



## O uso da gameterapia para diminuir a oscilação postural

The use of game therapy to reduce postural oscillation

El uso de la terapia de juego para reducir el balanceo postural

Luan de Almeida Moura<sup>1</sup>, Silvia Regina Matos da Silva Boschi<sup>1</sup>, Paulo Cesar Reis<sup>1</sup>, André Roberto Fernandes da Silva<sup>1</sup>, Mariana da Palma Valério<sup>1</sup>, Tabajara de Oliveira Gonzalez<sup>1</sup>, Silvia Cristina Martini<sup>1</sup>, Terigi Augusto Scardovelli<sup>1</sup>, Alessandro Pereira da Silva<sup>1</sup>.

### RESUMO

**Objetivo:** Desenvolver jogos computadorizados para treinar o equilíbrio postural em idosos, abordando movimentação laterolateral, anteroposterior e combinação de ambos, usando uma plataforma de força inclinada para interação. **Métodos:** Este estudo desenvolveu três jogos que foram controlados por uma plataforma de força biaxial para treinar o equilíbrio em idosos. Cada jogo enfoca movimentos específicos sendo laterolateral, anteroposterior e uma combinação de ambos. A plataforma permite interação com o jogo através do deslocamento da pressão exercida pelo jogador. O desenvolvimento dos três jogos ocorreu com o uso de um software de desenvolvimento de jogos. Para os testes envolveram-se 10 avaliadores divididos em fisioterapeutas e desenvolvedores. Os resultados foram analisados usando a escala SUS (System Usability Scale). **Resultados:** As respostas obtidas no questionário SUS apresentaram uma pontuação de 81 na avaliação dos fisioterapeutas e 81 na avaliação dos desenvolvedores de sistema. Ambos os valores classificam o sistema como excelente. Os jogos podem ser uma ferramenta muito útil e com grande potencial de utilização para treinamento e reabilitação do equilíbrio. **Conclusão:** O sistema desenvolvido pode trazer uma melhora significativa nos tratamentos, assim como auxiliar o terapeuta aumentando as possibilidades de técnicas aplicadas, atingindo uma maior permanência do paciente durante o tratamento.

**Palavras-chave:** Equilíbrio postural, Teste de Software, Gameterapia, Treinamento do equilíbrio postural.

### ABSTRACT

**Objective:** To develop computerized games to train postural balance in the elderly, addressing laterolateral movement, anteroposterior movement, and a combination of both, using an inclined force platform for interaction. **Methods:** This study developed three games that were controlled by a biaxial force platform to train balance in the elderly. Each game focuses on specific movements being laterolateral, anteroposterior and a combination of both. The platform allows interaction with the game through the pressure displacement exerted by the player. The development of the games took place using a game development software. The tests involved 10 evaluators divided into physiotherapists and developers. The results were analyzed using the SUS scale (System Usability Scale). **Results:** The answers obtained in the SUS questionnaire showed a score of 81 in the physiotherapists' evaluation and 81 in the system developers' evaluation. Both values classify the system as excellent. Games can be a very useful tool with great potential for use in balance training and rehabilitation. **Conclusion:** The system developed can bring about a significant improvement in treatments, as well as helping the therapist by increasing the possibilities of techniques applied, achieving greater patient permanence during treatment.

**Keywords:** Postural balance, Software Testing, Gametherapy, Postural balance training.

<sup>1</sup> Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes (UMC), Mogi das Cruzes - SP.

## RESUMEN

**Objetivo:** Desenvolver jogos computadorizados para treinar o equilíbrio postural em pessoas maiores, abordando o movimento laterolateral, anteroposterior e uma combinação de ambos, utilizando para a interação uma plataforma de força inclinada. **Métodos:** Este estudo desenvolveu três jogos controlados por uma plataforma de força biaxial para treinar o equilíbrio em pessoas maiores. Cada jogo se centra em movimentos específicos sendo lateral, anteroposterior e uma combinação de ambos. A plataforma permite a interação com o jogo deslocando a pressão que exerce o jogador. O desenvolvimento dos três jogos se realizou utilizando software de desenvolvimento de jogos. Para as provas participaram 10 avaliadores, divididos em fisioterapeutas e desenvolvedores. Os resultados se analisaram mediante a escala SUS (System Usability Scale). **Resultados:** As respostas obtidas no questionário do SUS apresentaram pontuação de 81 na avaliação dos fisioterapeutas e 81 na avaliação dos desenvolvedores de sistemas. Ambos os valores qualificam o sistema como excelente. Os jogos podem ser uma ferramenta muito útil e com grande potencial para o treinamento e a reabilitação do equilíbrio. **Conclusión:** O sistema desenvolvido pode trazer uma melhoria significativa nos tratamentos, assim como ajudar o terapeuta aumentando as possibilidades das técnicas aplicadas, logrando uma maior retenção do paciente durante o tratamento.

**Palabras clave:** Equilíbrio postural, Provas de Software, Gamoterapia, Treinamento do equilíbrio postural.

## INTRODUÇÃO

Para uma rotina saudável o equilíbrio postural é um dos fatores mais importantes, sendo necessário para movimentação com segurança dos seres humanos (THOMAS E, et al., 2019). Com isso o equilíbrio postural pode ser definido como uma habilidade motora complexa e derivada da interação de múltiplos processos sensorio-motores (LEIRÓS-RODRÍGUEZ V, et al., 2019). As respostas neuromusculares visam garantir que o centro de gravidade (CG) do corpo seja mantido dentro da base de suporte (área formada pelos membros inferiores) (ZATSIORSKY VM, 2002; WINTER DA, 2009). Segundo estudos, o avanço da idade pode comprometer o equilíbrio postural através da degeneração do sistema mecânico, sistema esquelético, sistema muscular, degradações mentais e físicas (AZARPAIKAN A e TORBATI HT, 2018). Por conta disso, uma em cada três pessoas acima de 65 anos sofrem quedas ao longo do ano, causando lesões, traumas ou até mesmo óbito (WINGERTER DG, et al., 2020).

