

Desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação neurológica de pacientes

Development of serious games for neurological rehabilitation of patients

Desarrollo de juegos serios para la rehabilitación neurológica de pacientes

Recebido: 04/11/2022 | Revisado: 20/11/2022 | Aceitado: 22/11/2022 | Publicado: 28/11/2022

Rascius – Endrigho de Alcântara Uchôa Belfort

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7821-1893>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: endrigho@hotmail.com

Mario Oliveira Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9990-5296>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: mol@univap.br

Alessandro Corrêa Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2079-324X>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: alcomen@univap.br

Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4942-988X>
Universidade Evangélica de Goiás, Brasil
E-mail: ralopesmartins@gmail.com

Halysson Carvalho Silva Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1466-2879>
Universidade Federal do Piauí, Brasil
E-mail: halysson1007@gmail.com

Hernandes Erick de Sousa Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2234-6195>
Universidade Estadual do Piauí, País
E-mail: erickhernandes4@gmail.com

Danilo Márcio Lima de Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1221-3719>
Universidade Federal do Piauí, Brasil
E-mail: danielomlcarvalho@gmail.com

Rafaela da Silva Prado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3588-3627>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: faelaprado2014@gmail.com

Isabela Mieko Sakihara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4797-9706>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: isamieko@gmail.com

Marcos Vinicius Carvalho Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2267-2305>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: marcosmirandaero1802@gmail.com

Fernanda Pupio Silva Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-7800>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: fpupio@univap.br

Resumo

O objetivo desse artigo foi demonstrar o desenvolvimento de um a coletânea de *exergames* para reabilitação neurológica denominada de *Therapy Game and System* (TGS). Foi escrito a princípio um *Game Desing Document* (GDD) sobre todos os detalhes que foram desde divisão de cada membro da equipe até a própria mecânica dos jogos. A *engine* de desenvolvimento de jogos eletrônicos distribuída gratuitamente chamada de *UNITY 2018*, que utiliza a linguagem de programação C# foi utilizada para implementação de todo conceito do *software*, e com auxílio do programa Photoshop 2020 foi possível desenhar o *layout* gráfico. Para a jogabilidade foi empregado o conceito de *Interface Humana do Usuário* com a utilização do dispositivo *Makey Makey*. Foram elaborados seis jogos divididos em duas coletâneas de três cada. Ambas foram registradas como programa de computador no NIPI. Testes preliminares foram feitos as quais os jogos se mostraram funcionais, entretanto, futuros ajustes gráficos e de jogabilidade deverão ser executados. Trata-se de uma tecnologia de baixo custo e com o desenvolvimento alicerçado

com embasamentos científicos a respeito do tema e refinamentos do próprio *software* afim de proporcionar uma experiência agradável e efetiva aos pacientes.

Palavras-chave: Jogos de vídeo; Reabilitação neurológica; Neurociências.

Abstract

The aim of this article was to demonstrate the development of a collection of exergames for neurological rehabilitation called Therapy Game and System (TGS). At first, a Game Design Document (GDD) was written about all the details ranging from the division of each team member to the mechanics of the games. The electronic game development engine distributed free of charge called UNITY 2018, which uses the C# programming language, was used to implement the entire software concept, and with the help of the Photoshop 2020 program, it was possible to design the graphic layout. For the gameplay, the concept of Human User Interface was used with the use of the Makey Makey device. Six games divided into two collections of three each were elaborated. Both were registered as a computer program in the NIPI. Preliminary tests were made which the games proved to be functional, however, future graphic and gameplay tweaks must be performed. It is a low-cost technology and its development is based on scientific foundations on the subject and refinements of the software itself in order to provide a pleasant and effective experience for patients.

Keywords: Video games; Neurological rehabilitation; Neurosciences.

Resumen

El objetivo de este artículo fue demostrar el desarrollo de una colección de exergames para la rehabilitación neurológica llamada Therapy Game and System (TGS). Al principio, se escribió un Documento de diseño del juego (GDD) sobre todos los detalles, desde la división de cada miembro del equipo hasta la mecánica del juego en sí. Para implementar todo el concepto del software se utilizó el motor de desarrollo de juegos electrónicos de distribución gratuita denominado UNITY 2018, que utiliza el lenguaje de programación C#, y con la ayuda del programa Photoshop 2020 se logró diseñar la maquetación gráfica. Para la jugabilidad, se utilizó el concepto de interfaz de usuario humano con el uso del dispositivo Makey Makey. Se elaboraron seis juegos divididos en dos colecciones de tres cada una. Ambos fueron registrados como programa informático en el NIPI. Se realizaron pruebas preliminares en las que los juegos demostraron ser funcionales, sin embargo, se deben realizar futuros ajustes gráficos y de juego. Es una tecnología de bajo costo y su desarrollo se basa en fundamentos científicos sobre el tema y refinamientos del propio software con el fin de brindar una experiencia agradable y efectiva a los pacientes.

