UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
THAMIRES DA SILVA COPESKI

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE JOGO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA EXECUÇÃO DA TÉCNICA EXPIRAÇÃO LENTA PROLONGADA ATIVA

MOGI DAS CRUZES, SP
2025

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
THAMIRES DA SILVA COPESKI

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE JOGO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA EXECUÇÃO DA TÉCNICA EXPIRAÇÃO LENTA PROLONGADA ATIVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica.
Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Orientadora: Dra. Silvia Regina Matos da Silva Boschi

MOGI DAS CRUZES, SP
2025

FINANCIAMENTO



Ficha catalográfica
Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Copeski, Thamires da Silva
C782d Desenvolvimento de um protótipo de jogo para dispositivos móveis para execução da técnica expiração lenta prolongada ativa / Thamires da Silva Copeski. -- Mogi das Cruzes, SP: Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
50 f. : il.
Inclui bibliografia

Tese (Mestrado em Engenharia Biomédica) -- Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
Orientação: Profa. Dra. Silvia Regina Matos da Silva Boschi.

1. Fisioterapia respiratória 2. Modalidades de fisioterapia 3. Aplicativos móveis 4. Cooperação do paciente 5. Expiração lenta prolongada I. Boschi, Silvia Regina Matos da Silva II. Universidade de Mogi das Cruzes III. Título.

CDD 616.24062

Elaborada por Maria Cristina Alves Silva Xavier – CRB-8/10077

ATAS

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Às dez horas do dia nove de setembro de dois mil e vinte e cinco, pela Universidade de Mogi das Cruzes, realizou-se a defesa de dissertação intitulada "DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE JOGO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA EXECUÇÃO DA TÉCNICA EXPIRAÇÃO LENTA PROLONGADA ATIVA" para obtenção do grau de mestre pelo(a) candidato(a) **Thamires da Silva Copeski.** Tendo sido o número de créditos alcançados pelo(a) mesmo(a) no total de 51 (cinquenta e um), a saber: 27 unidades de crédito em disciplinas de pós-graduação e 24 unidades de crédito no preparo da dissertação, o(a) aluno(a) perfaz assim os requisitos para obtenção do grau de mestre. A comissão examinadora estava constituída dos senhores professores doutores: Silvia Regina Matos da Silva Boschi e Terigi Augusto Scardovelli da Universidade de Mogi das Cruzes e Vera Lucia dos Santos Alves da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, sob a presidência da primeira, como orientadora da dissertação. A sessão pública da defesa de dissertação foi aberta pela senhora presidente da comissão que apresentou o(a) candidato(a). Em seguida o(a) candidato(a) realizou uma apresentação oral da dissertação. Ao final da apresentação da dissertação, seguiram-se as arguições pelos membros da comissão examinadora. A seguir a comissão, em sessão secreta, conforme julgamento discriminado por cada membro, considerou o(a) candidato(a)

APROVADA (aprovado(a) /reprovado(a)) por UNANIMIDADE (unanimidade/maioria)

Mogi das Cruzes, 09 de setembro de 2025.

Comissão Examinadora	Julgamento
Documento assinado digitalmente gov.br TERIGI AUGUSTO SCARDOVELLI Data: 10/09/2025 15:19:58-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br	
Prof. Dr. Terigi Augusto Scardovelli	Aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))
Profª Drª Vera Lucia dos Santos Alves	Aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))
Documento assinado digitalmente gov.br SILVIA REGINA MATOS DA SILVA BOSCHI Data: 10/09/2025 13:58:02-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br	
Profª Drª Silvia Regina Matos da Silva Boschi	Aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))

RESUMO

Na prática clínica da fisioterapia respiratória pediátrica, tanto em nível ambulatorial quanto hospitalar, a cooperação do paciente é essencial para a execução adequada das técnicas terapêuticas, as quais são aplicadas conforme objetivos específicos e necessidades individuais. Quando o foco está na higiene brônquica, enfatiza-se a técnica de Expiração Lenta Prolongada ativa (ELPr), já consolidada na prática clínica e respaldada por diversos estudos que comprovam sua eficácia. A utilização do lúdico como recurso terapêutico favorece a adesão ao tratamento, tornando-o mais atrativo, especialmente para o público infantil. Diante disso, a proposta deste estudo foi desenvolver um protótipo de jogo para dispositivos móveis para execução da técnica expiração lenta prolongada ativa. Para isso foi criado um history game, o desenvolvimento foi consolidado em uma fundamentação teórica composta pela fisiologia respiratória, conhecimento do cenário atual de protótipos de tecnologias para fisioterapia respiratória. Observou-se um número expressivo de estudos que utilizam jogos na reabilitação motora, embora esses estudos apontem ganhos indiretos no sistema cardiopulmonar, essa não é a ênfase principal das intervenções analisadas. Assim, reforça-se a necessidade de desenvolvimento de mais tecnologias voltadas especificamente à subárea da fisioterapia respiratória. O protótipo de um jogo foi nomeado: Jimmy, o mergulhador, onde o personagem é controlado pelo jogador por meio da sua expiração mensurada pelo microfone. O desenvolvimento do jogo seguiu etapas, uma delas a validação por meio dos testes de software tipo “C” no qual apresentou resultados positivos. O maior diferencial trata-se da distribuição dos obstáculos presentes no cenário, de forma que o padrão da expiração aconteça exatamente como deve ser executado na manobra de higiene brônquica ELPR ativa (expiração lenta prolongada), buscando fornecer resultado da terapia junto ao lúdico. Conclui-se que o uso de jogos digitais como ferramenta auxiliar na fisioterapia respiratória pediátrica mostra-se promissor, especialmente ao integrar aspectos técnicos da terapia com o engajamento lúdico do paciente infantil

Palavras-chave: Fisioterapia respiratória; jogo; pediatria.

ABSTRACT

In pediatric respiratory physiotherapy clinical practice, both at the outpatient and hospital levels, patient cooperation is essential for the proper execution of therapeutic techniques, which are applied according to specific objectives and individual needs. When the focus is on bronchial hygiene, the Active Prolonged Slow Expiration (ELPr) technique is emphasized, already well-established in clinical practice and supported by numerous studies demonstrating its effectiveness. The use of playful activities as a therapeutic resource promotes treatment adherence, making it more appealing, especially for the pediatric population. Given this, the aim of this study was to develop a mobile game prototype for the execution of the Active Prolonged Slow Expiration technique. For this purpose, a history game was created, and its development was grounded in a theoretical framework encompassing respiratory physiology and knowledge of the current landscape of technological prototypes for respiratory physiotherapy. A significant number of studies using games in motor rehabilitation were observed; however, although these studies report indirect benefits to the cardiopulmonary system, this is not the primary focus of the interventions analyzed. This highlights the need for further development of technologies specifically targeted at the respiratory physiotherapy subfield. The game prototype was named “Jimmy, the Diver”, in which the character is controlled by the player through their exhalation, measured by the device’s microphone. The game development followed several stages, including validation through type “C” software testing, which yielded positive results. Its main distinguishing feature is the distribution of obstacles within the game environment, designed so that the exhalation pattern occurs exactly as prescribed in the ELPr active bronchial hygiene maneuver, thereby integrating therapeutic outcomes with playful engagement. In conclusion, the use of digital games as an auxiliary tool in pediatric respiratory physiotherapy appears promising, particularly by combining the technical aspects of therapy with the playful engagement of the child patient.

Keywords: Respiratory physiotherapy; game; pediatrics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais causas de internação por doenças respiratórias em crianças (Brasil, 2013-2022)
. 14
Figura 2 - Zonas pulmonares de Weibe. 15
Figura 3 - Anatomia pulmonar 17
Figura 4 - Um dispositivo que transforma a respiração expiratória em dados digitais por meio de um sensor de pressão. 21
Figura 5 - *Ange Gardien.* *21*
Figura 6 - *Pep hero.* *22*
Figura 7 - *Globule.* *22*
Figura 8 - *Creep Fontier* *23*
Figura 9 - *Ludicross.* *23*
Figura 10 - Menu Principal, primeira tela visualizada ao abrir o jogo. 32
Figura 11 - Apresenta o menu principal, as opções ajustes aparece a barra em verde, onde o usuário poderá ajustar a sensibilidade do microfone tornando mais preciso a captação da expiração. 32
Figura 12 - Esboço do personagem, dos objetos que serão coletados, a tecla sair e pontuação. 33
Figura 13 - Tela após o jogador clicar em "loja" onde aparece os itens de personalização do personagem. 33
Figura 14 - Diagrama de caso de uso. 34
Figura 15 - Apresentação visual do diagrama de classes. 35
Figura 16 - Tela inicial com o menu do jogo 37
Figura 17 - Fase inicial de mergulho do personagem. 38
Figura 18 - Fase de manutenção do mergulho do personagem. 38
Figura 19 - Fase de manutenção do mergulho, com variação do cenário. 38
Figura 20 - Fase final de mergulho do personagem. 39
Figura 21 - Tela de finalização do jogo. 39

SUMÁRIO

RESUMO **5**
ABSTRACT **6**
LISTA DE ILUSTRAÇÕES **7**

1. INTRODUÇÃO **9**

2. OBJETIVOS **11**
2.1 OBJETIVO GERAL **11**
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO. **11**

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **12**

4. MÉTODO. **24**
4.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO… 25
4.2.1 ESCOPO DO PROTÓTIPO… 25
4.2.2 HISTORY GAME 27

5. RESULTADOS **39**
5.1 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE JOGO 39
5.2 TESTE DE CAIXA BRANCA E PRETA 39

6. DISCUSSÃO **43**

7. CONCLUSÃO **49**

REFERÊNCIAS **50**

1. INTRODUÇÃO

Doenças respiratórias predominam na epidemiologia das internações pediátricas em todo Brasil, o profissional da fisioterapia deve atuar sem tornar um trauma a experiência do contato fisioterapêutico, de forma que após alta não existam barreiras traumáticas que comprometam a eficácia de continuidade do cuidado na atenção primária (NATALI *et al.,* 2011).

Estratégias de *cooping* são necessárias para minimizar as consequências, muitas adotadas pela própria criança como brincar, cantar, rezar, podendo ser estimulada e reforçada pelos profissionais da saúde e familiares, garantindo melhor aderência ao tratamento, diminuindo repercussões emocionais e negação aos atendimentos, o profissional da fisioterapia pode utilizar de recursos lúdicos a fim de contribuir nos resultados de aderência ao tratamento sem perder a eficácia da reabilitação (MARSAC *et al.*, 2013).

Os autores ainda relatam que o brincar possui diferentes aplicações estratégicas, sendo uma terapêutica com potencial para ir além da distração que contribui para manutenção e estímulo do cognitivo e educacional, pode ser utilizada para o paciente compreender e consequentemente melhorar a aceitação do procedimento a ser executado na mesma.

Jogos digitais são potenciais ferramentas nessa estratégia, proporcionando o lúdico, o que significa que há divertimento com algum objetivo, como por exemplo o jogo "*Hospital Mirim*" com simulação de procedimento de coleta de sangue, proporciona a vivência antecipada do passo a passo do procedimento, levando a redução da percepção da dor pelos usuários submetidos à coleta (FURTADO *et al.*, 2020).

A reabilitação física trata-se processo que se almeja melhorar desempenho de uma pessoa que sofreu com alguma doença ou possua alguma condição que limite sua atividades diárias, para isso podem ser feito uso de dispositivos disponíveis no mercado para o atendimento desde o público infantil até adultos e idosos, fora do contexto hospitalar os benefícios ainda existem como a maior aderência ao tratamento além de contribuir com ganhos não terapêuticos aumentando do vínculo de confiança entre terapeuta e paciente e continuidade do cuidado (SUBTIL *et al.*, 2011).

A intervenção do brincar deve promover propósito para a criança, um estudo sugeriu diversas atividades às crianças hospitalizadas e houve uma maior aderência pelos jogos de bingo, do que em relação a demais atividades sugeridas como jogos de tabuleiro, cantar e dançar, acredita-se que tal escolha é pelo diferencial de promoção de uma competitividade saudável (MOTTA e ENUMO, 2004).

O olhar técnico do profissional da reabilitação deve visar a escolha de recursos que possam contribuir com a terapêutica e são necessários cuidados no processo de promoção do brincar, é imprescindível o planejamento anterior a sessão com a definição do recurso que esteja de acordo com o objetivo proposto, e esteja adequado para demanda do paciente evitando o risco da criança não conseguir atingir o marco desejado pela má escolha de dispositivo, o que pode frustrar e gerar efeito reverso na terapia (FUJISAWA e MANZINI, 2006).

Um dos desafios na fisioterapia respiratória é habilidade do terapeuta na sua capacidade de transmissão de comandos verbais para a execução dos exercícios respiratórios, que se baseiam no controle de volume pulmonar assim como a expansão pulmonar, velocidade de variação de fluxo, o que exige comunicação clara e objetiva, e da também da consciência corporal do paciente. Um exemplo é a técnica ELPr ativa (Expiração Lenta Prolongada Ativa), na qual o paciente realiza a expiração de forma controlada, por um período superior ao habitual, com o objetivo de otimizar a eliminação de secreções pulmonares. A eficácia do procedimento depende do alcance do tempo de expiração previamente estabelecido pelo terapeuta, levando em consideração fatores como a idade do paciente. Caso esse tempo não seja atingido, o indivíduo estará apenas expirando normalmente, sem executar corretamente a técnica. (CHAVES *et al*., 2019; ROQUÉ-FIGULS *et al*., 2023; SAMENTO, 2017).

