



Jogos de realidade virtual imersiva no tratamento da doença de Parkinson

Immersive virtual reality games in the treatment of Parkinson's disease

Juegos inmersivos de realidad virtual en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson

Isaque de Pinho Lima¹, Ellen Cristine Ferreira da Silva¹, Maria Beatriz Barbosa da Silva¹, Aline Araujo do Carmo¹, Osmair Gomes de Macedo¹, Josevan Cerqueira Leal¹, Felipe Augusto dos Santos Mendes¹.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a usabilidade e viabilidade de quatro jogos de Realidade Virtual Imersiva (RVI) como possível tratamento para disfunções de membros superiores em pacientes com Doença de Parkinson (DP). **Métodos:** Participaram deste estudo 10 pacientes com sintomas moderados de DP segundo a classificação de Hoehn e Yahr. A usabilidade dos jogos e do dispositivo foi avaliada por meio de questionários como Sickness Simulator Questionnaire (SSQ), System Usability Scale (SUS), Game Experience Questionnaire (GEQ post-module) e a escala de Borg modificada. As pontuações dos jogos em duas sessões de treinamento, separadas por um intervalo de 30 minutos, foram registradas como medida de viabilidade do treinamento. **Resultados:** A usabilidade do sistema foi considerada "melhor imaginável" (94,5/100) conforme a SUS. Os efeitos colaterais foram classificados como "sintomas mínimos" (9,3 pontos no SSQ) e não interromperam o treinamento. Os jogos e o dispositivo alcançaram 3,85/4 pontos no GEQ. Os participantes melhoraram significativamente em todos os quatro jogos entre a primeira e segunda sessões de treino. **Conclusão:** As pontuações nos jogos aumentaram progressivamente. Os resultados sugerem a usabilidade e viabilidade dos jogos de RVI, porém, estudos mais amplos são necessários para confirmar esses resultados preliminares.

Palavras-chave: Doença de Parkinson, Viabilidade, Realidade virtual.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the usability and feasibility of four Immersive Virtual Reality (IVR) games as a possible treatment for upper limb dysfunction in patients with Parkinson's Disease (PD). **Methods:** Ten patients with moderate PD symptoms according to the Hoehn e Yahr classification took part in this study. The usability of the games and the device was assessed using questionnaires such as the Sickness Simulator Questionnaire (SSQ), the System Usability Scale (SUS), the Game Experience Questionnaire (GEQ post-module) and the modified Borg scale. Game scores in two training sessions, separated by a 30-minute interval, were recorded as a measure of training feasibility. **Results:** The usability of the system was considered "best imaginable" (94.5/100) according to the SUS. Side effects were classified as "minimal symptoms" (9.3 points on the SSQ) and did not interrupt training. The games and the device achieved 3.85/4 points on the GEQ. Participants improved significantly in all four games between the first and second training sessions. **Conclusion:** Game scores increased progressively. The results suggest the usability and feasibility of IVR games, but more extensive studies are needed to confirm these preliminary results.

Keywords: Parkinson's Disease, Feasibility, Virtual reality.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la usabilidad y factibilidad de cuatro juegos de Realidad Virtual Inmersiva (RVI) como un posible tratamiento para la disfunción del miembro superior en pacientes con Enfermedad de Parkinson (EP). **Métodos:** Diez pacientes con síntomas moderados de EP según la clasificación de Hoehn e Yahr participaron en este estudio. Se evaluó la usabilidad de los juegos y del dispositivo mediante cuestionarios como el

¹ Universidade de Brasília (UnB), Brasília - DF.

Cuestionario del Simulador de Enfermedad (SSQ), la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS), el Cuestionario de Experiencia de Juego (GEQ post-módulo) y la escala de Borg modificada. Se registraron las puntuaciones del juego en dos sesiones de entrenamiento, separadas por un intervalo de 30 minutos, como medida de la viabilidad del entrenamiento. **Resultados:** La usabilidad del sistema se consideró "la mejor imaginable" (94,5/100) según el SUS. Los efectos secundarios se clasificaron como "síntomas mínimos" (9,3 puntos en el SSQ) y no interrumpieron el entrenamiento. Los juegos y el dispositivo alcanzaron 3,85/4 puntos en el GEQ. Los participantes mejoraron significativamente en los cuatro juegos entre la primera y la segunda sesión de entrenamiento. **Conclusión:** las puntuaciones de los juegos aumentaron progresivamente. Los resultados sugieren la facilidad de uso y la viabilidad de los juegos RVI, pero se necesitan estudios más amplios para confirmar estos resultados preliminares.

