

Desenvolvimento de jogo sério para fisioterapia respiratória de pacientes com asma

Development of a Serious Game for Respiratory Rehabilitation in Asthma Patients

Letícia Vitória Dulce Teixeira^{1,2}, Sara Del Vecchio¹, Silvana Terezinha Faceroli¹,
Tales Pulinho Ramos¹, Thiago Rodrigues Oliveira^{1,3}

¹IF Sudeste MG - Campus Juiz de Fora
Juiz de Fora – MG – Brasil

²Discente bolsista do grupo PET Conexões Mecatrônica/BSI

³Tutor do Grupo PET Conexões Mecatrônica/BSI

leticiaavdtx@gmail.com,
{sara.vecchio, silvana.faceroli}@ifsudestemg.edu.br
{tales.ramos, thiago.oliveira}@ifsudestemg.edu.br

Abstract. Introduction: Serious games and exergames have been increasingly used in healthcare as tools to support rehabilitation and improve patient engagement, especially in respiratory physiotherapy. **Objective:** To develop integrated software and hardware for respiratory physiotherapy, aiming to promote patient adherence and support treatment. **Methodology or Steps:** A literature review was conducted to select appropriate sensors for respiratory data acquisition, using a differential pressure sensor (MPX5700DP) and an ESP32-C3-Mini microcontroller for data collection and transmission. Data were processed in Python, enabling the development of a game using Pygame and future data analysis, in addition to an interface integrated with an spirometer. **Results:** A functional prototype of the game was developed, allowing adjustment of exercise difficulty based on respiratory pressure and enabling the estimation of clinical parameters such as forced expiratory volume in the first second, forced vital capacity and their respective ratio, widely used in the assessment of respiratory conditions such as asthma. The system also allows data collection for future integration and clinical analysis, contributing to improved patient adherence and supporting healthcare professionals. **Keywords** serious games, exergames, respiratory physiotherapy, biofeedback, spirometry.

Resumo. Introdução: Jogos sérios e exergames têm sido utilizados na saúde como ferramentas de apoio à reabilitação, aumentando o engajamento de pacientes, especialmente na fisioterapia respiratória. **Objetivo:** Desenvolver software e hardware integrados para fisioterapia respiratória, visando melhorar a adesão ao tratamento. **Metodologia ou Etapas:** Foi realizada revisão bibliográfica para seleção de sensores de aquisição de dados respiratórios, utilizando o sensor MPX5700DP e o microcontrolador ESP32-C3-Mini para coleta e transmissão dos dados. Os dados foram processados em Python, permitindo o desenvolvimento de um jogo com Pygame e análises futuras, além da criação de uma interface integrada a um espirômetro de incentivo.

Resultados: *Foi desenvolvido um protótipo funcional do jogo, com ajuste de dificuldade baseado na pressão respiratória, permitindo também a estimativa de parâmetros clínicos como volume expiratório forçado no primeiro segundo, capacidade vital forçada e a razão entre eles, amplamente utilizados na avaliação de doenças respiratórias como a asma. O sistema possibilita a coleta de dados para futura integração e análises clínicas, contribuindo para maior adesão ao tratamento.*

Palavras-Chave jogos sérios, exergames, fisioterapia respiratória, biofeedback, espirometria.

1. Introdução

A asma é uma doença respiratória crônica caracterizada por episódios recorrentes de dispneia e sibilância que, segundo a Organização Mundial da Saúde [World Health Organization 2023], afeta mais de 339 milhões de pessoas em todo o mundo. Em 2016, a doença foi responsável por cerca de 48 mil mortes, com maior incidência em países de baixa e média-baixa renda [World Health Organization 2023]. Trata-se de uma condição de alta prevalência, especialmente na população infantil, que não possui cura nem um teste diagnóstico definitivo. Ainda assim, com acompanhamento adequado e tratamento contínuo, é possível manter o controle da doença e melhorar a qualidade de vida dos pacientes [Matsunaga et al. 2015]. No Brasil, dados do DATASUS indicam que a asma está entre as principais causas de internações por doenças respiratórias, com aproximadamente 72 mil casos anuais e média de 2.450 óbitos entre 2016 e 2020 [Brasil. Ministério da Saúde 2022].