Não sendo incomum encontrar dissertações de mestrado voltadas a criação de jogos digitais respiratórios, e dentre as encontradas baseiam-se em missões a serem cumpridas e ou controlar ações com o sopro, não havendo descrição sobre o jogo e se o mesmo exige algum tempo do sopro ou se analisa velocidade do fluxo, baseiam na presença e ausência da respiração para controle. A efetividade do exercício respiratório depende da execução adequada da variação de tempo, volume e controle de fluxo, o ato de inspirar e expirar é apenas uma das possíveis técnicas, portanto faz necessário um game com potencial de execução de exercícios respiratórios validados de fácil execução e compreensão do profissional a comandar o jogo e do paciente praticar, garantindo melhor aderência ao tratamento e de custo acessível aos serviços de saúde (GIRARDI e GIRARDI, 2022).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um jogo para dispositivos móveis para execução da técnica expiração lenta prolongada ativa para crianças.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Validar o aplicativo através dos testes de *software.*

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fisioterapia respiratória trata-se de uma área especializada da fisioterapia, podendo ser aplicada em diferentes contextos e com diversos públicos, como prematuros, crianças, adultos e idosos. Destaca-se pelo conjunto de técnicas e recursos voltados à melhora da função pulmonar, mobilização de secreções e otimização da ventilação, contribuindo para a recuperação e manutenção da saúde respiratória (SAMENTO, 2017).

No contexto clínico, pode atuar desde a atenção primária, com foco na prevenção de complicações pulmonares e na melhora da qualidade de vida, até os níveis secundário e terciário, nos quais o enfoque está na estabilização, recuperação e reabilitação do paciente. Há evidências que sustentam sua eficácia na redução de complicações, no encurtamento do tempo de internação e na promoção da alta hospitalar (SAMENTO, 2017; CROSS, 2022).

Historicamente, métodos tradicionais como a percussão torácica — técnica amplamente utilizada no século XX — inicialmente valorizados por sua capacidade de gerar fluxo turbulento nas vias aéreas, com o intuito de mobilizar secreções. Contudo, estudos mais recentes demonstraram que essa forma de intervenção não apenas carece de eficácia na remoção das secreções, como também pode acarretar efeitos adversos, especialmente em populações mais vulneráveis, como a pediátrica (ALVES, VIANA e ROCHA-SILVA, 2025).

Com os avanços no entendimento da fisiologia respiratória, houve uma transição para abordagens mais modernas, baseadas em princípios fisiológicos (aproveita-se dos mecanismos biológicos do organismo para alcançar um efeito desejado) e evidências científicas. Um marco importante foi a contribuição do fisioterapeuta belga Guy Postiaux, que propôs o uso de técnicas que respeitam as fases do ciclo respiratório, com foco no controle do fluxo expiratório (controlar a saída do ar dos pulmões)**.** Postiaux defendeu que a sincronização das técnicas com a ventilação espontânea do paciente, utilizando a expiração prolongada e controlada, poderia gerar um fluxo mais eficiente, com menor risco de lesões nas vias aéreas frágeis (POSTIAUX, 2009; CRISP, 2014).

Além disso, o autor foi um dos pioneiros na construção do raciocínio clínico voltado à fisioterapia respiratória pediátrica, enfatizando a importância do toque do fisioterapeuta e da comunicação não verbal como recursos para garantir conforto e segurança ao paciente, sem perder a eficácia da técnica (POSTIAUX, 2009).

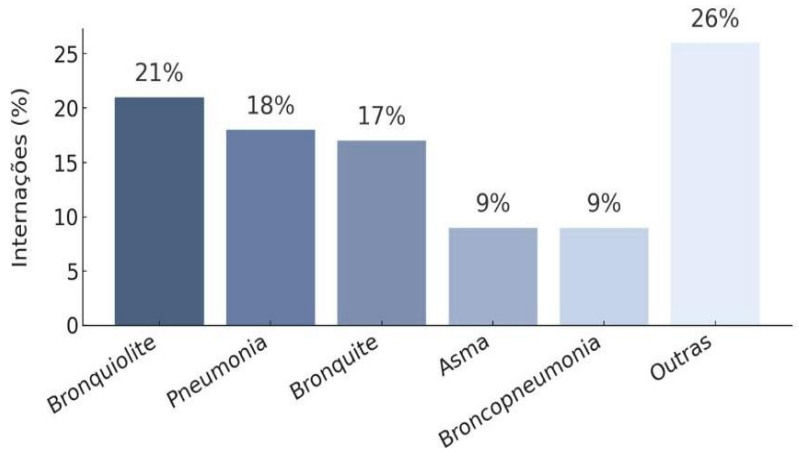
As condutas do profissional de fisioterapia são definidas por meio de avaliação detalhada, na qual se investiga a doença de base e as complicações adquiridas, bem como o estado funcional do paciente, considerando três medidas: capacidade respiratória (incluindo a

ausculta pulmonar, o padrão de ventilação, a oxigenação e a tolerância ao esforço) e o nível de independência, relacionado ao quanto precisa ou não de ajuda para realizar atividades. Também são avaliadas a capacidade física, compreendendo força, resistência e amplitude de movimento (ALVES, 2025).

Após a avaliação com a coleta de medidas supracitadas, há definição de objetivos terapêuticos e escolha das condutas adequadas para cada caso. Os objetivos variam conforme o perfil e as necessidades do indivíduo, podendo incluir: higiene brônquica, que consiste em técnicas destinadas a favorecer a mobilização e a eliminação de secreções das vias aéreas; reexpansão pulmonar, que visa restaurar o volume e a ventilação de áreas pulmonares colapsadas ou hipoventiladas; e aumento da resistência respiratória, cujo foco é melhorar a capacidade dos músculos respiratórios de sustentar esforços ventilatórios por períodos prolongados. Para cada objetivo, existem técnicas específicas que devem ser selecionadas de acordo com a condição clínica e as metas estabelecidas (ALVES, 2025; NORRIS, 2021).

E em casos que exista a necessidade de higiene brônquica, o que é comum na maioria dos casos dos pacientes que precisam de fisioterapia respiratória, pois as patologias que acometem o sistema respiratório, a grande maioria cursa com aumento exacerbado de secreção como nos casos de bronquiolite, pneumonia, tuberculose, e em menor quantidade na asma e bronquite. Há ainda em pacientes acometidos por outras patologias de causas não respiratórias, mas que com a diminuição da atividade motora do indivíduo, acarreta em acúmulo de secreção pelo imobilismo. O público pediátrico sofre predominantemente por causas respiratórias, como mostra a Figura 1 (ALVES, 2025).

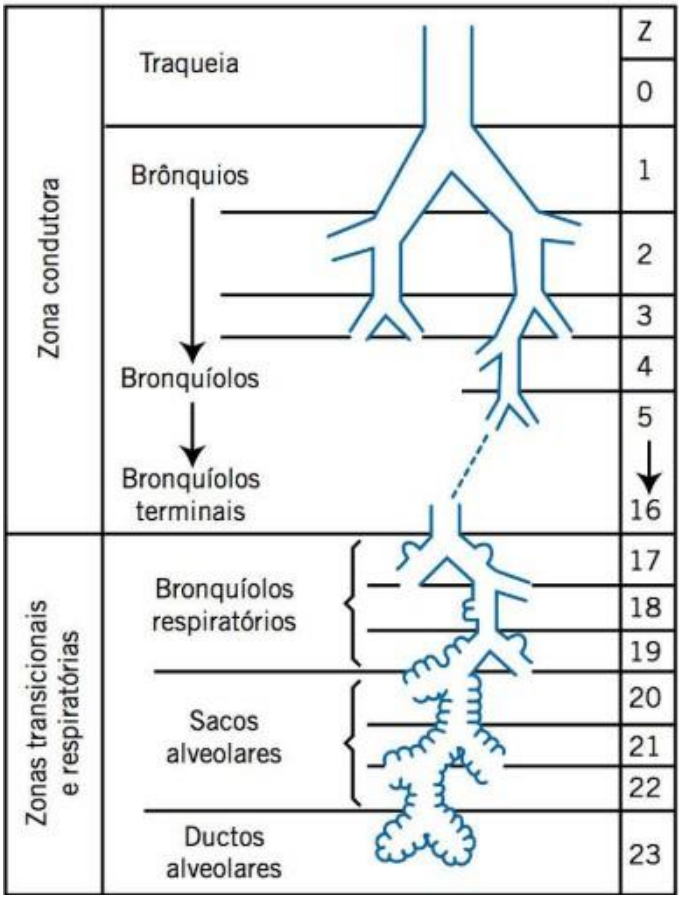
Figura 1: Principais causas de internação por doenças respiratórias em crianças (Brasil, 2013-2022).



Fonte: ALARCON, 2015.

Sendo a ausculta pulmonar direcionadora para a escolha da técnica de higiene brônquica, identificando se há presença do murmúrio vesicular que corresponde ao som normal e suave da passagem do ar nos pulmões, buscando os ruídos que indicam que há secreção, e em qual região do pulmão está essa secreção, definindo assim a escolha da técnica. Na identificação do ruído de roncos, que são sons graves e contínuos, resultantes da passagem de ar por vias aéreas proximais indica que a via está parcialmente obstruída por secreções ou edema na região Z à 3 conforme a Figura 2. Averígua-se se há estertores, que assim como os roncos, são sons anormais, crepitantes ou bolhosos, que indicam a presença de secreções, líquido, e/ou sibilos que indicam áreas de atelectasia (o colapso ou fechamento parcial de uma área dos pulmões, que impede a troca gasosa nos alvéolos e pequenas vias aéreas) região de zona 4 a 16 (WEST, 2023).

Figura 2: Zonas pulmonares de Weibe



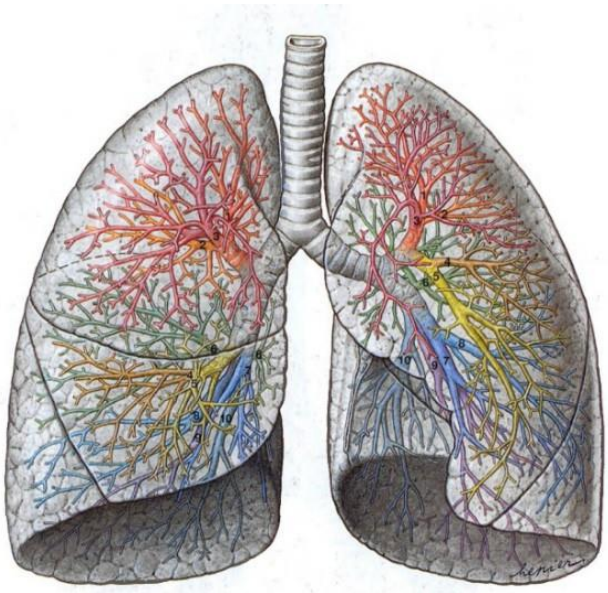
Fonte: WEST, 2023.

A Figura 2 ainda ilustra o modelo de zonas pulmonares de Eduard Rudolf Weibel, a árvore traqueobrônquica desde a traqueia (região proximal) até os sacos alveolares (região

distal). Este modelo representa a distribuição das vias aéreas e a relação entre ventilação (fluxo turbulento, laminar e transacional) e perfusão (fluxo sanguíneo) nos diferentes níveis do pulmão. As zonas de Weibel permitem compreender como o fluxo de ar e o fluxo sanguíneo variam do ápice sendo a região superior do pulmão, à base pulmonar propriamente dita. (WEST, 2023).

A Figura 3, representa a anatomia pulmonar, destacando em cores as regiões responsáveis pela condução de ar. Observa-se a redução progressiva do calibre das vias aéreas à medida que os brônquios se ramificam em bronquíolos, até atingirem os bronquíolos terminais, como demonstrado acima nas zonas pulmonares de Weibel. Em uma visão mais ampla, é desta forma que a árvore brônquica se ramifica tridimensionalmente, ocupando todo o volume interno dos pulmões e compreendendo desde os bronquíolos de condução até as estruturas respiratórias terminais, que fazem a transição para a região de troca gasosa.

Figura 3: Anatomia pulmonar



Fonte: NETTER, 2019.

Entre as técnicas respiratórias validadas (validadas pois passaram por estudos científicos e comprovaram eficácia e segurança no tratamento) com base na descoberta de Postiaux em que a eliminação de secreção é potencializada quando realizado técnicas que reproduzam de forma similar o fluxo de ar espontâneo. As técnicas direcionadas para remoção de secreção das vias proximais, no qual seja necessário a reprodução de técnicas que geram fluxo turbulento, tende a surgir em um segundo cenário, após a realização inicial das técnicas

de direcionamento de secreção das vias aéreas distais para proximal (POSTIAUX, 2009).

Destaca-se a expiração lenta prolongada realizada (ELPr) em sua forma ativa. Trata-se de uma técnica fundamentada e com respaldo científico, o paciente realiza de forma consciente, uma expiração oral lenta, contínua e sustentada após uma inspiração nasal suave. Essa estratégia tem como objetivo prolongar voluntariamente o tempo expiratório, permitindo um esvaziamento pulmonar mais eficiente do que o obtido na ventilação basal (POSTIAUX, 2009; HALL, 2017).

Contextualizando volumes e capacidades pulmonares, o volume corrente (VC) corresponde ao ar mobilizado em uma respiração normal, enquanto o volume de reserva expiratório (VRE) representa o ar adicional que pode ser expirado após uma expiração espontânea. A capacidade residual funcional (CRF) é o volume de ar que permanece nos pulmões ao final de uma expiração normal, mantendo os alvéolos abertos e garantindo estabilidade pulmonar (WEST, 2023).

Durante sua execução, o paciente conduz a expiração até volumes inferiores à capacidade residual funcional (CRF), aproximando-se do volume residual (VR). Dessa forma, ocorre a eliminação não apenas do volume corrente (VC), mas também de parte significativa do volume de reserva expiratória (VRE). Isso favorece a mobilização de secreções das regiões mais periféricas para as vias centrais, por meio do aumento do gradiente de pressão entre os alvéolos e as vias aéreas proximais (POSTIAUX, 2009).