Palabras clave: Enfermedad de Parkinson, Viabilidad, Realidad virtual.

INTRODUÇÃO

A Doença de Parkinson (DP) é uma doença neurodegenerativa que acomete o sistema nervoso central comprometendo funções motoras e cognitivas (CHEN Z, et al., 2020), reduzindo a qualidade de vida de 2% dos adultos com mais de 60 anos. É esperado que essa prevalência dobre até 2040 em todo o globo (DORSEY ER e BLOEM BR, 2018). Os estudos de Calabresi P, et al. (2007) e Armstrong MJ e Okun MS (2020) apontam que o seu manejo terapêutico é complexo e inclui não apenas terapias farmacológicas, mas também cirurgias e outros tipos de terapias, como atividade física e reabilitação multidisciplinar. Vários programas de exercícios são eficientes para a melhora de sinais e sintomas motores e não motores da progressão da doença, melhorando também a qualidade de vida dos pacientes (BALESTRINO R e SCHAPIRA AHV, 2019; GOODWIN VA, et al., 2008).

Uma modalidade terapêutica que utiliza exercícios e tem sido alvo de pesquisa são os exergames que são jogos exigem movimento corporal para controlar um avatar ou objetos na tela com, ou sem equipamento periférico (LIANG Y e LAU PWC, 2014). Estudos demonstraram que além de se obter ganhos motores similares a programas de treinamento tradicionais, os exergames são superiores quanto à melhora do equilíbrio e qualidade de vida (RADDER DLM, et al., 2020; MA M e ZHENG H, 2011; AMIRTHALINGAM J, et al., 2021). A maioria das evidências do uso de exergames vem de estudos realizados com dispositivo de realidade virtual não imersiva lançado em 2006 (TRIEGAARDT J, et al., 2020).

Quanto a Realidade Virtual Imersiva (RVI), modalidade explorada neste estudo, já apresentou acurácia aceitável na mensuração dos movimentos de membros superiores (MMSS) durante exercícios (CARNEVALE A, et al., 2022), além de apresentar resultados promissores para o uso do dispositivo como recurso terapêutico (KIM A, et al., 2017; CAMPO-PRIETO P, et al., 2022), porém estes estudos exploram jogos com dinâmicas diversas, que se tratando de exergames e DP pode direcionar a reabilitação para diferentes objetivos terapêuticos (MENDES FA, et al., 2012). Então, ainda não há consenso quanto a seleção dos exergames em RVI voltados ao treinamento de MMSS, sendo necessário explorar mais abordagens inovadoras e imersivas que envolvam movimentos de diferentes atividades de vida diárias que também são impactadas na DP (HUANG K-T, 2019). Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a viabilidade e usabilidade de exergames de RVI criteriosamente selecionados priorizando aspectos cognitivos e motores voltados para MMSS em indivíduos com DP.

MÉTODOS

Este estudo foi um ensaio clínico longitudinal quase-experimental para avaliar a usabilidade e viabilidade de jogos com RVI utilizando o OQ2 em indivíduos com DP. Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ceilândia (CEP/FCE) da Universidade de Brasília, Parecer n.º 5.901.014, CAAE: 66955222.9.0000.8093. O estudo foi registrado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (REBEC) sob número RBR-7h6b8mg. Todos os participantes foram informados sobre os detalhes do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Foi selecionada uma amostra por conveniência de pessoas diagnosticadas com DP participantes de um projeto de extensão universitário da Universidade de Brasília –

Campus Ceilândia. Os critérios de inclusão dos participantes do estudo foram: estar estável em relação à medicação dopaminérgica, diagnosticado com DP, de acordo com critérios do UK Brain Bank (Reino Unido), nos estágios I a III da classificação de Hoehn e Yahr, idade entre 40 e 85 anos; ambos os sexos; acuidades visual e auditiva normais ou corrigidas, que permitissem a interação com o sistema de RVI; escolaridade mínima de 4 anos de estudo formal.

