

Proposta de um Ambiente Integrado para Reabilitação Física de Amputados Utilizando Jogos Sérios

Douglas Aquino T. Mendes¹, Rafael Luz Melo¹,
Érico M. Hoff do Amaral¹, Julio Saraçol Domingues Júnior¹

¹Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

{douglasteixeira.aluno, rafaelmelo.aluno}@unipampa.edu.br

{ericoamaral, juliiodomingues}@unipampa.edu.br

Abstract. *Physical therapy sessions can be demotivating for patients who have suffered an amputation. This work aims to improve the previously proposed system, contemplating a greater variety of serious games that help in rehabilitation by providing data about the patient, making the evaluation less subjective. Thus, the integrated environment tries to lead the patient to the Flow state to improve the results of the rehabilitation sessions. For this, a new architecture was proposed using the NodeMCU ESP32. In addition, a new game environment was developed where the patient could perform different movements while playing. The movement information is captured through a mobile application and sent to a node sensor. The captured data can be analyzed later by the physiotherapists through a visualization system. Some initial experiments through the test plan were performed, and the evaluation methodology by patients and physiotherapists was proposed for the next step.*

Resumo. *As sessões de fisioterapia podem ser desmotivantes para os pacientes que sofreram amputação. Este trabalho visa aprimorar o sistema proposto anteriormente, contemplando uma maior variação de jogos sérios que auxiliam na reabilitação fornecendo dados sobre o paciente tornando a avaliação menos subjetiva. Assim, o ambiente integrado tenta conduzir o paciente ao estado de Flow com objetivo de melhorar os resultados das sessões de reabilitação. Para isso, foi proposta uma nova arquitetura utilizando o NodeMCU ESP32, além disso, foi desenvolvido um ambiente com um novo jogo onde o paciente pode executar diferentes movimentos enquanto joga, as informações de movimento são capturadas por meio de um aplicativo mobile e enviadas a um nó sensor. Os dados capturados podem ser analisados posteriormente pelos fisioterapeutas por meio de um sistema de visualização. Alguns experimentos iniciais por meio do plano de teste foram executados e a metodologia de avaliação pelos pacientes e fisioterapeutas foi proposta para a próxima etapa.*

1. Introdução

O corpo humano é uma ferramenta poderosa, capaz de realizar uma infinidade de atividades complexas. Os membros superiores e inferiores desempenham papéis essenciais na interação com o mundo ao nosso redor. Por meio de uma rede de músculos, ossos, articulações e tendões, eles nos permitem alcançar, agarrar, manipular e interagir com objetos e pessoas. No entanto, devido à sua participação

ativa em várias atividades diárias, esportivas e profissionais, essas regiões estão suscetíveis a lesões e disfunções, o que pode comprometer a funcionalidade e limitar a capacidade do indivíduo de realizar suas atividades cotidianas [KAPANDJI 2000], [Elaine N. Marieb 2014], [Gabrielli Gava Ferreira 2017]. Além disso, diversos outros fatores como por exemplo, malformações de membros, infecções graves, doenças como a diabetes *mellitus* que impossibilita a cicatrização de feridas causando inflamação, trombose entre outros podem conduzir o indivíduo a uma amputação.

A amputação é um procedimento delicado que afeta tanto o aspecto psicológico, quanto físico do paciente. Profissionais da área da saúde bem equipados são fundamentais no processo de reabilitação física, e a fisioterapia desempenha um papel importante nesse processo. No entanto, é comum que os pacientes percam a motivação durante o tratamento, o que pode resultar em uma diminuição do empenho na realização das técnicas e exercícios fisioterapêuticos. Nesse contexto, a Informática Médica e os jogos sérios têm surgido como soluções promissoras para auxiliar os profissionais de saúde na reabilitação física [Boccolini 2001][F et al. 2006], [Gabrielli Gava Ferreira 2017], [CARCI 2023].

A Informática Médica abrange desde tecnologias de suporte à tomada de decisão até soluções de instrumentação para procedimentos médicos mais eficazes. Um exemplo é a utilização de realidade virtual (RV) com a metodologia de gamificação para auxiliar no processo de reabilitação física. Além disso, sistemas embarcados com capacidades de sensoriamento têm sido explorados para personalizar a reabilitação com base nas necessidades individuais dos pacientes e monitorar sua evolução de forma precisa e eficiente. O desenvolvimento de jogos sérios também tem se mostrado uma abordagem promissora, pois estimula a prática das sessões de reabilitação de forma lúdica e instigante, melhorando o desempenho e a motivação dos pacientes [Kimura 2021].

