

SkateFit: Análise de Usabilidade de um Jogo Sérioso para Treino de Equilíbrio e Controle Postural

SkateFit: Usability Analysis of a Serious Game for Training Postural Balance and Postural Control

Ana Grasielle Dionísio Corrêa^{1,2}, Giovana Tinasi Goulart¹, João Pedro Reche Ferreira da Silva¹, Pedro Henrique Ikeda¹, Bruno da Silva Rodrigues¹,
Silvana Maria Blascovi-Assis^{1,2}

¹Laboratório de Gameterapia e Realidade Virtual (Lab GameVR)

²Programa de Pós-Graduação em Ciência do Desenvolvimento Humano (PPG-CDH)

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Higienópolis, São Paulo, SP, Brasil

ana.correa@mackenzie.br, giovanatinasigoulart@gmail.com,
jpedro.reche@gmail.com, pedroikedal@gmail.com,
bruno.rodrigues@mackenzie.br, silvanam.assis@mackenzie.br

Abstract. *This study aimed to test the usability of the SkateFit game developed to help stimulate balance. This tool consists of a skateboard connected to a game, developed by an interdisciplinary team made up of professionals in the areas of health and computing. A skateboard has been adapted to a serious game to increase engagement in rehabilitation. The game has been applied at high universities. The results demonstrated that the SkateFit interactive tool could promote motor rehabilitation in an effective way, improving balance and postural control, being motivating and emotionally rewarding.*

Keywords: *Balance, Postural Control, Serious Games, Human-machine interface, Rehabilitation*

Resumo. *Esse estudo teve como objetivo testar a usabilidade do jogo SkateFit desenvolvido para auxiliar a estimulação do equilíbrio. Essa ferramenta consiste em um skateboard com um jogo conectado a ele, desenvolvido por uma equipe interdisciplinar composta por profissionais das áreas de saúde e computação. Foi desenvolvido um equipamento similar a um skate, acoplado a um jogo sério para aumentar o engajamento em reabilitação. O jogo foi testado em universitários saudáveis. Os resultados mostraram a ferramenta interativa SkateFit pode promover a reabilitação motora de uma maneira eficaz aprimorando o equilíbrio e controle postural, sendo motivadora e emocionalmente gratificante.*

Palavras-chave: *Equilíbrio, Controle Postural, Jogos Sérios, Interface homem-máquina, Reabilitação.*

1. Introdução

A inserção de tecnologias em programas de recuperação funcional abre novas possibilidades para a reabilitação motora, especialmente por meio da utilização de jogos sérios. Tais jogos têm demonstrado potencial para melhorar a coordenação manual, promover a mobilidade funcional, o equilíbrio e o controle postural (Lopes et al., 2018; Carlos 2024). No entanto, a transição desses jogos para as práticas terapêuticas muitas vezes carece do rigor científico necessário para a avaliação de sua usabilidade e aceitação, particularmente em populações adultas (Nawaz et al., 2016).

Enquanto a literatura sugere um futuro promissor para a utilização de videogames comerciais, tais como o Wii Balance, na reabilitação do equilíbrio (Romano et al., 2021), investigações sobre a usabilidade, especialmente a satisfação de uso, indicam que os jogos comerciais para essas plataformas frequentemente falham em alinhar-se com os exercícios específicos requeridos para os objetivos terapêuticos (Lange et al., 2010; Carlos 2024). Neste contexto, a colaboração interdisciplinar entre especialistas em reabilitação e tecnologia emerge como um caminho viável para o desenvolvimento e a validação de jogos sérios que contribuam positivamente em programas terapêuticos (Philippi e Fernandes, 2021).

Este estudo foca na exploração dos jogos sérios como meio de potencializar o treino de equilíbrio e força muscular. Apesar da eficácia da fisioterapia convencional (Freitas e Duarte, 2012; Prado-Rico et al., 2018), a participação ativa do jogador e a adequação aos seus interesses e preferências podem ampliar significativamente os resultados do tratamento (Yaman, 2022). Com isso, pretende-se nesta pesquisa, validar a usabilidade do jogo sério denominado SkateFit, desenvolvido para treinar o equilíbrio e força muscular usando uma plataforma de skate eletrônico. Avaliamos o desempenho do usuário (pontuação) durante 2 minutos de jogo e, na sequência, a experiência de utilização usando o *Game Experience Questionnaire* (GEC) proposto por Ijsselstein (2013). O intuito é contribuir para o desenvolvimento de produtos acessíveis e que possam atender, de forma engajadora, aos desafios dos programas de reabilitação motora. Os desafios enfrentados incluem desde a criação de uma ferramenta de custo reduzido que promova aprimoramento do equilíbrio, até a testagem do protótipo em um grupo selecionado de estudantes saudáveis.