A técnica respeita os limites da mecânica respiratória e evita manobras bruscas, reduzindo o risco de colapso alveolar e hiperinsuflação. O controle ativo da expiração também recruta, de maneira suave, a musculatura abdominal e intercostal, contribuindo para a reeducação ventilatória sem causar fadiga excessiva (HALL, 2017).

Os princípios que fundamentam a fisioterapia respiratória são equivalentes em diferentes faixas etárias; entretanto, a sua aplicação clínica requer adaptações específicas que levem em consideração aspectos fisiológicos, cognitivos, emocionais e comportamentais característicos de cada grupo. No contexto pediátrico, por exemplo, o sistema respiratório encontra-se em processo de desenvolvimento, apresentando maior complacência da caixa torácica, vias aéreas mais estreitas e maior predisposição ao colapso alveolar, o que exige técnicas menos agressivas e cuidadosamente dosadas. Além disso, a adesão da criança à terapia depende de estratégias lúdicas e motivacionais, como o uso de brinquedos, músicas, contagem, bolhas de sabão, aplicativos interativos e jogos respiratórios, aliados a comandos simplificados e linguagem acessível, de forma a facilitar a compreensão e estimular a participação ativa durante o atendimento (MARQUES, *et al.*, 2024).

Os mesmos autores ainda relatam que no atendimento de adultos, a abordagem tende a ser mais direta, baseada em explicações detalhadas sobre os objetivos terapêuticos e no treinamento de técnicas específicas, como exercícios de expansão pulmonar, técnicas de higiene brônquica, manobras desobstrutivas e uso de dispositivos auxiliares, como incentivadores respiratórios. Diferentemente das crianças, os adultos geralmente possuem maior capacidade de compreensão e autocontrole, o que possibilita a execução consciente dos exercícios e a adesão a programas de reabilitação mais complexos. Ademais, no público adulto, é frequente a necessidade de considerar comorbidades associadas, como doenças cardiovasculares, metabólicas ou neurológicas, que podem interferir na condução da terapia.

Portanto, embora os fundamentos sejam semelhantes, a prática clínica da fisioterapia respiratória exige do profissional um olhar diferenciado para cada faixa etária, considerando não apenas as condições anatômicas e fisiológicas, mas também o nível de compreensão, a motivação e as particularidades psicossociais de crianças e adultos (WEST, 2023).

A compreensão profunda das técnicas respiratórias e de suas aplicações clínicas é essencial para o desenvolvimento de ferramentas inovadoras que estimulem a adesão ao tratamento. A adaptação dessas técnicas para ambientes digitais ou lúdicos representa um avanço promissor, sendo o jogo aqui desenvolvido um exemplo de como a tecnologia pode ser aliada na promoção da saúde respiratória. Assim, esta fundamentação embasa a criação do protótipo de jogo para mobile em processo de desenvolvimento apresentado, que visa contribuir para a reabilitação respiratória de forma eficaz, acessível e atrativa para pacientes de diferentes faixas etárias (CRISP, 2014; NORRIS, 2021).

5.1 LEVANTAMENTO DA LITERATURA

Visando identificar jogos digitais que complementassem a fisioterapia respiratória em crianças, foi desenvolvida uma revisão da literatura. Optou-se pela estratégia de busca no formato bola de neve, uma vez que a literatura sobre o tema é escassa e dispersa, permitindo assim localizar referências adicionais a partir das citações dos artigos inicialmente encontrados. As buscas foram realizadas nas bases PUBMED e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS Brasil), com seleção de artigos publicados entre 2012 e outubro de 2024. Foram utilizados os descritores *breathing game, therapeutic player game, rehabilitation game* e *respiratory physiotherapy games*. Os critérios de inclusão foram: estudos disponíveis nas bases PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS Brasil), publicações em português, inglês ou espanhol; estudos em que o jogo é controlado pela interação por meio da respiração (ex.:

sensores, microfones, dispositivos de fluxo); trabalhos que apresentem descrição das

características do jogo, como nome, plataforma de execução e tipo de dispositivo de captação da respiração; estudos que relatem resultados do desenvolvimento do jogo e/ou testes de aplicação clínica ou experimental em crianças.

Referente aos critérios de exclusão: estudos publicados antes de 2012 ou após outubro de 2024; trabalhos indisponíveis em texto completo nas bases selecionadas; jogos desenvolvidos para adultos ou uso de jogos já existentes aplicados exclusivamente a adultos; estudos que não utilizem a respiração como mecanismo de controle do jogo (ex.: jogos controlados apenas por teclado, joystick ou toque); relatos de experiência sem descrição de jogo ou protocolos não aplicados e trabalhos que descrevam apenas softwares educativos ou de promoção de saúde sem vínculo direto com a fisioterapia respiratória.

A análise foi realizada de forma descritiva com informações gerais do estudo como título, autores, ano de publicação e características dos jogos como nome e plataforma em que foi desenvolvido e executado, dispositivo de controle da mecânica para registro da respiração, quais resultados finais referentes ao desenvolvimento do jogo e quais resultados da pesquisa de desenvolvimento.

Durante a seleção de artigos nas plataformas de pesquisa utilizando os termos de busca foram encontrados o total de 93 artigos, sendo que na BVS foram encontrados 65 estudos e todos excluídos por não atenderam aos critérios de inclusão, na PUBMED foram encontrados 28 estudos, sendo 2 destes destacados por atenderem a todos critérios de inclusão pré-estabelecidos (Tabela 1). Os estudos excluídos de ambas plataformas, abordavam a terapêutica respiratória com jogos físicos, uso da terapêutica por aplicativos com objetivo no tratamento de ansiedade e depressão, e em grande maioria o uso de jogos de console na reabilitação física ou dedicado exclusivamente ao público adulto.

As palavras chaves foram consultadas nos descritores em ciências da saúde, também houveram tentativas para os termos "*pediatrics or child and Play or game and Breathing Exercises or respiratory fisioterapy" t*ambém consultadas, e há um considerável número de desenvolvimento de aplicativos com estímulo de respiração no tratamento de ansiedade, outros voltados a tele consulta e/ou tele-reabilitação.

Tabela 1: Identificação dos estudos selecionados com autores, ano de publicação, título e objetivo do estudo

Autor	Ano	Título	Objetivo
Balli	2018	Developing Digital Games to Address Airway Clearance Therapy in Children With Cystic Fibrosis: Participatory Design Process	Desenvolver protótipos de jogos digitais que utilizam a pressão da respiração para tornar a fisioterapia diária mais divertida.
Bingham, Lahir e Ashikaga	2012	Pilot trial of spirometer games for airway clearance practice in cystic fibrosis	Realizar um teste piloto de jogos de espirômetro em 13 adolescentes com FC, para testar a hipótese de que os jogos poderiam aumentar o envolvimento dos sujeitos com manobras de respiração expiratória forçada e melhorar os testes de função pulmonar (TFP).

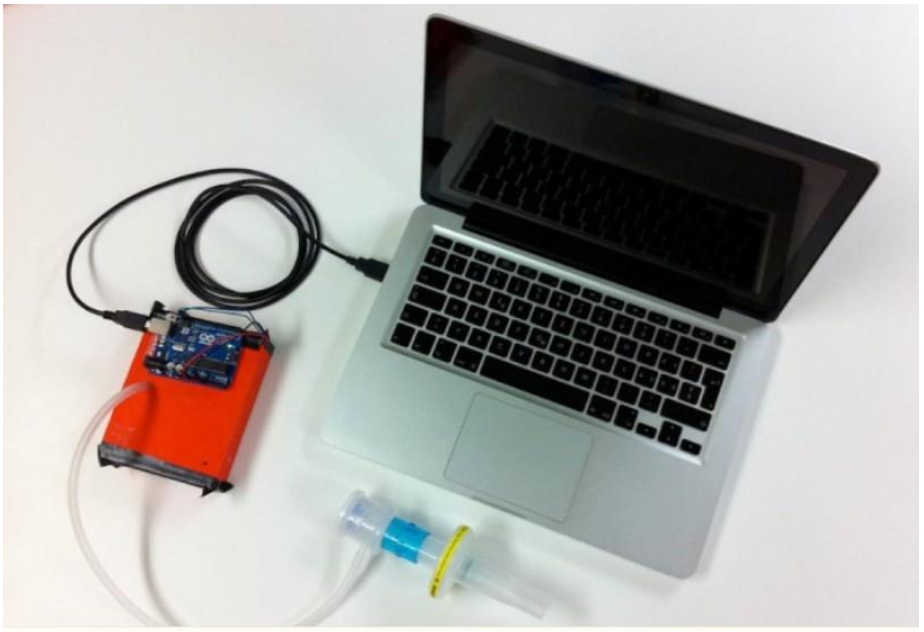
Fonte: PRÓPRIA, 2025.

Balli (2018) desenvolveu sete protótipos de jogos digitais com a *Unity 3D*, executados em computadores adaptando um sensor de respiração desenvolvido e testado previamente em outro estudo. Criou com design participativo entrevistando crianças que testaram na primeira fase junto ao trabalho de profissionais de diferentes áreas. Isso aumentou a consciência sobre saúde e cuidados com a mesma, e as diferentes possibilidades dentro do jogo, mas alegou que essa prática não é indicada para jogos de alta qualidade. O estudo voltou a aplicação teste dos jogos desenvolvidos, os objetivos terapêuticos não foram explorados, não aplicaram testes em grupos controles, todos jogadores eram portadores da doença genética fibrose cística e não citou o número de entrevistados (Figura 4).

O autor apresentou protótipos de jogos digitais que utilizam da pressão da respiração para tornar a fisioterapia respiratória diária mais divertida, o primeiro apresentado trata-se do *Ange-Gardien* (Figura 5) com um cenário rico em cores, por meio do estímulo de competitividade, necessário uma criação de estratégia para que o jogador não permita que inimigos ataquem sua torre, para isso é necessário o ataque do adversário e isso é realizado quando o paciente realiza a expiração. O autor não cita sobre a frequência respiratória atingida ao longo do jogo, ou quaisquer detalhes referentes à pontuação ou fases do protótipo do jogo.

Figura 4: Um dispositivo que transforma a respiração expiratória em dados digitais por

meio de um sensor de pressão.



Fonte: BALLI, 2018.

Figura 5: *Ange Gardien.*

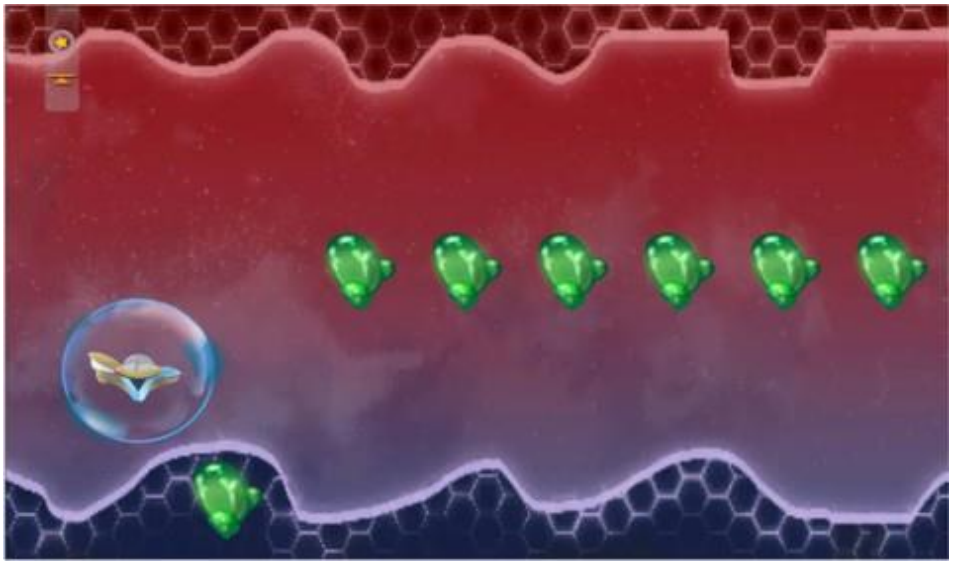


Fonte: BALLI, 2018.

Outro protótipo desenvolvido foi o *PEP Hero* onde a espaçonave é controlada pelo jogador, de forma que o jogador controla uma nave espacial que ao expirar decola e inspirar leva ao pouso, também não cita os objetivos do game, captação da respiração, frequência respiratória, intensidade da mesma, entre outras informações que poderiam ser apresentadas.

Um diferencial é citado, o ambiente do jogo em questão é possível adaptar para múltiplos jogadores, porém não apresenta demais detalhes (Figura 6).

Figura 6: *Pep hero*



Fonte: BALLI, 2018.

Globule trata-se de um protótipo de quebra-cabeça simples, onde o autor cita sobre a possibilidade de incluir um editor de níveis para que as crianças possam criar seus próprios níveis, mas não detalha mais sobre o jogo (Figura 7).

Figura 7: *Globule*



Fonte: BALLI, 2018.

Bingham *et al.*, (2012), investigaram o uso de jogos digitais baseados em espirometria para melhorar a técnica de manobra expiratória forçada em crianças com fibrose cística. Os jogos foram projetados (Figuras 8 e 9) para incentivar a realização de expirações forçadas durante os testes, com o objetivo realizarem manobras de respiração expiratória forçada e melhorar os testes de função pulmonar (TFP), esses são para mensurar a capacidade dos pulmões em movimentar ar e trocar gases. Eles avaliam parâmetros como volume de ar inspirado e expirado, velocidade do fluxo respiratório e capacidade total dos pulmões. O foco principal foi testar a adesão das crianças ao exercício e a qualidade da execução, demonstrando que o uso do jogo podia melhorar a motivação e a técnica respiratória de forma consistente.

Figura 8: *Creep Fontier*



Fonte: BINGHAM *et al*., 2012.

Figura 9: *Ludicross*



Fonte: BALLI, 2018.

