

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

Fabiana Rita Camara Machado

**REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA NA
REABILITAÇÃO DE PESSOAS COM
PARALISIA CEREBRAL**

UFCSPA

Universidade Federal de Ciências da Saúde
de Porto Alegre

Porto Alegre

2022

Fabiana Rita Camara Machado

REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA NA REABILITAÇÃO DE PESSOAS COM PARALISIA CEREBRAL

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Alcyr Alves de Oliveira Jr.

Coorientador: Dr. Ricardo Sukiennik

Porto Alegre

2022

Catálogo na Publicação

Machado, Fabiana Rita Camara
Realidade Virtual Imersiva na Reabilitação de Pessoas
com Paralisia Cerebral / Fabiana Rita Camara Machado. --
2022.
127 p. : graf., tab. ; 30 cm.

Tese (doutorado) -- Universidade Federal de Ciências
da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Reabilitação, 2022.

Orientador(a): Alcyr Alves de Oliveira Júnior ;
coorientador(a): Ricardo Sukiennik .

1. Paralisia Cerebral. 2. Realidade Virtual. 3.
Imersão. 4. Reabilitação. I. Título.

REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA NA REABILITAÇÃO DE PESSOAS COM PARALISIA CEREBRAL

BANCA AVALIADORA

Dr. Carlos Roberto de Mello Rieder
Universidade de Ciências da Saúde de Porto Alegre - UFCSPA

Dr. Fábio Coelho Guarany
Hospital Escola EBSEH - UFPEL

Dr. Rodrigo Luiz Vancini
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

Porto Alegre

2022

Dedicatória

Dedico esta tese ao meu maior exemplo de vida, minha mãe, que agora me acompanha fora do plano terreno, e ao meu companheiro, amigo e parceiro, Sandro Machado, que sempre me estimularam no crescimento profissional e pessoal. Estas duas pessoas com muita sabedoria, discernimento, bom senso, dedicação e amor estiveram ao meu lado, me encorajando nas horas difíceis e me aplaudindo nos momentos de glória. Obrigada por fazerem parte da minha vida. Vocês são e sempre serão minha fonte de inspiração e meu apoio.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Alcyr Alves de Oliveira Júnior, pelos ensinamentos, orientação, palavras de incentivo, paciência, amizade e dedicação. Acreditou no meu potencial, abriu as portas e sempre esteve de braços abertos. Muito obrigada por tudo!

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Ricardo Sukiennik, pelo incentivo.

Aos alunos de iniciação científica Thaiane Cavalheiro, Eduardo Antônio Pereira e Pedro Valladão Olovate e aos colegas Guilherme Novak e Isabela Possebon Bevilacqua, que participaram diretamente desse trabalho e me ajudaram em diversos momentos.

Aos pacientes que participaram desta pesquisa, pois sem eles nenhuma dessas páginas estaria completa.

Aos Colegas e Funcionários das instituições KINDER, Casa do Menino Jesus de Praga, Educandário São João Batista e Ambulatório de Pediatria do Hospital da Criança Santo Antônio da Irmandade Santa Casa de Misericórdia pela hospitalidade, generosidade e auxílio que permitiram a realização deste estudo. A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução dessa Tese de Doutorado.

A todos os meus colegas do grupo de pesquisa do NERV que me acompanharam nessa caminhada e que fizeram parte dos bons e maus momentos. Obrigada pela cumplicidade!

E, por fim, a minha família, pelo apoio incondicional. Obrigada mãe por tudo que você me deu e me ensinou. Obrigada pela sua generosidade e simplicidade. Pelo amor, pelo carinho e afeto. Você é e sempre será minha fortaleza.

Sandro Fermino Machado, você é essencial na minha vida. Ter você ao meu lado nesse momento foi fundamental. Obrigada pelo amor e pelo apoio incondicional ao longo deste processo, que foi duro, difícil, mas juntos conseguimos superar.

A todos que me ajudaram a ser quem sou, que depositam confiança em mim e para os quais sou uma esperança, resta-me não vos desiludir. Muito obrigado...

“Nós não vemos o que vemos, nós vemos o que somos. Só veem as belezas do mundo, aqueles que têm belezas dentro de si.”

Rubem Alves

RESUMO

Introdução: A paralisia cerebral (PC) exige intervenções eficazes, cujo as mais promissoras são baseadas na aprendizagem motora. Evidências apontam que realidade virtual (RV) parece potencializar o treinamento motor nas pessoas com PC, através da oferta de *feedback*, engajamento e motivação.

Objetivo: Avaliar os efeitos sobre o controle de cabeça, equilíbrio de tronco e função motora grossa de pacientes com paralisia cerebral nível III, IV e V da *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS) submetidas a treinamento com realidade virtual imersiva (RVI). Como metas secundárias, investigar a usabilidade de um jogo sério em realidade virtual para auxiliar na estabilidade e no equilíbrio da cabeça e do tronco de crianças com PC com foco na percepção e na experiência de profissionais da saúde; avaliar as possíveis variações de funcionalidade e verificar a qualidade de vida de pessoas com PC de moderada a grave submetidas a treinamento com RVI e, por fim, averiguar a sobrecarga, o nível de ansiedade e de depressão de cuidadores de pessoas com PC de moderada a grave.

Método: Estudo randomizado controlado com dois grupos, fisioterapia convencional (controle) e realidade virtual, 19 pacientes com diagnóstico de paralisia cerebral de ambos os sexos com idade entre 6 e 18 anos, classificados como nível III, IV e V no Sistema de Classificação da Função Motora Grossa. Os pacientes foram avaliados nas habilidades motoras, controle de cabeça e equilíbrio de tronco pelas escalas *Gross Motor Function Measure-88* (GMFM), *Early Clinical Assessment of Balance* parte I – versão 2 (ECAB) e Escala Visual Analógica Controle de Cabeça (EVACC). Além disso, foram analisadas funcionalidade e qualidade de vida pelo Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade (PEDI) e *Pediatric Quality of Life Inventory version 3.0* (PedsQL®) respectivamente. O estudo ainda observou o comportamento psicoemocional de pais e/ou cuidadores dessas pessoas com PC submetidas a treinamento com RVI, os quais foram avaliados através das ferramentas *Zarit Caregiver Burden Interview* (BI), *Beck Anxiety Inventory* (BAI) e *Beck Depression Inventory* (BDI). Um estudo transversal foi realizado com profissionais de saúde para investigar a usabilidade do jogo sério, os quais foram avaliados através da viabilidade e da satisfação do sistema pela Escala de Usabilidade do Sistema (SUS).

Resultados: A função motora grossa, o controle de cabeça e o equilíbrio de tronco no grupo de realidade virtual apresentaram melhora significativa ($p = 0,007$; $p = 0,017$ e $p = 0,011$). Não foi possível observar mudanças na funcionalidade e na qualidade de vida das pessoas com PC em ambos os grupos. Os cuidadores apresentaram mínimo grau a leve de ansiedade, demonstraram sobrecarga moderada, porém não houve mudanças na intensidade da depressão. O jogo sério foi considerado excelente a melhor que imaginado (SUS = $82,10 \pm 12,66$).