Esta estratégia é crucial para que o jogo SkateFit venha a ter o potencial de beneficiar uma ampla gama de indivíduos. As propostas do SkateFit poderão beneficiar o campo da reabilitação como uma ferramenta motivadora para estimular e aprimorar a mobilidade funcional, o equilíbrio e o controle postural para pessoas com disfunções ortopédicas ou neurológicas. Ademais, profissionais da saúde que atuam na área da recuperação funcional poderão utilizar o SkateFit como um recurso adicional em seus programas terapêuticos, proporcionando uma abordagem lúdica e tecnológica que pode aumentar a adesão e o engajamento dos pacientes aos tratamentos. A natureza interativa do jogo o torna uma opção atraente para indivíduos buscando maneiras inovadoras de se exercitar e melhorar sua condição física geral, promovendo a saúde e o bem-estar de forma mais engajadora (Shahmoradi et al., 2022).

Este trabalho é parte de um projeto mais abrangente, fruto de uma parceria interdisciplinar que envolve docentes dos cursos das áreas da saúde e tecnologia. Através

desta colaboração, busca-se avançar no conhecimento científico e tecnológico na área de jogos sérios para reabilitação, bem como oferecer soluções inovadoras e acessíveis que possam ser implementadas na prática clínica, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida de pacientes em processo de recuperação.

2. Referencial Teórico

2.1 Equilíbrio Postural

O equilíbrio é um processo dinâmico da postura corporal que está relacionado à prevenção de quedas a partir da manutenção da projeção do centro de gravidade na base de suporte do corpo, requerendo ajustes musculares e articulares constantes a partir de informações enviadas pela visão, sistema vestibular e sistema proprioceptivo (Baldaço et al., 2010). O equilíbrio postural é essencial para a realização de atividades cotidianas, atuando como base para a manutenção da postura ereta e o desempenho de movimentos corporais diversificados. A literatura especializada reconhece sua importância, sublinhando que a habilidade de manter o equilíbrio é crítica para a execução de tarefas motoras complexas (Freitas e Duarte, 2012; Prado-Rico et al., 2018).

2.2. Gameterapia e Equilíbrio Postural

Gameterapia é uma forma de terapia que utiliza jogos digitais e videogames como ferramentas terapêuticas (Bocci et al., 2023). Ela pode ser aplicada em diversas áreas da saúde, como reabilitação física, psicologia, e terapia ocupacional. É particularmente importante em contextos em que a dimensão lúdica pode amplificar os resultados terapêuticos e facilitar o atingimento de objetivos específicos (Rocha, 2023). Nesse sentido, a gameterapia emerge como um recurso tecnológico relevante, posicionando-se como uma ferramenta capaz de promover o desenvolvimento e aprimoramento do equilíbrio (Bocci et al., 2023).

Os jogos sérios, ou “*serious games*” utilizados em sessões de gameterapia caracterizam-se como jogos desenvolvidos com propósitos de aprendizagem (treinamento, simulação e educação) e distanciam-se dos jogos puramente voltados ao entretenimento (Mango, 2019). Caracterizam-se por sua capacidade de fornecer experiências práticas voltadas ao desenvolvimento de competências específicas, beneficiando assim uma variedade de campos. Sua eficácia está ligada à capacidade de engajar os usuários de maneira profunda, facilitando a aprendizagem e a prática de habilidades de forma interativa e atraente, superando muitas vezes os métodos convencionais de reabilitação (Rangel, 2018; Pontes, 2023; Ferreira, 2021).

2.3. Usabilidade em Jogos Sérios para Reabilitação

De acordo com Nielsen (1994), usabilidade é um atributo de qualidade que avalia o quão fácil e intuitivo é para os usuários interagirem com um produto ou sistema. Segundo a ISO 9241-11, a usabilidade é definida pela medida em que um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico.