Apesar da eficácia das abordagens terapêuticas disponíveis, a adesão ao tratamento em fisioterapia respiratória ainda representa um desafio significativo, especialmente em populações pediátricas e adolescentes. Fatores como a complexidade do tratamento, a necessidade de rotina contínua, o cansaço e aspectos psicossociais influenciam diretamente o engajamento dos pacientes. Além disso, a redução da supervisão familiar ao longo do desenvolvimento do indivíduo pode contribuir para a diminuição da adesão. Estudos indicam que baixos níveis de adesão estão associados a maior frequência de exacerbações, aumento de internações e pior qualidade de vida, evidenciando a necessidade de estratégias que promovam maior envolvimento do paciente no processo terapêutico [ASSOBRAFIR 2019].

Nesse contexto, o uso de jogos sérios e exergames tem se destacado como uma alternativa promissora na área da saúde, especialmente por sua capacidade de integrar elementos lúdicos a atividades terapêuticas. Essas abordagens podem contribuir para o aumento do engajamento e da motivação dos pacientes, favorecendo a continuidade do tratamento e potencializando seus resultados [Camilo et al. 2016]. No entanto, ainda existem lacunas relacionadas à integração entre dispositivos de aquisição de dados fisiológicos e sistemas interativos em tempo real, particularmente no que se refere ao uso de biofeedback em aplicações voltadas à reabilitação respiratória [Rocha et al. 2023].

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um jogo sério voltado à fisioterapia respiratória de pacientes com asma, integrado a uma interface sensoriada. A proposta busca utilizar parâmetros respiratórios como forma de interação com o ambiente virtual, permitindo a aplicação de biofeedback e a coleta de dados

para análise posterior, contribuindo tanto para o engajamento do paciente quanto para o acompanhamento clínico.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi conduzida inicialmente uma revisão bibliográfica de caráter narrativo, abrangendo publicações dos últimos dez anos, com o objetivo de identificar, na literatura científica, tecnologias de aquisição de sinais respiratórios, protocolos de exercícios empregados na fisioterapia respiratória aplicada à asma, bem como aplicações de jogos terapêuticos voltadas à reabilitação pulmonar. Essa etapa exploratória fundamentou a definição do escopo do projeto, orientando as escolhas metodológicas subsequentes relativas ao sensoriamento, ao protocolo clínico de referência e ao design da mecânica de jogo.

A revisão bibliográfica permitiu identificar diversas modalidades de exercícios que utilizam o Espirômetro de Incentivo (EI), ilustrado na Figura 1, as quais são classificadas conforme a tecnologia do dispositivo e os objetivos terapêuticos pretendidos. Na prática clínica, a espirometria de incentivo divide-se em duas abordagens principais: a fluxo, que utiliza o fluxo inspiratório como forma de biofeedback, e a volume, focada no alcance de capacidades inspiratórias predeterminadas. Adicionalmente, o uso combinado com dispositivos de pressão expiratória positiva (EPAP) tem sido empregado para potencializar o controle respiratório [Firdausi et al. 2022, Rondinel et al. 2015]. As variáveis clínicas monitoradas por essas técnicas estão detalhadas na Tabela 1.



Figura 1. Espirômetro de incentivo.

Estudos indicam que a modalidade a volume está associada a ganhos significativos no Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF_1) e na qualidade de vida de pacientes asmáticos [Siddique et al. 2025]. Nesse contexto, a implementação de sistemas de biofeedback estruturado surge como uma estratégia promissora para organizar o treinamento em sequências específicas, otimizando a mecânica ventilatória e o engajamento do paciente [Aly e Essa 2006].

A dinâmica dos exercícios aplicando o EI baseia-se, de modo geral, na realização de inspirações profundas e sustentadas, com variações nos protocolos conforme o estudo. Recomenda-se, de forma recorrente, a realização de séries de aproximadamente 10 repetições, executadas de três a cinco vezes ao dia [Firdausi et al. 2022, Unat et al. 2024]. Em protocolos combinados com EPAP, são sugeridas sessões com duração média de 20 minutos, realizadas duas vezes ao dia [Rondinel et al. 2015]. Além da espirometria de incentivo, outros dispositivos podem ser incorporados ao treinamento respiratório,

aplicados para o Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) e para o Treino Diafragmático Resistivo [Lage et al. 2016, Singh et al. 2025].