Conclusão: O sistema de reabilitação específico em RV associado a jogo sério auxilia na estabilidade da cabeça, no equilíbrio de tronco e na melhora da função motora grossa de crianças com PC nível III, IV e V na GMFCS, oferecendo experiência agradável e com ampla aplicabilidade.

Palavras-chave: Paralisia Cerebral; Realidade Virtual; Imersão; Usabilidade; Função Motora; Reabilitação

ABSTRACT

Background: Cerebral palsy (CP) requires effective interventions, the most promising of which are based on motor learning. Evidence shows that virtual reality (VR) seems to enhance motor training in people with CP, through the provision of feedback, engagement, and motivation.

Objective: To evaluate the effects on head control, trunk balance and gross motor function of patients with cerebral palsy level III, IV and V of the Gross Motor Function Classification System (GMFCS) submitted to immersive virtual reality (IVR) training. As secondary goals, to investigate the usability of a serious game in virtual reality to assist in the stability and balance of the head and trunk of children with CP, focusing on the perception and experience of health professionals; to evaluate possible variations in functionality and verify the quality of life of people with moderate to severe CP undergoing training with IVR and, finally, to investigate the burden, anxiety and depression level of caregivers of people with moderate to severe CP serious.

Method: Randomized controlled study with two groups, conventional physical therapy (control) and virtual reality, 19 patients diagnosed with cerebral palsy of both sexes aged between 6 and 18 years, classified as level III, IV and V in the Classification System of Gross Motor Function. Patients were evaluated in motor skills, head control and trunk balance using the Gross Motor Function Measure-88 (GMFM), Early Clinical Assessment of Balance part I – version 2 (ECAB) and Visual Analog Head Control Scale (EVACC) scales. In addition, functionality and quality of life were analyzed by the Pediatric Assessment of Disability Inventory (PEDI) and Pediatric Quality of Life Inventory version 3.0 (PedsQL®) respectively. The study also observed the psycho-emotional behavior of parents and/or caregivers of these people with CP undergoing IVR training, which were evaluated using the Zarit Caregiver Burden Interview (BI), Beck Anxiety Inventory (BAI) and Beck Depression Inventory (BDI) tools. A cross-sectional study was carried out with health professionals to investigate the usability of serious games, which were evaluated through the feasibility and satisfaction of the system by the System Usability Scale (SUS).

Results: Gross motor function, head control and trunk balance in the virtual reality group showed significant improvement ($p = 0.007$; $p = 0.017$ and $p = 0.011$). It was not possible to observe changes in functionality and quality of life of people with CP in both groups. Caregivers presented minimal to mild degree of anxiety, showed moderate overload, but there were no changes in the intensity of depression. The serious game was considered excellent and better than imagined ($SUS = 82.10 \pm 12.66$).

Conclusion: The specific rehabilitation system in VR associated with serious game helps in head stability, trunk balance and in the improvement of gross motor function of children with CP levels III, IV and V in the GMFCS, offering a pleasant experience and with wide applicability.

Keywords: Cerebral Palsy; Virtual Reality; Immersion; Usability; Motor Function; Rehabilitation

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

Figura 1 – Gráfico de fluxo sobre os estudos encontrados nas bases de dados.....	47
Figura 2 – Gráfico risco de viés.....	48

Artigo 2

Figura 1 – Ambiente Virtual do Jogo em Realidade Virtual.....	68
---	----

Artigo 3

Figura 1 – Escala Visual Analógica de Controle de Cabeça (EVACC).....	81
Figura 2 – Valores Medianas, Amplitude Interquartil, nível de significância do Teste <i>Wilcoxon</i> do Instrumento GMFM-88 Escore Total Pré e Pós-Intervenção Grupo Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI).....	82
Figura 3 – Valores Medianas, Amplitude Interquartil, nível de significância do Teste <i>Wilcoxon</i> dos Instrumentos <i>Early Clinical Assessment of Balance 2 PARTE I</i> (ECAB) e Escala Visual Analógica de Controle de Cabeça (EVACC) no Pré e Pós-Intervenção Grupo Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI).....	83

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1 – Características dos estudos...	49
Tabela 2 – Principais resultados dos estudos.....	50
Tabela 3 – Escala PEDro - Avaliação Metodológica da Qualidade para os Estudos Incluídos.....	52

Artigo 2

Tabela 1 – Características Demográficas dos Profissionais.....	66
Tabela 2 – Valores de Média, Desvio-Padrão e Amplitude Interquartil da Pontuação dos Profissionais que classificaram o jogo na SUS.....	67

Artigo 3

Tabela 1 – Características Clínicas e Demográficas das Crianças com PC ...	84
Tabela 2 – Valores das Médias, Desvio-Padrão, Medianas, Amplitude Interquartil dos Escores de cada uma das Dimensões da GMFM-88 Pré e Pós-Intervenção nos Grupos Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI).....	85
Tabela 3 – Valores das Médias, Desvio-Padrão, Medianas, Amplitude Interquartil dos Escores dos Instrumentos Pré e Pós-Intervenção nos Grupos Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI).....	86
Tabela 4 – Níveis de significância do Teste de <i>Mann-Whitney</i> dos Escores dos Instrumentos Pré e Pós-Intervenção Fisioterapia Convencional (FC) X Realidade Virtual Imersiva (RVI).....	87

Artigo 4

Tabela 1 – Características Demográficas de Pais e/ou Cuidadores.....	103
Tabela 2 – Características Clínicas e Demográficas das Pessoas com PC...	104
Tabela 3 – Valores das Médias, Desvio-Padrão, Medianas, Mínima e Máxima, Amplitude Interquartil dos Escores dos Instrumentos Pré e Pós-Intervenção nos Grupos Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI) de Pais e/ou Cuidadores de Pessoas com PC.....	105
Tabela 4– Níveis de significância do Teste de Mann-Whitney dos Escores dos Instrumentos Pré e Pós-Intervenção nos grupos Fisioterapia Convencional (FC) X Realidade Virtual Imersiva (RVI) de Pais e/ou Cuidadores de Pessoas com PC.....	106

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFCSPA - Universidade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre

PC / CP - Paralisia Cerebral / Cerebral Palsy

RV - Realidade Virtual

SNC - Sistema Nervoso Central

GMFCS - Sistema de Classificação da Função Motora Grossa / *Gross Motor Function Classification System*

HMD - Tela Montada sobre a Cabeça / *Head Mounted Display*

VR BOX - *Virtual Reality Glasses®*

SUS - Escala de Usabilidade do Sistema / *System Usability Scale*

RVI / IRV - Realidade Virtual Imersiva / *Immersive Virtual Reality*

NERV - Núcleo de Estudos em Realidade Virtual

PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyzes*

RevMan - *Review Manager*

CIF - Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde / *International Classification of Functioning, Disability and Health*

3 DOF - 3 Graus de Liberdade / *3 Degrees of Freedom*

DDA - *Dynamic Difficulty Adjustment*

FC - Fisioterapia Convencional

GMFM-88 - Medida da Função Motora Grossa / *Gross Motor Function Measure*

ECAB - Avaliação Clínica Precoce do Equilíbrio / *Early Clinical Assessment of Balance*

EVACC - Escala Visual Analógica Controle de Cabeça

PEDI - Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade / *Pediatric Evaluation of Disability Inventory*

