

# SOFTWARE EDUCACIONAL PARA PATOLOGIAS DETECTÁVEIS COM SISTEMA DE AUSCULTA

## EDUCATIONAL SOFTWARE FOR DETECTABLE PATHOLOGIES WITH AN AUSCULTATION SYSTEM.

Jackson Junior De Oliveira Costa<sup>1</sup>,  
Ricardo Hovacker Baldaconi<sup>2</sup>

### RESUMO

Diante do declínio na proficiência de ausculta entre estudantes de medicina, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um *software* educativo voltado ao ensino da ausculta clínica. A proposta visa auxiliar na identificação de sons cardíacos e pulmonares associados a diferentes patologias, utilizando áudios reais integrados a uma interface interativa. Além disso, o sistema conta com a conexão a um microcontrolador ESP32, que aciona estímulos físicos (como som em alto-falante) em resposta à interação do usuário. Testes iniciais demonstraram a integração estável e a sincronia da reprodução sonora física. A ferramenta busca oferecer uma experiência prática, imersiva e acessível, contribuindo para o reforço das habilidades clínicas por meio da simulação digital.

**Palavras-chave:** Tecnologia Educacional; Ausculta Clínica; Simulação Médica; *Software* Educativo; ESP32.

### ABSTRACT

Given the decline in auscultation proficiency among medical students, this work presents the development of an educational *software* aimed at teaching clinical auscultation. The proposal seeks to assist in the identification of cardiac and pulmonary sounds associated with specific pathologies, using real audio integrated into an interactive interface. Furthermore, the system features a connection to an ESP32 microcontroller, which triggers physical stimuli (such as sound from a loudspeaker) in response to user interaction. Initial tests demonstrated stable integration and synchronized physical sound reproduction. The tool aims to offer a practical, immersive, and accessible experience, contributing to the reinforcement of clinical skills through digital simulation.

**Keywords:** Educational Technology; Clinical Auscultation; Medical Simulation; Educational *Software*; ESP32.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Problema de pesquisa

A dificuldade no uso correto do estetoscópio é uma realidade para muitos recém-formados em medicina. Estudos recentes apontam para um declínio na proficiência em ausculta cardíaca, com apenas 20% de uma turma de medicina sendo capaz de

---

<sup>1</sup>Graduando em Manutenção Industrial. E-mail: jacksonoliveira1618@gmail.com

<sup>2</sup> Mestre em Tecnologia Nuclear. E-mail: ricardo.baldaconi@sp.senai.br

diagnosticar corretamente sons cardíacos (PATEL et al., 2024). Esse cenário reflete uma preocupação crescente quanto às habilidades clínicas fundamentais, como a ausculta cardíaca e pulmonar, impactando diretamente a segurança do paciente devido a diagnósticos imprecisos ou tardios.

### 1.2 Objetivo(s)

Desenvolver um *software* educativo que auxilie estudantes de medicina no aprendizado da ausculta clínica, com foco na diferenciação de sons pulmonares e cardíacos associados a patologias. O sistema integra uma interface interativa com áudios reais obtidos de fontes confiáveis como o MSD Manuals, visando reforçar o reconhecimento auditivo. Complementarmente, o *software* se conecta a um ESP32, que controla estímulos físicos por meio de um relé SSR, promovendo uma experiência imersiva de aprendizado.

### 1.3 Justificativa

O avanço das tecnologias educacionais tem favorecido a criação de ferramentas interativas no ensino da saúde. Em especial, os *softwares* que simulam situações clínicas reais têm se mostrado eficazes na aprendizagem de habilidades práticas, como a ausculta (MALMARTEL et al., 2020). Neste contexto, este projeto propõe o desenvolvimento de um *software* educativo voltado para estudantes de medicina, com foco na reprodução de sons clínicos relacionados a patologias identificadas por ausculta.