Palabras clave: Videojuegos; Rehabilitación neurológica; Neurociencias.

1. Introdução

Atualmente, o mercado de jogos eletrônicos contribui não somente com aspectos relacionados ao entretenimento de pessoas de todas as idades, mas passou a ser inserido no campo vasto de reabilitação de pacientes utilizando desde dispositivos que possuem sensores responsáveis por rastrear movimentos humanos para se interagir com um ambiente virtual (Laffont *et al.*, 2019), como por exemplo Kinect™ desenvolvido pela Microsoft®, até dispositivos que aferem a distribuição de massa corpórea por meio de uma balança, semelhante a um equipamento de baropodometria, por exemplo, Wii Balance Board da Nintendo® (Choi *et al.*, 2014). Os consoles e seus jogos disponíveis no mercado, apesar de explorarem alguns aspectos que estimulem atividade e exercício físico, são voltados para apenas entreter de uma forma divertida o usuário. Nesse contexto, há necessidade de adaptar esses dispositivos para tratar sequelas de por acidente vascular encefálico (AVE), traumatismo crânio encefálico (TCE) (DeMatteo *et al.*, 2014), traumatismo raquimedular (TRM) (Wall *et al.*, 2015), doença de Parkinson (DP) (Santos *et al.*, 2019), entre outras.

Quando um jogo eletrônico é desenvolvido com o propósito específico de contribuir para a educação ou para fins terapêuticos é denominado de *Serious Game* (SG) ou Jogo Sérió (JS) (Ong, *et al.*, 2021). Pesquisas demonstram que a inserção dos JS no processo de reabilitação de pacientes neurológicos promove o aumento da motivação e o envolvimento do paciente devido aos componentes intrínsecos como a diversão e competitividade (Bonnechère *et al.*, 2018). Além disso, também podem avaliar parâmetros relacionados aos aspectos físicos e funcionais do paciente, o que refletem a evolução clínica durante todo o processo de intervenção terapêutica com essa ferramenta (Noveletto *et al.*, 2020). Alguns JS, por exemplo, avaliam aspectos funcionais, como por exemplo, a velocidade necessária imposta pelo *game* para alcançar um determinado objetivo dentro de uma atividade proposta (Doumas *et al.*, 2021; Guillén-Climent *et al.*, 2021).

Quando os JS estimulam a prática de exercícios físicos por meio de atividades lúdicas, são chamados de *Exergames* (aliança da palavra *exercise* e *games*), que se trata de uma subcategoria de *videogames* (Prosperini *et al.*, 2021). Os *Exergames* foram desenvolvidos com o intuito de aprimorar o condicionamento físico e promover um estilo de vida mais ativo e saudável (Bessa *et al.*, 2020). Pesquisas já demonstram que esse subgrupo de jogos pode ser aplicado como ferramenta na neuroreabilitação, principalmente no que concerne o treinamento sensório-motor, ao ser convergido com outras tecnologias como a Realidade Virtual (RV) não imersiva, que pode favorecer, por exemplo, a melhora da marcha e do equilíbrio (Hung *et al.*, 2017; Mura *et al.*, 2018; Ozdogar *et al.*, 2020).

Partindo dessa premissa, o desenvolvimento de JS's moldados poderá proporcionar o aumento da interação, diversão e motivação de pacientes neurológicos durante o processo de reabilitação e, posteriormente, melhora das funções cognitivas e físicas. Portanto, essa pesquisa tem o propósito de criar *softwares* de *exergames* e mostrar suas respectivas características e detalhes técnicos.

Dessa forma, o problema do estudo é: “há possibilidade de desenvolver uma coletânea de *exergames* para reabilitação neurológica que seja funcional?”, para responder esse questionamento o objetivo desse estudo é demonstrar o desenvolvimento de uma coletânea de *exergames* para reabilitação neurológica denominada de *Therapy Game and System (TGS)*.

2. Metodologia

2.1 Período de Desenvolvimento Preliminar e Registro de Software

A versão preliminar dos jogos foi desenvolvida durante dois anos (2019 e 2020). A cada três jogos desenvolvidos foi feito um registro de *software* no Núcleo de Inovação e Propriedade Intelectual (NIPI). Totalizaram-se seis jogos distribuídos em duas coletâneas denominadas de *Therapy and Game System Vol.1*, com o processo de número BR512021000953-3, e *Therapy and Game System Vol. 2*, com o processo de número BR512021000969-0.

2.2 Produção do *Game Design Document (GDD)*

Para esquematização dos jogos e exposição para demais membros da equipe de desenvolvimento, responsáveis pela programação e produção de hardware, foi desenvolvido um *Game Design Document (GDD)*, um manuscrito que descreve todos os elementos de desenvolvimento de um jogo, que envolve desde características da equipe idealizadora até questões relacionadas a jogabilidade (Colby & Colby, 2019).