PedsQL® - *Pediatric Quality of Life Inventory version 3.0*

BI - *Zarit Caregiver Burden Interview*

BAI - *Beck Anxiety Inventory*

BDI - *Beck Depression Inventory*

FAQ - *Functional Assessment Questionnaire*

6MWT - Teste de caminhada de 6 minutos

HINE - Avaliação Neurológica Infantil de Hammersmith / *Hammersmith Infant Neurological Examination*

MACS - Sistema de Classificação da Função Manual / *Manual Ability Classification System*

CFCS - *Communication Function Classification System*

EDACS - *Eating and Drinking Abilities Classification System*

SPSS - *Statistical Package for the Social Science*

DP - Desvio- Padrão

Q25-Q75 - Amplitude Interquartil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 CONTEXTUALIZAÇÃO	19
2.1 Paralisia Cerebral.....	19
2.2 Realidade Virtual.....	20
2.3 Design de Jogos	22
2.4 Jogos Específicos vs Comerciais.....	25
2.5 Usabilidade	27
REFERÊNCIAS	30
3 OBJETIVOS	35
4 ARTIGO 1	36
5 ARTIGO 2	55
6 ARTIGO 3	72
7 ARTIGO 4	92
8 CONCLUSÃO GERAL	110
9 IMPACTOS DO TRABALHO	112
APÊNDICE A.....	113
APÊNDICE B.....	114
ANEXO A	115
ANEXO B	119
ANEXO C	120
ANEXO D	121
ANEXO E	122
ANEXO F.....	123
ANEXO G	124
ANEXO H	125

ANEXO I.....	126
ANEXO J.....	127

1 INTRODUÇÃO

A paralisia cerebral (PC) é uma condição com clínica heterogênea que exige reabilitação multidisciplinar eficiente, cujo as intervenções mais favoráveis são baseadas na aprendizagem motora (Jackman et al., 2022; Novak et al., 2020). Nesse sentido, a realidade virtual (RV) parece ser uma tecnologia com capacidade de potencializar as vantagens do treinamento motor, principalmente pela oferta de *feedback* perceptual, engajamento e da motivação durante a execução da tarefa (Demers, Fung, Subramanian, Lemay, & Robert, 2021; Novak et al., 2020).

O uso de RV é capaz de oferecer treinamento de ações com participação ativa e segura do indivíduo, adaptando exercícios e ambiente com foco na meta de reabilitação sem deixar de considerar os fatores pessoais do paciente (Fandim, Saragiotto, Porfírio, & Santana, 2020; Jha, Karunanithi, Sahana, & Karthikbabu, 2021). Assim, a RV traz especificidade à tarefa, melhorando a aquisição de competências e a retenção da atividade (Wang & Reid, 2011).

A abordagem ecológica da RV está ancorada nos princípios fundamentais na neuroplasticidade (Demers et al., 2021; Kommalapati & Michmizos, 2016). Sendo assim, a RV apresenta benefícios sobre a terapia convencional, uma vez que promove intensiva prática repetitiva de tarefas funcionais simuladas, *feedback* aumentado (visual, auditivo, tátil e até olfativo), motivação e engajamento (Chen, Liang, Chen, & Xu, 2021; Demers et al., 2021; Kommalapati & Michmizos, 2016). Além disso, a RV provoca percepções e reações realistas que permitem o desenvolvimento de estratégias e melhora da aprendizagem motora, enquanto o profissional acompanha e registra o desempenho da atividade do paciente (Chen, Liang, et al., 2021). Assim, a RV admite controle clínico completo sobre a administração sistemática e a progressão incremental do tempo e da intensidade do exercício (Fandim et al., 2020).

Nessa direção, novas tecnologias de RV podem representar estratégias terapêuticas para a reabilitação das habilidades motoras, funcionais e cognitivas de pessoas com PC (Chen, Liang, et al., 2021; Fandim et al., 2020).

No entanto, a RV pode apresentar muitas vezes obstáculos para aplicação tais como dificuldade de acesso e/ou usabilidade, bem como, falta de ambientes e jogos virtuais específicos para reabilitação de determinadas condições (Iosa, Verrelli, Gentile, Ruggieri, & Polizzi, 2022; Massetti et al., 2018). Nesse sentido, profissionais seguem concebendo softwares e hardwares específicos para aplicação em intervenções, principalmente em pacientes pediátricos com afecções neurológicas.

Ainda assim, estudos apontam o potencial da RV para facilitar o comportamento pro-social, modular a experiência de dor, regular e reativar a atividade postural, melhorar o equilíbrio e as habilidades motoras grossas (Greffou et al., 2012; Greffou, Bertone, Hanssens, & Faubert, 2008; Ravi, Kumar, & Singhi, 2017; Rosenberg, Baughman, & Bailenson, 2013; Won et al., 2017).

Infelizmente, ainda existem poucas pesquisas dirigidas ao tratamento de reabilitação de indivíduos com PC de moderado a grave. De fato, existe, uma carência de estudos dedicados a essas crianças e as pesquisas com RV ainda apresentam resultados insuficientes para recomendá-la para a prática clínica, principalmente para crianças classificadas com PC de moderada a grave (Ravi et al., 2017).

Considerando-se os benefícios que a RV pode trazer, supõe-se que a aplicação de sessões com jogo sério de RV em imersão em crianças com PC pode trazer efeitos positivos na recuperação das suas dificuldades motoras. Entretanto, existem poucas pesquisas abordando esse tema e/ou com resultados insuficientes para recomendá-la à prática clínica em crianças com PC de moderada a grave. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é avaliar os efeitos sobre o controle de cabeça, equilíbrio de tronco e função motora grossa de pacientes com paralisia cerebral nível III, IV e V da *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS) submetidas a treinamento com realidade virtual imersiva.

Considerando esse objetivo, esta tese está dividida em cinco partes. Primeiramente realiza-se um apanhado teórico sobre tópicos relevantes para compreensão do tema. Em seguida, serão apresentados os artigos que compuseram este estudo, cujo artigo 1 apresenta uma revisão sistemática sobre a efetividade da realidade virtual imersiva para melhorar a função

motora, a funcionalidade e a marcha de crianças com paralisia cerebral, quando comparada a fisioterapia convencional. O artigo 2 demonstra a usabilidade de um jogo sério em realidade virtual para auxiliar na estabilidade e no equilíbrio da cabeça e do tronco de crianças com paralisia cerebral com foco na percepção e na experiência de profissionais da saúde. O artigo 3 é o empírico principal, o qual apresenta os efeitos sobre o controle de cabeça, equilíbrio de tronco e função motora grossa de pacientes com paralisia cerebral de moderada a grave submetidas a treinamento com realidade virtual imersiva.