O sistema utiliza áudios reais extraídos do site MSD Manuals (MSD MANUALS, 2025), integrados a uma interface em Windows Forms. Por meio de menus suspensos (*ComboBox*), o aluno pode selecionar diferentes categorias de sons pulmonares e cardíacos para reprodução automática. Essa abordagem visa fortalecer a memória auditiva e o reconhecimento de padrões por meio da repetição.

Adicionalmente, o projeto inclui a integração entre a plataforma Visual Studio e o microcontrolador ESP32, com comunicação serial para acionar componentes físicos (como alto-falantes), aumentando o realismo da experiência ao envolver estímulos visuais, auditivos e táteis.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A ausculta é uma técnica clínica fundamental na prática médica, utilizada para escutar sons fisiológicos produzidos por órgãos internos, principalmente o coração e os pulmões. Esses sons, denominados sons semiológicos, fornecem pistas diagnósticas cruciais, permitindo a identificação de anormalidades como sopros cardíacos, estertores pulmonares, sibilos e atritos pleurais. No entanto, a correta interpretação desses sinais depende de habilidades auditivas refinadas e de extenso treinamento prático, o que representa um desafio para estudantes e recém-formados em medicina. Diversos estudos apontam para a dificuldade crescente dos profissionais em reconhecer e diferenciar sons patológicos com precisão, em parte pela menor exposição prática durante a formação acadêmica (PATEL et al., 2024). Diante disso, torna-se essencial o investimento em métodos de ensino que favoreçam o desenvolvimento da escuta clínica de forma progressiva, repetitiva e contextualizada.

O treinamento tradicional da ausculta, embora insubstituível em sua essência, enfrenta desafios significativos. A variabilidade entre pacientes, a subjetividade na apresentação dos sons, a limitação de tempo de exposição a casos diversos e as questões éticas envolvidas na repetição exaustiva de exames em pacientes reais dificultam a padronização e a eficácia do aprendizado. Além disso, a falta de feedback imediato e objetivo sobre a performance do estudante pode retardar o desenvolvimento da proficiência (SVERDRUP et al., 2010). Tais fatores contribuem para a lacuna de habilidades observada em muitos profissionais recém-formados (MANGIONE et al., 2005).

Nesse contexto, a simulação emerge como uma ferramenta poderosa na educação médica, oferecendo um ambiente seguro e controlado para a prática deliberada. Simuladores permitem a repetição de cenários, a padronização de casos e a oferta de feedback construtivo, elementos cruciais para a aquisição de habilidades complexas. No campo da ausculta, existem diversos tipos de simuladores, desde manequins de alta fidelidade que reproduzem sons internamente até softwares puramente digitais. Cada abordagem possui suas vantagens e limitações, mas todas buscam complementar o ensino tradicional, proporcionando experiências de aprendizado mais acessíveis e eficientes.

O avanço das tecnologias digitais tem promovido transformações significativas no ensino médico, especialmente no desenvolvimento de soluções automatizadas e interativas para a simulação clínica. A integração entre softwares educativos, microcontroladores e bases de dados auditivas permite criar ambientes de aprendizado mais imersivos e acessíveis. Estetoscópios digitais e plataformas como StethAid, por exemplo, têm demonstrado sucesso na aplicação de inteligência artificial para identificação de sons patológicos, além de possibilitar a autoavaliação e o treinamento remoto de estudantes (KIM et al., 2023; BEDIANG et al., 2024). No contexto da formação médica, essas ferramentas reduzem a dependência exclusiva da prática hospitalar e oferecem recursos que podem ser adaptados a diferentes níveis de aprendizagem. A automação do processo de reprodução e resposta auditiva — como a ativação de alto-falantes físicos por softwares controlados via microcontroladores — aproxima o estudante de experiências reais de ausculta, promovendo maior retenção e identificação sonora.