2.3 Programação

Para a programação dos games optou-se pelo emprego da linguagem C# com a plataforma Unity® 2018. A escolha da *engine* ocorreu por esta ser uma das principais ferramentas utilizadas na indústria de jogos eletrônicos para desenvolvimento tanto de jogos renomados na indústria quanto jogos de baixo orçamento, ou seja, *indie games*.

2.4 Elaboração das Artes

Os sprites dos personagens, cenários e objetos foram desenhados no Adobe Photoshop CC 2020 com o auxílio de uma mesa digitalizadora Wacom® ctyl 472. O estilo empregado nas artes foi o *pixel art*, o mesmo dos jogos clássicos lançados nos anos 80 e 90, como Super Mário Bros, trazendo consigo um componente nostálgico.

2.5 A importância do *Flow* Para a Concepção dos Jogos

Antes de discutir cada característica expressa nos menus e nos jogos eletrônicos desenvolvidos para o *Therapy Game and System (TGS)*, serão introduzidos os conhecimentos básicos relacionados ao funcionamento de cada game.

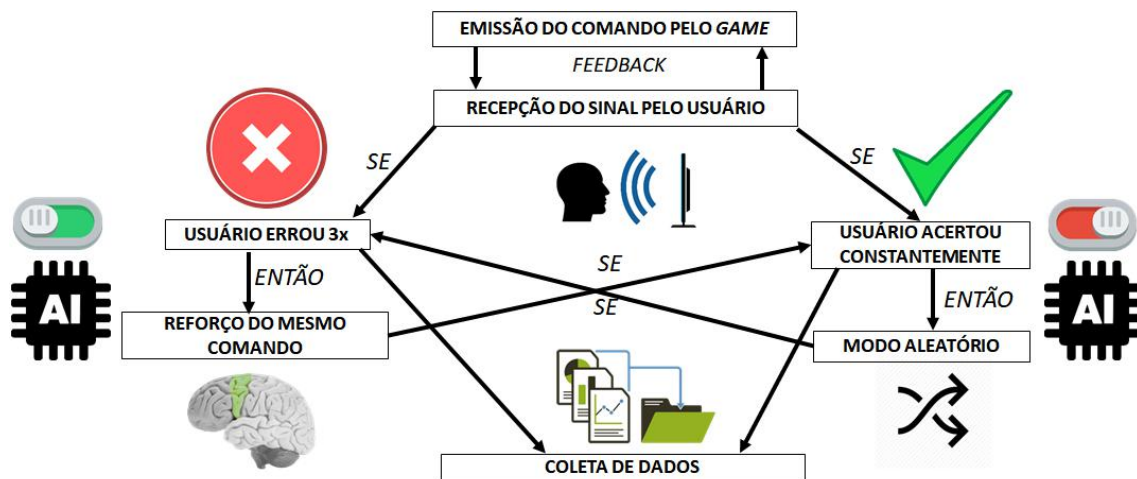
O conceito denominado de “*flow*” será considerado no desenvolvimento dos jogos, ou seja, eles irão estimular a concentração, envolvimento e absorção durante a atividade pelos participantes de forma que os erros nem sempre os levem ao fracasso ou que a atividade seja muito difícil a ponto de desmotivá-los quebrando o fluxo de engajamento *in-game* (Ng, et al., 2018; Ottiger *et al.*, 2021). É importante manter os pacientes engajados ao experimentarem os jogos, sem frustrá-los a ponto de desistirem e imprimindo uma dificuldade acessível para que alcance o sucesso.

2.6 Funcionamento do *Feedback* ao Jogar o *Therapy and Game System* (TGS)

A engenharia dos jogos respeita uma cascata de eventos na qual o protagonismo fica por parte de um reforço *in game* que será desenvolvido para direcionar os participantes ao treino dos movimentos deficitários (Figura 1). Ela se procede da seguinte forma:

1. O usuário visualiza o comando a ser feito em um sistema de feedback sensorial (visual e auditivo);
2. Ao tocar no sensor existem duas possibilidades: acerto e erro;
3. Se o usuário errar o comando, então, este será reforçado pela repetição do mesmo;
4. Se o usuário acertar constantemente este comando, então, será ativado o modo de comandos aleatórios;
5. Entretanto, se errar com certa frequência, haverá o retorno ao modo de reforço pela programação, para levar o usuário ao acerto e conseqüentemente ao modo aleatório;
6. Paralelamente ao funcionamento do sistema da programação todos os dados durante o *gameplay* serão coletados.

Figura 1 - Diagrama do *Feedback* dos jogos do TGS.



Fonte: Autores (2022).