Essas soluções computacionais baseadas em sistemas embarcados e jogos sérios oferecem oportunidades de pesquisa para aprimorar a reabilitação física de amputados. Ao explorar técnicas de estimulação sensorial e motora mais eficazes, essas abordagens podem melhorar a qualidade de vida dos pacientes, proporcionando uma recuperação mais rápida e eficiente.

Com isso, este trabalho tem como objetivo implementar um sistema integrado de baixo custo em hardware e software que integra jogos sérios, um nó sensor e uma aplicação mobile em Flutter. O sistema apresenta uma evolução do trabalho de Pinheiro [Pinheiro et al. 2022], viabilizando um sistema integrado com novos jogos com foco em diferentes movimentações, visando auxiliar na reabilitação e conduzir o paciente ao estado de *Flow*. Além disso, o sistema visa fornecer dados objetivos sobre o paciente, tornando a avaliação menos subjetiva e permitindo obter melhores resultados.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: A seção 2 apresenta o referencial teórico para o melhor entendimento do trabalho, já a seção 3 apresenta a proposta de solução implementada, assim como a seção 4 apresenta os resultados dos experimentos iniciais. Por fim, a seção 5 apresenta as conclusões do trabalho seguido das referências.

2. Referencial teórico

A fisioterapia é uma área da saúde que utiliza técnicas terapêuticas para promover, manter e restaurar a funcionalidade do corpo humano. Com base em conhecimentos ci-

entíficos, a fisioterapia emprega métodos físicos como exercícios, massagens, eletroterapia e manipulações para tratar e prevenir doenças, lesões e disfunções musculoesqueléticas [Unit 2023], [Uyesaka 2020], [Baiocchi 2023].

A reabilitação física, uma vertente da fisioterapia, tem como objetivo auxiliar indivíduos que sofreram trauma, doença ou deficiência a recuperar sua capacidade funcional. Por meio de programas de reabilitação individualizados, que incluem exercícios terapêuticos, treinamento de marcha, uso de próteses e órteses, além de técnicas de controle da dor e mobilização precoce, busca-se melhorar a qualidade de vida, a independência e a autonomia dos pacientes [Lisboa 2017], [Lambert 2023]. A fisioterapia e a reabilitação física desempenham um papel essencial no tratamento de lesões esportivas, acidentes vasculares cerebrais, lesões neurológicas, doenças musculoesqueléticas e amputações. Com o avanço das técnicas e abordagens terapêuticas, é possível obter resultados significativos na recuperação e reintegração desses indivíduos à sociedade.

No contexto da fisioterapia para amputados, o objetivo principal é ajudar o paciente a readquirir a independência funcional e adaptar-se às limitações impostas pela amputação. Isso é alcançado por meio de um programa de reabilitação individualizado, que engloba exercícios terapêuticos, treinamento de marcha, uso de próteses e órteses, além de técnicas de controle da dor e mobilização precoce. A fisioterapia também busca minimizar os efeitos do desuso e do encurtamento muscular, promovendo a reeducação neuromuscular e o fortalecimento dos músculos remanescentes. Além disso, são abordadas questões como prevenção de complicações secundárias, como contraturas musculares e úlceras de pressão, e suporte psicossocial para ajudar o paciente a lidar com as mudanças físicas e emocionais decorrentes da amputação [Pastre et al. 2005], [MELO et al. 2020].

A Informática Médica (IM) é uma área interdisciplinar que utiliza a tecnologia da informação para melhorar os processos de saúde, incluindo diagnóstico, tratamento, monitoramento e gestão de pacientes. Com o avanço da tecnologia, a IM tem se mostrado cada vez mais relevante, contribuindo para a eficiência, segurança e qualidade dos serviços de saúde [Carolina 2023]. As aplicações da IM são vastas e abrangem desde sistemas de prontuário eletrônico do paciente até dispositivos médicos inteligentes, telemedicina, análise de big data em saúde e inteligência artificial aplicada ao diagnóstico e prognóstico de doenças. Essas tecnologias permitem a integração e o compartilhamento de informações clínicas, facilitando a tomada de decisão dos profissionais de saúde, o monitoramento remoto dos pacientes e a melhoria da qualidade do atendimento. Além disso, a IM oferece ferramentas para a pesquisa científica, possibilitando o acesso rápido a informações atualizadas, o compartilhamento de dados entre instituições e a análise de grandes volumes de dados clínicos [Médica], [do Porto 2022].