### **3 METODOLOGIA**

O desenvolvimento deste trabalho seguiu uma abordagem de design e implementação, focada na criação de um sistema interativo para o ensino da ausculta clínica. A pesquisa envolveu a seleção de tecnologias de software e hardware adequadas para a simulação de ambientes clínicos. Para a implementação do software, utilizou-se a plataforma Visual Studio, com programação em C# e interface gráfica baseada em Windows Forms. A escolha dessas tecnologias se deu pela robustez do ambiente de desenvolvimento, pela familiaridade com a linguagem C# para aplicações desktop e pela facilidade de prototipagem rápida de interfaces gráficas. Os recursos auditivos foram coletados do site MSD Manuals, uma fonte reconhecida na área médica. A parte de hardware foi desenvolvida com base no microcontrolador ESP32, programado via Arduino IDE em C++, e componentes eletrônicos para a simulação de estímulos físicos. O ESP32 foi selecionado por sua versatilidade, baixo custo e capacidade de comunicação serial, essencial para a

integração com o software. A comunicação entre o software e o hardware foi estabelecida por meio de comunicação serial. Os testes iniciais foram de caráter exploratório, visando verificar a funcionalidade e a integração dos componentes do sistema.

## 4 RESULTADOS PARCIAIS

### 4.1 Implementação e Funcionamento do Sistema

O *software* foi desenvolvido em C#, utilizando a plataforma Visual Studio com Windows Forms. A interface principal é composta por dois menus suspensos (*ComboBox*): o primeiro permite ao usuário escolher entre sons cardíacos ou pulmonares, enquanto o segundo apresenta uma lista de sons específicos de acordo com a seleção anterior. Os áudios utilizados no projeto foram obtidos no site MSD Manuals (MSD MANUALS, 2025), uma fonte confiável de informações médicas.

A interface principal do *software*, ilustrada na Figura 1, permite ao usuário selecionar a região de ausculta. Após a seleção, a lista de sons específicos é carregada, como demonstrado na Figura 2, onde um som de atrito pericárdico está sendo reproduzido.

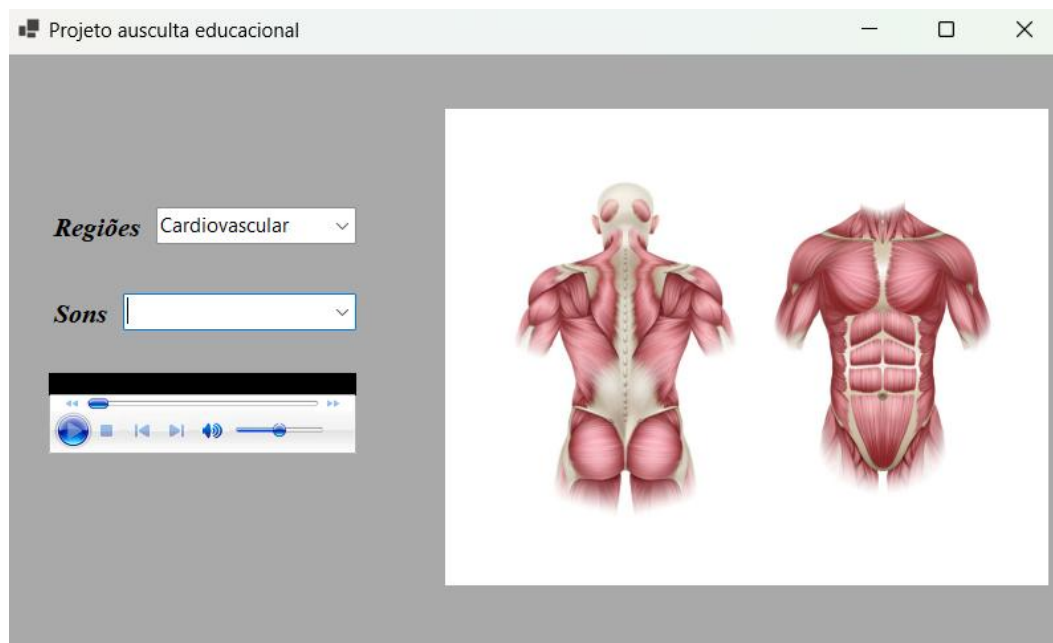


Figura 1 – Interface principal do software educativo.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