Finalmente, o artigo 4 diz respeito a sobrecarga, o nível de ansiedade e de depressão de cuidadores de pessoas com paralisia cerebral de moderada a grave, bem como, o efeito de diferentes tipos de intervenções sobre as características psicoemocionais desses cuidadores. Ao final, está a conclusão geral e os impactos do trabalho, bem como, encontram-se anexados documentos pertinentes ao estudo.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Paralisia Cerebral

A PC é caracterizada por lesão encefálica não progressiva durante o desenvolvimento fetal ou infantil marcada por alterações na postura e no movimento (Damiano, Longo, Carolina de Campos, Forssberg, & Rauch, 2021; Graham, Paget, & Wimalasundera, 2019; Gulati & Sondhi, 2018; Vitrikas, Dalton, Grant, & Breish, 2020). A PC é o diagnóstico mais prevalente na infância com clínica heterogênea e, embora não seja progressiva, afeta o neurodesenvolvimento de forma distinta, provocando limitações de atividade e impacto funcional, que prejudica a participação social e a qualidade de vida (Damiano et al., 2021; Graham et al., 2019; Gulati & Sondhi, 2018; Jackman et al., 2022; Vitrikas et al., 2020).

A etiologia da PC segue complexa e multifatorial, lesionando diferentes partes do cérebro e contribuindo, assim, para ampla gama de achados clínicos (Gulati & Sondhi, 2018; Vitrikas et al., 2020). Com eventos que ocorrem principalmente antes ou durante o parto, porém não se descarta a possibilidade de ocorrer entre as idades de 3 a 5 anos (Gulati & Sondhi, 2018; Vitrikas et al., 2020). Os principais fatores de risco para essa condição são anoxia e prematuridade extrema, mas incluem muitas outras causas e pode estar relacionada a problemas gestacionais, nutricionais, fatores genéticos e epigenéticos, distúrbios metabólicos, infecções do sistema nervoso central (SNC), entre outros (Graham et al., 2019; Kapanova, Malik, & Adylova, 2021).

A PC exige uma reabilitação multidisciplinar efetiva e eficaz, a qual deve ser planejada em conjunto com o paciente e com os familiares, a fim de atingir metas factíveis, de acordo com as deficiências e comorbidades associadas (Damiano et al., 2021; Graham et al., 2019; Vitrikas et al., 2020).

Estudos relatam que as intervenções mais promissoras são aquelas baseadas na teoria da aprendizagem motora, com prática de tarefas e atividades do mundo real, demonstrando a importância do movimento ativo iniciado pela criança com PC (Jackman et al., 2022; Morgan et al., 2016; Novak et al., 2020). A experiência da prática bem sucedida de tarefas específicas é o mecanismo de ação para modulação da neuroplasticidade, facilitando a repetição regular do movimento em alta intensidade com cumprimento de meta

definida pela própria criança com PC (Jackman et al., 2022; Novak et al., 2020). Por consequência, as intervenções que apresentam resultados superiores para PC são aquelas que apresentam objetivo de incrementar a funcionalidade e a independência com abordagens que exijam que o indivíduo pratique movimentos ativos autogerados para a meta ou tarefa que ele próprio deseje alcançar (Jackman et al., 2022; Novak et al., 2020). Motivação, foco atencional durante a tarefa e sentimento recompensador auxiliam no resultado funcional desejado de forma abrangente (Jackman et al., 2022; Novak et al., 2020). Nesse sentido, a realidade virtual (RV) é uma intervenção adjuvante que combinada com o treinamento motor de tarefas específicas é gratificante e aumenta os benefícios na reabilitação na PC (Novak et al., 2013, 2020).

2.2 Realidade Virtual

A RV permite aos usuários a oportunidade de exercer os sentidos através de canais multidimensionais e multissensoriais, explorando ambientes virtuais por meio da visão, audição, tato e olfato (Chen, Liang, Chen, & Xu, 2021; Deutsch, Borbely, Filler, Huhn, & Guarrera-Bowlby, 2008; Fandim, Saragiotto, Porfírio, & Santana, 2020; Massetti et al., 2018). O ambiente virtual pode ser ofertado de forma imersiva, através de uma tela montada diante dos olhos (HMD – do inglês *head mounted display*), ou de modo não imersivo pelo computador por sistemas comerciais ou específicos (Fandim et al., 2020; Tao, Garrett, Taverner, Cordingley, & Sun, 2021).

A RV possui um alto grau de validade ecológica por simular situações que parecem com a vida real (Jha et al., 2021; Ren & Wu, 2019). Durante a reabilitação, o sistema é capaz de oferecer especificidade à tarefa, melhorando a aquisição de competências e a retenção da atividade (Wang & Reid, 2011). A criação de ampla variedade de ambientes virtuais com diferentes níveis de complexidade, controlados e seguros, projetados para incorporar estímulos, sugestões e *feedback* sobre o desempenho do paciente a torna uma abordagem intuitiva eficaz e capaz de generalização (Fandim et al., 2020; Wang & Reid, 2011). O senso de presença, produzido pela experiência virtual, provoca respostas subjetivas, comportamentais e até mesmo fisiológicas, permitindo que o usuário transfira o que aprendeu no mundo virtual para o mundo real (Slater, Khanna, Mortensen, & Yu, 2009).

Um treinamento bem-sucedido em disfunções neuro-cognitivo-motoras está baseado no modelo da aprendizagem motora, cujos princípios fundamentais de neuroplasticidade estão associados à prática e/ou experiência que levam a mudanças motoras (Demers et al., 2021; Kommalapati & Michmizos, 2016). A abordagem da aprendizagem motora está ancorada no treinamento intensivo de tarefas, aumento incremental progressivo de dificuldade da atividade, engajamento e motivação (Demers et al., 2021; Kommalapati & Michmizos, 2016). Portanto, motivação, prática repetitiva e feedback aprimorado tornam a RV um tipo de intervenção que facilita a incorporação de princípios de aprendizagem motora na reabilitação de indivíduos com PC (Demers et al., 2021).

A abordagem ecológica de percepção e ação sustenta que para cada ação existe um acoplamento específico de informação-movimento para tarefas e situações, as quais exigem diversas experiências e informações para controle da mobilidade (de Mello Monteiro et al., 2014). Nesse sentido, observar movimentos também pode ser uma maneira de restaurar o controle cortical sobre a perda da mobilidade corporal (Kommalapati & Michmizos, 2016).

A RV utiliza o engajamento do sistema de neurônios-espelhos e dispara sua atividade, as quais estão relacionadas aos processos funcionais e neurais de ação-observação, devido às conexões de feedback aumentado durante a observação da ação através das vias sensoriais recrutadas na reabilitação de indivíduos com PC (Kommalapati & Michmizos, 2016).

Os sistemas de RV apresentam vantagens sobre a intervenção convencional ao permitirem ao usuário praticarem doses mais altas de tarefas funcionais simuladas (Chen et al., 2021). Através de estímulos ambientais e uso de *feedback* aumentado, à RV provoca percepções e reações realistas no paciente, permitindo o desenvolvimento de estratégias e melhora da experiência de aprendizagem motora, enquanto o clínico acompanha e registra o desempenho da atividade (Chen et al., 2021). A RV permite controle clínico completo sobre a administração sistemática e a progressão incremental do tempo e da intensidade do exercício, promovendo a prática de atividades repetidas, as quais não seriam realizadas em ambientes do mundo real (Fandim et al., 2020; Won et al., 2017).