Tabela 1. Parâmetros respiratórios avaliados

Parâmetro	Avaliação clínica	Aplicação terapêutica
VEF ₁	Volume expirado no primeiro segundo	Indicador de obstrução das vias aéreas
CVF	Capacidade vital forçada total	Avaliação da capacidade pulmonar
VEF ₁ /CVF	Relação entre volume e capacidade	Diagnóstico de padrão obstrutivo
PFE	Pico de fluxo expiratório	Monitoramento da intensidade do sopro
Fluxo inspiratório	Velocidade do ar na inspiração	Controle em exercícios com biofeedback

A revisão bibliográfica também permitiu identificar uma gama de jogos terapêuticos que utilizam sensores para medição direta e indireta de fluxo respiratório e dispositivos de áudio acoplados a jogos de celular e de computador. Além disso, foi identificada uma lacuna de integração com espirômetro, permitindo futuro registro de patente, conforme discutido por [Rocha et al. 2023]. Além disso, o estudo ressaltou a necessidade da confiabilidade do sistema, visto que muitos recursos utilizados na gameterapia não são perfeitamente adaptados às necessidades dos pacientes, principalmente os sensores a serem utilizados para a prática.

Com base na necessidade de um sensor que captasse pressão negativa, foi selecionado o sensor de pressão diferencial MPX5700DP (Figura 2), devido à sua elevada sensibilidade, boa resolução e compatibilidade com a faixa de pressão associada aos fluxos respiratórios humanos. Sensores desse tipo permitem a inferência do fluxo de ar a partir da diferença de pressão gerada durante os ciclos de inspiração e expiração, sendo amplamente utilizados em aplicações respiratórias, conforme destacado por [Massaroni et al. 2019]. A adequação da faixa de operação do sensor foi verificada com base em valores de fluxo respiratório (PEF), tipicamente entre 300 e 600 L/min em adultos saudáveis, conforme descrito por [Miller et al. 2005]. Esses valores permitem estimar diferenças de pressão associadas ao escoamento aéreo por meio de modelos de resistência das vias respiratórias.

Para a aquisição e transmissão dos dados, foi utilizado o microcontrolador ESP32-C3-MINI, escolhido por seu tamanho compacto, baixo consumo de energia e capacidade de comunicação serial eficiente. O sensor foi conectado ao microcontrolador, responsável pela leitura dos sinais analógicos, conversão para formato digital e envio dos dados para um sistema computacional via protocolo I²C (*inter-integrated circuit*). O conversor analógico-digital do microcontrolador possui 12 bits de resolução e a tensão medida foi normalizada e convertida em pressão (kPa) utilizando a curva característica do sensor,



Figura 2. Sensor de pressão diferencial MPX5700DP utilizado no sistema.

através de

$$P = \frac{\left(\frac{V}{V_{ref}} - 0.04\right)}{0.0012858}, \quad (1)$$

em que V_{ref} é a tensão de alimentação do circuito (5 V) e V é a tensão em volts lida na saída do sensor. Para redução de ruídos foi aplicado um filtro média móvel dado por

$$y[n] = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} x[n-l], \quad (2)$$

em que $x[n]$ corresponde à n -ésima amostra do vetor composto pelos valores obtidos através da Equação (1) e $M = 100$ a ordem adotada para o filtro. O período de amostragem escolhido foi de $T = 30$ ms.

No ambiente computacional, foi desenvolvido o jogo *AirFly* utilizando a linguagem Python e a biblioteca *Pygame*. O desenvolvimento foi orientado por um *Game Design Document* (GDD), focando na criação de um sistema de biofeedback intuitivo. A mecânica principal baseia-se em um sistema de rolagem lateral (*side-scrolling*) inspirado em modelos clássicos de interação por um único comando (*one-button games*), como o *Flappy Bird*. A escolha por uma mecânica amplamente difundida e de baixa curva de aprendizado foi estratégica: o objetivo não é a inovação em *game design* artístico, mas sim a validação de uma interface de controle não convencional. Ao utilizar um modelo de jogo familiar, garante-se que o esforço cognitivo do paciente seja direcionado à execução correta do exercício respiratório, e não à compreensão de regras complexas. O sistema foi projetado tendo como público-alvo principal indivíduos infantojuvenis e jovens adultos acometidos pela asma, grupos que frequentemente apresentam desafios de adesão aos protocolos de fisioterapia convencional devido ao caráter repetitivo dos exercícios. Nesta etapa do trabalho, o foco concentrou-se no desenvolvimento do hardware e na validação de bancada dos algoritmos de processamento de sinais, sem a realização de testes com seres humanos. A interface gráfica e a mecânica do jogo foram concebidas para serem intuitivas e motivadoras, visando uma futura transponibilidade clínica. A eficácia do sistema com usuários reais e a validação clínica dos parâmetros de espirometria estimada