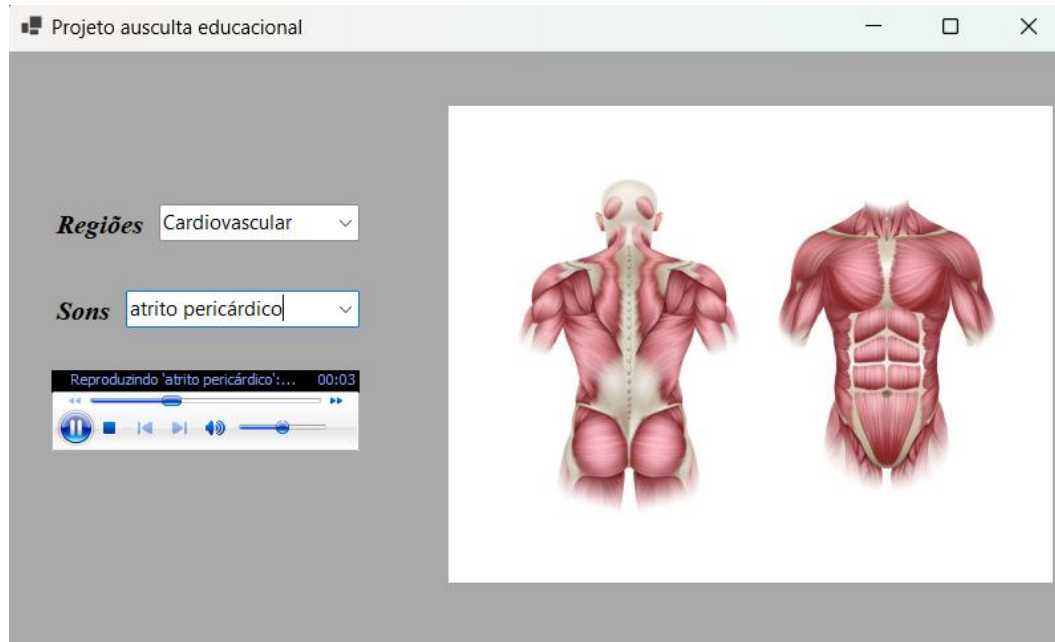


Figura 2 – Interface do software com som de atrito pericárdico selecionado.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A reprodução dos sons é realizada por meio do controle ActiveX do Windows Media Player, integrado ao formulário. O *software* busca automaticamente o arquivo de áudio correspondente à seleção do usuário em uma pasta local e inicia sua reprodução em modo contínuo (*loop*).

Além da interface gráfica, o projeto incorporou o uso de um microcontrolador ESP32, programado via Arduino IDE, que se comunica com o *software* por meio da porta serial. Para permitir a reprodução física dos sons de ausculta selecionados no *software*, a saída de áudio do computador é conectada ao amplificador PAM8610. A montagem física do sistema é detalhada na Figura 3 e utilizou:

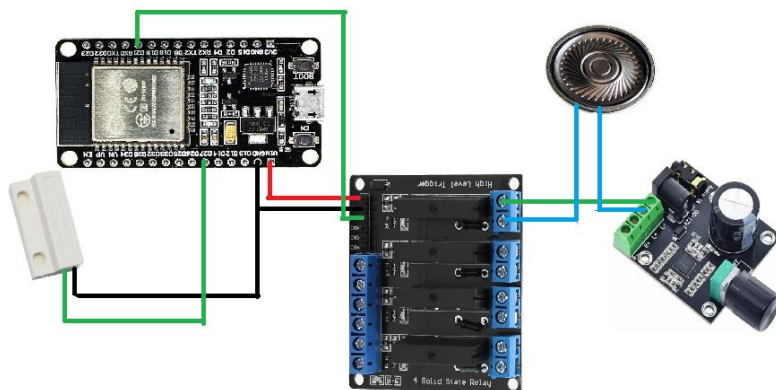


Figura 3 – Diagrama de conexão do hardware de controle de áudio.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

- Sensor magnético MC-38 conectado entre um GPIO e o GND do ESP32.