No contexto da fisioterapia e reabilitação física, a IM desempenha um papel relevante na avaliação e acompanhamento dos pacientes, na prescrição de exercícios terapêuticos personalizados, no monitoramento da evolução do tratamento e na comunicação entre profissionais de saúde envolvidos no cuidado do paciente. Isso resulta em uma abordagem mais precisa, eficiente e integrada, potencializando os resultados da reabilitação [Paiva et al. 2020]. Quanto aos sistemas embarcados utilizados na reabilitação de amputados, existem diferentes tipos que podem ser empregados. Esses sistemas são dispositivos eletrônicos integrados a objetos ou equipamentos específicos, com a finalidade de controlar, monitorar ou fornecer funcionalidades adicionais. Alguns

exemplos de sistemas embarcados utilizados incluem:

- **Próteses inteligentes:** Próteses de membros superiores ou inferiores que incorporam sensores, atuadores e sistemas eletrônicos para proporcionar maior controle e funcionalidade ao usuário. Essas próteses podem utilizar tecnologias como sensores de movimento, interfaces neurais ou mioelétricas para interpretar os sinais do usuário e permitir movimentos mais naturais e precisos.
- **Órteses com dispositivos de *feedback*:** Órteses são dispositivos utilizados para auxiliar ou substituir a função de uma parte do corpo. Algumas órteses incorporam sistemas embarcados com dispositivos de *feedback*, como sensores de pressão ou acelerômetros, que permitem fornecer informações ao usuário sobre a postura, equilíbrio ou movimento, auxiliando na correção e no controle durante a reabilitação.
- **Dispositivos de realidade virtual ou aumentada:** Esses dispositivos são utilizados para criar ambientes virtuais ou sobrepor informações virtuais ao ambiente real. Na reabilitação de amputados, podem ser empregados para simular atividades do cotidiano ou práticas esportivas, proporcionando uma experiência imersiva e facilitando a adaptação e aprendizagem de novos movimentos e habilidades.
- **Sensores de movimento e eletromiografia:** Sensores de movimento, como acelerômetros e giroscópios, são utilizados para capturar e analisar os movimentos do paciente durante a realização de exercícios terapêuticos. A eletromiografia registra a atividade elétrica dos músculos remanescentes, auxiliando na avaliação e no treinamento da força muscular.

Esses sistemas embarcados proporcionam recursos adicionais para a reabilitação de amputados, permitindo uma abordagem mais personalizada, precisa e interativa. A integração dessas tecnologias com os jogos sérios mencionados anteriormente pode potencializar ainda mais os benefícios terapêuticos, oferecendo uma reabilitação mais eficaz e motivadora para os pacientes amputados.

2.1. Trabalhos correlatos

O trabalho de Cavalcanti apresenta informações relevantes para este projeto, visto que apresenta um método para avaliar questões referentes a usabilidade do sistema com o enfoque em reabilitação física [CAVALCANTI 2019]. A usabilidade é um aspecto fundamental para garantir que o sistema de reabilitação seja intuitivo, fácil de usar e eficiente para os pacientes. Com base nas diretrizes e métodos propostos por Cavalcanti, foi possível realizar uma avaliação abrangente da usabilidade do sistema desenvolvido, identificar possíveis problemas, e realizar melhorias com o objetivo de fornecer uma experiência mais satisfatória e efetiva aos usuários.

Por outro lado, Pillon também apresenta informações relevantes ao projeto, pois elucida requisitos essenciais para o desenvolvimento de um bom jogo voltado para a saúde [Pillon 2015]. Considerando que este trabalho utiliza jogos sérios para aumentar a motivação e o engajamento dos pacientes, é essencial compreender os requisitos que um jogo voltado para a saúde deve atender. Por meio das diretrizes propostas por Pillon, foi possível garantir que o jogo desenvolvido seja envolvente, desafiador e adequado para auxiliar na reabilitação física dos pacientes amputados.