A avaliação da experiência e usabilidade em jogos é crucial, pois influencia diretamente a experiência do usuário, afetando sua imersão e engajamento (Suovuo et al.,

2020; Ijsselsteijn 2013). Em jogos educativos ou sérios, aonde os objetivos vão além do entretenimento, a usabilidade é ainda mais importante. Uma interface intuitiva e responsiva pode aumentar significativamente a eficácia dos jogos como ferramentas de aprendizagem, treinamento ou reabilitação. Jogos com boa usabilidade não só retêm a atenção dos usuários, mas também melhoram a eficácia das atividades propostas. Nesse sentido, a avaliação da usabilidade em jogos voltados para reabilitação é vital para garantir que esses jogos sejam eficazes e agradáveis para os usuários.

Os testes de usabilidade geralmente seguem uma metodologia estruturada (Nielsen 1994). Primeiro, selecionam-se participantes que representam o público-alvo do jogo. Esses participantes realizam tarefas específicas e objetivos enquanto interagem com o jogo, permitindo que os avaliadores observem e registrem sua experiência. Ferramentas como questionários, entrevistas e gravações de tela são usadas para avaliar aspectos como a facilidade de uso, eficiência, satisfação e problemas encontrados. A análise dos dados coletados identifica problemas de usabilidade, que são então corrigidos para melhorar a experiência do usuário. Esse ciclo iterativo de teste e ajuste é essencial para o desenvolvimento de jogos que sejam agradáveis e eficazes.

Diante desse panorama, a viabilidade e a usabilidade dos jogos sérios devem ser testadas antes de sua implementação em contextos terapêuticos, assegurando a eficácia e segurança dos protótipos desenvolvidos (Jaspers 2009). Logo, o presente estudo dedica-se ao desenvolvimento e avaliação do jogo sério "SkateFit", destinado a intervir positivamente no controle de equilíbrio e na força muscular em contextos de reabilitação.

No contexto dos avanços tecnológicos, observa-se um aumento no desenvolvimento de alternativas inovadoras e de baixo custo destinadas à avaliação do equilíbrio em diferentes faixas etárias e condições motoras. Propostas que enfatizam tarefas de fácil compreensão, realizadas em ambientes lúdicos e interativos, têm ganhado espaço, indicando um caminho promissor para a avaliação e intervenção motora (Romano et al., 2013; Larsen et al., 2014; Ito et al., 2014; Pua, Clark, e Ong, 2015).

3. Método

É uma pesquisa qualiquantitativa de investigação de usabilidade de produto tecnológico, com coleta de dados por meio de perguntas abertas e aplicação de questionários pontuados direcionados aos participantes. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, número CAAE 75895923.9.0000.0084 e parecer número 6.598.888.

3.1. SkateFit

O jogo SkateFit está ambientado em uma estação de prática de esportes de inverno, compreendendo uma pista de snowboard com obstáculos como troncos de árvores e pedras (Figura 1a). O objetivo é desviar dos obstáculos que surgem aleatoriamente nos cantos da pista, acumulando pontos a cada desvio bem-sucedido. A interação com o jogo ocorre por meio de uma plataforma de skate eletrônico (Figura 1b), conectado no computador via cabo serial, na qual o jogador aplica pressão sobre a plataforma, inclinando-se para deslocar seu centro de gravidade. Esse movimento permite controlar a base da plataforma e, conseqüentemente, mover o personagem no jogo. O jogador começa com três vidas, perdendo uma vida cada vez que colide com um obstáculo. O jogo termina

quando o jogador perde todas as três vidas. O jogo tem um módulo de dados que coleta e armazena os dados de desempenho (pontuação e tempo de jogo) de cada jogador.



Figura 1. (a) Interface gráfica do jogo SkateFit; (b) plataforma de skate eletrônico

3.2. Participantes

Participaram do estudo 21 indivíduos saudáveis de ambos os sexos, recrutados por conveniência através de redes sociais. Critérios de inclusão: estar na faixa etária entre 18 e 30 anos, que não praticassem esportes como atletas profissionais ou amadores. Foram excluídos os jovens com algum tipo de lesão ortopédica ou seqüela neurológica transitória ou permanente.