- Módulo SSR, ativado pelo ESP32, que controla o fluxo de áudio para o amplificador.
- Amplificador PAM8610, alimentado externamente, responsável por amplificar o sinal de áudio proveniente do computador.
- Mini alto-falante, acionado indiretamente via o SSR e conectado ao amplificador, para reproduzir os sons de ausculta.

O ESP32 foi programado para controlar o relé (SSR) com base em comandos recebidos via comunicação serial e na detecção do sensor magnético. A lógica implementada permite que o relé seja ativado apenas quando um comando de autorização ('ativar') é recebido via serial e o sensor magnético detecta a presença de um ímã. Caso contrário, o relé permanece desativado, simulando a resposta de um manequim interativo em ambientes de ensino de ausculta.

Para viabilizar a comunicação entre o *software* e o microcontrolador, foi utilizada a biblioteca **System.IO.Ports** em C#. O *software* envia comandos específicos, como "ativar" ou "desativar", para o ESP32 através da porta serial, controlando a lógica de autorização do relé. Este comando pode ser incluído na mesma função que inicia a reprodução do som no *software*, garantindo que a saída sonora física ocorra apenas após o usuário realizar uma seleção.

#### 4.2 Análise dos Resultados e Discussão

Os testes iniciais de integração entre o *software* educativo e o *hardware* baseado em ESP32 foram realizados para verificar a funcionalidade e a estabilidade do sistema. A comunicação serial entre o *software* e o microcontrolador foi estabelecida com sucesso, permitindo o envio de comandos para o ESP32.

A ativação do sensor magnético MC-38, após o envio do comando de autorização via serial, resultou na imediata ativação do relé SSR. A resposta do ESP32 ao acionamento do sensor magnético foi consistente em todos os testes realizados, conforme ilustrado no log de comunicação serial (Figura 4), que mostra a detecção do ímã e a resposta do sistema.

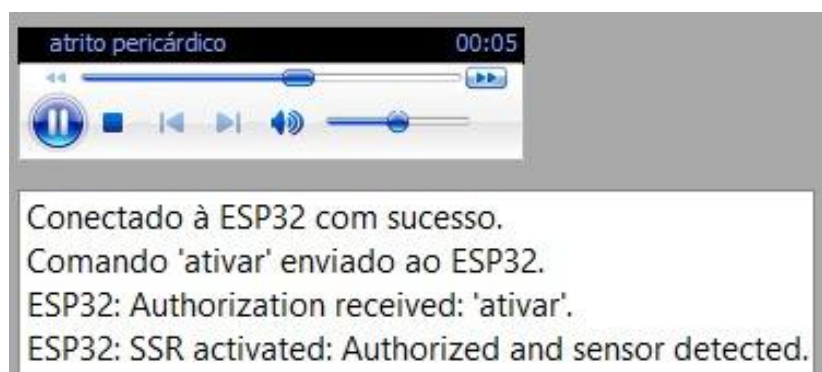


Figura 4 – Log de comunicação entre o software e o ESP32 via porta serial.  
 Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A reprodução dos sons de ausculta pelo mini alto-falante, acionado pelo SSR, ocorreu de forma síncrona com a seleção no software e a detecção do sensor. Essa sincronia valida o potencial do sistema em proporcionar uma experiência de simulação de ausculta altamente imersiva e realista. A capacidade de associar a seleção de sons clínicos no ambiente digital a respostas físicas sincronizadas no ambiente real é crucial para superar as deficiências na proficiência de ausculta, conforme apontado na literatura (PATEL et al., 2024). A imersão proporcionada por essa integração multissensorial (visual, auditiva e tátil) contribui significativamente para o reforço da memória auditiva e o reconhecimento de padrões, elementos essenciais para o desenvolvimento de habilidades clínicas refinadas.