A proposta de Belfort se mostra relevante uma vez que trata de diferentes jogos sérios que podem servir como inspiração para tratar diferentes movimentos [de Alcântara Uchôa Belfort et al. 2022]. A reabilitação física abrange uma variedade de movimentos e habilidades que os pacientes precisam recuperar ou aprender a realizar de forma adaptada. Ao explorar os jogos sérios apresentados por Belfort, foi possível obter *insights* valiosos sobre como desenvolver atividades e desafios específicos para cada tipo de movimento, tornando o processo de reabilitação mais abrangente e personalizado.

Por fim, o trabalho de Moura se mostra a solução mais próxima a abordagem proposta. Esse trabalho apresenta resultados e métodos de avaliação que podem ser úteis para o trabalho [Moura 2021]. Ao analisar os resultados e as abordagens propostas por Moura, foi possível vislumbrar referências valiosas para a avaliação da eficácia e dos benefícios do sistema proposto. O processo de análise dos trabalhos correlatos viabilizou o conhecimento sobre os projetos existentes na literatura, e contribuiu para o aprimoramento das soluções desenvolvidas.

Em resumo, os trabalhos correlatos forneceram orientações, requisitos, inspirações e métodos de avaliação que contribuiram para a modelagem e desenvolvimento do aprimoramento do sistema de apoio a sessões de reabilitação física mais eficaz, intuitivo e envolvente, visando o melhor suporte aos pacientes amputados de membros superiores e inferiores durante o processo de reabilitação.

3. Physio Games

A proposta deste trabalho consiste em aprimorar o protótipo desenvolvido anteriormente para ser utilizado nas sessões de fisioterapia do Serviço de Reabilitação Física (SRF) de Bagé/RS. O sistema apresenta um app mobile desenvolvido em Flutter, o qual captura as informações de movimentação do *smartphone*, e envia via *Bluetooth* para o nó sensor. O nó sensor trata os dados de movimentação e os envia por meio de uma comunicação serial ao jogo desenvolvido em Unity. O objetivo deste trabalho foi corrigir as limitações encontradas e aprimorar a solução existente, visando obter uma solução integrada e mais abrangente, com mais funcionalidades, diferentes tipos de atividades e permitir o melhor acompanhamento do paciente nas diferentes sessões.

Para isso, foram analisados os *feedbacks* das avaliações da solução anterior, assim como foram pesquisados trabalhos relacionados para encontrar as possíveis propostas de melhorias. O processo de concepção da nova solução iniciou corrigindo erros identificados a partir das avaliações que dificultavam os pacientes a alcançar o estado de *Flow*. Em seguida, foi desenvolvida uma nova fase, com o objetivo de ampliar os movimentos trabalhados e abordar outros aspectos que auxiliam no estado de *Flow*, como efeitos visuais, sonoros, sistema de dificuldade mais elaborado e padrões de movimento menos previsíveis. Além disso, foi proposta uma nova arquitetura do sistema, tornando o nó sensor otimizado e autocontido, ilustrado na Figura 1. Como resultado parcial, o protótipo inicial proposto foi o *Tennisgame physio* [Pinheiro et al. 2022] foi expandido para se tornar uma ferramenta mais completa, apresentando diferentes jogos com dinâmicas de movimentação variadas e uma nova arquitetura otimizada. Essa nova solução foi denominada Physio Games. Foi considerado o uso do NodeMCU ESP32 como nó sensor devido às suas vantagens em relação ao Arduino Mega com módulo HC-05 para a transferência de dados por *Bluetooth*.

O NodeMCU ESP32 possui suporte nativo para conexões *Bluetooth*, o que facilita a integração com o *smartphone* que transmite os dados do giroscópio. Além disso, o ESP32 suporta o *BLE* (do inglês, *Bluetooth Low Energy*), uma tecnologia que consome menos energia e é ideal para aplicações que exigem uma transferência contínua de dados, como é o caso do sistema de reabilitação.