A criação do reforço *in game* foi a solução encontrada para o desenvolvimento de um sistema inteiramente terapêutico o qual se adapta as condições físicas dos participantes, por exemplo, se o indivíduo possuir uma paresia do hemisfério esquerdo, onde provavelmente os erros tendem a ocorrer mais do lado acometido do corpo, haverá um estímulo maior para a realização de movimentos pelos segmentos corporais com sequelas, e, subsequentemente a atividade será prosseguida.

3. Resultados

Ao executar o game é apresentada a tela inicial do game onde é exposta a logomarca juntamente com o botão “iniciar” (Figura 2).

Figura 2 - Tela inicial de abertura do programa.



Fonte: Autores (2022).

Após a tela de abertura, aparecem as seguintes opções (Figura 3):

- **Perfil:** acessar o perfil dos pacientes registrados no programa;
- **Iniciar Terapia:** dar início ao tratamento com 20 minutos de exercícios, 5 minutos de descanso e 20 minutos de exercício (um protocolo de tratamento fechado);
- **Free Play:** modo de jogo sem pausas ficando ao critério do pesquisador o momento de parar de acordo com as limitações do paciente;
- **Config:** acesso as configurações básicas do programa como ajuste de áudio e vídeo;
- **Créditos:** expor todos os desenvolvedores em suas respectivas funções.

Figura 3 - Tela de seleção após dar início ao programa.



Fonte: Autores (2022).

É importante ressaltar que cada paciente possui seu perfil com dados relativos a ele para fins comparativos inter-participantes e inter-grupos de participantes.

Para identificação de cada participante, serão registradas informações de identificação (foto, número do perfil, nome, idade, cidade/estado, profissão, estado civil, altura, peso, contato, e-mail), queixa principal, história da doença atual (HDA), história da doença progressiva (HPP), déficit motor, déficit cognitivo. Será possível, por meio dessa tela, acessar números e gráficos referentes a coleta pelo próprio TGS e a possibilidade de anexar gráficos e arquivos de texto da evolução considerando parâmetros como EMG, EEG, sinais vitais (pressão arterial - PA, frequência cardíaca - FC e frequência respiratório - FR e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Figura 4).

Figura 4 - Tela de perfil dos pacientes.

A tela de perfil dos pacientes é organizada em seções. No topo, há um campo 'FOTO' e um campo 'Nº' com uma linha para digitação. Abaixo, um botão verde 'PERFIL' é centralizado, com uma seta dupla azul apontando para a direita. Abaixo disso, há quatro botões cinza: 'DADOS THERAPY GAME SYSTEM', 'EVOLUÇÃO EMG/EEG', 'EVOLUÇÃO SINAIS VITAIS' e 'EVOLUÇÃO VFC'. A seção principal de dados é um formulário com campos para: NOME, IDADE, CIDADE/ESTADO, PROFISSÃO, ESTADO CIVIL, ALTURA, PESO, CONTATO, E-MAIL, QUEIXA PRINCIPAL, H.D.A., H.P.P., DÉFICIT MOTOR e DÉFICIT COGNITIVO. Cada campo possui uma linha para digitação. Na base da tela, há ícones de navegação padrão.

Fonte: Autores (2022).

Ao acessar o ícone “Iniciar Terapia” aparecerem três opções (Figura 5):

- **Cadeirante com IA:** modo para pacientes cadeirantes onde será aplicado o reforço de *feedback* exposto anteriormente;
- **MMSS e MMII com IA:** para pacientes que possuem funcionalidade mínima para executar movimentos de membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII), também com reforço do *feedback* da programação;
- **MMSS e MMII/Aleatório:** o mesmo modo anterior, exceto pela ausência do *feedback* programação.

Figura 5 - Opções da tela de “Iniciar Terapia”.

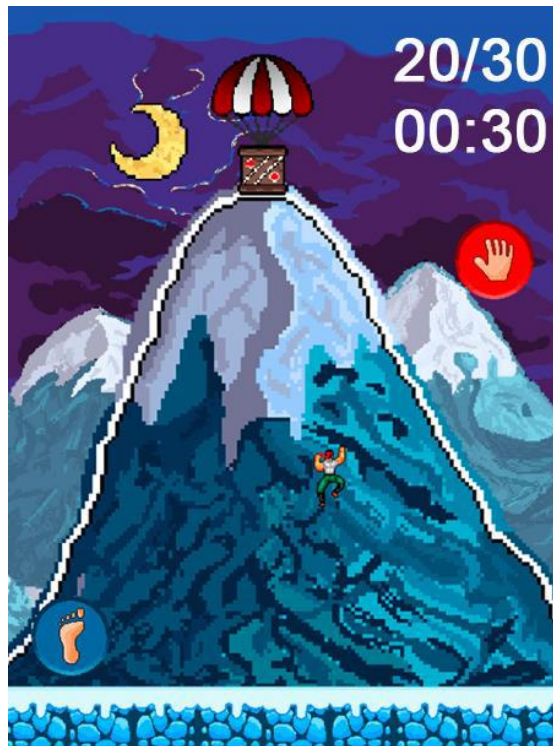


Fonte: Autores (2022).