A relevância deste sistema reside na sua capacidade de oferecer uma solução de baixo custo e alta replicabilidade para o treinamento de ausculta. Diferente de simuladores de alta fidelidade, que podem ser proibitivamente caros para muitas instituições, a abordagem proposta utiliza componentes acessíveis e *software* de desenvolvimento comum. Isso democratiza o acesso a uma prática de simulação que é vital para a formação médica, permitindo que mais estudantes tenham a oportunidade de praticar repetidamente em um ambiente controlado, sem as limitações do treinamento tradicional. A integração de estímulos físicos, como a reprodução sonora via alto-falante externo, eleva a experiência de aprendizado para além de uma mera interface visual, promovendo uma conexão mais tangível com a realidade clínica.

### 4.3 Limitações e Perspectivas Futuras

Embora o protótipo demonstre a viabilidade e o potencial da abordagem, algumas limitações atuais precisam ser consideradas. A biblioteca de sons, embora baseada em uma fonte confiável, é limitada e pode ser expandida para incluir uma maior variedade de patologias e variações de sons. Além disso, os testes realizados até o momento foram de caráter exploratório e de validação técnica da integração, não incluindo uma avaliação formal da eficácia pedagógica com grupos de estudantes.

Para o futuro, diversas melhorias e expansões são planejadas. Pretende-se ampliar significativamente o número de sons disponíveis, cobrindo um espectro mais vasto de condições cardíacas e pulmonares. A inclusão de funcionalidades de quiz interativo, com diferentes níveis de dificuldade e feedback imediato, é uma prioridade para transformar a ferramenta em um recurso de autoavaliação robusto. O desenvolvimento de um boneco interativo para simulação de ausculta, onde o ESP32 controlaria pontos específicos de ausculta no manequim, representa um avanço significativo na imersão e realismo da experiência. Por fim, a realização de testes controlados com grupos de estudantes de medicina será fundamental para avaliar a eficácia da ferramenta no processo de ensino-aprendizagem, mensurando o impacto na proficiência da ausculta e na retenção do conhecimento.

## 5 CONCLUSÕES PRELIMINARES

O desenvolvimento deste software educativo demonstra o potencial da tecnologia na simulação clínica aplicada ao ensino médico. A utilização de sons reais, uma interface acessível e a integração com hardware de baixo custo, como o ESP32, permite a construção de um ambiente de aprendizagem mais completo e interativo.

Futuramente, pretende-se ampliar o número de sons disponíveis, desenvolver um boneco interativo para simulação de ausculta e realizar testes com grupos de estudantes para avaliar a eficácia da ferramenta no processo de ensino-aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

ASADIPOUR, Ali et al. A technology-aided multi-modal training approach to assist abdominal palpation training and its assessment in medical education. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 137, p. 102394, 2020.

BEDIANG, Georges et al. Evaluation of a digitally enhanced cardiac auscultation learning method in Cameroon: results of a controlled study. **BMC Medical Education**, v. 24, n. 1, p. 1-10, 2024.

ESPRESSIF. *ESP32 Datasheet*. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/resources>. Acesso em: 28 maio 2025.

KIM, Min-Jae et al. StethAid: A Digital Auscultation Platform for Pediatrics. **Sensors**, v. 23, n. 13, p. 6007, jul. 2023.

LI, Jiaqi et al. iMedic: Towards Smartphone-based Self-Auscultation Tool for AI-Powered Pediatric Respiratory Assessment. **arXiv preprint arXiv:2501.00000**, 2025.

MALMARTEL, A. et al. Evaluation of the use of a simulation software in the learning of cardiopulmonary auscultation in undergraduate medical students. **Revue de Médecine Interne**, v. 41, n. 10, p. 653-660, out. 2020.