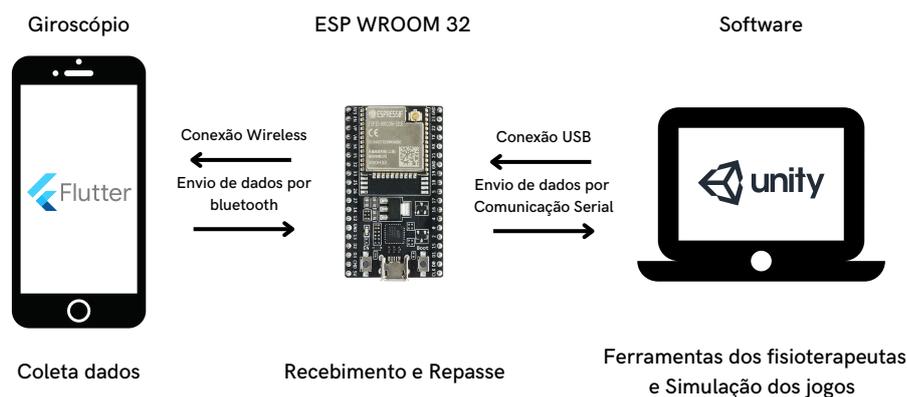


Figura 1. Ideia Conceitual da Arquitetura do Physio Games

Além disso, o NodeMCU ESP32 oferece maior capacidade de armazenamento. Isso é importante para lidar com uma grande quantidade de dados provenientes do giroscópio, bem como para armazenar algoritmos e lógica de processamento necessários para interpretar esses dados adequadamente. Outra vantagem é o processador mais avançado em comparação ao Arduino Mega. Isso permite um processamento mais rápido e eficiente dos dados recebidos do giroscópio do *smartphone*, garantindo uma resposta ágil e precisa aos movimentos do jogador na Unity.

Logo após as modificações arquiteturais efetuadas, foi proposta uma refatoração no ambiente do jogo sério, onde além do jogo proposto anteriormente em [Pinheiro et al. 2022], também é possível explorar um novo jogo deno-minado *Space Invaders Physio*. A nova fase desenvolvida foi inspirada jogo da plataforma Atari denominado *Space Invaders*. O novo jogo apresenta uma movimentação do jogador similar à do projeto anterior, porém, já buscando melhorias no que diz respeito a efeitos visuais, sistema de dificuldade e sistema de aleatoriedade. A nova fase possui como objetivo principal a sobrevivência do jogador perante ondas de inimigos que se aproximam cada vez mais. O jogador deve atirar nos inimigos e evitar ser atingido para progredir e alcançar pontuações mais altas. Para aumentar o desafio, o novo jogo incorpora mecânicas de jogo como variação na velocidade de movimentação, tamanho e frequência de geração de inimigos. Esses elementos exigem do jogador atenção e habilidades de esquiva para evitar colisões e eliminar os inimigos.

Ademais, o novo jogo oferece *Power Ups* (itens coletáveis que fornecem vantagens ao jogador) que podem auxiliar no alcance de melhores pontuações. Ao eliminar inimigos específicos ou atingir certas pontuações, o jogador pode receber *Power Ups* temporários, como tiros mais rápidos, escudos protetores ou aumento na velocidade de movimento. Essas vantagens temporárias incentivam o jogador a progredir e aumentam suas chances de obter pontuações mais altas, um exemplo pode ser observado na Figura 2.

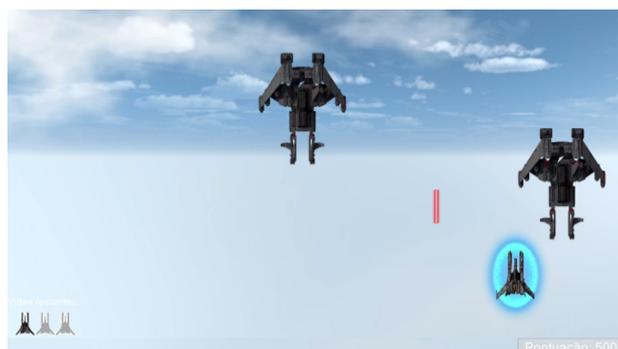


Figura 2. Power Up de Escudo Ativado no Jogo Space Invaders Physio.