3.1 Descrição dos Jogos do TGS

O primeiro jogo desenvolvido para o TGS se chama “O Alpinista”. O objetivo dele é fazer o alpinista subir uma montanha para alcançar os suprimentos no cume para que possa sobreviver a nevasca. Para o personagem escalar, o participante precisa acionar os botões com os membros indicados na tela. Caso haja três erros, ele cai, levando ao *game over*. Para alpinista alcançar o cume devem ser realizado os comandos certos dentro de 5 minutos, caso esse tempo acabe o alpinista também cairá (Figura 6).

Figura 6 - Interface gráfica do jogo “O Alpinista”.



Fonte: Autores (2022).

O segundo *game* foi denominado de “O Xerife”. O participante controla um xerife do velho oeste que precisa encontrar um bandido que está escondido dentro de barris. Para prendê-lo é necessário o jogador acertar corretamente o lugar onde o pistoleiro ficará escondido por 5 minutos. Cada barril corresponde a um membro o qual deve ser tocado no lugar onde o vilão irá aparecer. Não podem haver mais do que três erros, caso contrário, o jogo precisará ser reiniciado (Figura 7).

Figura 7 - Interface gráfica do jogo “O Xerife”.



Fonte: Autores (2022).

“Fuga na Selva” é o nome do terceiro jogo. Nele o usuário controla um explorador que se vê perseguido por um felino de grande porte e precisa ao mesmo tempo fugir, também desvencilhar-se de obstáculos, caso contrário o jogo acaba. Para o personagem pular e escapar dos percalços no caminho o participante precisa obedecer aos comandos que aparecem na tela correspondendo aos membros que devem ser utilizados. No total, são 5 minutos de obstáculos (Figura 8).

Figura 8 - Interface gráfica do jogo “Fuga na Selva”.



Fonte: Autores (2022).

No quarto jogo, o jogador assume o controle de uma moto, que é pilotada em uma estrada, e o motoqueiro deve desviar dos carros que estão vindo em direção a ele. Para isso, o paciente deve novamente apertar nos comandos que correspondem um dos membros para que ele possa desviar. Deverá ocorrer o desvio da maior quantidade de carros que conseguir em 5 minutos (Figura 9).

Figura 9 - O Motoqueiro.



Fonte: Autores (2022).

O quinto jogo se passa na Universidade do Vale do Paraíba, onde este trabalho foi concebido. Para o cenário, a referida instituição foi considerada como referência. Para abordar um aspecto inclusivo, foram desenhados maratonistas amputados de membro inferior. Igualmente aos jogos anteriores, os comandos aparecem na tela e ao acertar, o paciente garante que seu maratonista irá correr mais rápido que os demais até alcançar a linha de chegada. Totalizam-se 5 minutos de atividade (Figura 10).

Figura 10 - O maratonista.



Fonte: Autores (2022).

O sexto e último jogo aborda o famoso “jogo do martelo”, nessa coletânea chamado de Martelada. Igualmente aos jogos anteriores, nesse aparecerá um comando para membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII). Quando o jogador perceber e acionar o comando correspondente como, por exemplo, membro superior direito (MSD), um martelo de plástico acertará a lontra que irá sair de um dos seis buracos. O tempo de estímulo será mais rápido exigindo uma maior agilidade do paciente. Serão ao todo 5 minutos de jogo.

Figura 11 – Martelada.



Fonte: Autores (2022).

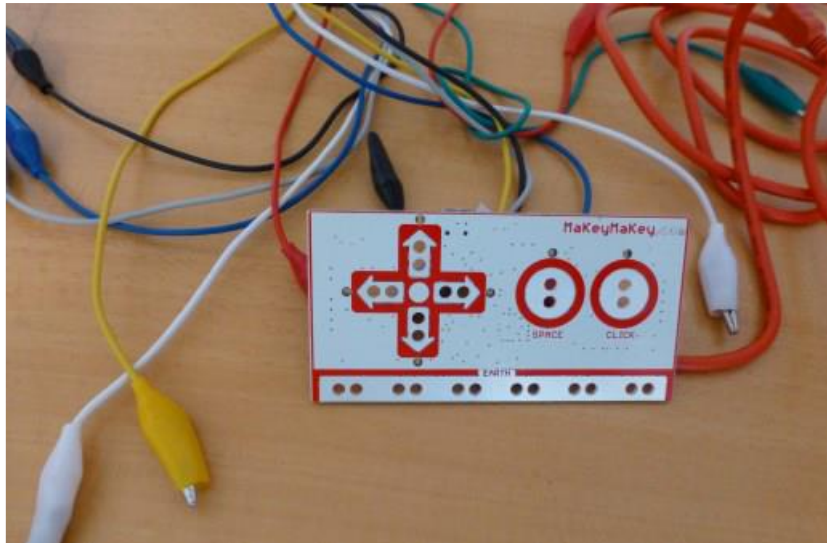
Algumas observações devem ser feitas sobre a execução do jogo e conduta do pesquisador no momento que o participante estiver jogando: Os jogos serão trocados de forma aleatória até completar o tempo de tratamento; É importante que o fisioterapeuta esteja monitorando constantemente a atividade ao lado do paciente afim de evitar lesões ou fadiga muscular, por exemplo; O fisioterapeuta deve demonstrar primeiro como os jogos funcionam antes do paciente começar a jogar, dando assim, maior segurança na realização dos movimentos.