Considerando uma pesquisa anterior que utilizou um dos exergames objeto de estudo nesse artigo (CAMPO-PRIETO P, et al., 2022), foram estabelecidos os seguintes critérios de exclusão: incapacidade de responder corretamente ao protocolo de avaliação conforme o julgamento do clínico; a presença de condições cardiovasculares, pulmonares ou musculoesqueléticas que, segundo o julgamento do fisioterapeuta, afetariam a capacidade do paciente de participar do estudo; e a presença de perda visual grave que poderia interferir na capacidade de ver com o óculos de realidade virtual, bem como se provocar vertigem, epilepsia ou psicose. O equipamento utilizado no estudo foi um sistema autônomo de alta imersão, que conta com 1832 x 1920 pixels por olho, e taxa de atualização de tela de 90-120 Hz, apresentando boa fluidez aos movimentos dos objetos virtuais.

Necessita de apenas 2 controladores e uma rede WI-FI para seu funcionamento, possui 4 câmeras frontais que rastreiam os controladores com e o ambiente com precisão, sendo possível criar um limite de segurança virtual, que delimita o espaço de interação físico evitando contato com obstáculos reais, sendo que quando o usuário está próximo ao limite estabelecido, grades aparecem no seu campo de visão, e se o usuário sair deste ambiente seguro, a visão apresentada no dispositivo passa a ser o ambiente real em tons de cinza. Apesar dos recentes lançamentos de dispositivos de RVI, com maior potencial imersivo e com recursos inovadores de realidade aumentada adicionando objetos virtuais ao ambiente real, este estudo segue relevante por ser realizado com uma alternativa intermediária, viável economicamente por apresentar recursos complexos e menos limitações que gerações anteriores (CARNEVALE A, et al., 2022).

Um notebook também foi necessário para o fisioterapeuta poder acompanhar o andamento da tarefa via transmissão com maior facilidade. A triagem de jogos foi realizada navegando sistematicamente em uma loja online de jogos de realidade virtual imersiva (RVI). Um fisioterapeuta com mais de 10 anos de experiência no uso de jogos de RV para Doença de Parkinson (DP) selecionou jogos com as seguintes características: jogabilidade independente de botões, partidas limitadas por tempo, variabilidade nos movimentos de membros superiores e tronco, e que todos os jogos fossem possíveis de serem experimentados em uma hora de atividade. As buscas foram realizadas dentro das categorias de saúde, esportes, competição e jogos de música. Após análise das avaliações feitas por usuários, 15 jogos considerados adequados e promissores foram adquiridos, baixados e testados. Por fim, foram selecionados quatro jogos. O primeiro jogo selecionado é focado em exercícios físicos. Escolhemos a modalidade de boxe devido ao relato de que pode trazer benefícios no equilíbrio, mobilidade, qualidade de vida, além de melhorar a marcha, velocidade e resistência para pessoas com DP (CAMPO-PRIETO, et al., 2022).

Dentre as opções, selecionamos o modo de jogo recomendado para iniciantes, com duração média de 3 minutos. O participante deve acertar alvos flutuantes na direção indicada com os punhos, realizando golpes de boxe e segurando os controladores que representam luvas de boxe. Quanto mais rápido o jogador acertar os alvos, maior será a pontuação. Além disso, o jogador deve desviar de obstáculos flutuantes com passos laterais, agachamentos e movimentos de tronco. A jogabilidade não exige que o usuário pressione nenhum botão e, embora tenha sido projetado para ser jogado em pé, também pode ser jogado na posição sentada. Ao final da tentativa, o jogo apresenta, além da pontuação geral, dados relevantes para a evolução do tratamento, como número de acertos por lado e obstáculos desviados. O segundo jogo é um aplicativo que tem sido objeto de estudo com DP desde suas versões para dispositivos de realidade virtual não imersivos, demonstrando seu potencial para treinamento físico e cognitivo (HUANG K-T, 2019). O modo de jogo escolhido possui tempo pré-determinado de 1 minuto e 30 segundos, podendo aumentar alguns segundos dependendo do desempenho do jogador. Na versão para o Quest 2, os controladores de mão simulam o manuseio de um objeto cortante. Durante 1 minuto e 30 segundos, em média, o usuário deve cortar objetos arremessados do solo e esporadicamente pelas laterais, dentro de 180 graus, e evitar cortar bombas