serão objeto de estudos futuros, condicionados à aprovação por Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

Essa abordagem estruturada possibilita a aplicação de técnicas de gameterapia, promovendo maior engajamento do paciente durante os exercícios respiratórios, ao mesmo tempo em que garante coerência entre os objetivos clínicos e os elementos de design do jogo. Além disso, o uso do GDD contribui para a reprodutibilidade do sistema, permitindo a padronização do desenvolvimento e futuras expansões da aplicação.

Adicionalmente, foram incorporadas rotinas para análise dos dados coletados, incluindo tratamento de sinais, filtragem e extração de características relevantes, como amplitude do sinal, frequência respiratória e padrões de variação entre inspiração e expiração. Esses dados podem ser utilizados para avaliação do desempenho do paciente e acompanhamento da evolução clínica ao longo do tratamento.

Por fim, foi projetada e modelada em ambiente 3D uma interface física customizada, a qual pode ser vista na (Figura 3), para acoplar o sensor de pressão ao espirômetro de incentivo de forma não invasiva. Esse dispositivo de adaptação atua como uma peça de integração posicionada entre a entrada e a saída do espirômetro, conectando as duas extremidades do circuito pneumático e garantindo a estanqueidade do fluxo de ar sem que haja contato direto do paciente com o sensor MPX5700DP. Dessa forma, o elemento sensível permanece isolado do fluxo respiratório do usuário, preservando sua integridade e evitando contaminação cruzada entre sessões. Quanto à higienização, o bocal foi projetado como peça removível e independente da estrutura de acoplamento do sensor, podendo ser desconectado, higienizado ou substituído entre diferentes usuários sem necessidade de manuseio da instrumentação eletrônica.



Figura 3. Protótipo desenvolvido para integração com espirômetro.

Ferramentas de inteligência artificial foram utilizadas como apoio na redação, organização estrutural do manuscrito e assistência no desenvolvimento e revisão de trechos de código. Todo o conteúdo foi revisado e validado pelos autores, que se responsabilizam integralmente pelo trabalho apresentado.

3. Resultados e Discussão

A estrutura do jogo desenvolvido foi concebida com base em princípios de design aplicados a exercícios terapêuticos respiratórios, integrando mecânicas lúdicas focadas ao

público infanto-juvenil a práticas consolidadas de espirometria de incentivo. O ambiente, conforme pode ser observado na Figura 4, consiste em um cenário bidimensional com rolagem lateral contínua, no qual o usuário controla um avião que se desloca horizontalmente enquanto deve evitar obstáculos verticais distribuídos ao longo do percurso.