A progressão na nova fase é projetada de forma a aumentar gradualmente a dificuldade. À medida que o jogador avança nas ondas de inimigos, a velocidade e a quantidade de inimigos aumentam, exigindo do jogador uma resposta mais rápida e estratégias mais avançadas para sobreviver. Essa progressão gradual mantém o desafio constante e proporciona uma sensação de conquista à medida que o jogador supera cada nova etapa. A nova fase também se preocupa em proporcionar uma experiência envolvente e imersiva. Com efeitos visuais aprimorados, como explosões ao acertar uma nave inimiga, ilustrado na Figura 3, o jogador é imerso em um ambiente dinâmico. Além disso, o *feedback* visual e sonoro é projetado para fornecer informações claras sobre a pontuação e as ações realizadas, com o propósito de manter o jogador engajado e motivado a buscar um desempenho melhor a cada partida.



Figura 3. Novo Jogo Proposto.

O cenário foi escolhido a partir das opções gratuitas disponíveis no repositório de *assets* da própria Unity. Dentro das opções, foram considerados imagens do espaço, cidades e do céu. O critério da escolha foi a poluição visual e contraste com os demais elementos, onde, o cenário de espaço foi descartado por ser muito escuro e se dificultar a

percepção das naves inimigas, e o cenário de cidade foi descartado por apresentar muitos detalhes que não interagem com o jogador, o que poderia causar confusão com os objetos que são interativos. Por esta razão, o cenário de céu azul com algumas nuvens foi selecionado. Em suma, o novo jogo desenvolvido busca desafiar os jogadores, oferecendo uma progressão gradual de dificuldade, recompensas estratégicas e uma experiência envolvente. Essas melhorias no *design* do jogo contribuem para tornar a experiência mais cativante e divertida para os pacientes durante as sessões de fisioterapia.

4. Resultados e Discussões

Aplicando o plano de testes elaborado, constatamos que a maioria dos aspectos do sistema de reabilitação física funcionou conforme o esperado, fornecendo uma base sólida para o seu desenvolvimento. No entanto, durante os testes, identificamos alguns pontos que requerem atenção e melhorias para aprimorar ainda mais a solução.

Um dos problemas encontrados está relacionado à comunicação serial no sistema operacional Linux, em que a comunicação serial não foi estabelecida corretamente. Isso dificultou a visualização dos *logs* e a resolução de erros no jogo compilado para o sistema operacional Linux. Estamos estudando formas de solucionar esse problema, explorando alternativas, como a migração do projeto para a plataforma Godot, que oferece suporte ao desenvolvimento e compilação de jogos no sistema operacional Linux.

Outro ponto identificado diz respeito à movimentação do jogador no jogo. Apesar da nova forma de movimentação ser mais suave e não apresentar teletransportes, observamos um aumento progressivo no atraso dos movimentos do jogador ao longo da partida. Esse atraso pode comprometer a experiência do usuário e a precisão dos movimentos. Estamos investigando a causa desse problema e buscando soluções para reduzir o *delay* e garantir uma resposta ágil e precisa aos comandos do jogador.

Essas questões identificadas durante os testes são importantes para aprimorar o sistema de reabilitação e garantir a sua eficácia. Os resultados obtidos até o momento são encorajadores, demonstrando que a solução desenvolvida tem potencial para auxiliar no processo de reabilitação física. Com base nas informações coletadas e nos desafios enfrentados, estamos direcionando nossos esforços para aprimorar a estabilidade do sistema, melhorar a comunicação serial no sistema operacional Linux e reduzir o atraso na movimentação do jogador. Esses resultados e conclusões obtidas nos testes fornecem um panorama do estado atual do projeto, destacando os pontos fortes e as áreas que necessitam de atenção.

4.1. Metodologia de Avaliações

Como próximas etapas após a resolução das dificuldades encontradas, será aplicada a metodologia de avaliação baseada nos trabalhos correlatos encontrados na revisão bibliográfica. Para avaliar a facilidade de uso da solução, pretende-se utilizar o Modelo de Aceitação de Tecnologia - TAM (do inglês, *Technology Acceptance Model*). O modelo TAM é amplamente utilizado na área acadêmica para avaliar a aceitação de novas tecnologias pelos usuários e é baseado em três variáveis de avaliação:

- FUP: É definida como o grau com que uma pessoa acredita que o sistema será fácil de ser utilizado.
- UP: É definida como grau em que uma pessoa acredita que um sistema irá aumentar a sua performance em uma tarefa.
- IC: É o grau de intenção de utilizar o sistema.