arremessadas entre os objetos. O jogo exige movimentação constante de tronco e membros superiores para analisar os disparos dos objetos e cortá-los na direção mais eficiente. A pontuação é baseada no número de alvos cortados, com pontuação maior conforme o número de objetos partidos em um único corte, refletindo o planejamento do movimento e a execução no momento certo.

O terceiro jogo possui diversas músicas com diferentes níveis de dificuldade e personalização pré-jogo. Selecionamos duas músicas com duração de cerca de 3 minutos com menor grau de dificuldade, somado ao recurso que permite cortar os blocos em qualquer direção e a opção que permite ao jogador errar um número considerável de cortes sem que a música seja interrompida durante a sessão. Este jogo musical combina características dos dois jogos anteriores, onde uma música é selecionada e cubos em diferentes direções flutuam na direção do jogador, seguindo o ritmo da música.

Os controladores de mão manuseiam cilindros de cores diferentes, e o jogador deve atingir os cubos com os cilindros da cor correspondente. Também é necessário desviar de obstáculos que vão em direção ao jogador, exigindo passos laterais, inclinações multidirecionais de tronco e agachamentos. A pontuação final é a soma de objetos cortados com velocidade ideal, desvios bem-sucedidos dos obstáculos e sequências consecutivas de acertos, que dão mais pontos.

O quarto jogo possui demandas motoras diferentes dos títulos anteriores, sendo mais uma opção promissora quanto ao deslocamento do centro de gravidade e posicionamento dos pés dentro do espaço virtual. Selecionamos a opção que possui a premissa de defender o gol dos chutes e exige do jogador passos laterais. O nível de dificuldade aumenta conforme as defesas são bem-sucedidas, manipulando a velocidade, os efeitos na bola e alvos no gol, tornando-se mais complexos. Cada sessão dura em média de 1 a 2 minutos. O jogador assume a função de goleiro, com um gol de aproximadamente 2 metros para proteger. Os controladores de mão representam luvas de goleiro dentro do jogo. A pontuação final é baseada no número de defesas, se foram em sequência ou não, e conforme a precisão com que as mãos acertaram a bola durante as defesas.

Quadro 1 - Principais tarefas e demandas.

Aplicativos	Tarefa	Principais demandas motoras	Principais demandas cognitivas	Elementos facilitadores
Jogo 1	Acertar os alvos flutuantes, na direção indicada com os punhos.	Movimentos de soco, rotações e inclinações de tronco, passos laterais e agachamentos.	Identificar estímulos visuais, planejar movimentos e tempo de reação.	Pistas e feedback visuais e auditivos, visibilidade de mãos.
Jogo 2	Cortar objetos atirados em sua direção, manuseando objeto cortante	Movimentos rápidos de MMSS em diferentes amplitudes e direções, e rotações do tronco.	Identificar estímulos visuais, planejar movimentos, tomar decisões rápidas e manusear objetos.	Pistas e feedback visuais e auditivos, visibilidade de mãos e objetos manuseados.
jogo 3	Cortar os cubos com bastão da mesma cor, desviar de obstáculos agachando, inclinando e dando passos laterais.	Movimentos rápidos de MMSS em diferentes amplitudes e direções, e passos laterais.	Identificar estímulos visuais, planejar movimentos, tempo de reação, atenção automática e manuseio de objetos.	Pistas e feedback visuais e auditivos, visibilidade de mãos e objetos manuseados.
Jogo 4	Defender o gol agarrando ou desviando a trajetória de bolas que viajam em direção ao gol.	Movimentos rápidos de MMSS em diferentes amplitudes e direções, rotação de tronco e passos laterais.	Identificar pistas visuais, planejar movimentos e manter atenção sustentada.	Pistas e feedback visuais e auditivos, visibilidade de mãos.