Uma forma de prevenção de quedas é a melhoria do equilíbrio ortostático por meio de treinamento baseado em estímulos normalmente gerados por dispositivos, tais como o wobble board (CHIARAMONTE R, et al., 2022; SILVA ARF, et al., 2020). Outro dispositivo utilizado, são as plataformas de força com rotação, responsáveis pelo fortalecimento da musculatura dos membros inferiores, melhoria da propriocepção e melhoria na ativação muscular (DISTEFANO LJ, et al., 2010). Outro recurso é o uso da realidade virtual, que simula atividades de treinamento do equilíbrio, aumenta a mobilidade e reduz o medo de quedas (CHEN Y, et al., 2021). Com isso o treinamento do equilíbrio baseado em jogos computadorizados pode melhorar a motivação do paciente, elevando a capacidade desse treinamento (ACMS, 2010; MARTINHO D, et al., 2020).

Neste sentido, artigos que utilizaram equipamentos para o estudo do controle postural foram selecionados, como o estudo de Bessa NPOS, et al. (2020) que avaliou a precisão da placa Wii balance board para avaliar o equilíbrio. Contudo, o tamanho reduzido da base de suporte Wii balance board causa um aumento da oscilação corporal do paciente (BESSA NPOS, et al., 2020), o que pode influenciar na avaliação do equilíbrio unipodal nesse equipamento. Em outro estudo Zahedian-Nasab N, et al., (2021) um protocolo de treinamento com o Kinect foi realizado em 30 pacientes de uma casa de repouso acima de 60 anos de idade.

Em 6 semanas 4 jogos da plataforma de sport do Knect foram utilizados para intervenção dos idosos, enquanto o grupo controle participou apenas das atividades de rotina da clínica de repouso. Como resultado os pacientes que receberam a intervenção melhoraram o equilíbrio e ainda diminuíram os riscos de quedas. Em uma revisão da literatura (ISMAIL NA, et al., 2022) os autores verificaram que a atividade física diária dos idosos aumentaram significativamente nos estudos que utilizaram exergames (jogos que demandam maior esforço físico), também houve melhoria do equilíbrio e função cognitiva, além dos participantes gostarem dos jogos, o que aumenta o engajamento.

Portanto, devido as necessidades de adequação de exercícios para indivíduos idosos, um sistema de jogos computadorizados controlados por uma plataforma de força com rotação biaxial e diferentes graus de inclinação podem gerar uma personalização no treinamento do equilíbrio desse público. Com isso, o objetivo desse estudo foi o desenvolvimento de jogos computadorizados que permitem o treinamento do equilíbrio postural em idosos para três diferentes tipos de movimentação no equilíbrio (Anteroposterior, laterolateral e livre).

## MÉTODOS

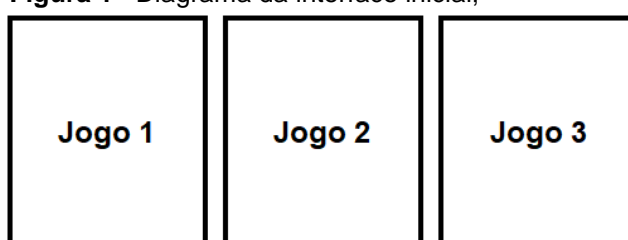
### Aspectos Éticos

O estudo foi realizado com a opinião de especialistas na área de desenvolvimento de jogos e fisioterapeutas para avaliar a efetividade do estudo. A avaliação não foi realizada com o público-alvo deste estudo (idosos). No entanto, conforme o parágrafo único do artigo 1 da Resolução 510/16 do Conselho Nacional de Saúde, pesquisas de opinião pública com participantes não identificados não serão registradas nem avaliadas pelo CEP/CONEP. Segundo o item XIV do artigo 2 da Resolução 510/16, a pesquisa de opinião pública envolve uma consulta verbal ou escrita para expressar preferências, avaliações ou o sentido atribuído a temas, atuação de pessoas e organizações, ou produtos e serviços, sem a possibilidade de identificação do participante. A avaliação com o público idoso será realizada em uma etapa seguinte deste estudo.

Para personalizar o treinamento do equilíbrio em idosos, os autores desenvolveram três jogos computadorizados controlados por uma plataforma de força biaxial. Cada jogo é controlado pela descarga de massa diferentes eixos (laterolateral e anteroposterior), dessa forma, o treinamento do equilíbrio pode ser adaptado para cada pessoa. Os jogos foram conectados à uma plataforma de força com inclinação controlada, desenvolvida por (ISHIZAKI MT, et al., 2022). Esse equipamento possibilita coletar a descarga de massa e ainda alterar sua inclinação para frente, para trás, para direita e esquerda. O dispositivo possui 8 sensores posicionados entre duas placas, a partir disso pode-se realizar a movimentação dos avatares.

Para facilitar o acesso aos jogos desenvolvidos, foi criado uma interface de acesso com a função de clicar e acionar os botões na tela do monitor, responsáveis por direcionar o jogador ao jogo desejado. A interface inicial foi desenvolvida utilizando uma ferramenta do motor gráfico Unity chamado Canvas. Esse sistema é capaz de compor uma cena com botões, e atribuir a cada um deles a função de acionamento, permitindo acessar o jogo selecionado ao ativar o seu respectivo botão (**Figura 1**).

**Figura 1** - Diagrama da interface inicial;



**Fonte:** Moura LA, et al., 2024.

### Jogo 1

No primeiro jogo desenvolvido, o objetivo do jogador é utilizar uma prancha localizada na parte inferior da tela (**Figura 2a**) para rebater uma bola (**Figura 2b**) na direção de uma série de blocos (**Figura 2c**) localizados na parte superior da tela. Para controle da prancha o jogador deve realizar movimentos laterolaterais sobre a plataforma de força (**Figura 2d**).