Dessa forma, com base no modelo TAM, serão efetuadas dezesseis perguntas para os profissionais que utilizarem o Physio Games. As respostas deverão ser mensuradas em uma Escala de *Likert* de 5 pontos. A Tabela 4.1 ilustra as questões incluídas no questionário. A primeira variável do modelo TAM será medida por meio de seis perguntas, identificadas na tabela como [FUP1], [FUP2], [FUP3], [FUP4], [FUP5] e [FUP6]. A segunda variável será medida por meio de quatro perguntas, identificadas como [UP1], [UP2], [UP3] e [UP4]. Por fim, a terceira variável utilizada será mensurada por meio de cinco perguntas, identificadas na tabela como [IC1], [IC2], [IC3], [IC4] e [IC5].

Tabela 1. Questões do TAM

Nº	Variável	Questão
1	[FUP1]	A ferramenta é de fácil uso?
2	[FUP2]	A ferramenta é autoexplicativa quanto a navegabilidade? É possível entender e navegar em seus menus sem problemas/dificuldades?
3	[FUP3]	A ferramenta é clara de ser compreendida?
4	[FUP4]	É fácil encontrar a informação que desejo no aplicativo?
5	[FUP5]	A ferramenta é intuitiva de modo que antes de clicar em algum botão eu sei a ação dele?
6	[FUP6]	Utilizar a ferramenta é agradável?
7	[UP1]	A ferramenta agrega valor na relação ensino aprendizagem?
8	[UP2]	A ferramenta disponibiliza a visualização de relatórios ao final da sessão?
9	[UP3]	A ferramenta disponibiliza a visualização de gráficos na saída dos dados?
10	[UP4]	A ferramenta produz os resultados que espero?
11	[IC1]	Recomendo a utilização da ferramenta?
12	[IC2]	Estou motivado a utilizar a ferramenta?
13	[IC3]	Utilizar a ferramenta atendeu as minhas expectativas?
14	[IC4]	A ferramenta é apropriada para estudo do desenvolvimento do paciente?
15	[IC5]	A ferramenta é apropriada para realização da sessão de fisioterapia?
16	[-]	Você tem alguma sugestão? Se sim, qual?

Infelizmente, embora os resultados e *feedbacks* obtidos com avaliações realizadas com usuários hipotéticos sem problemas de amputação tenham sido satisfatórios, a versão atual do sistema ainda apresenta algumas instabilidades significativas. Devido a essas limitações, decidimos adiar a etapa de testes com fisioterapeutas e pacientes até que possamos garantir a estabilidade e confiabilidade do sistema.

No entanto, é importante ressaltar que todo o processo de modelagem necessário para a realização dos testes de avaliação foi concluído. Isso significa que já desenvolvemos as bases necessárias para a avaliação do sistema, mesmo que ainda não tenhamos alcançado a estabilidade suficiente para realizar os testes práticos. A próxima etapa será iniciada com foco em estabilizar o sistema, eliminando as falhas e melhorando sua performance. O alcance dessa estabilidade permitirá avançar para a próxima fase, na qual poderemos envolver fisioterapeutas e pacientes de forma efetiva e segura.

Os próximos passos incluem a realização de avaliações com os pacientes e fisioterapeutas, utilizando a modelagem do TAM. Essa abordagem permitirá coletar dados sobre a eficácia do sistema, a experiência do usuário e a aceitação da tecnologia na prática clínica. Com base nos resultados desses testes, poderemos aprimorar ainda mais a solução, atendendo às necessidades e expectativas dos usuários finais.

5. Conclusões

Após a conclusão da primeira fase do projeto, realizamos uma análise abrangente de trabalhos relacionados, obtendo informações valiosas para a concepção de novas fases do projeto, que abrangem diferentes tipos de movimentos. Além disso, dedicamos tempo ao estudo do projeto anterior e das tecnologias necessárias para o desenvolvimento do sistema. As etapas realizadas abrangeram desde o levantamento do referencial teórico até a fase de prototipação da solução e aplicação do plano de testes. Neste ponto, o projeto avançou significativamente, estabelecendo uma base sólida para a continuação da próxima etapa, onde a proposta é realizar experimentos e aprimorar a solução com base no *feedback* recebido dos fisioterapeutas e pacientes. Serão realizadas análises e discussões dos resultados obtidos, buscando otimizar ainda mais a solução e validar sua eficácia.