Fonte: Lima IP, et al., 2024.

As intervenções aconteceram em duas sessões realizadas no mesmo dia com um intervalo de 30 minutos entre si. A primeira sessão teve o objetivo de familiarizar os pacientes com os jogos e avaliar seus

desempenhos nesse primeiro contato. Antes de iniciar os jogos, os pacientes foram orientados quanto ao ajuste do dispositivo na cabeça, posicionamento dos controladores, objetivo dos jogos e cuidados necessários para maior conforto, nitidez visual e segurança.

Foram realizadas 2 tentativas em cada jogo para pontuar. Na segunda sessão foram executadas mais duas tentativas em cada um dos jogos, e o fisioterapeuta registrou suas pontuações. Em seguida, foram aplicados os questionários para avaliar a experiência dos usuários com os exergames e as atividades propostas. Os pacientes foram monitorizados pela aferição da frequência cardíaca, pressão arterial e saturação de oxigênio periférica antes e depois das atividades realizadas. Havendo percepção de alterações nos sinais vitais e/ou relato de fadiga, tontura ou outros sintomas que indicassem intolerância ao treinamento, a sessão seria imediatamente suspensa e o motivo seria registrado.

Considerando os objetivos deste estudo, optamos por avaliar o nível de segurança em utilizar o dispositivo de RVI por meio do Simulator Sickness Questionnaire (SSQ), este questionário possui 16 itens que representam diferentes sintomas, que podem ser classificados como: ausente, leve, moderado ou grave e pontuados de 0 a 3, respectivamente. Para obter os escores de cada subescala (Oculomotor, Desorientação e Náuseas), os sintomas recebem pesos específicos, que devem ser multiplicados pelo valor da pontuação atribuída a cada um deles pelo respondente. O escore total de gravidade é obtido pela soma dos valores obtidos em cada subescala (valores anteriores ao escore final obtido pelas fórmulas de conversão) e a aplicação em uma fórmula específica que indicará o resultado da escala (CARVALHO MR, et al., 2011).

A usabilidade do sistema foi feita por meio da System Usability Scale (SUS), com apenas dez afirmações objetivas, cada uma com uma escala de cinco pontos que varia de “Discordo totalmente” a “Concordo totalmente”. Existem cinco declarações positivas e cinco declarações negativas, que se alternam. Sua pontuação total pode ser classificada como pior imaginável (<25), pobre (25-39), ok (40-52), bom (53-72), excelente (73-85) e melhor imaginável (86-100). Essa escala apresenta uma visão geral sobre a avaliação do usuário sobre a usabilidade de novas ferramentas tecnológicas, como programas para computadores e softwares voltados para o ensino e o cuidado em saúde, assumindo significativa importância para a coleta de dados qualitativos autorreferidos sobre características, pensamentos, sentimentos, percepções, comportamentos ou atitudes dos usuários (LOURENÇO DF, et al., 2022).

A experiência do usuário foi avaliada com a Game Experience Questionnaire (GEQpost game module), analisamos a experiência dos jogadores nos seguintes fatores durante o jogo: experiências positivas e negativas; cansaço; e retorno para realidade. As pontuações dos componentes são calculadas como o valor médio de seus itens, classificados em nada (0), ligeiramente (1), moderadamente (2), bastante (3) e extremamente (4) (IJSELSTEIJN, et al., 2013).

Os participantes pontuaram seu esforço físico percebido ao iniciar a sessão de treinamento, entre as sessões e ao finalizar usando a Classificação de Esforço Percebido de Borg Modificada, quantificada de 0 a 10, classificando as pontuações em nenhum (0), muito, muito leve (0,5), muito leve (1), leve (2), moderada (3), pouco intensa (4), intensa (5-6), muito intensa (7-8), muito, muito intensa (9), máxima (10) (PENKO AL, et al., 2017). Para observação da evolução do aprendizado nos jogos, foram registradas todas as pontuações obtidas nos jogos antes e após o intervalo de 30 minutos. Ao final dos atendimentos também foi solicitado aos participantes que eles classificassem os jogos do 1º ao 4º lugar, sendo o primeiro lugar aquele que eles mais gostaram de jogar, com a 1ª posição equivalente a 4 pontos, 2ª a 3 pontos, 3ª a 2 pontos e 4ª a 1 ponto.