3.2 Interface para o teste dos jogos

Para que haja a interação com os jogos, foi empregado o conceito de Interface de Usuário Baseada na Natureza e Interface Humana do Usuário (IHU) (Beginner's Mind Collective & Shaw, 2012), que se trata de uma forma de comunicação com o computador pela emulação de uma série de objetos do cotidiano e pessoas para teclas do computador. Geralmente, a ferramenta é utilizada com a finalidade de estabelecer mecânicas com perfil de jogos eletrônicos em atividades na educação.

Por meio dessa concepção, foi desenvolvido o *Makey Makey* (Figura 12), que se trata de um equipamento que transforma diversos objetos que conduzem energia elétrica em botões de computador, ou seja, frutas, metais e até mesmo pessoas, que podem se tornar interfaces ao interagirem com os eletrodos do equipamento.

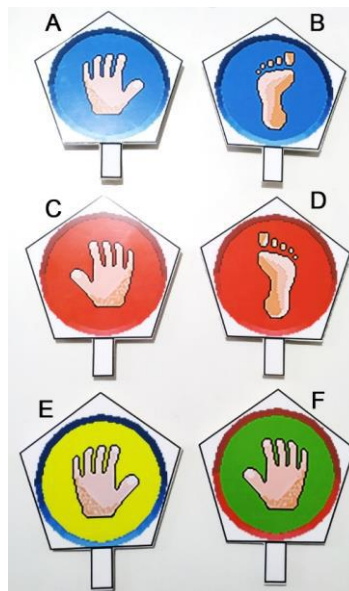
Figura 12 - Makey Makey.



Fonte: Rogers *et al.*, 2014. Pag. 3916.

Para houvesse uma identidade visual extra e intuitiva dos eletrodos a serem tocados pelos pacientes foram impressas placas sinalizadoras para MMSS e MMII. Sendo que para cadeirantes existem quatro indicações para MMSS, devido não ser possível a interação com os jogos por meio dos membros afetados pela lesão medular (Figura 13).

Figura 13 - Placas indicativas dos MMSS e MMII.



Fonte: Autores (2022).

As placas sinalizadoras serão acopladas em suportes impressos em Impressora 3D e pintadas com as cores correspondentes a elas. Cada um dos suportes possui material condutivo, onde os eletrodos do *Makey Makey* serão conectados, assim, toda vez que o paciente pressionar o membro correspondente, será registrada a informação de erro (por omissão ou comissão) ou acerto pelo jogo (Figura 14).

Figura 14 - Placas sinalizadoras acopladas em suportes com material condutivo: lado esquerdo da figura pacientes que utilizarão Membros Superiores (MSS) e Membros Inferiores (MSS), lado direito da figura pacientes que utilizarão somente MMSS, para cadeirantes.



Fonte: Autores (2022).

Resumidamente, os jogos propostos irão proporcionar um estímulo para que o paciente movimente um dos membros de acordo com a necessidade do jogo. Ele, por sua vez, tocará no material condutor inserido nas placas sinalizadas, fixadas nas hastes e, assim, o comando fornecerá o feedback de resultado, sendo erro ou acerto.

4. Discussão

Consoles de *videogame* como o Nintendo Wii™, pavimentaram um número expressivo de estudos a respeito das aplicações dos *exergames* no processo de reabilitação de pacientes neurológicos (Cárdenas *et al.*, 2021). Uma revisão de literatura com meta-análise publicada recentemente com pacientes com paralisia cerebral, demonstrou que onze ensaios clínicos randomizados apresentaram resultados eficazes quando estes consoles foram associados à fisioterapia convencional, no que concerne a melhora do equilíbrio dinâmico (Montoro-Cárdenas *et al.*, 2021).

Outros autores, realizaram uma revisão bibliográfica integrativa sobre a aplicação também do Nintendo Wii™ em pacientes que sofreram AVE. As intervenções, que duraram entre 30 e 60 minutos, foram realizadas no decorrer de 2 a 12 semanas em pacientes adultos e idosos e impactaram positivamente no equilíbrio, nas funções motoras dos MMSS e qualidade de vida (QV) dos voluntários em estudo (Aramaki *et al.*, 2019).