### Jogo 2

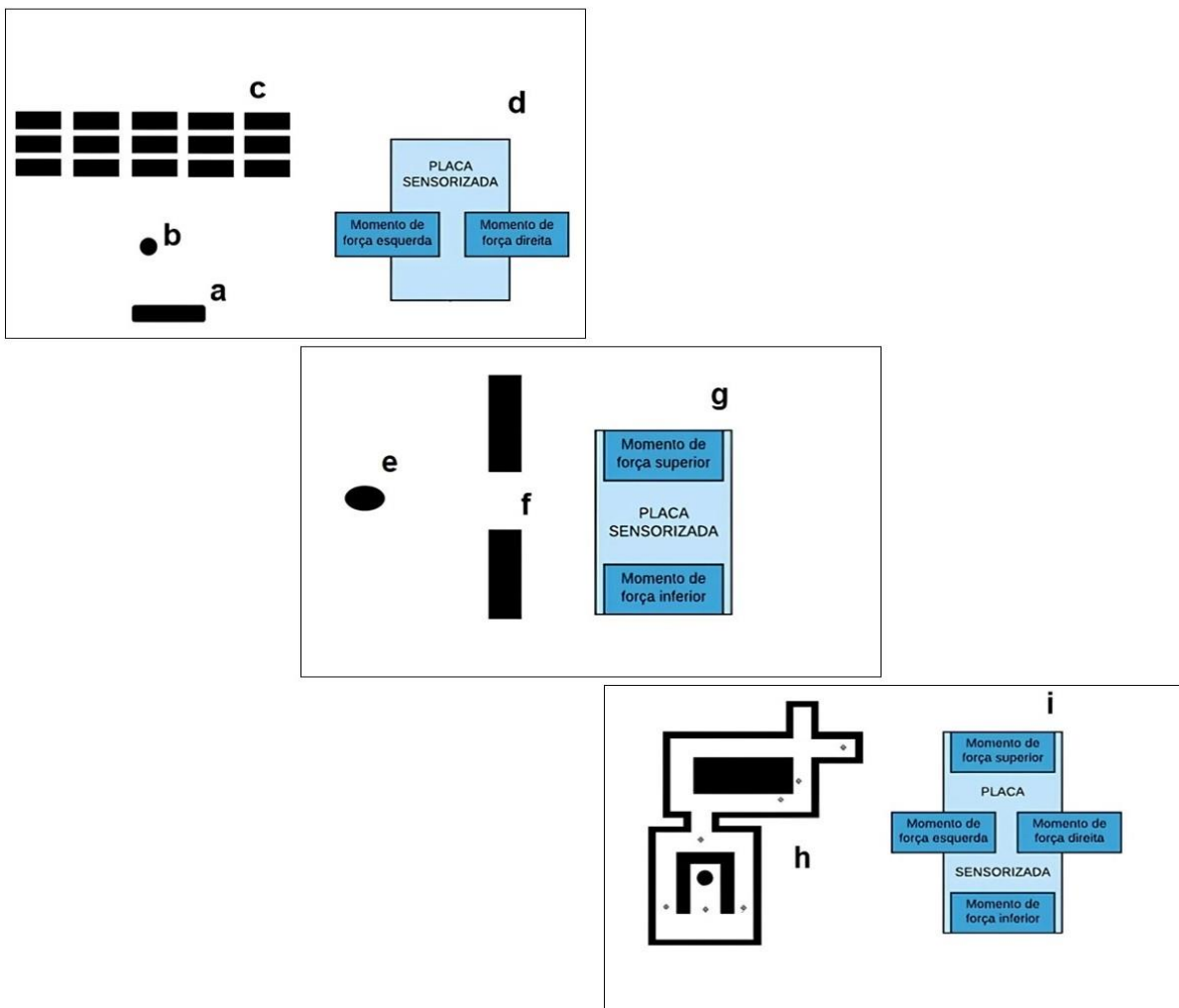
No segundo jogo, o jogador deve controlar um pássaro que se move em velocidade constante (**Figura 2e**) e ultrapassar o máximo de obstáculos possíveis localizados adiante do pássaro (**Figura 2f**), quanto mais

obstáculos ultrapassados mais pontos são recebidos. O controle do pássaro é realizado através do movimento anteroposterior realizado sobre a plataforma (**Figura 2g**).

### Jogo 3

Por fim, no terceiro jogo, o jogador controla uma esfera em um labirinto 3D e coleta cristais durante o trajeto (**Figura 2h**). O objetivo é coletar todos os cristais dispostos no menor tempo possível, após coletado os pontos e o tempo são registrados no perfil do jogador. O controle da esfera pode ser realizado com a combinação de ambos os movimentos, tanto em laterolateral quanto em anteroposterior (**Figura 2i**).

**Figura 2** - Prototipagem de desenvolvimento; a) Prancha responsável por rebater a bola; b) Bola lançada na direção dos blocos; c) Blocos que serão quebrados; d) Acionamento na plataforma de força para movimentação do jogo em laterolateral; e) Avatar com objetivo de ultrapassar os obstáculos; f) Obstáculos; g) Acionamento na plataforma de força para movimentação do jogo em Anteroposterior; h) Cenário do jogo 3; i) Acionamento na plataforma de força para movimentação do jogo em Anteroposterior e laterolateral.



Fonte: Moura LA, et al., 2024.

### Validação dos jogos

Para testar a usabilidade do sistema computadorizado foi aplicado o teste de usabilidade (Escala SUS) (NIELSEN J, 2020). Essa avaliação se deu por meio de questionários específicos baseados nas formações dos avaliadores. Seguindo a NBR ISO/IEC 9126-1 (ABNT, 2001) para validar os jogos, foram adotados os princípios de utilização de questionários propostos por Brooke J (1986), denominados System Usability Scale

(SUS). A escala SUS apresenta ótima consistência de resultados para testes com tamanhos relativamente pequenos de amostra (TULLIS TS e STETSON JN, 2004). Para tanto, foram convidados 10 avaliadores divididos em 2 grupos, o grupo 1 composto por 5 fisioterapeutas, com o foco de avaliar se o sistema propõe melhorar o equilíbrio postural, e o grupo 2 composto de 5 desenvolvedores para avaliar a usabilidade do sistema.