RESULTADOS

As características clínicas e demográficas dos pacientes estão demonstradas na **Tabela 1**. Os resultados de segurança, usabilidade, experiência pessoal e esforço percebido estão presentes na **(Tabela 2)**. Os resultados mostraram que as experiências propostas com a RVI foram realizadas sem restrições pelos participantes, todos completaram os treinamentos sem ocorrer intercorrências durante os atendimentos.

Tabela 1 - Características demográficas e clínicas dos pacientes (n=10).

Média	Desvio padrão %
-------	-----------------

Idade	
60,5	10,22
Gênero	
Masculino	50%
Feminino	50%
Tempo de diagnóstico	
3,3	2,28
Anos de estudo	
14,5	2,41
Classificação Hoehn e Yahr	
1,7	0,78
Sintoma principal	
Tremor	60%
Instabilidade Postural	30%
Dores difusas	10%

Fonte: Lima IP, et al., 2024.

Tabela 2 - Resultados de segurança, usabilidade, experiências pós-jogo e Borg.

Variáveis	Média	Desvio padrão
SSQ_PT	9,35	11,85
SUS_PT	94,5/100	5,09
GEQ pós-jogo (experiências positivas)	3,85/4	0,35
GEQ pós-jogo (experiências negativas)	0,5/4	0,18
GEQ pós-jogo (cansaço)	0,25/4	0,6
GEQ pós-jogo (retorno para realidade)	1,4/4	0,48
Borg (Antes da 1ª sessão)	6,2	2,95
Borg (Intervalo após 1ª sessão)	4,4	2,37
Borg (Final 2ª sessão)	4,5	2,24

Nota: GEQ: Game Experience Questionnaire; PT: Pontuação Total; SSQ: Simulator Sickness Questionnaire; SUS: System Usability Scale. Fonte: Lima IP, et al., 2024.

As médias de pontuações obtidas e apresentadas ao final de cada tentativa dos jogos estão demonstradas na (Tabela 3). Observa-se um aumento consistente nas pontuações em todos os jogos, sugerindo uma melhoria progressiva nas habilidades e na adaptação dos participantes às demandas específicas de cada jogo. Quanto a preferência dos jogos, o melhor classificado foi o Jogo 1 com 29 pontos, seguido pelo Jogo 2 com 26 pontos, Jogo 3 com 24 pontos e Jogo 4 com 21 pontos. A distribuição dos votos está na (Tabela 4).

Tabela 3 - Pontuações médias obtidas nos jogos.

Tentativas	Pontuação Jogo 1	Pontuação Jogo 2	Pontuação Jogo 3	Pontuação Jogo 4
Tentativa 1	660,2	11683,4	203,8	367
Tentativa 2	1107,8	29690,6	226,3	370,5
Tentativa 3	1504,9	39388,4	289,9	543
Tentativa 4	1876,7	43110,6	285,1	617

Fonte: Lima IP, et al., 2024.

Tabela 4 - Ranking de preferência dos jogos.

Ranking	Votos para 1º	Votos para 2º	Votos para 3º	Votos para 4º	Total de pontos
Jogo 1	2	6	1	1	29
Jogo 2	3	2	3	2	26
Jogo 3	3	0	5	2	24
Jogo 4	2	2	1	5	21

Fonte: Lima IP, et al., 2024.