Lin e Chang (2014) realizaram um estudo de caso utilizando essa ferramenta, com o propósito de estimular os movimentos de dois pacientes com paralisia cerebral (PC). Os resultados demonstraram que esse *hardware* contribuiu com aumento da frequência de movimentos da amostra

Na literatura científica, há poucas pesquisas com relatos sobre o desenvolvimento e aplicação de *softwares* no formato de jogos eletrônicos em pacientes neurológicos, sendo mais comum a realização de estudos considerando processos de reabilitação com *games* desenvolvidos com a finalidade de entretenimento e diversão, do que estudos utilizando programas de computador inovadores direcionados para essas pessoas. Entretanto, autores como Noveletto *et al.* (2020), desenvolveram um JS robusto baseado no clássico “Pong”, batizando-o de “*mimPong*” com 11 pacientes hemiparéticos como sequela de um AVE. A interação com os jogos foi elaborada com uma célula de carga que mensurava a força muscular de membros

inferiores. Os onze participantes realizaram essa atividade ao longo de dez semanas, estimulando o membro parético. Ao término, os resultados demonstraram que houve uma recuperação motora funcional, que incluiu o aumento da força muscular, da mobilidade funcional e da velocidade da marcha.

Os jogos do TGS, desenvolvidos e expostos nesse estudo, possuem objetivos similares aos demais *exergames*, afinal, todos possuem o mesmo objetivo na reabilitação de paciente, entretanto, os meios utilizados para isso são diferentes. Deve-se levar em consideração a interface e a própria jogabilidade empregada nos jogos afins para estimular o paciente de uma maneira divertida a praticar o exercício proposto pelo *software*. O TGS utilizará uma interface ainda pouco pesquisada para sua execução e jogos inéditos. Estudos futuros poderão ser realizados para avaliar os efeitos dos jogos do TGS nos parâmetros fisiológicos e, especificamente no sistema músculo esquelético.

5. Considerações Finais

Nesse trabalho, foram apresentados o processo e os detalhes da elaboração de seis JG voltados para reabilitação de pacientes neurológicos com diferentes sequelas. Para isso, foram empregados conhecimentos que envolvem computação atual, programação de jogos eletrônicos, desenvolvimento de artes no formato *pixel art* e o emprego da IHU por meio do *Makey Makey*. Trata-se de uma tecnologia de baixo custo e com o desenvolvimento alicerçado com embasamentos científicos a respeito do tema e refinamentos do próprio *software* afim de proporcionar uma experiência agradável e efetiva aos pacientes.

Em estudos futuros, serão realizadas pesquisas com pacientes que apresentam diferentes disfunções neurológicas, considerando parâmetros quantitativos e qualitativos, para viabilizar a utilização do JG desenvolvido como recurso fisioterapêutico em protocolos de reabilitação.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Referências

- Aramaki, A. L., Sampaio, R. F., Reis, A., Cavalcanti, A., & Dutra, F. (2019). Virtual reality in the rehabilitation of patients with stroke: an integrative review. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, 77(4), 268–278. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190025>
- Beginner's Mind Collective; Shaw, D. (2012). Makey Makey: improvising tangible and nature-based user interfaces. In Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '12). *Association for Computing Machinery*, New York, NY, USA, 367–370. <https://doi.org/10.1145/2148131.2148219>
- Bessa, N., Lima Filho, B. F., Medeiros, C., Ribeiro, T. S., Campos, T. F., & Cavalcanti, F. (2020). Effects of exergames training on postural balance in patients who had a chronic stroke: study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ open*, 10(11), e038593. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-038593>.
- Bonnechère, B., Jansen, B., Haack, I., Omelina, L., Feipel, V., Van Sint Jan, S., & Pandolfo, M. (2018). Automated functional upper limb evaluation of patients with Friedreich ataxia using serious games rehabilitation exercises. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 15(1), 87. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0430-7>
- Choi, J. H., Han, E. Y., Kim, B. R., Kim, S. M., Im, S. H., Lee, S. Y., & Hyun, C. W. (2014). Effectiveness of commercial gaming-based virtual reality movement therapy on functional recovery of upper extremity in subacute stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine*, 38(4), 485–493. <https://doi.org/10.5535/arm.2014.38.4.485>.
- Colby, R., & Colby, R. S. (2019). Game design documentation: four perspectives from independent game studios. *Commun. Des. Q. Rev* 7, 3 (September 2019), 5–15. <https://doi.org/10.1145/3321388.3321389>
- DeMatteo, C., Greenspoon, D., Levac, D., Harper, J. A., & Rubinoff, M. (2014). Evaluating the Nintendo Wii for assessing return to activity readiness in youth with mild traumatic brain injury. *Physical & occupational therapy in pediatrics*, 34(3), 229–244. <https://doi.org/10.3109/01942638.2014.885103>.
- Doumas, I., Everard, G., Dehem, S., & Lejeune, T. (2021). Serious games for upper limb rehabilitation after stroke: a meta-analysis. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 18(1), 100. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00889-1>