Essa abordagem multidisciplinar visou obter as opiniões de diversos ângulos da aplicação do sistema. Para melhor comodidade dos avaliadores o sistema foi demonstrado com a gravação de um vídeo com o sistema funcionando para cada jogo. Na filmagem foram abordadas quatro visões diferentes da plataforma de força. A câmera 1 filmou a visão frontal, a câmera 2 filmou a visão oblíqua, a câmera 3 filmou a visão posterior e a câmera 4 filmou uma visão lateral. Em seguida, os vídeos foram editados de forma a apresentar os quatro pontos de vista ao mesmo tempo e enviados para os especialistas junto com o questionário.

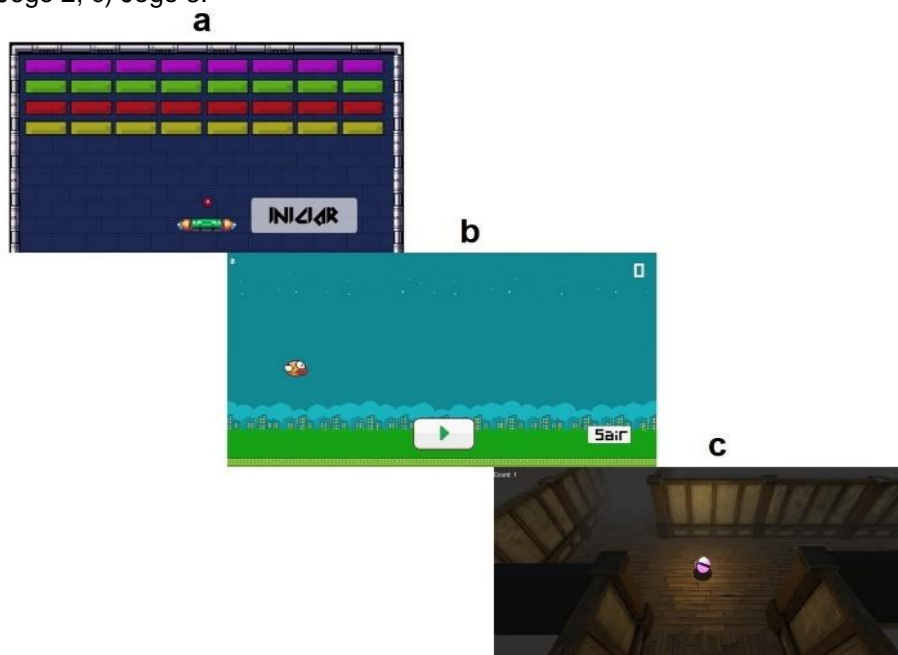
### Análise de dados

O questionário aplicado segue uma determinada lógica, onde metade das declarações devem ser redigidas de forma positiva e a outra de forma negativa. Para os itens 1, 3, 5, 7 e 9, a contribuição da pontuação é a posição da escala marcada pelo participante menos um. Para os itens 2, 4, 6, 8 e 10, a contribuição equivale a 5 subtraído da posição marcada. Em seguida foi multiplicado a soma das pontuações por 2,5 para obter a pontuação geral do SUS. O SUS apresenta ótima consistência de resultados para testes com tamanhos relativamente pequenos de amostras, identificando preferências e problemas através desse sistema com 80% de precisão. Isso é possível pelo uso de ambas as declarações positivas e negativas com as quais os participantes devem avaliar seu nível de concordância (TULLIS TS e STETSON JN, 2004). Após obter o valor de cada avaliador, foi realizado a média entre eles, sendo o valor final aplicado dentro de uma escala que pode ser uma pontuação de aceitabilidade.

### RESULTADOS

O primeiro jogo desenvolvido (**Figura 3a**) foi utilizado com o intuito de estimular o treinamento do equilíbrio em laterolateral (eixo X). Já o segundo jogo (**Figura 3b**), introduz o trabalho em anteroposterior (eixo Y). Por fim o terceiro jogo (**Figura 3c**), faz a combinação dos movimentos anteroposterior e laterolateral, com o avatar percorrendo ambos os eixos.