4. MÉTODO

Desenvolvimento do protótipo de jogo para mobile e testes caixa branca e preta

O problema que se visa amenizar é a dificuldade de engajamento e adesão de crianças às sessões de fisioterapia respiratória, bem como a escassez de recursos digitais específicos para este público. O público-alvo são crianças em tratamento fisioterapêutico respiratório, e o cenário de aplicação abrange tanto ambientes ambulatoriais quanto hospitalares. A relevância do projeto se evidencia pela carência de ferramentas acessíveis que aliem motivação e exercício terapêutico. Do ponto de vista terapêutico, o jogo permite a execução de exercícios respiratórios cientificamente validados, enquanto a vertente tecnológica oferece uma alternativa lúdica, acessível e segura para complementar a prática clínica. Os objetivos do desenvolvimento são proporcionar um recurso que integre diversão, engajamento e controle da respiração, favorecendo a adesão às técnicas de higiene brônquica e reeducação ventilatória.

4.1 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

4.1.1 ESCOPO DO PROTÓTIPO

O desenvolvimento considerou os principais interessados no jogo, incluindo a pesquisadora, os jogadores, profissionais de saúde e a equipe de desenvolvimento. O escopo descreve a mecânica central de imersão e coleta de moedas, a interação com o microfone do dispositivo, o uso de uma loja interna para personalização estética do personagem e a implementação de elementos motivacionais. Não foram incluídas, nesta fase, funcionalidades avançadas como a integração com dispositivos externos além do microfone original do celular, ou cenários complexos multijogador.

No presente estudo, a técnica da ELPr ativa foi adotada como base para o desenvolvimento do jogo digital Jimmy – o Mergulhador, controlado pela respiração. A proposta do jogo é guiar o paciente na realização correta da técnica de expiração lenta prolongada ativa, no qual realiza-se após uma inspiração nasal calma seguida por uma expiração oral longa. Assim, o sistema busca promover tanto a adesão ao tratamento quanto a eficácia terapêutica, respeitando os parâmetros esperados para a higiene brônquica e reeducação ventilatória, o que o torna o jogo fisiologicamente adequado, ou seja, consegue reproduzir de forma correta a técnica ensinada por fisioterapeutas e executando baseado em

limites do organismo e favorecendo respostas benéficas sem causar sobrecarga ou risco (HALL, 2017; BINGHAM, LAHIRI e ASHIKAGA, 2012).

Consiste em um jogo do tipo "*infinity run*", do gênero *arcade*, para dispositivos móveis que utilizam o sistema operacional Android 14. Para o protótipo do jogo foi utilizado o microfone original de celular, ainda são necessários mais estudos para aplicação de testes com variabilidade de fones (com ou sem fio, originais ou paralelos). Durante o desenvolvimento do protótipo ele foi executado no computador usando um microfone condensador cardióide (modelo fifine k680), e isso fez com que o som fosse capturado sem precisar mexer na sensibilidade. Ao executar o protótipo no celular, com microfone original do aparelho modelo *samsung* s22 que possui o processador 1x 3.0 GHz Cortex-X2 + 3x 2.5 GHz Cortex-A710 + 4x 1.8 GHz Cortex-A510, foi necessário aumentar a sensibilidade para capturar o som. Ao expirar no microfone original do celular, o mergulhador imerge para coletar tesouros e moedas. Quando o microfone não detecta mais a frequência captada da expiração (vai variar de acordo com a calibração de cada jogador) o mergulhador emerge. O mergulhador tem um movimento constante horizontal positivo.

A captação da expiração se dá por meio do microfone, a faixa de captação de frequência é medida em *Hertz* (Hz) então no jogo, o microfone captando de forma continuada 44100 Hz. Ao ser executado no computador, o programa cria uma faixa fixa de normalização que varia de -1.0 a 1.0 dB (decibéis), pensando em uma onda analógica de som. Quando aplicado ao mobile dentro do protótipo, é possível configurar o limiar da faixa fixa de normalização (convertendo a medida em Hertz para decibéis na função apresentada na tela inicial "ajustes" habilitando uma barra de sensibilidade. Portanto, por exemplo, se o microfone estiver captando o ruído do ambiente quando em 1.0 por exemplo (sendo o valor máximo possível detectável), o jogador pode reduzir a barra para o jogo somente detectar de -1.0 a 0.5 dB.

A proposta do protótipo é criar um jogo de fácil utilização, potencial alternativa acessível para incluir em nível de atenção ambulatorial e hospitalar como ferramenta complementar e que tenha benefícios na higiene brônquica do paciente. Tornam-se necessários ajustes, como a criação de um tutorial, mesmo que seja obrigatório a presença do terapeuta para o acompanhamento do processo, um tutorial seria importante para que a criança se familiarize com o jogo. São necessários estudos referentes à efetividade de captação da frequência e se há necessidade de inclusão da calibração da expiração individual prévio à execução do jogo ou não.

4.1.2 *HISTORY GAME*

Nesta seção é apresentada a narrativa do *History Game,* que criada pela autora, direcionou o trabalho do desenvolvedor, visando uma melhor experiência do jogador. O personagem principal, Jimmy, realiza mergulhos controlados pela expiração, coletando moedas e itens para personalização. A narrativa foi estruturada de forma a estimular a expiração prolongada, integrando objetivos terapêuticos ao enredo lúdico. Este elemento permite ao paciente engajar-se no exercício respiratório de maneira motivadora, com metas claras e recompensas visuais que reforçam a execução correta da técnica ELPr ativa (Expiração lenta prolongada).

Jimmy é um garoto curioso que adora explorar o mundo. Num belo dia, ao olhar para o mar azul e misterioso, decidiu que era hora de mergulhar em busca de um tesouro perdido. Essa ação tem por objetivo fazer com que o paciente faz a inspiração para preparar o mergulho.

Ao chegar à superfície, Jimmy observa o fundo do mar cheio de cores e formas desconhecidas. Ele dá o primeiro mergulho, pronto para descobrir moedas reluzentes espalhadas por entre os corais e conchas. (objetivo: o paciente expira para mergulhar e coletar as moedas.) As moedas estão distribuídas de maneira que estimule a criança a prolongar a expiração, ajudando Jimmy a capturar todas. Cada tesouro conquistado faz Jimmy sorrir e se sentir mais confiante para explorar ainda mais fundo (*History game:* para manter a expiração contínua, engaja o jogador).

Enquanto Jimmy se aventura, ele imagina o que poderá comprar com todo tesouro coletado, durante a emocionante jornada encontra peixes curiosos e lindas algas coloridas, Jimmy ama estar no fundo do mar (*History game:* a criança aprende a controlar a expiração para alcançar objetivos maiores). No final da jornada, Jimmy retorna à superfície, contente e cheio de histórias para contar, pronto para a próxima aventura submarina. (Objetivo: reforçar a coordenação respiratória e a motivação através do sucesso, disponibilizado a loja para compra de itens que personalize o personagem).

4.1.3 ARTE

Na etapa de arte foram desenvolvidas as artes de jogo — *assets* de cenário, personagens (e seus frames de animação), itens coletáveis, partículas, trilhas; e as artes de interface — botões, ícones, barras, *sliders*, além da escolha das fontes de texto, suas cores, tamanho e estilo. Durante a etapa de arte, também foi desenvolvida a interface de usuário

(UI), de modo a posicionar e estruturar corretamente os itens de interface. O desenvolvimento da arte foi realizado utilizando o *Inkscape*, *software* de ilustração vetorial.

4.1.4 PROGRAMAÇÃO

A etapa de programação se refere ao desenvolvimento do código-fonte, tanto da programação dentro de jogo: classes e objetos, eventos, *ScriptableObjects,* interações envolvendo animações, sons e arte. Além disso, a programação da interface, utilizando eventos de clique de cursor e objetos de interface. Ainda nesta etapa, ocorreram os testes de software, tais como o teste de caixa branca, para garantir que o sistema esteja funcionando corretamente e o teste de caixa-preta, com o objetivo de garantir que o sistema funciona de acordo com os requisitos previamente estabelecidos. O software a ser utilizado para a programação será o Microsoft Visual Studio utilizando o ambiente de desenvolvimento (IDE) *Unity*.

Foram realizados testes de acordo com as tabelas de requisitos funcionais e as especificações de casos de uso previamente definidas, garantindo que todas as funcionalidades do sistema foram testadas conforme o esperado. Para os testes de caixa preta, foram utilizadas as tabelas de requisitos funcionais com o objetivo de alcançar as saídas previstas. Já para os testes de caixa branca, foi utilizada a tabela de especificação de caso de uso, garantindo que todos os caminhos lógicos fossem executados e validados. Todos os testes foram concluídos com êxito, e os resultados obtidos indicam que o sistema atende às especificações sem apresentar falhas ou desvios.

4.1.5 TESTES DE VALIDAÇÃO (Testes do tipo C)

Com o intuito de assegurar a qualidade dos ambientes virtuais desenvolvidos, foram aplicados testes do tipo “C”, conhecidos como testes de caixa branca e de caixa preta. O teste de caixa branca tem como foco a verificação interna do código-fonte, analisando se estruturas como condições, laços e fluxos de dados estão implementadas de forma adequada e funcionando conforme o esperado. Já o teste de caixa preta concentra-se na avaliação do sistema como um todo, com ênfase nas entradas e saídas, verificando se os requisitos funcionais são atendidos. Para isso, insere-se um conjunto de dados de entrada e os resultados obtidos são comparados com os esperados (PRESSMAN, 2016). A realização dos testes foi conduzida por um integrante do grupo de pesquisa com expertise em desenvolvimento de jogos digitais.

4.1.6 REQUISITOS FUNCIONAIS

Os requisitos funcionais detalham as ações que o jogo deve possibilitar ao jogador, garantindo que as mecânicas essenciais estejam implementadas. São descritas funções como abertura do jogo, acesso ao modo de jogo e à loja, movimentação do personagem, coleta de moedas, finalização de fase e ajustes de sensibilidade do microfone. Estes requisitos orientam a construção do sistema, assegurando que a interação do usuário seja intuitiva, eficiente e adequada aos objetivos terapêuticos definidos.

Na etapa de descrição de requisitos foram criados os requisitos funcionais, não funcionais, regras de negócio e diagramas, a partir dos requisitos funcionais e não funcionais já estabelecidos, com o objetivo de compreender o que será desenvolvido na etapa de construção, sobre como o jogador interage com o jogo e como o sistema do jogo funciona (Quadro 1).

Quadro 1: Requisitos funcionais para o desenvolvimento do jogo

Requisitos Funcionais (RF#002)	Prioridade
Acessar “jogar”	Alta
Descrição: Jogador entra no jogo	
Detalhes da implementação prevista: Com o jogo aberto no menu principal o jogador pressiona o botão “jogar” e é direcionado ao jogo.	

Requisitos Funcionais (RF#003)	Prioridade
Acessar “loja”	Alta
Descrição: Jogador entra na tela de loja	
Detalhes da implementação prevista: Com o jogo aberto no menu principal o jogador pressiona o botão “loja” e é direcionado à tela da loja.	

Requisitos Funcionais (RF#004)	Prioridade
Comprar itens	Alta
Descrição: Sistema permite o jogador a comprar itens na loja	
Detalhes da implementação prevista: **Entradas e pré-condições:** O jogador clica em um botão. Caso suas moedas de ouro sejam iguais ou superiores ao valor do item que ele pressionou o botão, ele recebe o item e as moedas são descontadas equivalentes ao preço do item. Caso contrário, o botão ficará desabilitado.	

Saídas e pós-condições: O sistema registra no *playerPrefs* que o jogador possui aquele item, registra o valor final das moedas totais do jogador e desabilita o botão de compra.

Requisitos Funcionais (RF#005)	Prioridade
Movimentação	Alta
Descrição: Jogador interage com o jogo	
Detalhes da implementação prevista: **Entradas e pré-condições:** O jogador está em um nível e realiza a ação de expiração no microfone. **Saídas e pós-condições:** O personagem imerge enquanto a expiração é captada no microfone. Quando ela acaba, o personagem emerge.	

Requisitos Funcionais (RF#006)	Prioridade
Fim de fase	Alta
Descrição: Salva os dados obtidos da partida e volta para a Tela Inicial.	
Detalhes da implementação prevista: **Entradas e pré-condições:** O jogador conclui a extensão do nível **Saídas e pós-condições:** Uma caixa de texto é exibida e um botão de voltar para o menu.	

Requisitos Funcionais (RF#007)	Prioridade
Ler dados	Alta
Descrição: Sistema lê dados	
Detalhes da implementação prevista: **Entradas e pré-condições:** Durante o salvamento de um jogo (RF#006), o sistema acrescenta as moedas que o jogador coletou nesta partida às suas moedas totais. **Saídas e pós-condições:** O novo total de moedas é salvo no *playerPrefs*.	

Requisitos Funcionais (RF#008)	Prioridade
Ajustar sensibilidade	Alta
Descrição: Sistema salva a sensibilidade do microfone	
Entradas e pré-condições: No menu principal, o jogador pressiona o botão “ajustar”	

Saídas e pós-condições: Jogador seleciona a sensibilidade em um *slider.* Essa preferência é salva no *PlayerPrefs*.

Fonte: PRÓPRIA, 2025.

4.1.7 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

Os requisitos não funcionais definem características do sistema que garantem desempenho, confiabilidade, compatibilidade e segurança do aplicativo. O sistema deve ser compatível com dispositivos *Android* 14, assegurando execução estável e acesso uniforme para diferentes usuários. A integração com o microfone original do celular é fundamental para que a captura de áudio seja precisa e confiável, evitando interferências externas. O desempenho deve ser rápido e responsivo, sem travamentos ou atrasos, garantindo fluidez nas interações. A utilização da plataforma *Unity* e da linguagem C# possibilita desenvolvimento consistente, manutenção facilitada e suporte a gráficos 2D leves e suaves. Além disso, o sistema deve apresentar alta confiabilidade e estabilidade, mantendo funcionamento contínuo e prevenindo falhas ou perda de dados. Por fim, a segurança deve ser garantida, com processamento local de dados sensíveis ou capturados pelo microfone, evitando exposição do usuário a riscos, conforme descrito no Quadro 02.