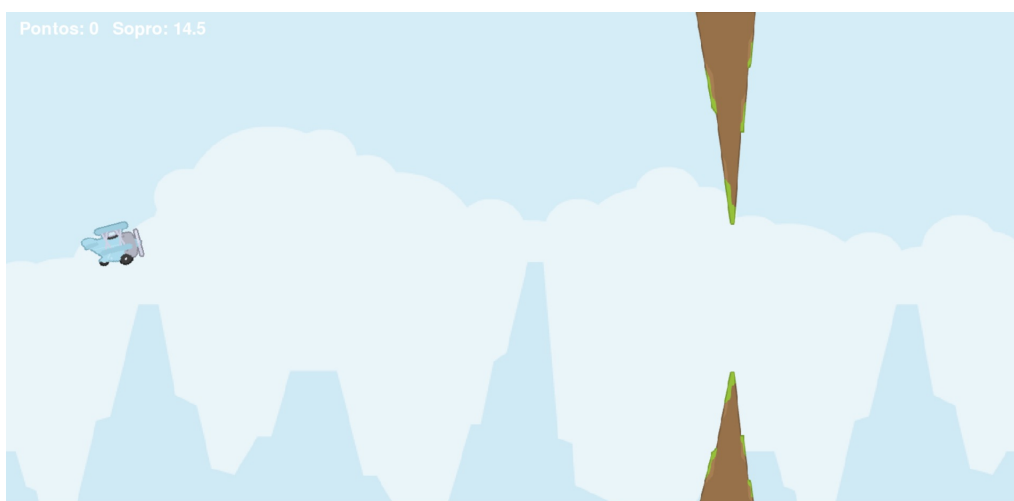


Figura 4. Execução do jogo durante a interação com obstáculos.

A mecânica central baseia-se no controle do movimento vertical do avião por meio da inspiração. Quando o usuário realiza uma inspiração acima de um limiar mínimo (definido inicialmente durante o jogo pelo profissional), o personagem recebe um impulso ascendente; na ausência de sopro, o avião sofre ação de uma força gravitacional, resultando em movimento descendente. Essa dinâmica estabelece uma relação direta entre intensidade do sopro e resposta no jogo, exigindo controle fino do fluxo inspiratório para manutenção do voo. Os obstáculos são compostos por estruturas superior e inferior com uma abertura variável entre elas, exigindo que o usuário ajuste continuamente a intensidade e duração da expiração para atravessar os espaços disponíveis. A progressão do jogo ocorre por meio do aumento gradual da velocidade dos obstáculos, elevando a dificuldade e demandando maior controle respiratório ao longo do tempo para a obtenção de pontos do usuário. É indicada a colisão ou o avanço no jogo de forma gráfica, sem impedir o usuário de continuar realizando a terapia. O paciente tem acesso ao seu próprio desempenho após o relatório final.

Além dos obstáculos de passagem, que privilegiam o controle dinâmico do fluxo respiratório, o GDD prevê a inclusão de corredores de sustentação: trechos do percurso em que a abertura entre as estruturas superior e inferior permanece fixa por um intervalo de 3 a 5 segundos, exigindo que o usuário mantenha o avião dentro dessa faixa de altitude por meio de uma inspiração contínua e controlada, e não de impulsos breves e sucessivos. Essa mecânica busca induzir uma contração isométrica sustentada da musculatura inspiratória, em contraposição a padrões de sopro rápido e repetitivo que podem favorecer a hiperventilação [Lage et al. 2016, Singh et al. 2025].

Do ponto de vista terapêutico, a organização do jogo em tentativas curtas, com duração limitada, permite sua associação direta a repetições de exercícios respiratórios, alinhando-se a protocolos que recomendam séries de aproximadamente 10 repetições.

A repetição dessas tentativas dentro de uma sessão promove a prática contínua, aproximando-se de sessões terapêuticas com duração média de 20 minutos. Além disso, o GDD prevê a segmentação da sessão em tentativas curtas intercaladas por intervalos de descanso ativo, nos quais o avião é mantido em voo estável sem exigência de esforço inspiratório, permitindo a recuperação da musculatura entre as repetições, evitando fadiga da musculatura respiratória. O jogo se encerra após as repetições finalizadas.

Paralelamente à interação lúdica, o sistema realiza a aquisição e o processamento contínuo dos sinais, permitindo a extração de métricas como a intensidade do fluxo, a duração dos ciclos respiratórios e a variabilidade temporal das manobras. Para validar a funcionalidade desta rotina, foram realizados testes de bancada que demonstram a capacidade do sistema em converter as leituras de pressão em dados processados.

Como resultado dessa etapa técnica, o sistema gera automaticamente visualizações gráficas e relatórios em formato PDF, conforme ilustrado nas Figuras 5 e 6. Estes documentos sintetizam o comportamento respiratório simulado e apresentam estimativas de parâmetros indiretos, como a relação VEF_1/CVF . Cabe ressaltar que os registros apresentados possuem caráter estritamente ilustrativo, servindo para comprovar a viabilidade da arquitetura de dados e a eficácia das rotinas de exportação do sistema antes de sua aplicação em contexto clínico.