**Figura 3** - Jogos de treinamento do equilíbrio desenvolvidos; a) Jogo 1; b) Jogo 2; c) Jogo 3.

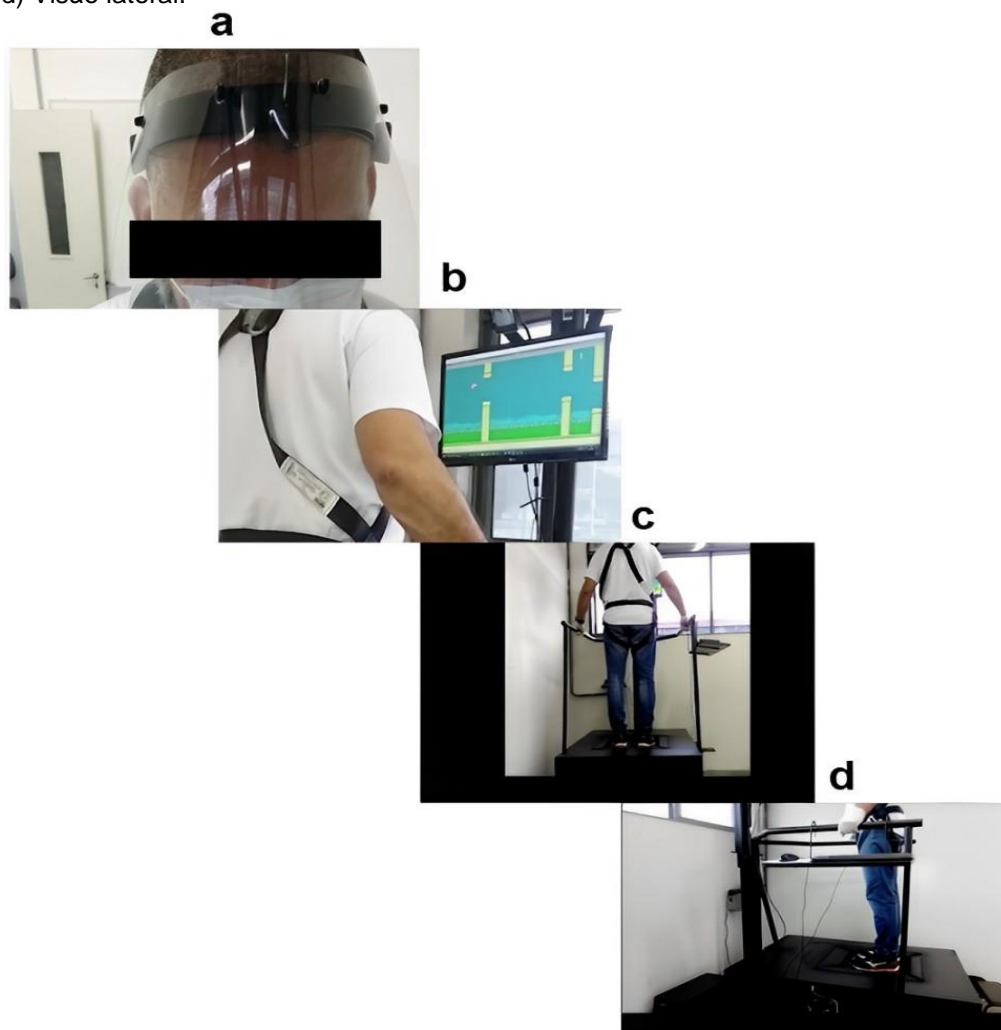


Fonte: Moura LA, et al., 2024.



Após o desenvolvimento dos jogos e sua implementação na plataforma de força, foi realizado o teste para validação do sistema, onde ele foi demonstrado com a gravação de um vídeo para melhor comodidade dos avaliadores. A câmera 1 filmou a visão frontal (**Figura 4a**), a câmera 2 filmou a visão oblíqua (**Figura 4b**), a câmera 3 filmou a visão posterior (**Figura 4c**) e a câmera 4 filmou uma visão lateral (**Figura 4d**).

**Figura 4** - Gravação do jogo 2; a) Visão frontal; b) Visão oblíqua; c) Visão posterior; d) Visão lateral.



**Fonte:** Moura LA, et al., 2024.

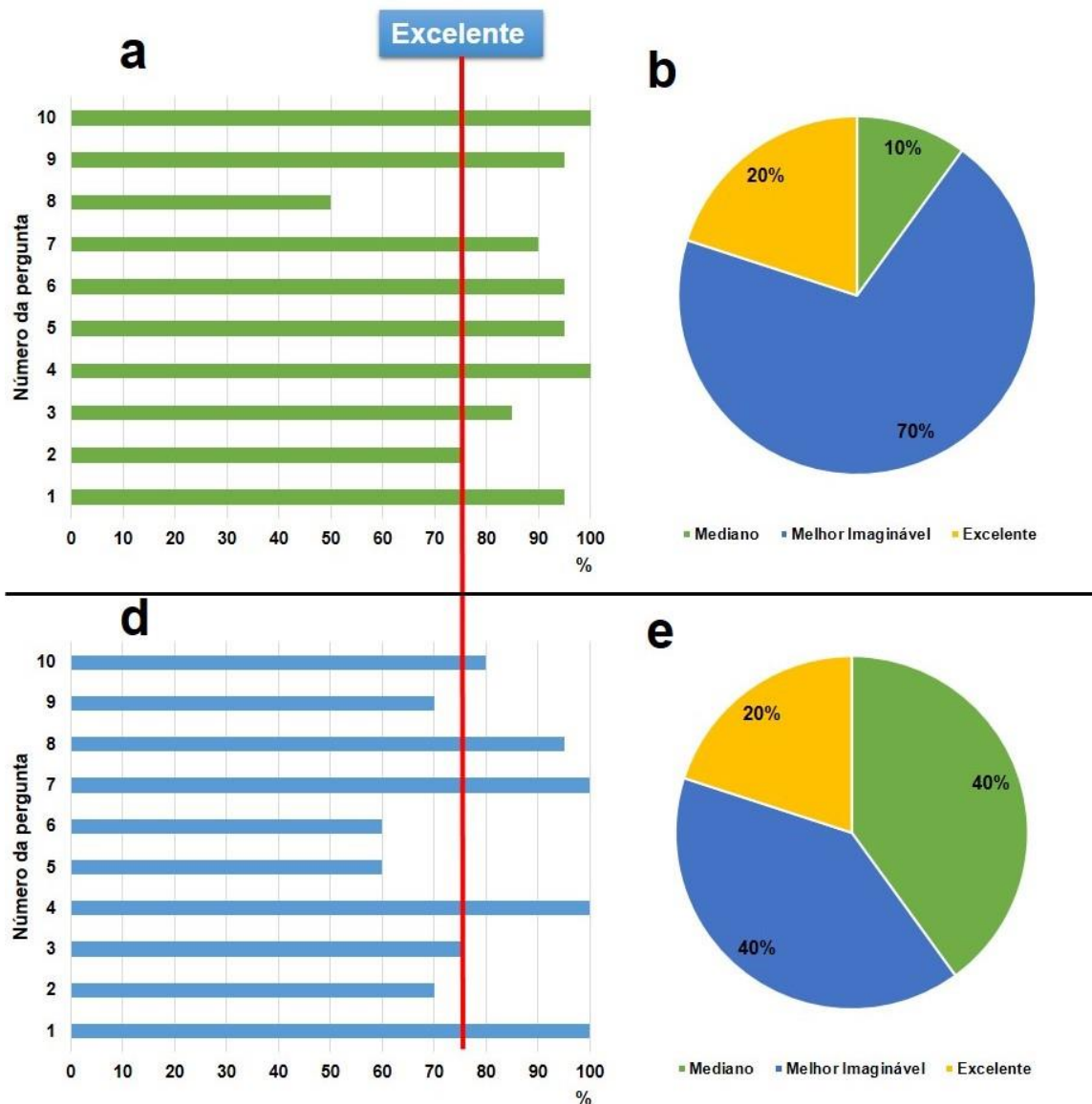
Após realizar a análise de dados das respostas dos avaliadores com aplicação do questionário para análise do sistema utilizando a escala SUS, a avaliação dos fisioterapeutas e desenvolvedores alcançaram uma média de 81 pontos pela escala SUS. Foi analisada a média individual das pontuações das questões da Escala SUS respondido pelos fisioterapeutas. Nele observa-se que 8 das 10 questões obtiveram pontuação muito superior à média descrita anteriormente, entretanto a questão número 8 apresentou uma pontuação abaixo da média (**Figura 5a**).

