Educação Profissional nas áreas de Manutenção Industrial, Automação, Ferramentaria de Moldes para Metais e Educação de Jovens e Adultos. <https://orcid.org/0000-0002-4730-9983>