MANGIONE, Salvatore et al. The decline in the physical examination: a 12-year longitudinal analysis. **The New England Journal of Medicine**, v. 353, n. 21, p. 2238-2245, 2005.

MANGIONE, Salvatore; NIEMAN, Linda Z. Pulmonary auscultatory skills during training in internal medicine and family practice. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 159, n. 4, p. 1119-1124, 1999.

MCDONALD, David et al. Technical characterisation of digital stethoscopes: towards scalable artificial intelligence-based auscultation. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v. 47, n. 4, p. 289-298, jun. 2023.

MSD MANUALS. *Áudios de ausculta clínica*. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/profissional/pages-with-widgets/audio?mode=list>. Acesso em: 28 maio 2025.

PATEL, A. S. et al. Improved cardiac auscultation competency interweaving visual, auditory, and tactile stimuli: a preliminary study. **Medical Education Online**, v. 29, n. 1, p. 2334007, 2024.

SCHERER, Roland et al. What makes medical students better listeners? **Frontiers in**

**Human Neuroscience**, v. 10, p. 347, 2016.

SCHMIDT, Anne et al. Misjudgment of Skills in Clinical Examination Increases in Medical Students Due to a Shift to Exclusively Online Studies during the COVID-19 Pandemic. **GMS Journal for Medical Education**, v. 39, n. 3, p. Doc32, 2022.

SVERDRUP, Øystein; JENSEN, Tore; SOLHEIM, Sindre; GJESDAL, Kjell. Training auscultatory skills: computer simulated heart sounds or additional bedside training? A randomized trial on third-year medical students. **BMC Medical Education**, v. 10, n. 3, p. 1-7, 2010.

WANG, Yibo et al. Deep auscultation: Predicting respiratory anomalies and diseases via recurrent neural networks. **arXiv preprint arXiv:1905.06040**, 2019.

WANG, Yibo et al. RespireNet: A Deep Neural Network for Accurately Detecting Abnormal Lung Sounds in Limited Data Setting. **arXiv preprint arXiv:2006.00000**, 2020.

XU, Jia et al. Artificial intelligence accuracy in detecting pathological breath sounds in children using digital stethoscopes. **NPJ Digital Medicine**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2020.

ZHANG, Zhaoyu et al. Design of an AI-Enhanced Digital Stethoscope: Advancing Cardiovascular Diagnostics Through Smart Auscultation. **arXiv preprint arXiv:2401.00000**, 2024.

ZHAO, Yuxuan et al. AI-Enhanced Stethoscope in Remote Diagnostics for Cardiopulmonary Diseases. **arXiv preprint arXiv:2501.00000**, 2025.

## **AGRADECIMENTOS**

O autor agradece ao Prof. Me. Ricardo Hovacker, do Senai Roberto Simonsen, pela orientação e suporte contínuo durante o desenvolvimento deste trabalho. Este estudo foi financiado pelo Senai. Agradece-se também aos colegas de classe que apoiaram e contribuíram com discussões construtivas e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

## **SOBRE O(S)AUTOR(ES)**

### **Sobre os autores:**

---

#### **i JACKSON JUNIOR DE OLIVEIRA COSTA (Autor 1)**



Possui formação técnica em Eletroeletrônica pelo SENAI Mariano Ferraz (2022) e está cursando atualmente o Tecnólogo em Manutenção Industrial pelo SENAI Roberto Simonsen, com previsão de conclusão em dezembro de 2025. Tem experiência em projetos acadêmicos nas áreas de automação, eletrônica e desenvolvimento de software.

#### **ii RICARDO HOVACKER BALDACONI (Autor 2)**



Mestre em Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da USP; Especialista em Automação e Controle pela Faculdade de Tecnologia SENAI "Mariano Ferraz"; Licenciado pela FATEC-SP; Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela Universidade Nove de Julho. Atua a mais de 15 anos como docente, nas áreas de Programação, Microcontroladores, Eletrônica e Robótica; Atualmente é professor do Centro Universitário Senai SP, campus "Roberto Simonsen"..