Na **Figura 5b** é ilustrado o percentual de classificação da escala SUS avaliada pelos fisioterapeutas, foi observado uma maioria na classificação “Melhor Imaginável” com 70% das questões classificadas neste intervalo de classe. O destaque negativo foi um percentual de “mediano” em 10%, relativo a questão número 8 - “O jogo não é capaz de processar e responder durante a execução de suas funções básicas”.

Para análise dos desenvolvedores, na **Figura 5d** é ilustrado a média individual das pontuações das questões da Escala SUS respondido pelos desenvolvedores de sistema. Nele observa-se que 6 das 10

questões obtiveram pontuação superior à excelente, entretanto 4 das 10 questões apresentaram pontuação menor que a média. Quando analisado os percentuais de classificação individual por questões em cada um dos grupos (desenvolvedores e fisioterapeutas). Observou-se que 40 % dos componentes (representativos de cada uma das questões) como “Melhor Imaginável”, este sendo o maior percentual geral juntamente com “Bom” também com 40 % das avaliações (**Figura 5c**).

**Figura 5** - a) Média de cada questão para avaliação dos fisioterapeutas; b) Percentual de classificação para avaliação dos fisioterapeutas; c) Média de cada questão para avaliação desenvolvedores; d) Percentual de classificação para avaliação dos desenvolvedores.



Fonte: Moura LA, et al., 2024.

## DISCUSSÃO

Neste estudo, foram criados três jogos digitais utilizando um software de desenvolvimento de jogos. Estes jogos foram integrados com uma plataforma de força, proporcionando aos indivíduos a oportunidade de experienciar desafios e obstáculos de maneira segura. Este enfoque segue a linha de pesquisa de outros estudos, como o trabalho de Eggenberger P, et al. (2016), que também empregaram o mesmo software no desenvolvimento de um jogo para treinamento de equilíbrio em idosos, e o estudo conduzido por Sun PC, et

al. (2023), que utilizou uma plataforma de força para treinar o equilíbrio em idosos de forma cuidadosa e controlada. O presente estudo concentrou-se na criação de jogos voltados para o treinamento do equilíbrio, que foram integrados a uma plataforma de força com capacidade de controlar a inclinação. Essa plataforma foi empregada para manipular os avatares nos jogos, permitindo a execução de diversos protocolos. Diferentes ângulos de inclinação foram utilizados, desafiando os pacientes a manterem seu equilíbrio através de movimentos anteroposteriores e laterolaterais.

A realização desses movimentos visa melhorar a capacidade do indivíduo, uma vez que promove o treinamento do sistema sensorial e motor. Um dos fatores que influenciam no equilíbrio postural é a estabilidade da articulação do tornozelo, conforme destacado por Terada M, et al. (2014). Movimentos como a flexão plantar e a dorsiflexão desempenham um papel significativo nesse contexto, influenciando os movimentos anteroposteriores e laterolaterais. Vários músculos, como o gastrocnêmico medial e o tibial anterior, participam desse sistema (GALDINO TR e KNEUBUEHLER PA, 2018), e esses componentes têm um impacto direto na manutenção do equilíbrio postural (SPINK RJ, et al., 2010).

A necessidade de movimentação por parte do indivíduo para controlar os jogos confere a eles um caráter dinâmico, proporcionando a oportunidade de treinar tanto o ajuste postural compensatório quanto o ajuste postural antecipatório. Essa interatividade dos jogos é um diferencial significativo, uma vez que permite que os participantes se envolvam ativamente no treinamento do equilíbrio.

Além disso, os jogos estão equipados com um sistema de pontuação e registro de tempo, possibilitando a avaliação do progresso do indivíduo ao longo das sessões de gameterapia. Cada jogo foi cuidadosamente desenvolvido para se concentrar em movimentos específicos, diferentemente dos jogos comerciais que, muitas vezes, não podem ser adaptados, tornando-os inacessíveis para alguns participantes (WHYATT C, et al., 2015). De acordo com a literatura (BANGOR A, et al., 2009), os resultados de ambos os grupos são classificados como um B. Também é declarado que, pontuações entre 53 e 73,5 são consideradas como “Bom” e pontuação entre 74 e 85,5 são considerados como “Excelente”. Sendo assim, pode-se legitimar que para ambos os grupos de avaliadores o sistema computadorizado é considerado “Excelente”.

De acordo com os fisioterapeutas, o sistema também foi considerado excelente, mostrando que ele pode ser validado (TULLIS TS e STETSON JN, 2004). Observando os resultados, verificou-se que as questões de número 1 e 4, foram classificadas como melhor imaginável, essas perguntas tinham como objetivo verificar se os jogos realizavam corretamente os movimentos para treinamento do equilíbrio. Isso corrobora para que haja efeito positivo em treinamentos, pois o movimento correto gera melhores resultados (KISNER C, et al., 2021), esses fatores combinados com a gameterapia podem também gerar a melhoria no treinamento do equilíbrio postural comparado a métodos convencionais.