Quadro 2: Requisitos não funcionais para o desenvolvimento do jogo

Requisitos Não Funcionais (RNF#001)
Especificações do jogo
Compatibilidade
Descrição: Definições de hardware para o jogo
Detalhes da implementação prevista: O jogo deverá ser executado em dispositivos *Android*, necessitando do microfone do usuário para as mecânicas do jogo.

Requisitos Não Funcionais (RNF#002)
Desenvolvimento do jogo
Implementação
Descrição: Definições de desenvolvimento do jogo
Detalhes da implementação prevista: Utilizar o ambiente de desenvolvimento (IDE) Unity, utilizando a linguagem de programação C#.

Requisitos Não Funcionais (RNF#003)
Acesso ao Microfone
Integração
Descrição: Definições de permissão com o microfone
Detalhes da implementação prevista: O jogo deve ser capaz de se conectar com o microfone do usuário utilizando a classe "*Microphone*" da *UnityEngine.AudioModule*

Fonte: PRÓPRIA, 2025.

4.1.8 REGRAS DO NEGÓCIO

O objetivo principal do jogador é coletar até 30 moedas dentro do tempo estipulado para a partida, caso o jogador alcance a meta de 30 moedas no tempo definido, a execução da fase é considerada bem-sucedida e caso o jogador não atingir a meta no tempo, a partida é encerrada, registrando apenas a quantidade de moedas coletadas até o momento. A quantidade de moedas coletadas é acumulada e pode ser utilizada como moeda virtual do jogo e podem ser trocadas por itens de personalização do personagem na loja interna, como pé de pato ou boné. Os itens adquiridos não alteram a jogabilidade, mas oferecem variação estética, incentivando o engajamento do jogador. A regra do jogo consiste em coletar as moedas que estão distribuídas de forma estratégica para que o jogador realize a expiração prolongada. No quadro 03 estão descritas as regras de negócio do jogo, como as condições de fim de jogo, condições de vitória e definição de pontuação.

Quadro 3: Regras de negócio para o desenvolvimento do jogo

Regras de Negócio
RN#001 – Condições de fim de jogo
Descrição: Não há

Regras de Negócio
RN#002 – Condições de vitória
Descrição: O jogador encerra o percurso

Regras de Negócio
RN#003 – Definição de pontuação

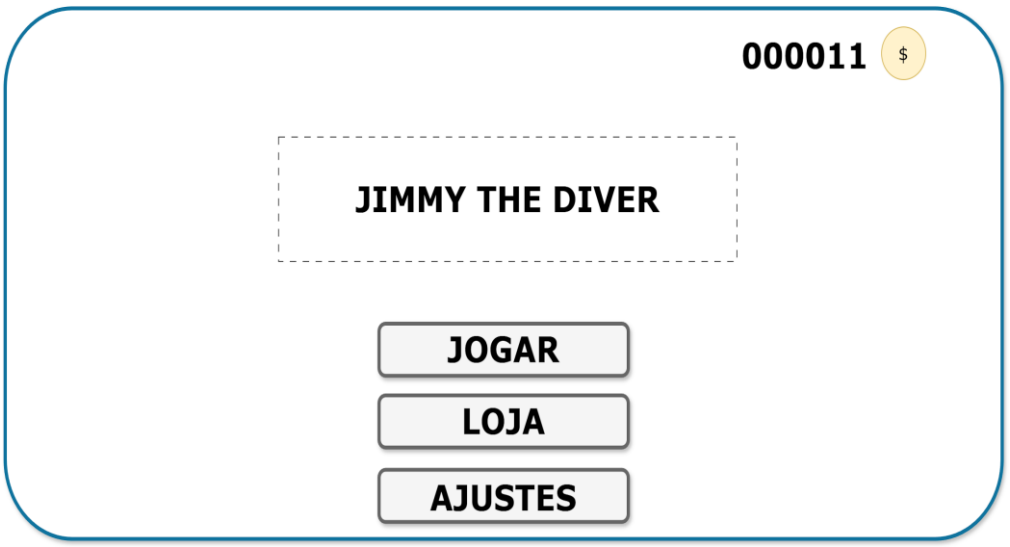
Descrição: Se o jogador conseguir manter a expiração, ele recebe moedas. Ele também recebe pontos pelo percurso antes de chegar ás moedas, pelo tempo em que permanece submerso no jogo (1 moeda por segundo).

Fonte: PRÓPRIA, 2025.

4.1.9 WIREFRAMES

Os wireframes representam visualmente a estrutura e o fluxo das telas do jogo, incluindo menu principal, ajustes, loja e gameplay. Esta etapa permitiu planejar a interface de forma clara e organizada, garantindo que os elementos de interação estejam bem distribuídos e que o jogador consiga navegar facilmente pelo sistema. Além disso, os *wireframes* auxiliam na identificação de ajustes necessários antes da implementação final (Figuras 10 a 13).

Figura 10: Menu Principal, primeira tela visualizada ao abrir o jogo.



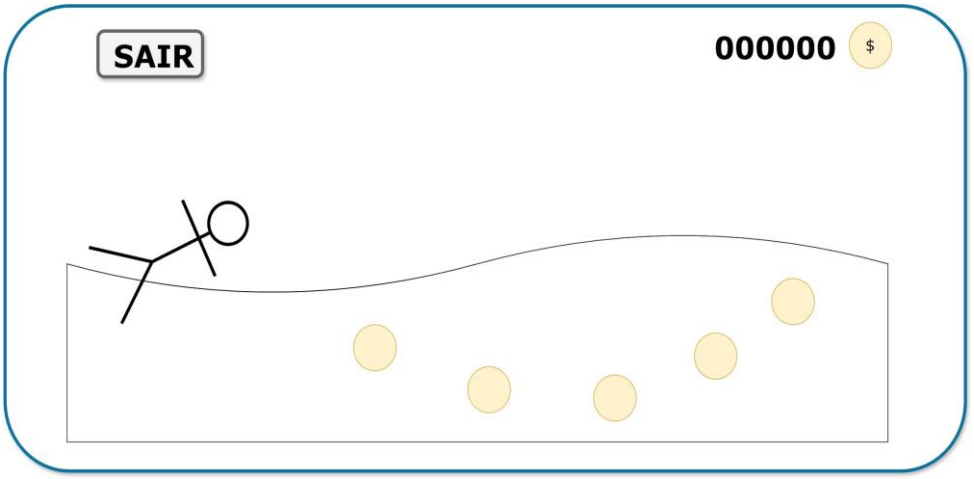
Fonte: PRÓPRIA, 2025.

Figura 11: Apresenta o menu principal, as opções ajustes aparece a barra em verde, onde o usuário poderá ajustar a sensibilidade do microfone tornando mais preciso a captação da expiração.



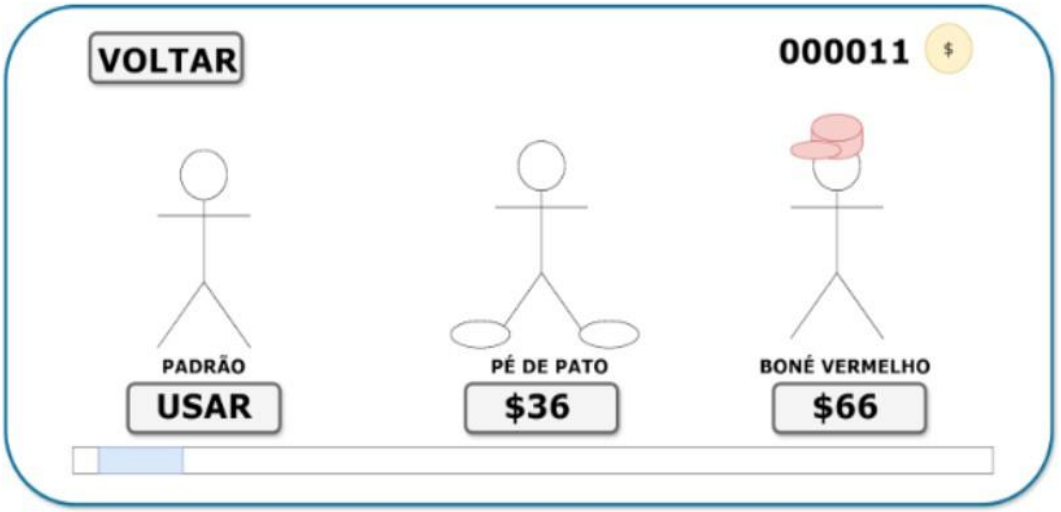
Fonte: PRÓPRIA, 2025.

Figura 12: Esboço do personagem, dos objetos que serão coletados, a tecla sair e pontuação.



Fonte: PRÓPRIA, 2025.

Figura 13: Tela após o jogador clicar em “loja” onde aparece os itens de personalização do personagem



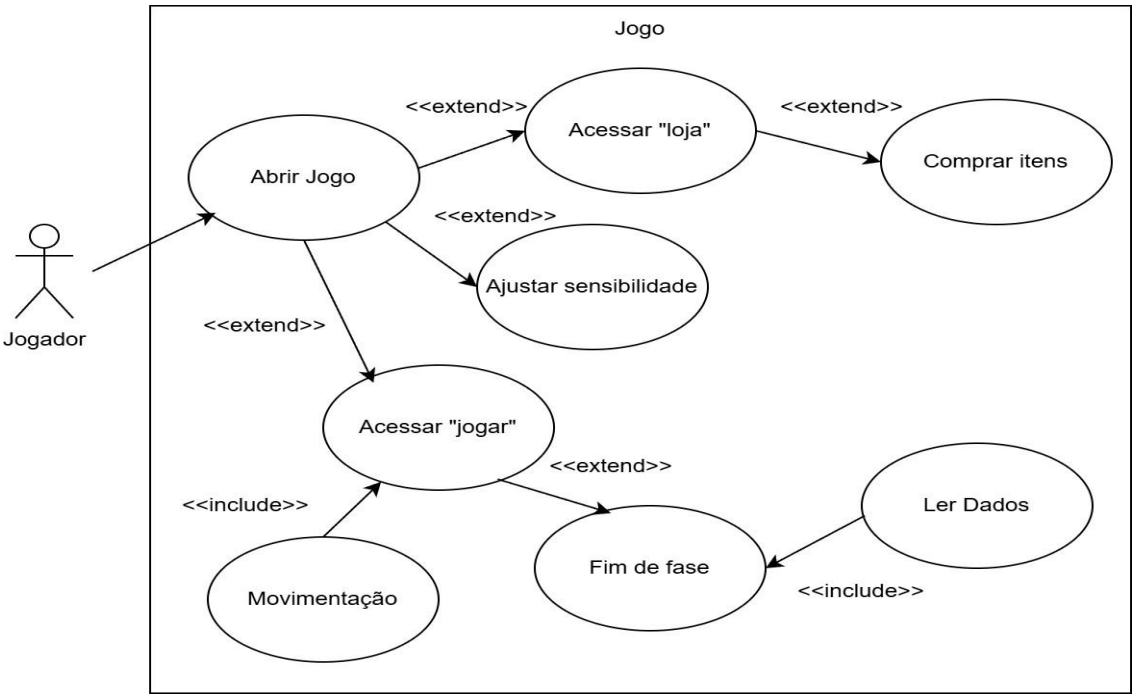
Fonte: PRÓPRIA, 2025.

4.1.10 DIAGRAMA DE CASO DE USO

O diagrama de caso de uso (Figura 14) descreve como interagir, detalhando situações como abrir o jogo, jogar, movimentar o personagem, acessar a loja e ajustar a sensibilidade do

microfone. Esta representação formaliza a interação entre usuário e sistema, orientando a implementação e garantindo que os objetivos terapêuticos e funcionais sejam contemplados.

Figura 14: Diagrama de caso de uso



Fonte: PRÓPRIA, 2025.

No Quadro 4 encontram-se as especificações de caso de uso da interação com Menus, apresentando as referências, descrição geral, atores e fluxo básico.

Quadro 4: Especificação de Caso de Uso

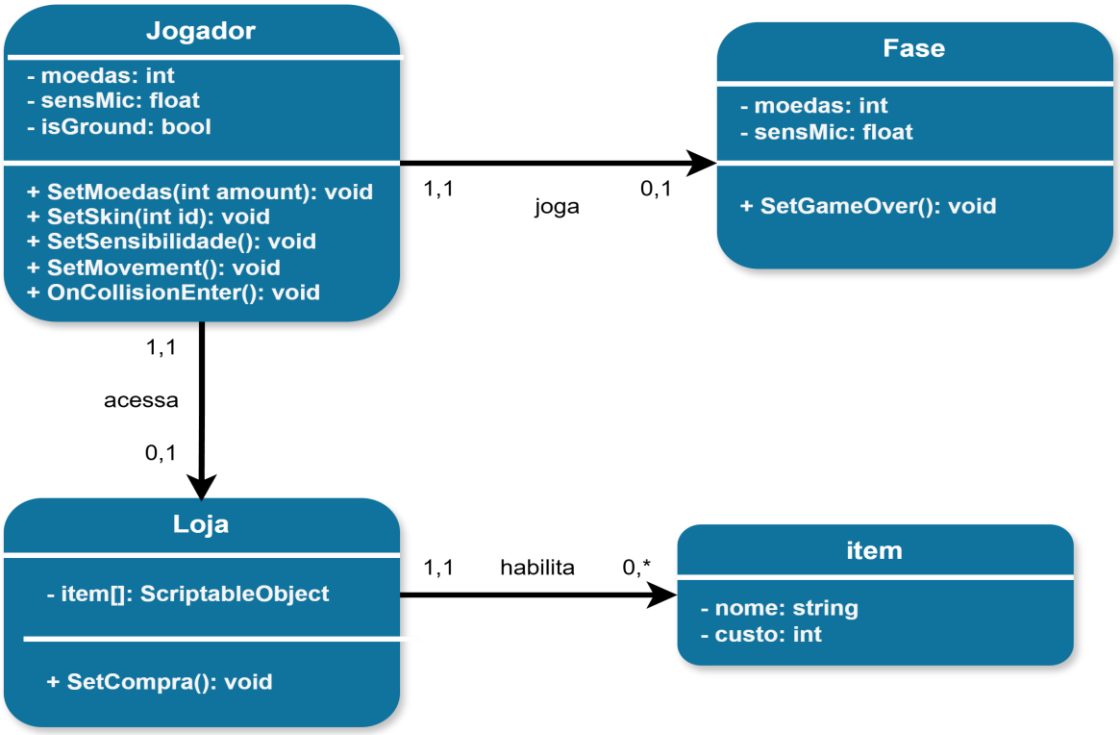
Especificação de Caso de Uso: Interação com Menus
Referências: RF#001, RF#002, RF#003, RF#004, RF#005, RF#006, RF#007
Descrição Geral: Interação do jogador com o jogo
Atores: Jogador, Sistema
Pré-Condições: O jogador abre a aplicação do jogo.
Fluxo Básico: 1. O jogador abre o jogo (RF#001) 2. O jogador ajusta a sensibilidade (RF#008) 3. O jogador joga o jogo (RF#002) 4. O jogador se movimenta (RF#005) 5. O jogador finaliza a fase (RF#006) 6. O sistema salva seus dados (RF#007)” 7. O jogador acessa a loja (RF#003) 8. O jogador gasta as suas moedas na loja (RF#004)

Fonte: PRÓPRIA, 2025.