3.3. Métricas e Instrumentos de Avaliação

Foram coletados os seguintes dados:

- **Demográficos:** capturados através de um questionário *online* para analisar perfil dos participantes (idade, gênero e hábitos esportivos).
- **Experiência pós-jogo SkateFit** (Ijsselsteijn et al., 2013): capturada através do Game Experience Questionnaire (GEC – módulo principal) aplicado imediatamente após a interação com o SkateFit para analisar Imersão, Fluxo, Competência, Afeto Positivo e Negativo, Tensão e Desafio. As questões são respondidas utilizando uma escala de avaliação Likert que vai de 0-“nada/nenhum” até 4-“extremamente”.
- **Experiência pós-jogo SkateFit (follow-up)** (Ijsselsteijn et al., 2013): capturada através do Game Experience Questionnaire (GEC – módulo pós-jogo) aplicado entre 3 e 7 dias após a experiência com o jogo SkateFit para analisar como os jogadores se sentem após pararem de jogar. Os itens avaliados foram Experiência Positiva, Experiência negativa, Cansaço e Retorno à realidade. As questões são respondidas utilizando uma escala de avaliação Likert que vai de 0-“nada/nenhum” até 4-“extremamente”.
- **Desempenho de jogo:** capturado através do módulo de dados exportado como arquivo .csv na seguinte especificação: data;hora;nomeParticipante;pontuação;vidas;

3.4. Procedimentos

Os experimentos foram conduzidos individualmente no Laboratório de Gameterapia e Realidade Virtual (Lab GameVR), em uma sala com espaço suficiente para o experimento, climatizada e com luminosidade controlada. O participante foi convidado a

ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) impresso e esclarecer suas dúvidas. Nessa fase inicial, os participantes receberam uma breve explicação sobre o experimento, sua relevância e procedimentos. Na sequência, foram convidados a responder o questionário de pré-teste para coletar dados demográficos e de níveis de experiência com jogos eletrônicos.

Antes de iniciar a sessão de testes, os participantes foram apresentados ao jogo SkateFit, seu objetivo, regras e mecânica de jogo. Cada participante passou pela fase de treinamento com a tecnologia por até 2 minutos para familiaridade com o skate. Após 1 minuto de descanso, o participante jogou o jogo por 2 minutos. O jogo foi reiniciado sempre que o jogador perdeu todas as 3 vidas, até que os 2 minutos fossem completados. Após o experimento com o jogo, o participante respondeu ao GEC (Parte 1). Após um período de 3 dias, o GEC (Parte 3) foi enviado por e-mail para que cada participante respondesse, em até no máximo 4 dias, sobre seus sentimentos pós-jogo.

Após o período de familiarização, o participante teve 1 minuto de descanso e na sequência iniciou o teste jogando o jogo por 2 minutos. Caso o jogador perdesse as 3 vidas antes de completar os 2 minutos do protocolo, o jogo era reiniciado. O protocolo foi estabelecido considerando-se o tempo necessário para a execução das tarefas propostas no jogo.

4. Resultados

Considerando as características demográficas e os hábitos esportivos dos participantes, tem-se que o experimento incluiu 21 estudantes universitários, sendo 7 homens e 14 mulheres, com idades variando entre 19 e 27 anos. A maioria dos participantes se identificou como “não atletas”, o que pode sugerir que o grupo era mais inclinado a atividades menos físicas, como jogos eletrônicos.

O desempenho do game do SkateFit foi registrado por pontuações em cada tentativa, considerando os critérios estabelecidos no protocolo proposto, ou seja:

a) reinício do jogo caso o jogador perdesse as 3 vidas até que os 2 minutos fossem completados: para esse propósito, observou-se que no treino, realizado durante dois minutos, a necessidade de reiniciar o jogo ocorreu em média 2,44 vezes, variando entre uma e cinco repetições. O jogo propriamente dito, proposto também para ser realizado em dois minutos, teve média reinício de 1,66 vezes, com repetições variando também entre uma e cinco vezes. A média de número de reinício do jogo indica provável aprendizado com o tempo de treino, sugerindo que o treinamento e o uso frequente podem ser estratégias facilitadoras para o controle postural e melhor desempenho na tarefa;

b) o número de pontos registrado pelo programa identificou pouca variação no grupo, tendo como média 40,88 pontos com variação entre 38 e 43.