Os sistemas de RV seguem atraentes, motivadores, agradáveis e promovem engajamento por permitirem que o paciente compartilhe experiências com amigos, interaja socialmente, use informação transmitida pelo personagem virtual para solucionar tarefas de tomada de decisão, imite o avatar para obter sucesso na realização de movimentos e vivencie experiências quase reais (Fandim et al., 2020; Won et al., 2017). Particularmente para pessoas com PC, a RV pode promover motivação, engajamento e oportunidade para o paciente exercer controle sobre suas ações e executar tarefas por vezes cansativas ou tediosas através de atividades lúdicas (Jha et al., 2021). Além disso, a RV pode ter potencial para auxiliar na participação, nas habilidades sociais, na tomada de risco, na autoestima, para evitar o medo e na reabilitação vestibular (Levac, Glegg, Colquhoun, Miller, & Noubary, 2017). Os ambientes virtuais podem ainda ser utilizados para tratar função motora grossa e fina, movimentos de alcance, função da extremidade superior, habilidades funcionais, desempenho motor, controle postural, equilíbrio e marcha (Fandim et al., 2020; Massetti et al., 2018; Ravi et al., 2017; Velasco et al., 2017).

Nesse sentido, a fim de apoiar a adesão sustentada à intervenção adjuvante com RV, clínicos iniciaram a utilização de consoles comerciais de jogos prontos não específicos para reabilitação, entretanto esses possuem aplicação limitada, pois foram desenvolvidos para um público geral sem limitações físicas, emocionais e/ou cognitivas (Iosa et al., 2022; Tao et al., 2021). Todavia, cabe ressaltar que jogos criados especificamente para fins de acompanhamento e reabilitação das neuropatologias apresentam vantagens claras e encorajadoras por motivar os pacientes durante os treinamentos das funções neuro-cognitivo-motoras (Iosa et al., 2022). Ainda que os ambientes virtuais especificamente criados para neuro reabilitação apresentem benefícios, muitas vezes precisam de assistência do terapeuta para evitar erros, estratégias compensatórias e orientação para a seleção de jogos (Iosa et al., 2022).

2.3 Design de Jogos

O sistema de RV com tecnologia de jogos e ambientes virtuais específicos para reabilitação de disfunções neuromotoras de pacientes pediátricos foram testados por estudos com amostras muito pequenas, com

poucas sessões, metodologias e medidas de resultados variadas e sem evidências claras de efetividade (Iosa et al., 2022; Silva et al., 2021). Portanto, projetar jogos e sistemas focados na reabilitação para o envolvimento e a experiência do usuário é fundamental para se estudar uma abordagem que envolva terapia baseada em RV (Ni, Fehlings, & Biddiss, 2014).

Desenvolver aplicativos requer a convergência de conhecimento teórico e técnico biomédico e psicossocial sobre saúde, tecnologias de computação e engenharia, interação homem-máquina e *design* de jogos (Tao et al., 2021).

É importante o suporte de uma equipe multiprofissional com profissionais de saúde (terapeutas ocupacionais, fisioterapeutas, psicólogos, médicos, entre outros), engenheiros e *designers*, bem como, a participação de usuários clínicos e finais, a fim de identificar e valorizar considerações centradas na pessoa em relação à usabilidade, jogabilidade e valor terapêutico desde o início e ao longo do processo de *design* do jogo (Tao et al., 2021).

Na perspectiva de *design*, a fim de criar, implantar e colocar em prática um jogo de RV são necessárias variáveis como gênero, natureza e estratégia de desenvolvimento do jogo (Chen, Lin, et al., 2021; Vieira, Da Silva Pais-Vieira, Novais, & Perrotta, 2021).

O gênero refere-se a área de interesse, tipo de jogo favorito, o qual pode ser pesquisado com o público alvo através de um questionário de viabilidade, pois é importante criar e desenvolver produtos em conjunto com os interesses do paciente, a fim de deixá-los mais divertidos, incrementando o engajamento e a motivação (Chen, Lin, et al., 2021; Vieira et al., 2021). Quanto a natureza, relaciona-se as características do jogo, como perspectiva de primeira ou terceira pessoa, *multiplayer* ou *single player*, tipo de ambiente (realista, fantasia ou simples), presença ou ausência de personagens jogáveis e o nível de imersão aplicado ao uso de RV, imersiva ou não imersiva (Vieira et al., 2021). Já a estratégia de desenvolvimento engloba o uso de jogos prontos, caso dos títulos comerciais, *Nintendo Wii*®, *Xbox*®, entre outros ou jogos sérios desenvolvidos e/ou adaptados especificamente para determinado estudo e/ou situação (Vieira et al., 2021).

Nesse sentido, os aplicativos gerados devem concernir sistemas com normas pré-estabelecidas, objetivos claros e resultados quantificáveis, de

forma que a interação proporcione ao usuário uma experiência lúdica (Tao et al., 2021).

Durante a confecção do jogo é importante incorporar elementos de *design* multissensorial como efeitos visuais, pistas auditivas, e dispositivos sensoriais para fornecer *feedback* e proporcionar uma percepção agradável (Bortone et al., 2020; Chen, Lin, et al., 2021; Tao et al., 2021). Também pode-se introduzir habilidade de modelagem, a qual enfatiza o aumento gradual do nível de dificuldade da tarefa de acordo com as habilidades neuromotoras do usuário, permitindo que o jogo escale interativamente em conjunto com o progresso do jogador (Chen, Lin, et al., 2021; Kommalapati & Michmizos, 2016; Tao et al., 2021). Além disso, os sistemas de jogos projetados podem emitir dados sobre o desempenho do usuário para que o terapeuta perceba a melhora durante a reabilitação (Chen, Lin, et al., 2021).

Jogos sérios específicos utilizados na reabilitação de pessoas com distúrbios neuromotores possuem resultados clínicos significativos quando o jogo estabelece que o usuário complete tarefas únicas e simples que geralmente não estão vinculadas a histórias ou jogos mais longos, na perspectiva de primeira pessoa e *single player*, com personagens jogáveis não visíveis e utilizando ambientes virtuais de diferentes possibilidades (Vieira et al., 2021). Da mesma forma, cabe ressaltar que a RV oferece capacidade de personalizar cenários e modalidades de interação com o ambiente virtual, permitindo experiências sensorio-motoras (Bortone et al., 2020).

Jogos sérios simples economizam tempo para serem projetados, desenvolvidos e apresentados aos usuários, pois não requerem conhecimento ou experiência prévia em videogame, visto que o jogador aprende a jogar assim que tem contato e, uma vez que a atividade é completada, a jogabilidade do jogo é concluída (Vieira et al., 2021). O jogo sério simples é mais utilizado na reabilitação por apresentar melhor custo-benefício, pois permite orçamentos mais enxutos, mantendo a qualidade e o *design* estético do jogo e deixando o produto viável com entendimento simples e fácil e ainda entregando uma experiência divertida com aprendizado validado ao usuário (Vieira et al., 2021).

Nesse sentido, os jogos sérios podem incorporar elementos de aprendizagem com desafios motores e cognitivos interativos, ou seja, uma mecânica baseada em recompensas, as quais podem instigar o usuário a

atingir metas em tempos mais curtos e em busca de pontuações mais altas, sem frustrações (Silva et al., 2021; Tao et al., 2021). A superação de desafios em ambiente virtual envolvente oferece oportunidade para prática de habilidades motoras repetitivas, adaptativas e significativas dentro da estética geral do jogo (Silva et al., 2021; Tao et al., 2021).