4.1.11 DIAGRAMA DE CLASSES

O diagrama de classes (Figura 15) detalha a estrutura interna do jogo, apresentando objetos, atributos e métodos, além de suas relações. Esta seção é fundamental para compreender como os elementos do software se conectam e como a lógica de programação sustenta a mecânica do jogo. O diagrama auxilia na organização do código, facilita a manutenção e possibilita futuras expansões do sistema.

Figura 15: Apresentação visual do diagrama de classes.



Fonte: PRÓPRIA, 2025.

4.1.12 DOCUMENTAÇÃO

Para o desenvolvimento do jogo a pesquisadora teve o auxílio de um profissional na área de informática, onde a participação da pesquisadora na elaboração e construção do mesmo foi com a construção do *history game,* definição do objetivo do jogo onde o cenário deveria induzir o tempo previsto para aplicação da técnica (de 1 a 2 segundos de inspiração, 3 a 6 segundos de expiração) de forma que o próprio cenário, propondo a meta de captação de prêmios no jogo fizesse com que o jogador conseguisse executar a expiração no tempo correto (de forma prolongada); portanto, conseguindo executar a técnica ELPR ativa sendo o exercício respiratório para higiene brônquica. A pesquisadora também participou na proposta de criação de telas coloridas e do som temático, também trouxe a proposta de motivar o jogador a continuar a jogar para que adquira mais moedas e consiga comprar itens para personalizar o personagem, então sendo criado a loja de itens dentro do jogo.

A documentação do desenvolvimento do jogo “Jimmy o Mergulhador” envolveu diversas etapas essenciais para estruturar e detalhar tanto a experiência do usuário quanto a implementação do sistema. Inicialmente, foram criados *wireframes* para representar visualmente as telas do jogo, incluindo o menu principal, ajustes, loja e *gameplay*, permitindo

que o fluxo e a interação do usuário fossem planejados. Em seguida, elaborou-se o diagrama de casos de uso, que descreve como o jogador interage com o jogo em diferentes situações, como iniciar partida, movimentar o personagem, acessar a loja e ajustar a sensibilidade do microfone. Para detalhar a estrutura interna do software, foi desenvolvido o diagrama de classes, evidenciando a relação entre objetos, atributos e métodos utilizados na programação, proporcionando uma visão organizada da lógica do sistema. A etapa de implementação e tecnologias envolveu a programação do código-fonte, integração de elementos gráficos e sonoros, criação de interações e animações, além da configuração do microfone original do dispositivo para controle do personagem; foram utilizados o ambiente de desenvolvimento Unity e a linguagem C#, com testes de caixa branca e preta para validar o funcionamento do sistema de acordo com os requisitos. Por fim, a seção de conclusão e próximos passos apresenta o planejamento para evolução do jogo, sugerindo ajustes de interface, expansão de funcionalidades, aprimoramento da mecânica de respiração e avaliação do engajamento dos usuários, assegurando que o jogo continue a ser uma ferramenta eficaz para a execução da técnica ELPR ativa e a motivação na reabilitação respiratória.

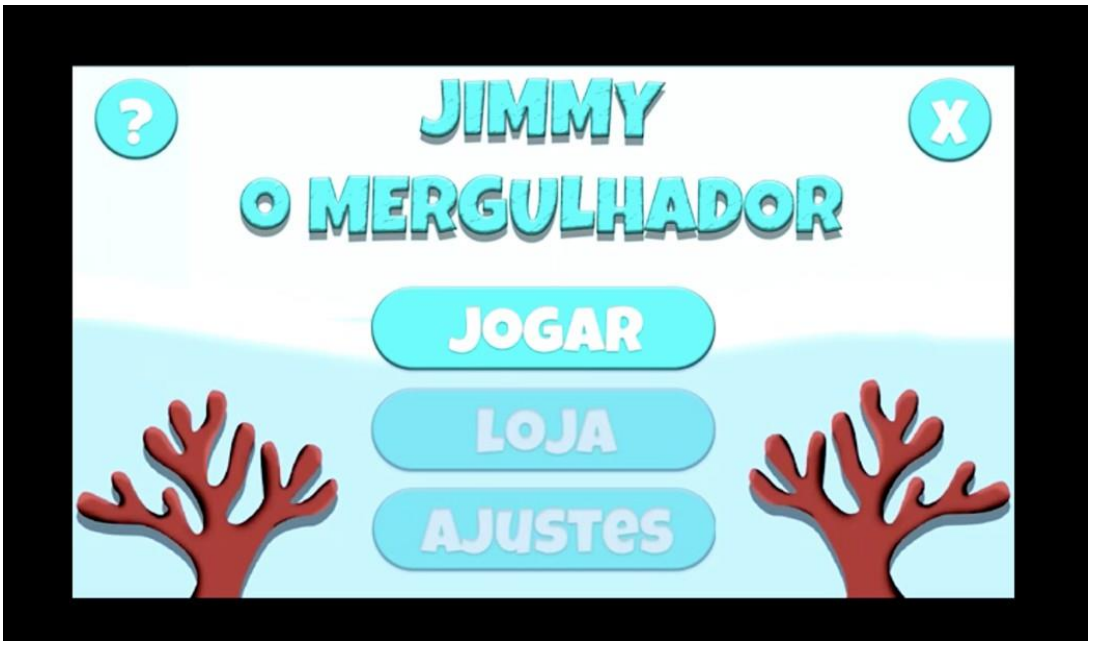
5. RESULTADOS

5.1. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE JOGO

O protótipo de jogo proposto neste estudo recebeu o nome de Jimmy o mergulhador, baseado no protocolo da terapia de higiene brônquica proposta no estudo, a ELPR ativa (expiração lenta prolongada ativa). No qual há o tempo de jogo de um minuto o que representa um ciclo da técnica de higiene brônquica, ressalvo que não há padronização exata de quantidade de ciclos necessários para que se conclua a atividade de higiene brônquica, uma vez que quando necessária terapia de higiene brônquica é por haver excesso do acúmulo de secreção, portanto, não podendo garantir a eliminação completa de todo conteúdo em apenas uma sessão, sendo seguido então os exercícios no limiar de conforto de cada paciente. O terapeuta deverá estar próximo sempre na utilização até finalizar o ciclo do protótipo de jogo por completo.

Na Figura 16 tem-se a tela inicial do jogo denominado Jimmy o mergulhador, com o menu composto pelas teclas de opção jogar, loja e ajustes.

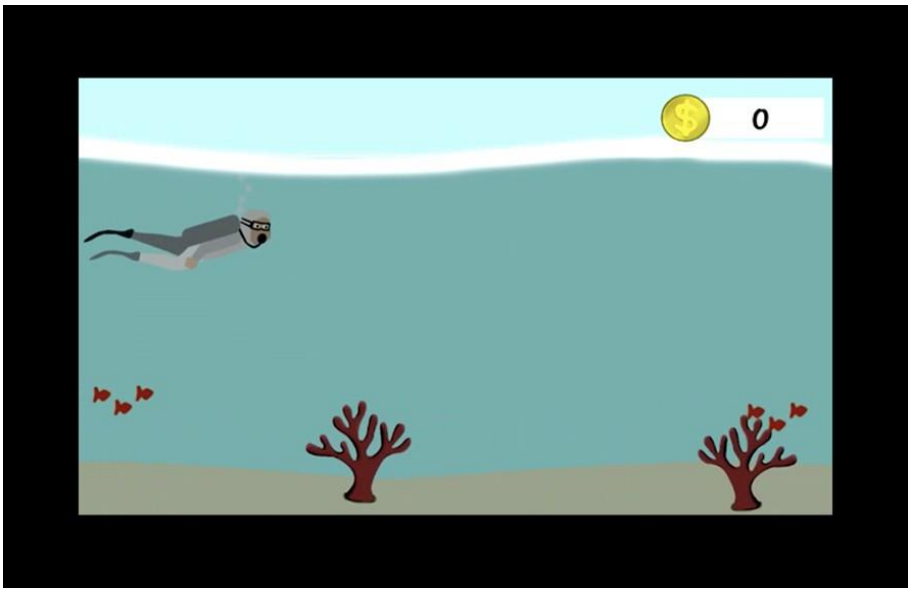
Figura 16: Tela inicial com o menu do jogo



Fonte: PRÓPRIA, 2025.

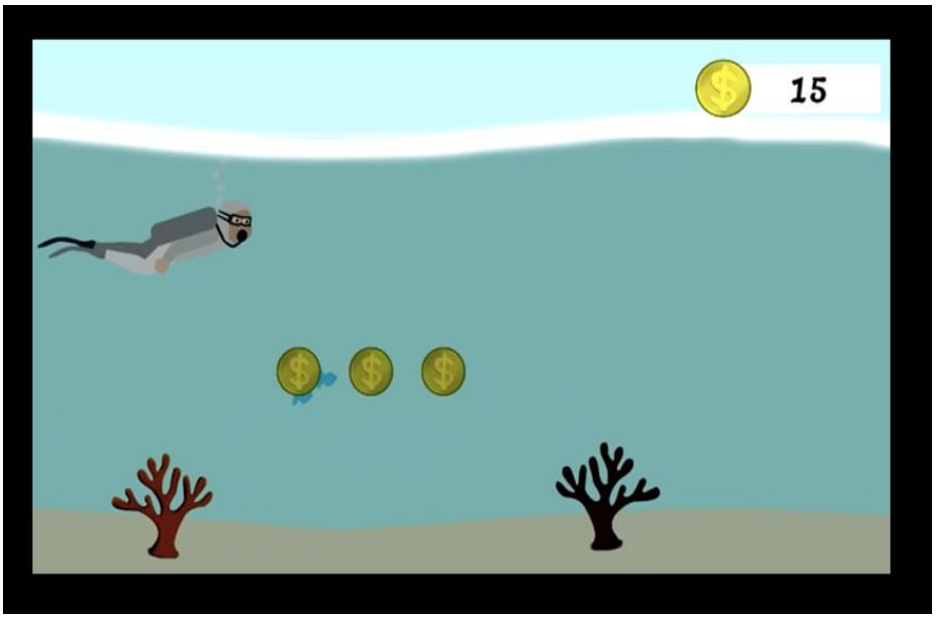
As Figuras 17, 18, 19 e 20 representam o desenvolvimento do jogo durante a fase em que o paciente realiza uma expiração prolongada, momento o personagem submergido e captando as moedas, a Figura 21 representa a tela finalizar o jogo.

Figura 17: Fase inicial de mergulho do personagem.



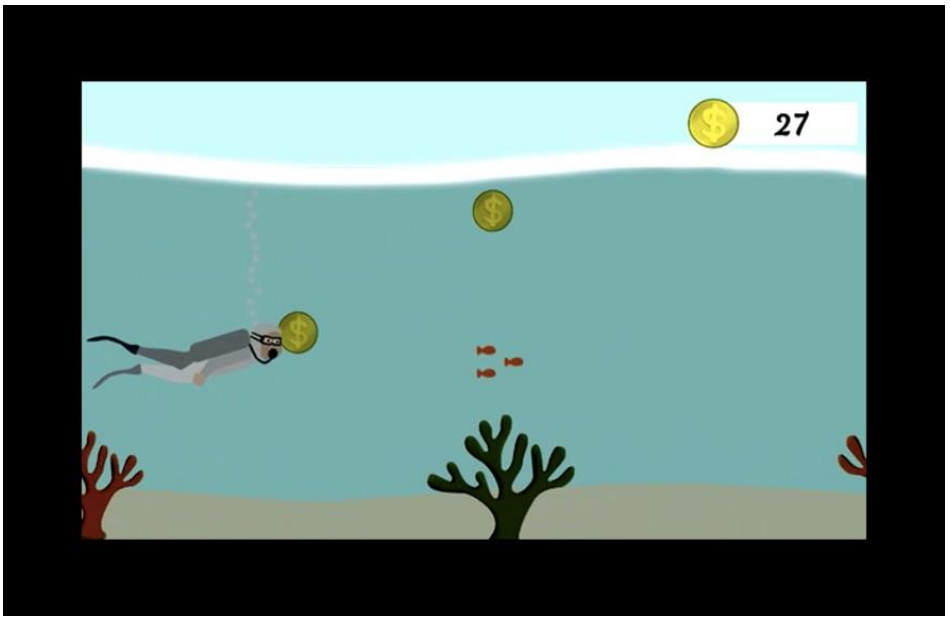
Fonte: PRÓPRIA, 2025.