A usabilidade e a experiência com o SkateFit foram predominantemente positivas (Figura 2a) para os 21 participantes, tendo como base os dados fornecidos pelo módulo principal do GEC. A pontuação de afeto positivo (3,47) foi a mais alta entre as categorias, sugerindo que os jogadores geralmente sentiram emoções agradáveis enquanto jogavam. A competência e a imersão também receberam avaliações moderadamente positivas, com pontuações de 2,42 e 2,67, respectivamente, indicando que os jogadores se sentiram razoavelmente hábeis e envolvidos no jogo. O fluxo do jogo, que reflete a facilidade com

que os jogadores entraram em um estado de engajamento, teve uma pontuação próxima a competência e imersão, com 2,29, sugerindo que os jogadores experimentaram um certo grau de absorção no jogo, embora não tão intensamente quanto poderia ser desejado para uma experiência ótima. As pontuações relativamente baixas em tensão (0,30) e afeto negativo (0,50) apontam para uma experiência de jogo positiva, ou seja, não provocou estresse ou aborrecimentos, o que é corroborado pela pontuação de desafio (1,54), indicando que o jogo foi percebido como desafiador, mas não excessivamente difícil.

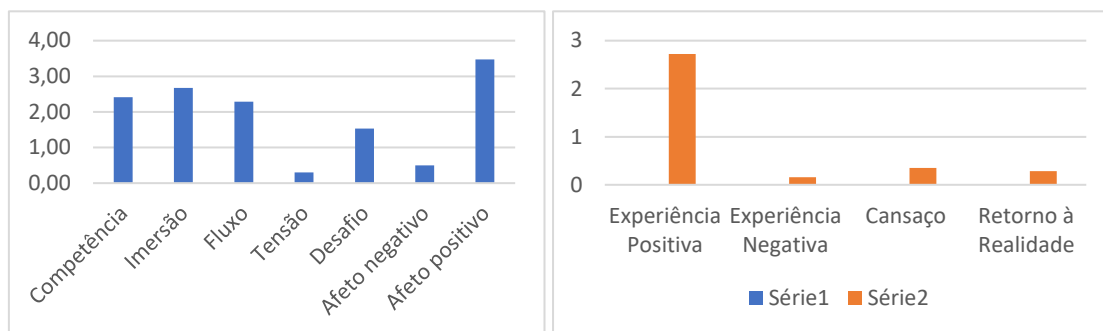


Figura 2 – (a) GEC Módulo Principal; (b) GEC Módulo Pós-jogo

Com relação ao módulo pós-jogo do GEC (Figura 2b), obteve-se uma média de 2,73 para experiência positiva. Isso deixa evidente que as impressões favoráveis do jogo perduraram bem além do período imediato de jogo, o que sugere um impacto positivo duradouro na experiência dos jogadores. A baixa média de 0,16 para experiências negativas indica que quaisquer aspectos desfavoráveis do jogo foram de mínima relevância ou rapidamente esquecidos, não afetando a lembrança a longo prazo dos jogadores sobre o jogo. O cansaço, com uma pontuação de 0,35, reforça a ideia de que o jogo não resultou em fadiga persistente, física ou mental para o tempo estipulado no protocolo. Além disso, a pontuação de 0,28 para "Retorno à Realidade" sugere que os jogadores não enfrentaram dificuldades significativas em se desvincular da experiência do jogo nos dias subsequentes. Esses dados, portanto, refletem uma experiência de jogo que foi eficaz em criar uma recordação duradouramente positiva, sem impor um custo cognitivo ou emocional longo.

Embora o grupo estudado tenha um número reduzido de participantes, é possível sugerir que a atividade proposta pode atender aos objetivos de ser uma opção inovadora para melhorar o equilíbrio e a condição física geral dos usuários, promovendo a saúde e o bem-estar de forma mais engajadora, oferecendo desafios mais envolventes, além de proporcionar uma experiência agradável e imersiva com pouco estresse ou frustração para os jogadores.

Algumas considerações devem ser retomadas nos estudos que darão seguimento ao jogo. Destaca-se que o grau de dificuldade para permanecer sobre os dois pés no protótipo pode ser um fator dificultador para o engajamento de pessoas que tenham diagnósticos clínicos que implicam em maior comprometimento do equilíbrio, uma vez que a base de apoio é limitada e pode gerar riscos de queda. Dessa forma, o perfil dos usuários deve ser definido previamente para que não haja risco e frustração às propostas de uso do SkateFit. Sugere-se que futuras investigações possam ser iniciadas com atletas que tenham como proposta de treinamento o aprimoramento de reações rápidas de controle postural e pessoas cuja meta terapêutica seja a concentração em estímulos

proprioceptivos integrados com a visão, considerando que a propriocepção é um mecanismo de percepção corporal em que os receptores periféricos enviam informações relativas ao movimento ao sistema nervoso central, onde serão processados os comandos para manutenção do controle postural e do equilíbrio, em atuação conjunta do sistema visual e vestibular (Baldaço et al., 2010).