- Guillén-Climent, S., Garzo, A., Muñoz-Alcaraz, M. N., Casado-Adam, P., Arcas-Ruiz-Ruano, J., Mejías-Ruiz, M., & Mayordomo-Riera, F. J. (2021). A usability study in patients with stroke using MERLIN, a robotic system based on serious games for upper limb rehabilitation in the home setting. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 18(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00837-z>.
- Hung, J. W., Chou, C. X., Chang, H. F., Wu, W. C., Hsieh, Y. W., Chen, P. C., Yu, M. Y., Chang, C. C., & Lin, J. R. (2017). Cognitive effects of weight-shifting controlled exergames in patients with chronic stroke: a pilot randomized comparison trial. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 53(5), 694–702. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04516-6>.
- Laffont, I., Froger, J., Jourdan, C., Bakhti, K., van Dokkum, L., Gouaich, A., Bonnin, H. Y., Armingaud, P., Jausse, A., Picot, M. C., Le Bars, E., Dupeyron, A., Arquizan, C., Gelis, A., & Mottet, D. (2020). Rehabilitation of the upper arm early after stroke: Video games versus conventional rehabilitation. A randomized controlled trial. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 63(3), 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.10.009>.
- Lin, C. Y., & Chang, Y. M. (2014). Increase in physical activities in kindergarten children with cerebral palsy by employing MaKey-MaKey-based task systems. *Research in developmental disabilities*, 35(9), 1963–1969. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.04.028>.
- Montoro-Cárdenas, D., Cortés-Pérez, I., Zagalaz-Anula, N., Osuna-Pérez, M. C., Obrero-Gaitán, E., & Lomas-Vega, R. (2021). Nintendo Wii Balance Board therapy for postural control in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Developmental medicine and child neurology*, 63(11), 1262–1275. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14947>.
- Mura, G., Carta, M. G., Sancassiani, F., Machado, S., & Prosperini, L. (2018). Active exergames to improve cognitive functioning in neurological disabilities: a systematic review and meta-analysis. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 54(3), 450–462. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04680-9>.
- Noveletto, F., Soares, A. V., Eichinger, F., Domenech, S. C., Hounsell, M., & Filho, P. B. (2020). Biomedical Serious Game System for Lower Limb Motor Rehabilitation of Hemiparetic Stroke Patients. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 28(6), 1481–1487. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2020.2988362>.
- Ong, D., Weibin, M. Z., & Vallabhajosyula, R. (2021). Serious games as rehabilitation tools in neurological conditions: A comprehensive review. *Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 29(1), 15–31. <https://doi.org/10.3233/THC-202333>.
- Ottiger, B., Van Wegen, E., Keller, K., Nef, T., Nyffeler, T., Kwakkel, G., & Vanbellinghen, T. (2021). Getting into a "Flow" state: a systematic review of flow experience in neurological diseases. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 18(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00864-w>.
- Ozdogar, A. T., Ertekin, O., Kahraman, T., Yigit, P., & Ozakbas, S. (2020). Effect of video-based exergaming on arm and cognitive function in persons with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Multiple sclerosis and related disorders*, 40, 101966. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2020.101966>.
- Prosperini, L., Tomassini, V., Castelli, L., Tacchino, A., Brichetto, G., Cattaneo, D., & Solaro, C. M. (2021). Exergames for balance dysfunction in neurological disability: a meta-analysis with meta-regression. *Journal of neurology*, 268(9), 3223–3237. <https://doi.org/10.1007/s00415-020-09918-w>.
- Rogers, Y., Paay, J., Brereton, M., Vaisutis, K. L., Marsden, G., & Vetere, F. (2014). Never too old: engaging retired people inventing the future with MaKey MaKey. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 3913–3922. <https://doi.org/10.1145/2556288.2557184>.
- Santos, P., Machado, T., Santos, L., Ribeiro, N., & Melo, A. (2019). Efficacy of the Nintendo Wii combination with Conventional Exercises in the rehabilitation of individuals with Parkinson's disease: A randomized clinical trial. *NeuroRehabilitation*, 45(2), 255–263. <https://doi.org/10.3233/NRE-192771>.
- Wall, T., Feinn, R., Chui, K., & Cheng, M. S. (2015). The effects of the Nintendo™ Wii Fit on gait, balance, and quality of life in individuals with incomplete spinal cord injury. *The journal of spinal cord medicine*, 38(6), 777–783.