Figura 18: Fase de manutenção do mergulho do personagem.



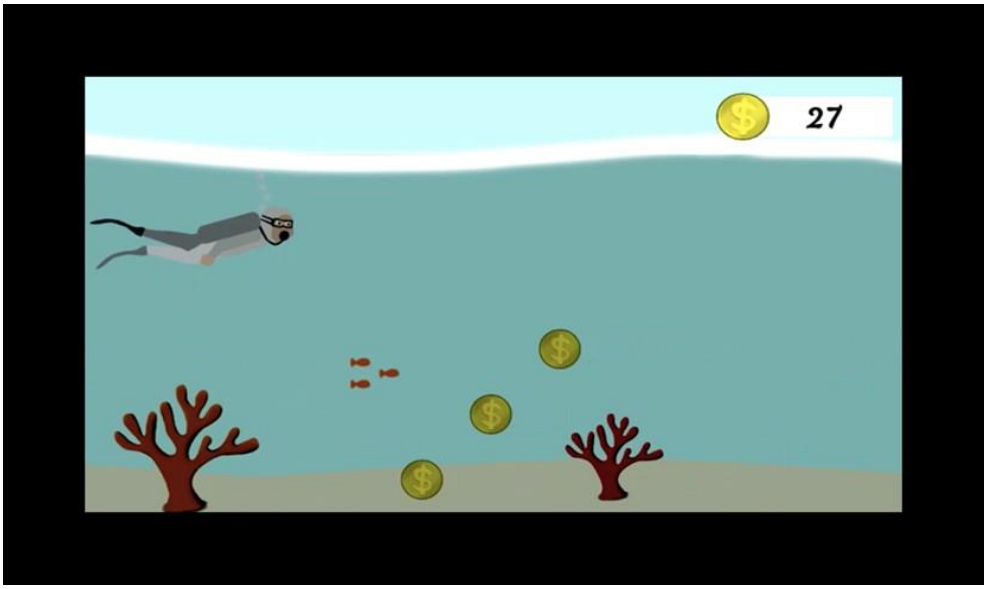
Fonte: PRÓPRIA, 2025.

Figura 19: Fase de manutenção do mergulho, com variação do cenário.



Fonte: PRÓPRIA, 2025.

Figura 20: Fase final de mergulho do personagem.



Fonte: PRÓPRIA, 2025.

Figura 21: Tela de finalização do jogo.



Fonte: PRÓPRIA, 2025.

5.2 TESTE DE CAIXA BRANCA E PRETA

Foram realizados testes de acordo com as tabelas de requisitos funcionais e as especificações de casos de uso previamente definidas, garantindo que todas as funcionalidades do sistema foram testadas conforme o esperado. Para os testes de caixa preta, foram utilizadas as tabelas de requisitos funcionais com o objetivo de alcançar as saídas previstas. Já para os testes de caixa branca, foi utilizada a tabela de especificação de caso de uso, garantindo que todos os caminhos lógicos fossem executados e validados. Todos os testes foram concluídos com êxito, e os resultados obtidos indicam que o sistema atende às especificações sem apresentar falhas ou desvios.

6. DISCUSSÃO

Os jogos são jogos desenvolvidos com objetivos além do entretenimento, geralmente educativos, terapêuticos, de treinamento ou de conscientização. A ideia é aliar diversão e engajamento à aprendizagem, desenvolvimento de habilidades ou promoção de comportamentos desejados, são promissores na área da saúde por serem lúdicos, o que indica que pode promover ganhos terapêuticos e com potencial de ir além, aumentando a aderência ao tratamento, promove interação, estímulo de competitividade, estimula criação de estratégias, seguir regras, e se o dispositivo for partilhado, leva ao ensinamento de compartilhar. Levando a mudança do comportamento diante o tratamento, o que pode ser ainda mais benéfico a pacientes com reincidência de internações e /ou internações prolongadas que levam as sequelas sendo necessário reabilitação pós hospitalar e para pacientes portadores de doenças crônicas (BARNETT, CERIN e BARANOWSKI, 2011).

Embora exista uma preocupação acerca dos riscos dos efeitos negativos da exposição de crianças a telas, estudiosos do tema como Nobre *et al.,* 2021 que corrobora com Barnet *et al.*, (2011) alegam que a tecnologia voltada a tratamentos e reabilitação dificilmente proporciona os mesmos malefícios pelo uso excessivo de games de entretenimento, pois atua diretamente contra o sedentarismo com a atividade seja física ou respiratória, além de não ocorrer a ingestão de calorias excessivas durante a prática, e o não acesso a conteúdos indevidos da internet.

A Academia Americana de Pediatria (AAP), recomenda que não ocorra o contato de crianças com as telas antes dos dois anos de idade e o período para maiores de dois anos deve se limitar a duas horas por dia, o protótipo do presente estudo embora ainda não testado, planeja-se na fase de testes incluir a recomendação da AAP, visando a segurança dos pacientes, o que trás direções futuras de estudo, para acrescentarmos no protocolo de teste a orientação de pais e pacientes sobre o limite de uso do protótipo do game. (BARANOWSKI *et al.*, 2016; NOBRE *et al.,* 2021).

O desenvolvimento do jogo deve atender a demanda terapêutica e do mercado, Baranowski *et al.*, (2016), questionam sobre a indústria de jogos sérios para saúde ainda não serem explorados como os jogos de entretenimento, tal achado provavelmente por não apresenta potencial retorno financeiro. Uma possível solução seria a prescrição da gameterapia pelos próprios profissionais da saúde, o que poderia aumentar a busca do produto no mercado, e não se limitando ao uso no ambiente hospitalar. O protótipo em

desenvolvimento passará por estudos futuros pela etapa de validação de profissionais de saúde, o que indicará se há potencial ou não de ser prescrito por profissionais.

Quanto ao desenvolvimento de jogos, um estudo recente identificou recomendações e diretrizes propostas por pesquisadores e atuantes na área d desenvolvimento de jogos sérios para a saúde (SGH), desenvolveu uma orientação para profissionais de saúde, pesquisadores e designers no desenvolvimento, no qual foram descritos o conhecimento do público alvo foi citada como etapa da criação, especialmente para embasar o desenho do game, assim como seu *history.* Nosso estudo não buscou consultar de forma direta o público alvo, o desenvolvimento baseou-se na literatura com recomendações existentes. (VERSCHUEREN, BUFFEL e VANDER STICHELE, 2019).

Ucgun *et al.,* (2022) compararam a aplicação de dois protocolos onde um era voltado a exercícios aeróbicos e outro com treinamento respiratório que sobressaiu em relação a força respiratória, já o outro houve escores maiores para capacidade funcional e resistência, o que leva a considerar que as terapias podem se complementar. O presente trabalho ainda não passou pela etapa de testes.

Balli, 2018 trabalhou no desenvolvimento de um jogo digital visando a desobstrução das vias aéreas voltado a pacientes com fibrose cística, onde foram criados seis jogos controlados pela respiração, *Glóbulo* com a montagem de quebra cabeças controlado pela respiração o jogador move as peças pela expiração e ao encaixar há pausa para expectorar a secreção, não é apresentado detalhes se há reconhecimento do período ou da intensidade da expiração; *Ange-Gardien* de estratégia de defesa onde o jogador precisa defender a torre de inimigos e quando realiza respiração é disparado projéteis o que estimula expirações rápidas ; outro jogo desse mesmo autor *(PEP Hero)* o jogador controla uma nave espacial que deve navegar sendo controlada pela inspiração que leva ao pouso, e ao expirar decola ; cita o *history* do *game Heritage*, porém não explica a jogabilidade. A presente proposta deixa pretende explicitar desde a problemática e desafios de atuação do fisioterapeuta respiratório com crianças, apresentar o potencial de jogos como terapia, *history game*, finalidade da técnica escolhida com o objetivo de higiene brônquica e o porque o jogo atende ao objetivo de aplicação da técnica, método de captação da expiração, para que possa direcionar melhor outros pesquisadores durante consulta para conhecimento e construção de outros mecanismos tecnológicos em fisioterapia respiratória.

A ideia deste estudo baseia-se na criação do protótipo, mas reconhece a necessidade de criar um novo estudo com a validação da eficácia do jogo Jimmy o mergulhador, e neste

caso será necessário a criação de protocolos que incluam o jogo e outro que não, para fins comparativo visando garantir maior confiabilidade.

Apenas um dos jogos apresentados apresenta objetivo similar a um ritmo de exercícios respiratórios validados como o *Bloid,* durante a inspiração do jogador que deve controlar uma nave, aparece alvos interrompendo a passagem e em sua expiração projéteis são emitidos contra os alvos, e o jogo aumenta o número de alvos a frente para estimular que o jogador para vencer, precise expirar um volume maior e por período prolongado. Porém o autor cita sobre esse jogo em especifico estar estimulando a variabilidade da frequência cardíaca, cita também que a ideia original do jogo seria sair do padrão rigoroso de se restringir a respiração, o que indica que não é contínuo e que há pausas no jogo (BALLI, 2018).

Les Aventures du Briand trata-se de um game citado também com a ideia de não ser restrito a atividade de respiração, utilizando um dispositivo de pressão expiratória para controlar os desafios diversos que surgem no decorrer da história, ainda não foi testado e não são citados mais detalhes (BALLI, 2018).

Jogos físicos de exercício respiratório já são utilizados, sendo possível a melhora de pressões inspiratória e expiratória, além de trazer uma rotina diferente de tratamento ao paciente, aumentando o envolvimento do mesmo tornando mais divertido. Têm sido desenvolvidos games digitais para tratamento ou controle de crise de ansiedade e pânico por promoverem hiperventilação. E a analgesia também foi apontada como resultado da execução da respiração lenta e profunda. A presente análise utiliza de um exercício respiratório de higiene brônquica validado e bem fundamentado na ciência (CRISP, 2014; PHAM *et al*., 2016; CHALAYE *et al*., 2009).

Uma revisão sistemática de 2010 a 2023 investigou sobre recursos de realidade virtual disponíveis no tratamento de fisioterapia respiratória chegou ao n= 37 estudos, diante a pandemia do COVID 19 se mostrou alta a necessidade de recursos que pudessem ser utilizados a distância e que garantisse resultados eficazes, todos estudos selecionados pelo autor não puderam adentrar o presente estudo pois todos possuem critério de exclusão, é voltado a aplicação de terapia respiratória de forma exclusiva ao público adulto. A proposta de criação do protótipo surgiu em 2022 também após o cenário do COVID, entretanto o planejamento surgiu diante da dificuldade da fisioterapeuta na prática clínica do dia a dia em conseguir enfrentar os efeitos da hospitalização em crianças, surgindo o desejo de criar alguma tecnologia que pudesse contribuir neste aspecto. (PITTARA, MATSANGIDOU e PATTICHIS, 2023).

Dispositivos de *biofeedback* para controle do jogo, mas apontado pelos participantes do jogo a melhora da consciência corporal facilitando o entendimento e execução. Foram testados dispositivos para estimular respirações diafragmáticas visando o relaxamento no qual havia grupo controle, outro grupo controlado com feedback visual e outro feedback em formato de jogo, participantes nesta última forma reavaliados pós teste apresentaram melhor desempenho na execução do exercício. (GUMMIDELA, SILVA e GUTIERREZ-OSUNA, 2021).

Diante a benefícios citados na literatura ao serem alcançados com o controle da respiração, envolveram aspectos mentais com controle da ansiedade além da reabilitação pulmonar, a aplicabilidade baseava-se em feedback do jogo a ser seguido pelo ´participante, sem leitura fidedigna do valor exalado pelos jogadores (GUMMIDELA, SILVA e GUTIERREZ-OSUNA, 2021; PHAM *et al.*, 2016).

Medidas fisiológicas coletadas como ferramenta de controle para promover feedback na realidade virtual de games respiratórios têm sido investigados na sua efetividade de mensuração, assim como benefícios de melhora da consciência corporal do paciente (BLUM, ROCKSTROH e GÖRITZ, 2020).

Utilizando um espirômetro com adaptação em USB a computadores, Bingham *et al.,* (2012) desenvolveram *Ludicross* que com expiração forçada conduzia um veículo no jogo e *Creep Frontier* na expiração forçada liberando o personagem de obstáculos. Os autores buscaram desenvolver o jogo devido a baixa aplicabilidade de treinamento de desobstrução de vias aéreas em casa, e o jogo poderia ser mais atrativo estimulando a execução da prática pelos pacientes pediátricos e adolescentes, aplicou intervenção comparando um grupo controle orientado a realizar exercícios respiratórios com mecanismo de feedback do espirômetro versus grupo de treinamento com jogo desenvolvido ambos obtiveram ganho de VEF1 (Volume Expiratório Forçado em 1 segundo) é uma medida funcional da capacidade respiratória, que indica o quanto consegue expirar rapidamente, sem obstruções, em caso de apresentar valores baixos é sugestivo que há obstrução das vias respiratórias, como em asma, bronquite ou outras doenças pulmonares, assim como, presença de secreção; e capacidade vital que por meio da medição da quantidade máxima de ar que a pessoa consegue inspirar e expirar totalmente visa avaliar a elasticidade dos pulmões; detecta restrições pulmonares, porém o período de prática da atividade foi maior no grupo intervenção.

No aspecto do ensino e aprendizado, profissionais de saúde ainda não parecem estarem adaptados ao uso de jogos sérios, isso é o que foi discutido por Katonai *et al.,* (2023)

onde foram entrevistados indivíduos na faixa etária de 30 a 45 anos, *e* identificou que

profissionais formados a mais tempo obtinham preferência por técnicas convencionais, diferente de recém-formados que se mostraram motivadas ao uso.