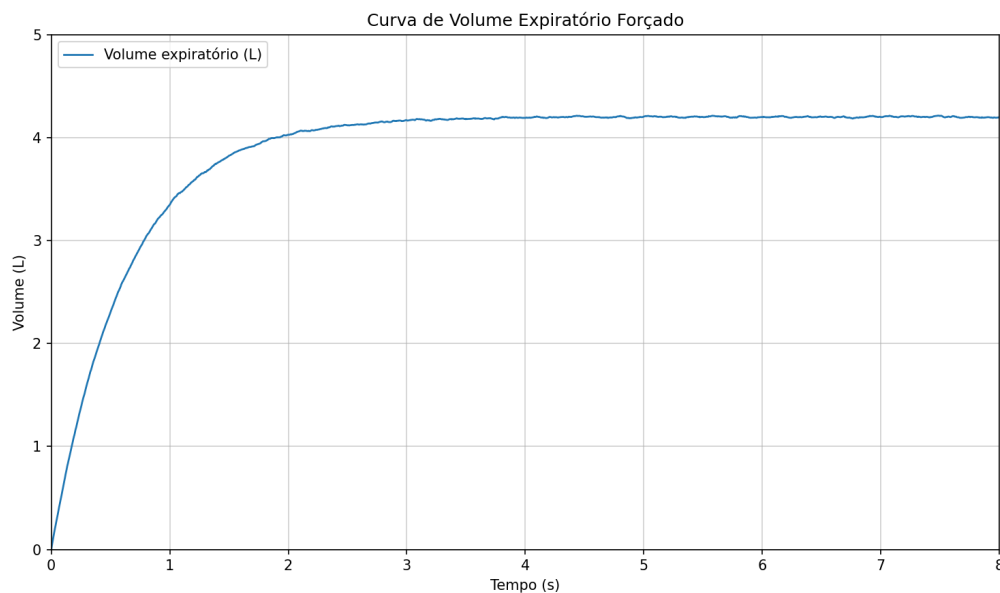


Figura 5. Curva de Volume Expiratório Forçado.

Relatório de Sessão #1 · 21/04/2026 09:31

Protocolo terapêutico

Protocolo baseado em **Firdaisi et al. (2022)** e **Unat et al. (2024)**: séries de **10 repetições, 3-5 vezes ao dia**. Protocolo EPAP: sessões de **20 min, 2x ao dia**.

Parâmetro	Meta	Sessão atual	Aderência
Repetições / série	10	10	—
Séries realizadas	3-5	1	Incompleto
Total repetições	30	1	—
Duração	~20 min	0.1 min	1 %

Parâmetros espirométricos (médias da sessão)

Parâmetro	Valor médio	Referência	Interpretação
CVF	4.20 L	3,5-5,0 L	Dentro do esperado
VEF1	3.35 L	2,5-4,0 L	Dentro do esperado
PFE	10.80 L/s	8-14 L/s	Dentro do esperado

Valores de referência para adulto médio. Interpretação clínica deve considerar dados antropométricos.

Figura 6. Relatório gerado ao final do exercício.

4. Conclusão

A convergência entre a manufatura aditiva, sensores de precisão e a gamificação demonstra ser uma estratégia eficaz para enfrentar a baixa adesão terapêutica em doenças crônicas como a asma. Ao transformar um espirômetro de incentivo convencional em uma interface controladora, este trabalho propõe uma alternativa que preenche a lacuna entre o exercício físico analógico e o monitoramento digital quantitativo.

A arquitetura desenvolvida não se limita apenas ao entretenimento, mas estabelece um ecossistema de dados que favorece a telemetria na reabilitação. A geração automatizada de relatórios e a extração de parâmetros sugerem um potencial de uso em contextos de telessaúde, permitindo que o profissional de saúde monitore a evolução do paciente remotamente. Além disso, a modularidade do sistema abre caminho para a dificuldade adaptativa, onde os desafios do jogo podem ser ajustados automaticamente conforme a melhora da capacidade respiratória do usuário. Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se explorar o desenvolvimento de uma rotina de calibração específica para o sensor, uma vez que o MPX5700DP apresenta sensibilidade térmica que pode comprometer a precisão das leituras, além de estar sujeito às variações individuais na capacidade respiratória de cada paciente.