DISCUSSÃO

A pretensão deste estudo foi avaliar a usabilidade e viabilidade do dispositivo de RVI em pacientes com DP, para isso selecionamos criteriosamente quatro jogos que atendessem a demandas motoras e cognitivas de MMSS, e utilizamos escalas adequadas para avaliar a experiência dos participantes com este dispositivo de RVI. A pontuação relativa ao surgimento de efeitos colaterais obtida na SSQ (9,35) apresenta um nível de sintomas mínimos (5-10) (BIMBERG P, et al., 2020), indicando que não houve sintomas que impedissem a continuidade do treinamento, pontuação acima da encontrada em uma referência anterior onde também foi avaliado RVI na DP e o resultado foi insignificante (<5) (CAMPO-PRieto, et al., 2022). Essa diferença entre resultados pode ser justificada pela diferença de jogos selecionados, assim como o tempo de atividade física superior no presente estudo, realizado duas sessões de 30 minutos em um dia, o dobro do tempo realizado pela referência comparada.

O nível de usabilidade do dispositivo de RVI foi classificado como “melhor imaginável”, alcançando a pontuação de 94,5/100 na escala SUS (BANGOR A, et al., 2020), pontuação muito acima da usabilidade obtida em outros estudos com realidade virtual imersiva na DP classificados como “Bom” (75,16/100) (KIM A, et al., 2017) e (72,5/100) (SARIC L, et al., 2022).

A alta pontuação de experiências positivas dos pacientes no GEQ (3,84/4) demonstrou a qualidade dos jogos selecionados, e quanto às pontuações baixas de experiências negativas (0,5/4), de cansaço (0/4) e retorno a realidade (1,33/4) complementam o quanto as atividades propostas foram bem recebidas pela população. Quanto à escala de esforço percebido de Borg, antes de iniciar os pacientes já relataram índices de fadiga intensa (6,4), e após a primeira sessão esse índice diminuiu para pouco intensa no intervalo e ao final da segunda seção (4,4 e 4,5 respectivamente).

Sobre as pontuações totais dos jogos, foi observado um aumento da pontuação entre a maioria das tentativas nos quatro jogos, sendo que somente na última tentativa do Jogo 3 houve uma queda no desempenho em relação à anterior, reduzindo sua pontuação média em 1,65%, essa queda de desempenho entre a terceira e última tentativa pode ser justificada pelas demandas cognitivas do modo selecionado, a evolução de pontos nesse jogo difere dos outros propostos e depende principalmente da realização de cortes do maior número de objetos em um mesmo movimento, que acontece quando os objetos jogadas em diferentes momentos com diferentes velocidades alinham a sua trajetória.

Esse é um espaço curto de tempo, e exige uma ação motora rápida, o que pode ser uma dificuldade para os participantes tendo em vista que a bradicinesia é um dos sintomas presentes na DP, então conseguiram cortar um número expressivo de objetos e progrediram em pontos enquanto o desafio foi aprender a cortar os objetos a qualquer momento, mas cortar no momento certo para pontuar mais pode ter sido um grande desafio nesse jogo em que a pontuação prioriza o corte de múltiplos alvos.

A progressão constante das pontuações nos jogos em todos os indivíduos mesmo após o intervalo de trinta minutos sugere que os jogos selecionados oferecem uma experiência de aprendizado cognitivo e motor constante para indivíduos com DP, sendo necessário acompanhamento com maior tempo de duração para confirmar a manutenção desses resultados. Também observamos que entre o ranqueamento dos jogos por preferência todos ocuparam a opção de 1º lugar ao menos duas vezes, sendo que em pontos totais não houve diferenças discrepantes, mantendo a distribuição dos pontos entre a faixa de 20-30% entre os quatro jogos.

Um detalhe importante sobre o uso da RVI como recurso terapêutico é que a versão padrão adquirida possui tempo de bateria médio de 3 horas, não sendo possível realizar muitos atendimentos em sequência sem a aquisição de uma bateria móvel externa.

A seleção dos jogos se mostrou boa em todos os aspectos que nos propomos a analisar, usabilidade, viabilidade, conforto, segurança e experiências dos usuários, apesar da amostra ser pequena, podemos sugerir a partir dos resultados encontrados, que estes jogos e outros que atendam aos requisitos propostos na seleção dos mesmos, e podem ser utilizados em estudos com amostras maiores por tempo de acompanhamento mais longos na DP.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos sugerem usabilidade melhor imaginável e viabilidade aprovada com sintomas mínimos da RVI, assim como também indicam que uma sessão de uma hora, com 15 minutos de treinamento para cada um dos jogos selecionados, não gera desconfortos significativos, além de existir um potencial considerável de aprendizado motor e cognitivo nos quatro jogos testados.

FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio de bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

1. AMIRTHALINGAM J, et al. Virtual Reality Intervention to Help Improve Motor Function in Patients Undergoing Rehabilitation for Cerebral Palsy, Parkinson's Disease, or Stroke: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Cureus*, 2021.
2. ARMSTRONG MJ e OKUN MS. Diagnosis and Treatment of Parkinson Disease. *JAMA*, 2020; 323: 548–60.
3. BALESTRINO R e SCHAPIRA AHV. Parkinson disease. *European Journal of Neurology*, 2019; 27: 27–42.
4. BANGOR A, et al. User Experience Magazine. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *JUS. Uxpajournal.org*, 2020.
5. BIMBERG P, et al. On the Usage of the Simulator Sickness Questionnaire for Virtual Reality Research. 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW), 2020.
6. CALABRESI P, et al. Dopamine-mediated regulation of corticostriatal synaptic plasticity. *Trends in Neurosciences*, 2007; 30: 211–9.
7. CAMPO-PRIETO P, et al. Wearable Immersive Virtual Reality Device for Promoting Physical Activity in Parkinson's Disease Patients. *Sensors*, 2022; 22: 3302.
8. CARNEVALE A, et al. Virtual Reality for Shoulder Rehabilitation: Accuracy Evaluation of Oculus Quest 2. *Sensors*, 2022; 22: 5511.
9. CARVALHO MR de, et al. Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 2011; 60: 247–52.
10. CHEN Z, et al. Autonomic dysfunction in Parkinson's disease: Implications for pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Neurobiology of Disease*, 2020; 134: 104700.
11. DORSEY ER e Bloem BR. The Parkinson Pandemic—A Call to Action. *JAMA Neurology*, 2018; 75: 9.
12. Goodwin VA, et al. The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Movement Disorders*, 2008; 23: 631–40.
13. HUANG K-T. Exergaming Executive Functions: An Immersive Virtual Reality-Based Cognitive Training for Adults Aged 50 and Older. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 2019.
14. IJSSELSTEIJN WA, et al. The Game Experience Questionnaire. *Researchtuenl* 2013. Disponível em: <https://research.tue.nl/en/publications/the-game-experience-questionnaire>. Acessado em: 09 de agosto de 2024.
15. KIM A, et al. Walking in fully immersive virtual environments: an evaluation of potential adverse effects in older adults and individuals with Parkinson's disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2017; 14.
16. LIANG Y e LAU PWC. Effects of Active Videogames on Physical Activity and Related Outcomes Among Healthy Children: A Systematic Review. *Games for Health Journal*, 2014; 3: 122–44.
17. LOURENÇO DF, et al. Translation and Cross-Cultural Adaptation of the System Usability Scale to Brazilian Portuguese. *Aquichan*, 2022; 22: 1–16.
18. MA M e ZHENG H. Virtual Reality and Serious Games in Healthcare. *Advanced Computational Intelligence Paradigms in Healthcare 6 Virtual Reality in Psychotherapy, Rehabilitation, and Assessment*, 2011; 169–92.
19. MENDES FA Dos S, et al. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease – effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study. *Physiotherapy*, 2012; 98: 217–23.
20. PENKO AL, et al. Borg scale is valid for ratings of perceived exertion for individuals with Parkinson's disease. *International Journal of Exercise Science*, 2017; 10: 76–86.
21. RADDER DLM, et al. Physiotherapy in Parkinson's Disease: A Meta-Analysis of Present Treatment Modalities. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2020; 34: 154596832095279.
22. SARIC L, et al. Usability of Two New Interactive Game Sensor-Based Hand Training Devices in Parkinson's Disease. *Sensors* 2022; 22:6278.
23. TRIEGAARDT J, et al. Correction to: The role of virtual reality on outcomes in rehabilitation of Parkinson's disease: meta-analysis and systematic review in 1031 participants. *Neurological Sciences* 2020; 41:731–2.