Por fim, o *design* do jogo deve garantir um *loop* central bem projetado e satisfatório, pois os jogadores estarem envolvidos explica os aplicativos se tornarem eficazes no apoio à motivação e ao comprometimento com o treinamento terapêutico, sustentando a ferramenta de modificação do comportamento da intervenção (Tao et al., 2021). Ainda importante considerar a capacidade de repetição do jogo sem produzir cansaço como uma meta fundamental dentro do *design* (Tao et al., 2021).

2.4 Jogos Específicos vs Comerciais

De fato, existem evidências que tecnologias de RV podem viabilizar intervenções potencialmente benéficas particularmente para fins de reabilitação (Iosa et al., 2022). Entretanto, técnicos, principalmente não especialistas, questionam a RV no contexto de transportabilidade dos resultados de treinamento digital para vida real, bem como, acessibilidade, custos e aceitabilidade (Iosa et al., 2022). Nessa direção, devido aos diferentes modelos de tecnologias de exibição, as comparações podem não ser confiáveis e são muitas vezes inevitáveis (Tao et al., 2021).

Sistemas com jogos comerciais prontos não foram projetados para uso terapêutico e tem aplicação limitada, embora ainda sejam as ferramentas mais utilizadas para neuroreabilitação, por serem mais atraentes, divertidas e de mais fácil acesso (Iosa et al., 2022; Tao et al., 2021; Vieira et al., 2021). A explicação é que o tipo de jogo é destinado ao público sem limitações neuro-cognitivo-motoras e tem como objetivo principal entreter, podendo não ser adequado a contextos de saúde, demonstrando a baixa eficácia clínica quando comparados aos jogos personalizados (Tao et al., 2021; Vieira et al., 2021).

Como mencionado anteriormente, os terapeutas costumam selecionar o jogo comercial por aumentar o engajamento, reduzir o estresse e o tédio, e ser agradável para o paciente (Iosa et al., 2022; Zoccolillo et al., 2015). Nesse sentido, os profissionais descartam os princípios neurocientíficos, estrutural e funcional, do *design* do jogo, como neurônios-espelho e

aprendizagem motora por observação-ação (Iosa et al., 2022; Kommalapati & Michmizos, 2016). Então, aplicativos de videogames comerciais já existentes normalmente não conseguem corresponder a finalidades terapêuticas específicas (Bortone et al., 2020).

Dessa forma, sistemas comerciais quando utilizados em reabilitação devem garantir o ajuste perceptivo através da prática da tarefa no ambiente físico, a fim de que haja a transposição dos ganhos do treinamento motor para as atividades de vida diária realizadas em tempo e em espaço real (Robert & Levin, 2018). Assim, aplicativos comerciais passam a ser terapias adjuvantes de baixo custo a terapia convencional (Robert & Levin, 2018).

Já jogos ou ambientes específicos para reabilitação fornecem reaquisição, recuperação e/ou manutenção das habilidades motoras, sensoriais e da funcionalidade, garantindo uma abordagem inovadora e buscando, assim, melhorar a qualidade de vida do paciente (Vieira et al., 2021).

Sistemas específicos utilizam tecnologias emergentes que permitem o fornecimento de dados precisos de análise de vídeo, incluindo informações sincronizadas com acelerômetro, giroscópio, magnetômetro, quatérnion e barômetro, as quais toleram avaliações instrumentais de desfechos, capturando o nível de distorções das proporções temporais (Iosa et al., 2022). Essas tecnologias determinam o realismo das ações percebidas pelo usuário, devido a qualidade do rastreamento de movimento dentro do ambiente virtual (Tao et al., 2021).

Finalmente, aplicativos exclusivos de RV podem ser projetados para objetivos de treinamento motor, dando a oportunidade de adaptar exercícios terapêuticos às necessidades e às habilidades de cada usuário (Bortone et al., 2020; Chen, Lin, et al., 2021; Robert & Levin, 2018). Os sistemas particulares para neuroreabilitação, manipulam os princípios de aprendizagem motora, envolvem múltiplas vias sensoriais e alteram a dificuldade da atividade, conforme as respostas frente ao jogo, aumentando assim a motivação, engajamento e potencializando a neuroplasticidade (Bortone et al., 2020; Chen, Lin, et al., 2021; Robert & Levin, 2018).

Nesse sentido, além de inovadores e estimulantes, os aplicativos criados para reabilitação permitem volume de treinamento de tarefas, interação em tempo real, *feedback* sobre o desempenho e sobre os ganhos, medidas

personalizadas de tratamento e execução de atividades que por vezes não poderiam ser executadas com segurança em ambiente de terapia do mundo real (Bortone et al., 2020; Chen, Lin, et al., 2021; Robert & Levin, 2018).

Cabe salientar que as temáticas de mídia imersivas incluem os pacientes em uma experiência interativa, aumentando a sensação de presença no ambiente virtual na perspectiva de primeira pessoa como co-construtor da prática em ação dentro do jogo sério de RV (Tao et al., 2021). Importante também que sistemas de imersão com rastreamento com seis graus de liberdade (cima/baixo, direita/esquerda, inclinação/rotação) reconhecem uma interação mais natural em comparação a telas bidimensionais, aumentando a satisfação e o envolvimento do participante dentro do ambiente virtual (Tao et al., 2021). Os benefícios imersivos apoiam o objetivo do *design* do jogo, criando experiências estéticas do senso de presença do usuário (Tao et al., 2021).

Jogos concebidos especificamente para reabilitação possuem abordagem clinicamente fundamentada e são capazes de resultados mais efetivos e eficazes, porque são projetados com as metas do movimento preciso para a tarefa terapêutica, portanto não permitem que o usuário “engane” o terapeuta, utilize estratégias equivocadas ou o utilize apenas como forma de entretenimento e/ou brinquedo (Tao et al., 2021; Vieira et al., 2021).

Todavia, os custos de construção de aplicativos específicos para reabilitação ainda são bastante caros e pouco acessível as famílias (Chen, Lin, et al., 2021). Além disso, os programas devem ser delineados a fim que os terapeutas possam administrar com alguma facilidade os jogos de reabilitação (Iosa et al., 2022).

Deve-se observar que já existem evidências encorajadoras de que jogos desenvolvidos especificamente para fins de reabilitação, além de serem apontados com mais agradáveis e eficazes, apresentam resultados clínicos promissores e parecem ser funcionais como as abordagens convencionais, promovendo vantagens claras ao paciente (Bortone et al., 2020; Chen, Lin, et al., 2021; Iosa et al., 2022; Vieira et al., 2021).

2.5 Usabilidade

Ainda que os desfechos terapêuticos sigam como o identificador basal de uma tecnologia em saúde, conhecer a aceitação, a usabilidade,

determinar a viabilidade e a adoção do jogo pelos usuários é fundamental (Tao et al., 2021). Durante o processo de design, considerar os constructos e preferências do usuário pode maximizar o potencial de adoção do aplicativo (Tao et al., 2021).