Referências

- Baiocchi, D. J. M. T. (2023). O que É fisioterapia.
- Boccolini, F. (2001). *Reabilitação: amputados, amputações e próteses*. Robe Livraria e Editora, São Paulo.
- CARCI (2023). Como lidar com um paciente desmotivado na fisioterapia.
- Carolina, A. (2023). O que significa informática médica e qual sua importância?
- CAVALCANTI, V. C. (2019). Proposta de avaliação de usabilidade para sistemas interativos de realidade aumentada na prática de reabilitação motora. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- de Alcântara Uchôa Belfort, R. E., Lima, M. O., Mendes, A. C., Martins, R. A. B. L., Júnior, H. C. S., de Sousa Rodrigues, H. E., de Carvalho, D. M. L., da Silva Prado, R., Sakihara, I. M., Miranda, M. V. C., and Lima, F. P. S. (2022). Development of serious games for neurological rehabilitation of patients. *Research, Society and Development*, 11(16):e25111637437.
- do Porto, U. (2022). Mestrado em informática médica.
- Elaine N. Marieb, Patricia Brady Wilhelm, J. M. (2014). *Anatomia Humana*. Pearson Education do Brasil, Rua Nelson Francisco, 26 CEP 02712-100 – São Paulo – SP – Brasil, 7 edition.

- F, B. M. A. D., M., S. H., T., C. R. S., S., M., D., C.-S. C., and A., V.-S. R. (2006). Avaliação do equilíbrio estático em indivíduos amputados de membros inferiores através da biofotogrametria computadorizada. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 10(1).
- Gabrielli Gava Ferreira, Leticia Alves de Souza Ferreira, M. C. L. R. C. (2017). Identificação das causas de amputação de membros nas estratégias de saúde da família do município de Santa Fé do Sul-SP. *UNIFUNEC CIÊNCIAS DA SAÚDE E BIOLÓGICAS*, 1(1):65–71.
- KAPANDJI, A. I. (2000). *FISIOLOGIA ARTICULAR*. Medicina Panamericana Editora do Brasil LIDA., 27, Rue de l'École de Médecine. 75006 Paris, 5 edition.
- Kimura, C. A. (2021). *Gameterapia: uma proposta multiprofissional em terapia virtual na saúde*. SENA AIRES, 1º edition.
- Lambert, C. (2023). Conheça as diferenças entre reabilitação e fisioterapia.
- Lisboa, C. F. (2017). Reabilitação física fisioterapia.
- MELO, M. F. L. P. d., AGUIAR, M. R. R. B., ALVES, A. D. M., LORENA, S. B. d., SILVA, R. A. C. d., et al. (2020). Protocolo de reabilitação fisioterapêutica em amputados de membro inferior: uma revisão integrativa da literatura.
- Moura, M. Â. B. (2021). Proposta de uma plataforma ludificada para a reabilitação e condicionamento físicos.
- Médica, G. I. Informática médica virtualiza as suas aplicações para profissionais de saúde.
- Paiva, B. T., Júnior, J. D. S., do Amaral, É. M. H., and Follmann, J. (2020). Mfid: uma solução computacional para a identificação da fadiga muscular durante a reabilitação física de indivíduos amputados. *Anais do Computer on the Beach*, 11(1):337–344.
- Pastre, C. M., Salioni, J. F., Oliveira, B. A., Micheletto, M., and Júnior, J. N. (2005). Fisioterapia e amputação transtibial. *Arq Ciênc Saúde*, 12(2):120–4.
- Pillon, C. B. (2015). Requisitos para o desenvolvimento de jogos digitais utilizando a interface natural a partir da perspectiva dos usuários idosos caídores. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Pinheiro, A. N. L., Vieira, M. B., Amaral, E. M. H. d., and Domingues Júnior, J. S. (2022). Tennisgame physio: A tool for amputees physiotherapy based on gamification. *Journal on Interactive Systems*, 13(1):301–312.
- Unit (2023). Fisioterapia: o que é e como funciona.
- Uyesaka, A. (2020). Fisioterapia: entenda o que é e para que serve!