5. Conclusões

O presente estudo investigou a usabilidade e a experiência de utilização do jogo sério SkateFit desenvolvida para a reabilitação treinamento de equilíbrio e controle postural. Os resultados alcançados sugerem conclusões promissoras em relação à integração de tecnologias interativas em programas de recuperação funcional.

A avaliação de desempenho durante o uso do SkateFit, refletida nas pontuações e no número de repetições, indica que o jogo conseguiu engajar os participantes em uma atividade que simula os exercícios de equilíbrio e força de maneira eficaz e consistente. A pouca variação na pontuação do grupo mostra uma experiência homogênea entre os participantes, o que pode ser interpretado como um indicativo positivo de usabilidade geral do jogo.

A análise dos dados coletados pelo Game Experience Questionnaire (GEC) forneceu insights sobre a percepção dos participantes. O alto nível de afeto positivo e as moderadas pontuações de competência e imersão revelam que o SkateFit foi bem recebido pelos estudantes universitários, proporcionando uma experiência envolvente e prazerosa. A baixa incidência de tensão e afeto negativo, juntamente com uma pontuação equilibrada de desafio, destaca o potencial do SkateFit como uma ferramenta terapêutica e de agradável utilização.

Considerando o módulo pós-jogo do GEC, as impressões positivas que persistiram após um intervalo de vários dias enfatizam a capacidade do SkateFit de criar memórias duradouras e positivas associadas ao treinamento. A ausência de fadiga e a facilidade de transição de volta à realidade sugerem que o jogo é adequado para sessões terapêuticas, sem impor uma sobrecarga cognitiva ou emocional aos jogadores.

Este estudo é uma etapa inicial na validação de jogos sérios como o SkateFit. Os dados obtidos reforçam o potencial dessa ferramenta interativa de promover a reabilitação motora de uma maneira que é tanto eficaz quanto emocionalmente gratificante. Através da colaboração interdisciplinar entre especialistas em reabilitação e tecnologia, demonstrou-se que é possível criar jogos sérios que não apenas apoiam os objetivos terapêuticos, mas também respeitam e atendem às preferências dos usuários.

Os resultados encontrados no presente estudo são preliminares e devem ser cautelosamente avaliados considerando-se possíveis riscos de viés, uma vez que se concentraram em um grupo de participantes composto por estudantes universitários, jovens e saudáveis. Como trabalhos futuros, pretendemos realizar um estudo piloto focando em pacientes com o membro superior comprometido através de um ensaio clínico controlado e com um número de participantes que possa gerar sólidas evidências científicas sobre a eficácia do sistema na reabilitação dos pacientes