Alguns estudos tem sido desenvolvidos com o objetivo de mensurar o grau de satisfação de profissionais de saúde quanto à usabilidade de ferramentas específicas para intervenções com crianças com PC (Booth, van der Krogt, Buizer, Steenbrink, & Harlaar, 2019; Ni et al., 2014). Um produto e/ou sistema com boa usabilidade, demonstra a possibilidade de implementação na prática profissional e de recomendação a outros usuários (Brooke, 2013).

Sabe-se que fornecer orientações através da experiência com o jogo ou pelo suporte de conhecimento de *experts* na área ou ainda por instruções de vídeos e/ou tutoriais ou cenas de prática podem dar suporte a usabilidade da tecnologia (Tao et al., 2021). Projetar um jogo respeitando a usabilidade para sua adoção avalia quaisquer debilidades ligadas ao design, em oposição às limitações da própria usabilidade (Tao et al., 2021).

NI e colaboradores (2014) criaram uma tecnologia de jogo sério para crianças com PC e verificaram através da usabilidade que a ferramenta era agradável e terapeuticamente relevante (Ni et al., 2014). Já Booth (2019) constatou que o sistema proposto por sua equipe necessitava de ajustes técnicos (Booth et al., 2019).

O alinhamento bem-sucedido de um jogo desenvolvido para uma determinada situação com as necessidades e valores dos usuários finais potencializa seus resultados, facilitando sua adoção (Tao et al., 2021). A Escala de Usabilidade do Sistema (SUS) é uma ferramenta padronizada de pesquisa rápida e flexível, disponível para verificar a qualidade geral de adequação a um propósito de diferentes tecnologias de interfaces, medindo tanto a capacidade de aprendizado quanto a usabilidade (Bangor, Kortum, & Miller, 2008; Brooke, 1996, 2013). Dessa forma, a escala tem a capacidade de avaliar a eficácia do sistema para realização da tarefa proposta, a eficiência do produto para execução da atividade e a satisfação do usuário (Brooke, 1996, 2013). Além disso, o questionário é facilmente compreendido por diversas pessoas que podem ou não estarem envolvidas com o desenvolvimento de

projetos, produtos ou serviços e que podem ter pouca ou nenhuma experiência (Bangor et al., 2008).

Nesse sentido, é fundamental compartilhar com clínicos e/ou pacientes sobre a usabilidade e satisfação em relação ao produto e/ou sistema de jogos que está sendo idealizado. Considerando apenas a importante finalidade de otimizar a ferramenta para uso terapêutico, justifica-se acessar os níveis de usabilidade de qualquer instrumento, ferramenta ou protocolo. Com o objetivo final de buscar uma intervenção efetiva, atraente, motivadora e divertida levando a maior participação e redução de custos para o atendimento terapêutico.

REFERÊNCIAS

- Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the system usability scale. *International Journal of Human-Computer Interaction, 24*(6), 574–594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>
- Booth, A. T. C., van der Krogt, M. M., Buizer, A. I., Steenbrink, F., & Harlaar, J. (2019). The validity and usability of an eight marker model for avatar-based biofeedback gait training. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon), 70*(December), 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.08.013>
- Bortone, I., Barsotti, M., Leonardis, D., Crecchi, A., Tozzini, A., Bonfiglio, L., & Frisoli, A. (2020). Immersive virtual environments and wearable haptic devices in rehabilitation of children with neuromotor impairments: A single-blind randomized controlled crossover pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 17*(1), 144. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00771-6>
- Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” Usability Scale. *Usability Evaluation In Industry*, (November 1995), 207–212. <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- Brooke, J. (2013). SUS: A retrospective. *Journal of Usability Studies, 8*(2), 29–40. Retrieved from <https://uxpajournal.org/sus-a-retrospective/>
- Chen, B., Liang, R. Q., Chen, R. Y., & Xu, F. Y. (2021). The effect of virtual reality training on the daily participation of patients: A meta-analysis. *Complementary Therapies in Medicine, 58*(May), 102676. <https://doi.org/10.1016/J.CTIM.2021.102676>
- Chen, H. L., Lin, S. Y., Yeh, C. F., Chen, R. Y., Tang, H. H., Ruan, S. J., & Wang, T. N. (2021). Development and feasibility of a kinect-based constraint-induced therapy program in the home setting for children with unilateral cerebral palsy. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 26*(9), 755506. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.755506>
- Damiano, D. L., Longo, E., Carolina de Campos, A., Forssberg, H., & Rauch, A. (2021). Systematic review of clinical guidelines related to care of individuals with cerebral palsy as part of the world health organization efforts to develop a global package of interventions for rehabilitation. *Archives of*

- Physical Medicine and Rehabilitation*, 102(9), 1764–1774.
<https://doi.org/10.1016/J.APMR.2020.11.015>
- de Mello Monteiro, C. B., Massetti, T., da Silva, T. D., van der Kamp, J., de Abreu, L. C., Leone, C., & Savelsbergh, G. J. P. (2014). Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 35(10), 2430–2437.
<https://doi.org/10.1016/J.RIDD.2014.06.006>
- Demers, M., Fung, K., Subramanian, S. K., Lemay, M., & Robert, M. T. (2021). Integration of motor learning principles into virtual reality interventions for individuals with cerebral palsy: Systematic review. *JMIR Serious Games*, 9(2), e23822. <https://doi.org/10.2196/23822>
- Deutsch, J. E., Borbely, M., Filler, J., Huhn, K., & Guarrera-Bowlby, P. (2008). Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Physical Therapy*, 88(10), 1196–1207. <https://doi.org/10.2522/ptj.20080062>
- Fandim, J. V., Saragiotto, B. T., Porfírio, G. J. M., & Santana, R. F. (2020). Effectiveness of virtual reality in children and young adults with cerebral palsy: A systematic review of randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 25(4), 369-386.
<https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2020.11.003>
- Graham, D., Paget, S. P., & Wimalasundera, N. (2019). Current thinking in the health care management of children with cerebral palsy. *Medical Journal of Australia*, 210(3), 129–135. <https://doi.org/10.5694/mja2.12106>
- Greffou, S., Bertone, A., Hahler, E. M., Hanssens, J. M., Mottron, L., & Faubert, J. (2012). Postural hypo-reactivity in autism is contingent on development and visual environment: A fully immersive virtual reality study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(6), 961–970.
<https://doi.org/10.1007/s10803-011-1326-6>
- Greffou, S., Bertone, A., Hanssens, J.-M., & Faubert, J. (2008). Development of visually driven postural reactivity: A fully immersive virtual reality study. *Journal of Vision*, 8(11), 15. 1-10. <https://doi.org/10.1167/8.6.426>
- Gulati, S., & Sondhi, V. (2018). Cerebral palsy: An overview. *Indian Journal of Pediatrics*, 85(11), 1006–1016. <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2475-1>
- losa, M., Verrelli, C. M., Gentile, A. E., Ruggieri, M., & Polizzi, A. (2022).