Embora a validação clínica com grupos amostrais seja a etapa subsequente necessária, os resultados de bancada confirmam a viabilidade técnica e a estabilidade do

sistema. Em última análise, o projeto reafirma o papel dos jogos sérios como ferramentas de empoderamento do paciente, transformando a rotina de tratamento em uma jornada motivadora e clinicamente documentada.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais — *Campus* Juiz de Fora pelo apoio institucional e infraestrutura laboratorial cedida para a realização desta pesquisa.

Este trabalho foi desenvolvido com o suporte do Programa de Educação Tutorial (PET), através da Pró-Reitoria de Ensino e do Ministério da Educação (MEC), cujas bolsas e recursos foram fundamentais para o fomento das atividades de pesquisa e extensão aqui apresentadas.

Agradecemos também aos demais membros do grupo PET Conexões Mecatrônica/BSI pela colaboração nas discussões técnicas e revisões que contribuíram para o amadurecimento do protótipo e do software de treinamento assistivo.

Referências

- Aly, F. e Essa, M. (2006). Efficacy of breathing retraining using modified incentive spirometric biofeedback system on ventilatory function in moderate versus severe asthmatic children. Accessed online.
- ASSOBRAFIR (2019). Diretrizes de fisioterapia respiratória.
- Brasil. Ministério da Saúde (2022). Informações de saúde (tabnet) - datasus. Acesso em: 25 mar. 2026.
- Camilo, M. S. et al. (2016). Jogos sérios para a saúde: uma revisão narrativa. *Journal of Health Informatics*, pages 211–218.
- Firdausi, U., Subadi, I., Poerwandari, D., e Amin, M. (2022). Effects of home-based incentive spirometry on fev1, fvc, 6-mwt, control status and quality of life of asthma patients. *International Journal of Research Publications (IJRP)*, 92(1):122–130.
- Lage, S. M., Pereira, D. A. G., Hoffman, M., de Andrade, A. D., Fregonezi, G., e Parreira, V. F. (2016). Inspiratory muscle training (imt) in patients with asthma: A pilot study. *European Respiratory Journal*, 48.
- Massaroni, C., Nicolò, A., Lo Presti, D., Sacchetti, M., Silvestri, S., e Schena, E. (2019). Contact-based methods for measuring respiratory rate. *Sensors*, 19(4):908.
- Matsunaga, N. Y., Ribeiro, M. A. G. O., e Saad, I. A. B. (2015). Exercícios respiratórios no tratamento da asma. *Revista Brasileira de Medicina*, 72(3):85–90.
- Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten, C. P. M., Gustafsson, P., Jensen, R., Johnson, D. C., MacIntyre, N., McKay, R., Navajas, D., Pedersen, O. F., Pellegrino, R., Viegi, G., e Wanger, J. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2):319–338.
- Rocha, F. V. T., Oliveira, L. S., Silva, P. H. S., Cardoso, A. C., Mendes Junior, A. C., e Leite, C. M. C. (2023). Prospecção de recursos tecnológicos para reabilitação

fisioterapêutica respiratória por meio da gameterapia. *Fisioterapia Brasil*, 24(6):1009–1023.

Rondinel, T. Z. et al. (2015). Incentive spirometry combined with expiratory positive airway pressure improves asthma control and quality of life in asthma: a randomised controlled trial. *Journal of Asthma*, 52(2):220–226.

Siddique, M. et al. (2025). Resistive diaphragmatic training versus volume-oriented spirometry on pulmonary function test and functional capacity in asthmatic patients. *Current Research in Medical and Pharmaceutical Sciences*, 4(1):15–22.

Singh, R., Choudhry, D., Chaudhary, D., e Kumari, A. (2025). Comparison of the effect of inspiratory muscle training and incentive spirometer on pulmonary function, respiratory muscle strength, dyspnea and asthma control in asthmatic patients. *International Journal of Research and Review*, 12(3):361–369.

Unat, D. S., Unat, O., e Deniz, S. (2024). Evaluating the role of incentive spirometry in asthma management: A prospective controlled study on spirometry and asthma control test improvements. *International Journal of General Medicine*.

World Health Organization (2023). Asthma. Acesso em: 25 mar. 2026.