Dentre os estudos voltados à terapia, Tabor (2020) citado por Pittara 2023, desenvolveu um jogo que replicava exercício respiratório validado, podendo ser executado em computador e o mecanismo de mensuração de fluxo era captação acústica, entretanto, foi aplicado ao público adulto (TABOR *et al*., 2020; BRITO *et al.,* 2014).

Spiroplay atende a uma demanda do mercado, no qual espirômetros para manuseio domiciliar por pacientes portadores de doenças crônicas com alta necessidade de monitoramento de volumes e capacidades pulmonar, acabam fazendo uso da forma incorreta, invalidando valores fornecidos pelos menos devido a dificuldade de execução da forma correta, para isso, desenvolveram jogos que o paciente seguindo o objetivo do jogo, prepara a respiração para execução correta ao autoexame (VAN DELDEN *et al.,* 2020).

Partindo do princípio fisiológico do exercício respiratório onde a eficácia é dependente da execução onde Britto, questionou sobre a terminologia do exercício respiratório que não busca o aumento do trabalho e sim um controle da mecânica respiratória como "retreinamento respiratório" ou "respiração controlada", portanto a compreensão da forma de execução para alcançar o controle torna-se a medida de garantia da eficácia (BRITO *et al.,* 2014).

As decisões foram tomadas pela pesquisadora, que desenvolveu a ideia dos objetivos do jogo, assim como o *history game* e definição de cenário e personagem, a mesma sendo uma profissional de saúde com experiência na prática clínica de fisioterapia respiratória pediatria e ainda foram tomadas decisões pela equipe de desenvolvimento, composta por um programador responsável pela construção do jogo. O presente estudo apresenta limitações que podem ser aprimoradas em trabalhos futuros. Entre elas, destacam-se a realização de entrevistas com *stakeholders*, não foram realizadas entrevistas formais com *stakeholders*, as decisões foram baseadas em referências teóricas e boas práticas de design e desenvolvimento de jogos educativos e terapêuticos. Para trabalhos futuros será investigado a possibilidade de armazenar os dados dos pacientes assim como seus resultados.

Torna-se necessário a aplicação de testes validados para avaliação do potencial de usabilidade que deverá ser realizado em etapas posteriores. É necessário estabelecer níveis adequados de precisão, por meio da calibração ou modificação do sensor utilizado, que até o momento se limita ao microfone original da plataforma de execução. Futuras implementações devem definir quais requisitos mínimos para a placa de som processamento de dados e otimizar a captação podem incluir diferentes tipos de microfones (com fio, sem fio, originais

ou alternativos). Além disso, cabe a preocupação de quais seriam os desafios para implantar o

jogo em ambiente clínico, barreiras regulatórias e financiamentos que serão investigados em próximas etapas do estudo.

Sugere-se a inclusão de um tutorial no próprio jogo, com linguagem acessível para que tanto os responsáveis quanto as crianças compreendam seu funcionamento. São necessários testes exploratórios em novos contextos clínicos, após aprovação do comitê de ética e pesquisa, possibilitando a estratificação e avaliação do impacto do jogo em diferentes faixas etárias e condições respiratórias. Estudos comparativos com outras técnicas de fisioterapia respiratória podem fornecer informações adicionais sobre a efetividade da intervenção, permitindo uma compreensão mais ampla do potencial terapêutico da ferramenta. Caso os resultados sejam positivos, futuros trabalhos podem contemplar o aprimoramento do game como inclusão de outras terapias respiratórias, otimizando o jogo para diferentes cenários, fases, nível de dificuldade e até um histórico de desempenho para acompanhamento.

Além do aprimoramento científico, é relevante considerar o potencial de aplicação prática no mercado de jogos terapêuticos. A adaptação dos jogos para diferentes dispositivos e sistemas operacionais, o estabelecimento de parcerias com clínicas ou instituições de ensino e o acompanhamento das tendências em gamificação e tecnologias de saúde podem ampliar sua acessibilidade e impacto clínico. Tais iniciativas contribuem para consolidar o jogo como um recurso eficaz e amplamente disponível para intervenções respiratórias.

7. CONCLUSÃO

A pesquisa possibilitou o desenvolvimento de um protótipo de jogo digital criado de forma estratégica para aplicar a técnica de higiene brônquica ELPr ativa (Expiração Lenta Prolongada), validada na fisioterapia respiratória pediátrica. O protótipo de jogo demonstra potencial como recurso complementar para engajar crianças durante a execução de exercícios respiratórios, unindo o aspecto lúdico à prática terapêutica e promovendo maior adesão às sessões.

Além disso, a fundamentação teórica evidenciou a necessidade de desenvolver estratégias inovadoras voltadas à fisioterapia respiratória infantil, destacando lacunas no uso de jogos digitais específicos para este público. Embora os estudos existentes estejam, em sua maioria, em fase inicial de desenvolvimento e sem aplicação em grupos, eles indicam o potencial das tecnologias digitais para melhorar a experiência do paciente e favorecer a motivação durante o tratamento.

O protótipo criado neste estudo representa um passo inicial para suprir essa lacuna, integrando conhecimento técnico da terapia respiratória com elementos interativos que incentivam a participação da criança. Dessa forma, a pesquisa reforça que recursos digitais, quando planejados de maneira estratégica, podem complementar a prática clínica, proporcionando alternativas seguras, acessíveis e motivadoras para o público infantil.

REFERÊNCIAS

ABUSHAKRA, A.; FAEZIPOUR, M. Augmenting Breath Regulation Using a Mobile Driven Virtual Reality Therapy Framework. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, *18*(3), 747–754, 2014.

ALARCÓN, J.; HERNÁNDEZ, A.; DÍAZ, E. Manejo de la vía aérea pediátrica. 2015.

ALVES, R. F.; VIANA, M. C. C.; ROCHA-SILVA, C. M. T. Guia de estudos em fisioterapia respiratória. Fortaleza: Unichristus, 2025.

BALLI, F. Developing digital games to address airway clearance therapy in children with cystic fibrosis: participatory design process. JMIR Serious Games, 6(4), e8964, 2018.

BARANOWSKI, T.; BLUMBERG, F.; BUDAY, R.; DESMET, A.; FIELLIN, L. E.; YOUNG, K. Games for health for children—Current status and needed research. Games for health journal, 5(1), 1-12, 2016.

BARNETT, A.; CERIN, E.; BARANOWSKI, T. Active video games for youth: a systematic review. Journal of Physical Activity and Health, 8(5), p. 724–737, 2011.

BINGHAM, P. M.; LAHIRI, T.; ASHIKAGA, T. Pilot trial of spirometer games for airway clearance practice in cystic fibrosis. Respiratory Care, v. 57, p. 1278–1284, 2012.

BLUM, J.; ROCKSTROH, C.; GÖRITZ, A. S. Development and pilot test of a virtual reality respiratory biofeedback approach. Applied Psychophysiology and Biofeedback, v. 45, p. 153–163, 2020.

BRITTO, R. R., BRANT, T. C. S., & PARREIRA, V. F. Recursos Manuais e Instrumentais em Fisioterapia Respiratória, Ed. Manole, 2014.

CGUN, H.; GURSES, H. N.; KAYA, M.; CAKIR, E. Video game-based exercise in children and adolescents with non-cystic fibrosis bronchiectasis: a randomized comparative study of

aerobic and breathing exercises. Pediatric Pulmonology, v. 57, n. 9, p. 2207–2217, set. 2022.

CHALAYE, P.; GOFFAUX, P.; LAFRENAYE, S.; MARCHAND, S. Respiratory effects on experimental heat pain and cardiac activity. Pain Medicine, 10(8), p. 1334–1340, 2009.

CHAVES, G. S.; FREITAS, D. A.; SANTINO, T. A.; NOGUEIRA, P. A. M.; FREGONEZI, G. A.; MENDONCA, K. M. Chest physiotherapy for pneumonia in children. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2019.

CRISP, A. H. Fisioterapia pediátrica. Barueri: Editora Manole, 2014.

CROSS, J. Fisioterapia respiratória. Rio de Janeiro: Grupo Gen, 2022.

FUJISAWA, D. S.; MANZINI, E. J. Formação acadêmica do fisioterapeuta: a utilização das atividades lúdicas nos atendimentos de crianças. Revista Brasileira de Educação Especial, v. 12, p. 65–84, 2006.

FURTADO, K. R.; DIAS, T. L.; MARCHETT, A.; DOS SANTOS NUNES, E. P. O uso do jogo digital 'Hospital Mirim' como estratégia de enfrentamento à procedimento invasivo. Estudos e Pesquisas em Psicologia, v. 20, p. 251–267, 2020.

GIRARDI, T. D. A.; GIRARDI, D. Espiões: jogo educacional digital para fisioterapia cardiorrespiratória e em terapia intensiva. Ensino, Saúde e Ambiente, v. 14, p. 729–738, 2022.

GOMES, G. L. L.; FERNANDES, M. D. G. M.; NÓBREGA, M. M. L. D. Ansiedade da hospitalização em crianças: análise conceitual. Revista Brasileira de Enfermagem, v. 69, p. 940–945, 2016.

GUMMIDELA, V. N. C.; SILVA, D. R. D. C.; GUTIERREZ-OSUNA, R. Evaluating the role of breathing guidance on game-based interventions for relaxation training. Frontiers in Digital Health, v. 3, 760268, 2021.

HALL, J. E. Tratado de fisiologia médica. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

HU, Y.; ZHAO, Y.; SHAO, Y.; ZHU, C.; CHEN, J.; SHI, T.; YAO, C. Bubble Beats: a breathing exercise game based on music rhythm for children. In: In Proceedings of the 20th Annual ACM Interaction Design and Children Conference, p. 588–592, 2021.

KATONAI, Z.; GUPTA, R.; HEUSS, S.; FEHR, T.; EBNETER, M.; MAIER, T.; SCHNEEBERGER, A. R. Serious games and gamification: health care workers' experience, attitudes, and knowledge. Academic Psychiatry, 47(2), p. 169–173, 2023.

MARSAC, M. L.; DONLON, K. A.; WINSTON, F. K.; KASSAM-ADAMS, N. Child coping, parent coping assistance, and post-traumatic stress following paediatric physical injury. Child Care Health and Development, 39(2), p. 171–177, 2013.

MARQUES, C. B.; PERUZZO, S. A. P. O Lúdico na Fisioterapia Respiratória Pediátrica: Revisão de Literatura, 2024.

MOTTA, A. B.; ENUMO, S. R. F. Brincar no hospital: estratégia de enfrentamento da hospitalização infantil. Psicologia em Estudo, v. 9, p. 19–28, 2004.

NATALI, R. M. D. T.; SANTOS, D. S. P.; FONSECA, A. M. C. D.; FILOMENO, G. C. D. M.; FIGUEIREDO, A. H. A.; TERRIVEL, P. M.; BRAGA, A. L. F. Perfil de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes da cidade de São Paulo, 2000-2004. Revista Paulista de Pediatria, v. 29, p. 584–590, 2011.

NOBRE, J. N. P.; SANTOS, J. N.; SANTOS, L. R.; GUEDES, S. D. C.; PEREIRA, L.; COSTA, J. M.; MORAIS, R. L. D. S. Fatores determinantes no tempo de tela de crianças na primeira infância. Ciência & Saúde Coletiva, v. 26, p. 1127–1136, 2021.

NORRIS, T. L. Porth fisiopatologia. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2021.

NETTER, F. H. Atlas de anatomia humana. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019

PHAM, Q.; KHATIB, Y.; STANSFELD, S.; FOX, S.; GREEN, T. Feasibility and efficacy of an mHealth game for managing anxiety: "Flowy" randomized controlled pilot trial and design

evaluation. Games for Health Journal, v. 5, p. 50–67, 2016.

PITTARA, M.; MATSANGIDOU, M.; PATTICHIS, C. S. Virtual reality for pulmonary rehabilitation: comprehensive review. JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies, v. 10, e47114, 2023.

POSTIAUX, G. Kinésithérapie respiratoire de l'enfant: les techniques de soins guidées par l'auscultation pulmonaire. Bruxelles: De Boeck, 2009.

PRESSMAN, R. S. Engenharia de software. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2016.

ROQUÉ-FIGULS, M.; GINE-GARRIGA, M.; RUGELES, C. G.; PERROTTA, C.; VILARO, J. Chest physiotherapy for acute bronchiolitis in paediatric patients between 0 and 24 months old. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2023.

SAMENTO, G.J.V. FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA DE A A Z, e-book, Ed. Manole, 2017.

SUBTIL, M. M. L.; GOES, D. C.; GOMES, T. C.; SOUZA, M. L. D. O relacionamento interpessoal e a adesão na fisioterapia. Fisioterapia em Movimento, v. 24, p. 745–753, 2011.

TABOR, A.; PRADANTYO, R.; SADPRASID, B.; BIRK, M. V.; SCHEME, E.; BATEMAN, S. Bubble Breather: a breathing exercise game to support pneumonia rehabilitation and recovery. In: Extended Abstracts of the 2020 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play. Virtual Event Canada: ACM, 2020. p. 86–90.

VAN DELDEN, R.; PLASS-OUDE BOS, D.; DE WITH, A. J. V.; VOGEL, K.; KLAASSEN, R.; ZWART, N.; VAN DER KAMP, M. SpiroPlay, a suite of breathing games for spirometry by kids & experts. In: Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play. Virtual Event Canada: ACM, 2020. p. 400–413.

VERSCHUEREN, S.; BUFFEL, C.; VANDER STICHELE, G. Developing theory-driven, evidence-based serious games for health: framework based on research community insights. JMIR Serious Games, v. 7, e11565, 2019.

Contactless respiration monitoring using ultrasound signal with off-the-shelf audio devices. IEEE Internet of Things Journal, 6(2), p. 2959–2973, 2018.

WEST, J. B. Fisiologia respiratória de West: princípios básicos. Porto Alegre: Artmed, 2023.