Referências

- Baldaço F.O, Cadó V.P., Souza J. de, Mota C.B, Lemos J.C. (2010) Análise do treinamento proprioceptivo no equilíbrio de atletas de futsal feminino. *Fisioter. em Mov.* v. 23, n.2. p.183–92.
- Bocci, F., Ferrari, A., Sarini, M. (2023) Putting the gaming experience at the center of the therapy—the Video Game Therapy® approach. In: *Healthcare*. MDPI, p. 1767.
- Carlos, L.C.A. (2024). Análise histórica do jogo sério VirtualTer-uma ferramenta para reabilitação do equilíbrio postural. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Ferreira, D. R., Baptista, C. K., Da Silva Rodrigues, B., Siqueira, B. C., Blascovi-Assis, s. M., Corrêa, A. G. (2021) Development and Test of a Serious Game for Dorsiflexion and Plantarflexion Exercises of the Feet. *Journal on Interactive Systems*, v.12, n.1, 8-68.
- Freitas, S.M., Duarte, M. (2012) Joint coordination in young and older adults during quietstance: effect of visual feedback of the center of pressure. *Gait & Posture*, v. 35, n. 1, p.83-87.
- Ijsselsteijn, W.A., de Kort, Y.A.W., Poels, K. (2013) The Game Experience Questionnaire. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Ito, T.; Sakai, Y., Kubo, A., Yamazaki, K., Ohno, Y., Nakamura, E., Sato, N., Morita, Y. (2014) The Relationship between Physical Function and Postural Sway during Local Vibratory Stimulation of Middle-aged People in the Standing Position. *J. Phys. Ther. Sci.*, v.26, p.1.627-1.630.
- Jaspers, M.W.M. (2009). A comparison of usability methods for testing interactive health technologies: methodological aspects and empirical evidence. *International journal of medical informatics*, v. 78, n. 5, p. 340-353, 2009.
- Lange, B. et al. (2010) Development of an Interactive Game-Based Rehabilitation Tool for Dynamic Balance Training. *Topics in Stroke Rehabilitation*, v.17, n. 5, p. 345–352.
- Larsen, L.R., Jorgensen, M. G., Junge, T., Juul-Kristensen, B., Wedderkopp, N. (2014) Field assessment of balance in 10 to 14 year old children, reproducibility and validity of the Nintendo® Wii board. *BMC Pediatrics*, v. 14, n. 144.
- Mango, A.R. (2019) A atuação do estado no desenvolvimento nacional da indústria criativa de serious games. In: MARTINS, E. (org) *Digital games and learning 2 [recurso eletrônico]* / Ponta Grossa (PR): Atena Editora.
- Nawaz, A. et al. (2016) Usability and acceptability of balance exergames in older adults: A scoping review. *Health Informatics Journal*, v. 22, n. 4, p. 911–931.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann Publishers, 384p.
- Palma Lopes, J.B., De Almeida Carvalho Duarte, N., Lazzari, R.D., Oliveira, C.S. (2018) Virtual reality in the rehabilitation process for individuals with cerebral palsy and Down syndrome: A systematic review. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*.
- Philippi Jr, A., Fernandes, V. (2021). Ciência e tecnologia à luz da interdisciplinaridade. Cleverson V. Andreoli; Patrícia Lupi Torres (Org.), *Ciência, Inovação e Ética: Tecendo Redes e Conexões para a Sustentabilidade*, p. 189-198.

- Pontes, Rodrigo Garcia. (2023) Serious Games: Jogos com objetivos que vão bem além da diversão. Disponível em: <https://www.gameblast.com.br/2023/06/serious-gamesjogos-objetivos-alem-diversao.html>. Acesso em 19 nov. 2023.
- Prado-Rico, J.M., Alouche, S.R., Sodre, A.C., Garbus, R.B.S.C., Freitas, S.M.S.F. de. (2018) Effect of force magnitude of touch on the components of postural sway, *Gait & posture*, v. 65, p. 15-19.
- Pua, Y.H., Clark, R.A., Ong, P.H. (2015) Evaluation of the Wii balance board for walking aids prediction: proof-of-concept study in total knee arthroplasty. *PLoS ONE*, v. 10, n. 1, e0117124.
- Rangel, Jean Ávila. *Jogo sério para ensino e prática de detecção de outliers*. (2018). 123 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3933>. Acesso em: 19 nov. 2023.
- Rocha, F. et al. Gameterapia na terceira idade: uma revisão. (2023) *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, Brasil, São Paulo, v.6, n.13, p.1499–1506. Disponível em: <http://revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/732>. Acesso em: 19 nov. 2023.
- Romano, R.G., Raia, F., Dias, I.R., Blascovi-Assis, S.M. (2013) Tecnologia de Games e reabilitação virtual: adaptação do software LabView para captura dos dados do Wii BalanceBoard. *Millenium*, n. 45, p. 187-191.
- Romano, Rosângela Guimarães et al. (2021) Avaliação do equilíbrio estático em jovens com Síndrome de Down pelo Nintendo® Wii Balance Board™. *Revista Contexto & Saúde*, v. 21, n. 43, p. 180-191.
- Shahmoradi, L., Mohammadian, F., Rahmani, M.K (2022). A systematic review on serious games in attention rehabilitation and their effects. *Behavioural Neurology*, v. 2022, n. 1, p. 2017975.
- Suovuo, T., Skult, N., Joelsson, T.N., Skult, P., Ravyse, W., Smed, J. (2020). The Game Experience Model (GEM). In: Bostan, B. (eds) *Game User Experience And Player-Centered Design*. International Series on Computer Entertainment and Media Technology. Springer, Cham.
- Yaman, F. et al. (2022) Is virtual reality training superior to conventional treatment in improving lower extremity motor function in chronic hemiplegic patients? *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 68, n. 3, p. 391–398.