Isso reforça a resposta para a questão de número 10, referente a uso do sistema proposto pelos profissionais em seus pacientes, que teve como resultado um percentual de 100%, sendo considerado melhor imaginável. Com isso a satisfação dos fisioterapeutas com o sistema proposto foi de 100%, aumentando a confiabilidade do método desenvolvido para treinamento do equilíbrio postural, já que a partir da aprovação de especialista o sistema pode ser confiável para ser utilizado sendo validado (NIELSEN J, 2020).

Para esse método, utilizando o dispositivo juntamente aos jogos desenvolvidos, os especialistas afirmam que precisam de ajuda técnica para utilização do sistema, porém todos os resultados foram analisados através de vídeo, portanto a precisão do sistema não pode ter ficado claro, justificando a baixa pontuação para esta questão. A utilização da plataforma pode de alguma forma lesionar os participantes, porém os fisioterapeutas ficaram satisfeitos com a aplicação do sistema de segurança, esse sistema pode aumentar a confiabilidade dos usuários a realizar o treinamento.

Outro fato pontuado foi a capacidade do sistema motivar o treinamento através do método de gameterapia, segundo os profissionais da área da saúde o jogo pode atrair o interesse dos usuários e motivar para realização do treinamento do equilíbrio postural (CODISH D e RAVID G, 2015). Por fim o resultado para utilização com frequência do sistema de gameterapia um percentual de 95%, pois além da gameterapia, ela pode ser combinada a outros sistemas convencionais, o que pode trazer melhores resultados aos pacientes



(MULLAN SM, et al., 2023). Através dos resultados obtidos pelos desenvolvedores, observou-se que 4 questões foram melhor imaginável, a questão de número 1 - “o jogo era capaz de atrair o interesse do usuário para uma utilização”. Esse resultado corrobora com estudo de Codish D e Ravid G (2015), onde os jogos que apresentam um ambiente lúdico podem atrair a atenção dos usuários, desse modo, proporcionando uma melhora mais rápida do equilíbrio atuando nos ajustes posturais, beneficiando a saúde de adultos idosos diminuindo o risco de quedas (FRANCIULLI PM, et al., 2016; MORRISON S, et al., 2017).

De acordo com a questão de número 4, o jogo obtém tarefas e objetivos que são capazes de ser concluídas, o que pode gerar competitividade do usuário trazendo maior atração tornando o processo de treinamento do equilíbrio postural mais efetivo (AMRITHA N, et al., 2016). Outra questão com resposta acima da média foi a de número 7- “O jogo possui facilidade em coletar dados”, esse resultado pode indicar que conforme o treinamento do equilíbrio acontece, pode-se acompanhar a evolução do paciente, outro fato é o próprio jogador acompanhar seu desempenho proporcionando maior atenção ao treinamento (YOUNG W, et al., 2011).

A questão de número 8 - O jogo não é capaz de processar e responder durante a execução de suas funções básicas”, também foi melhor imaginável, com relação a pergunta de número 3 - “o jogo é capaz de prover com precisão os resultados e efeitos corretos conforme o planejado”, foi considerado excelente mostrando a confiabilidade no sistema, já que o jogo responde aos comandos que são impostos na plataforma. Além disso a questão de número 2 - “O jogo não é capaz de possibilitar ao usuário fácil operação e controle” foi considerado bom, essa facilidade pode ter influência para a atração do usuário principalmente em adultos mais velhos (NGUYEN TTH, et al., 2015).

As questões de número 5, 6, 9 e 10 são referentes a capacidade do software de evitar falhas, recuperar e modificar dados e obtiveram um bom resultado. Isso pode trazer maior confiabilidade ao sistema, pois, através de um sistema confiável de treinamento ou reabilitação os resultados possuem maior veracidade, com isso a atração e satisfação do usuário pode ser maior. Além disso por ser um sistema de fácil jogabilidade, o sistema é mais adaptável ao público mais idoso.

Durante a avaliação SUS, a combinação de especialistas em desenvolvimento de software e em fisioterapia, trouxe uma ampla avaliação do sistema sobre diferentes pontos de vista. Os resultados mostraram que o sistema apresentou ser simples, amigável, de fácil utilização e totalmente seguro, sem a necessidade de grande interferência na usabilidade. De acordo com a literatura Katsanos C, et al. (2012), a escala SUS é um robusto meio de avaliação, sendo utilizado em uma variedade de sistemas e/ou dispositivos.

## CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos propostos no presente estudo, a proposta de gameterapia para treinamento do equilíbrio pode ser útil para área da saúde, sendo mais atrativo aos pacientes mais idosos e podendo trazer melhores resultados quando comparados a metodologias convencionais. Observando os resultados, de acordo com os fisioterapeutas, os jogos podem realizar corretamente os movimentos para treinamento do equilíbrio gerando efeito positivo, pois o movimento correto combinado com a gameterapia traz melhorias no treinamento do equilíbrio postural comparado a métodos convencionais. Com relação aos desenvolvedores, os jogos são capazes de atrair a atenção dos usuários, proporcionando uma melhoria em menor tempo do ajuste postural, diminuindo o risco de queda. Para futuras contribuições seria necessário realizar uma análise clínica com o público-alvo, comparando-o com um sistema padrão para verificar a evolução no treinamento do equilíbrio postural.

## AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Este trabalho foi apoiado financeiramente pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, #2017/16292-1) e UMC. Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 88887.627768/2021-00.

## REFERÊNCIAS

1. ABNT. NBR ISO/IEC 14598-1 Tecnologia de informação - Avaliação de produto de software - Parte 1: Visão geral. Published online, 2001: 1-14.
2. ACMS. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription.; 2010.
3. AMRITHA N, MAHIMA MM, NAMITHA K, et al. Design and development of balance training platform and games for people with balance impairments. Int Conf Adv Comput Commun Informatics, ICACCI. Published online, 2016; e960.
4. AZARPAIKAN A e TORBATI HT. Effect of somatosensory and neurofeedback training on balance in older healthy adults: a preliminary investigation. Aging clinical and experimental research, 2018; 30(7): e745.
5. BESSA NPOS, et al. Wii Balance Board na avaliação do equilíbrio vertical estático: um estudo de acurácia. Research, Society and Development, 2020; 9(8): e212985665-e212985665.
6. BANGOR A, et al. An empirical evaluation of the system usability scale. Int J Hum Comput Interact. 2008; 24(6): 574.
7. BANGOR A, et al. Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. J usability Stud, 2009; 4(3): e114.
8. BROOKE J. This document: More Project information and further documents: SUS - A quick and dirty usability scale. Psychol Mark, 1986; 27(10): e1.
9. CHEN Y, et al. Comparison between the effects of exergame intervention and traditional physical training on improving balance and fall prevention in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 2021; 18(1): e1.
10. CHIARAMONTE R, et al. Proprioceptive and Dual-Task Training: The Key of Stroke Rehabilitation, A Systematic Review. J Funct Morphol Kinesiol, 2022; 7(3): e53.
11. CODISH D e RAVID G. Detecting playfulness in educational gamification through behavior patterns. IBM Journal of Research and Development, 2015; 59(6): e1.
12. DA SILVA A.R.F, et al. Distribution of mass and center of pressure in dynamic balance presented by an instrumented wobble board. Res. Biomed. Eng., 2020; 36: e501.
13. DISTEFANO LJ, et al. Evidence supporting balance training in healthy individuals: A brief review. J Cardiopulm Rehabil Prev, 2010; 30(2): e139.
14. EGGENBERGER P, et al. Exergame and balance training modulate prefrontal brain activity during walking and enhance executive function in older adults. Front Aging Neurosci. 2016; 8(APR): e1.
15. FERNIE GR, et al. The relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects. Age Ageing. 1982; 11(1): e11.
16. Franciulli PM, et al. Balance and anticipatory postural adjustments in elderly fallers: effects of kinesiotherapy and virtual rehabilitation. Acta Fisiátrica, 2016; 23(4): e191.
17. GALDINO TR e KNEUBUEHLER PA. Análise comparativa do movimento de extensão de joelho na cadeira extensora, associado à dorsiflexão ou flexão plantar do tornozelo durante treinamento de hipertrofia em mulheres. RBPFEV-Revista Brasileira De Prescrição E Fisiologia Do Exercício, 2018; 12(73): e130.
18. ISHIZAKI MT, et al. Development of a dynamic balance analysis and training system through posturography in a bipodal force platform with biaxial rotation. Research on Biomedical Engineering, 2022; 1(17).
19. ISMAIL NA, et al. Physical activity and exergames among older adults: A scoping review. Games for Health Journal, 2022; 11(1): e1.
20. Katsanos C, et al. Perceived usability evaluation of learning management systems: A first step towards standardization of the system usability scale in Greek. Proc 2012 16th Panhellenic Conf Informatics, PCI 2012. Published online 2012; 302(307).
21. KISNER C, et al. Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas. [Digite o Local da Editora]: Editora Manole, 2021; E-book. ISBN 9786555765670.
22. LAVARDA MD, et al. An Exergame System Based on Force Platforms and Body Key-point Detection for Balance Training. IEEE, 2016; 978(1): e4577.
23. LEIRÓS-RODRÍGUEZ V, et al. Analyzing the use of accelerometers as a method of early diagnosis of alterations in balance in elderly people: A systematic review. Sensors, 2019; 19(18): e3883.
24. MARTINHO D, et al. A systematic review of gamification techniques applied to elderly care. Artificial Intelligence Review, 2020; 53(7): e4863.
25. MORRISON S, et al. Supervised Balance Training and Wii Fit e Based Exercises Lower Falls Risk in Older Adults with Type 2 Diabetes. Journal of the American Medical Directors Association, 2017; e1.

26. MULLAN SM, et al. Predicting use of a gait-stabilizing device using a Wii Balance Board. *PloS one*, 2023; 18(10): e0292548.
27. NGUYEN TTH, et al. Impact of serious games on health and well-being of elderly: a systematic review. 2017.
28. Nielsen J. Why You Only Need to Test with 5 Users. Jakob Niensens Alertbox. doi: <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>.
29. SPINK, M. J, et al. Foot and ankle strength assessment using hand-held dynamometry: reliability and age-related differences. *Gerontology*, 2010; 56(6): e525.
30. SUN, P. C., KAO, C. Y., KAO, C. L., & WEI, S. H. (2023). "Interactive Game-Based Platform System for Assessing and Improving Posture Control in the Elderly." *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 10(11), 1291. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10111291>.
31. TERADA, M, et al. The influence of ankle dorsiflexion and self-reported patient outcomes on dynamic postural control in participants with chronic ankle instability. *Gait & posture*, 2014; 40(1): e193.
32. THOMAS E, et al. Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly: A systematic review. *Medicine*, 2019; 98(27).
33. TULLIS TS e STETSON JN. A Comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability ABSTRACT: Introduction. *Usability Prof Assoc Conf*. Published online, 2004: e1.
34. WHYATT C, et al. A Wii Bit of Fun: A Novel Platform to Deliver Effective Balance Training to Older Adults. *Games Health J*, 2015; 4(6): e423.
35. WILLIAM Y, et al. Assessing and training standing balance in older adults: A novel approach using the 'Nintendo Wii' Balance Board, *Gait & Posture*, 2011; 33(2): e303.
36. WINGERTER DG, et al. Mortalidade por queda em idosos: uma revisão integrativa. *Revista Ciência Plural*, 2020; 6(1): e119.
37. WINTER DA. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement: Fourth Edition.*; 2009.
38. ZAHEDIAN-NASAB N, et al. Effect of virtual reality exercises on balance and fall in elderly people with fall risk: a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, 2021; 21: e1.
39. ZATSIORSKY VM. *Kinetics of Human Motion.*; 2002. <http://books.google.com/books?id=wp3zt7oF8a0C&pgis=1>.