- Gaming technology for pediatric neurorehabilitation: A systematic review. *Frontiers in Pediatrics*, 28(10), 775356.
<https://doi.org/10.3389/FPED.2022.775356>
- Jackman, M., Sakzewski, L., Morgan, C., Boyd, R. N., Brennan, S. E., Langdon, K., et al. (2022). Interventions to improve physical function for children and young people with cerebral palsy: International clinical practice guideline. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 64(5), 536–549.
<https://doi.org/10.1111/DMCN.15055>
- Jha, K. K., Karunanithi, G. B., Sahana, A., & Karthikbabu, S. (2021). Randomised trial of virtual reality gaming and physiotherapy on balance, gross motor performance and daily functions among children with bilateral spastic cerebral palsy. *Somatosensory & Motor Research*, 38(2), 117–126.
<https://doi.org/10.1080/08990220.2021.1876016>
- Kapanova, G., Malik, S., & Adylova, A. (2021). Underlying causes of cerebral palsy: public health perspectives. *Folia Neuropathologica*, 59(4), 386–392.
<https://doi.org/10.5114/FN.2021.112019>
- Kommalapati, R., & Michmizos, K. P. (2016). Virtual reality for pediatric neuro-rehabilitation: Adaptive visual feedback of movement to engage the mirror neuron system. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, 2016-October*, 5849–5852. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7592058>
- Levac, D., Glegg, S., Colquhoun, H., Miller, P., & Noubary, F. (2017). Virtual reality and active videogame-based practice, learning needs, and preferences: A cross-Canada survey of physical therapists and occupational therapists. *Games for Health Journal*, 6(4), 217–228.
<https://doi.org/10.1089/g4h.2016.0089>
- Masseti, T., da Silva, T. D., Crocetta, T. B., Guarnieri, R., de Freitas, B. L., Bianchi Lopes, P., et al. (2018). The clinical utility of virtual reality in neurorehabilitation: A systematic review. *Journal of Central Nervous System Disease*, 27(10), 117957351881354.
<https://doi.org/10.1177/1179573518813541>
- Morgan, C., Darrah, J., Gordon, A. M., Harbourne, R., Spittle, A., Johnson, R., & Fethers, L. (2016). Effectiveness of motor interventions in infants with cerebral palsy: A systematic review. *Developmental Medicine and Child*

- Neurology*, 58(9), 900–909. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13105>
- Ni, L. T., Fehlings, D., & Biddiss, E. (2014). Design and evaluation of virtual reality-based therapy games with dual focus on therapeutic relevance and user experience for children with cerebral palsy. *Games for Health Journal*, 3(3), 162–171. <https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0003>
- Novak, I., McIntyre, S., Morgan, C., Campbell, L., Dark, L., Morton, N., et al. (2013). A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: State of the evidence. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(10), 885–910. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12246>
- Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-Edmondson, M., Galea, C., Hines, A., et al. (2020). State of the evidence traffic lights 2019: Systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 20(2), 3. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>
- Ravi, D. K., Kumar, N., & Singhi, P. (2017). Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: An updated evidence-based systematic review. *Physiotherapy (United Kingdom)*, 103(3), 245–258. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2016.08.004>
- Ren, Z., & Wu, J. (2019). The effect of virtual reality games on the gross motor skills of children with cerebral palsy: A meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 3885. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203885>
- Robert, M. T., & Levin, M. F. (2018). Validation of reaching in a virtual environment in typically developing children and children with mild unilateral cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 60(4), 382–390. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13688>
- Rosenberg, R. S., Baughman, S. L., & Bailenson, J. N. (2013). Virtual superheroes: Using superpowers in virtual reality to encourage prosocial behavior. *PLoS ONE*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055003>
- Silva, T. D. da, Silva, P. L. da, Valenzuela, E. de J., Dias, E. D., Simcsik, A. O., de Carvalho, M. G., et al. (2021). Serious game platform as a possibility for home-based telerehabilitation for individuals with cerebral palsy during COVID-19 quarantine – A cross-sectional pilot study. *Frontiers in*

- Psychology*, 12(February), 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.622678>
- Slater, M., Khanna, P., Mortensen, J., & Yu, I. (2009). Response in an immersive virtual. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 29(3), 76–84.
<https://doi.org/10.1109/MCG.2009.55>
- Tao, G., Garrett, B., Taverner, T., Cordingley, E., & Sun, C. (2021). Immersive virtual reality health games: a narrative review of game design. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 18(1), 31.
<https://doi.org/10.1186/S12984-020-00801-3>
- Velasco, M. A., Raya, R., Muzzioli, L., Morelli, D., Otero, A., Iosa, M., et al. (2017). Evaluation of cervical posture improvement of children with cerebral palsy after physical therapy based on head movements and serious games. *BioMedical Engineering OnLine*, 16(S1), 74.
<https://doi.org/10.1186/s12938-017-0364-5>
- Vieira, C., Da Silva Pais-Vieira, C. F., Novais, J., & Perrotta, A. (2021). Serious game design and clinical improvement in physical rehabilitation: Systematic review. *JMIR Serious Games*, 9(3), 1–13. <https://doi.org/10.2196/20066>
- Vitrikas, K., Dalton, H., Grant, D., & Breish, D. (2020). Cerebral palsy: An overview. *Am Fam Physician.*, 101(4), 213–220. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32053326/>
- Wang, M., & Reid, D. (2011). Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: Attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. *Neuroepidemiology*, 36(1), 2–18. <https://doi.org/10.1159/000320847>
- Won, A., Bailey, J., Bailenson, J., Tataru, C., Yoon, I., & Golianu, B. (2017). Immersive virtual reality for pediatric pain. *Children*, 4(7), 52.
<https://doi.org/10.3390/children4070052>
- Zoccolillo, L., Morelli, D., Cincotti, F., Muzzioli, L., Gobbetti, T., Paolucci, S., & Iosa, M. (2015). Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: A cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 51(6), 669-76.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25653079/>

3 OBJETIVOS

O estudo teve como objetivo primário avaliar os efeitos sobre o controle de cabeça, equilíbrio de tronco e função motora grossa de pacientes com paralisia cerebral nível III, IV e V da *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS) submetidas a treinamento com realidade virtual imersiva.

Os objetivos específicos foram:

- Verificar se a realidade virtual imersiva é efetiva para melhorar a função motora, a funcionalidade e a marcha de crianças com paralisia cerebral, quando comparada a fisioterapia convencional e/ou a um grupo controle não exposto.

- Investigar a usabilidade de um jogo sério em realidade virtual para auxiliar na estabilidade e no equilíbrio da cabeça e do tronco de crianças com paralisia cerebral com foco na percepção e na experiência de profissionais da saúde, bem como, verificar o desempenho desses clínicos durante o jogo.

- Avaliar as possíveis variações de funcionalidade e verificar a qualidade de vida em pessoas com paralisia cerebral de moderada e grave submetidas a um treinamento com realidade virtual imersiva.

- Averiguar a sobrecarga, o nível de ansiedade e de depressão de cuidadores de pessoas com paralisia cerebral de moderada a grave, bem como, verificar o efeito de diferentes tipos de intervenções sobre as características psicoemocionais desses cuidadores.

4 ARTIGO 1

Immersive Virtual Reality in Rehabilitation of Motor Function, Functionality and Gait in Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review

(Formatado conforme as normas do periódico *Developmental Medicine & Child Neurology* – Qualis A1, Fator de Impacto 4.864)

Realidade Virtual Imersiva na Reabilitação da Função Motora, da Funcionalidade e da Marcha de Crianças com Paralisia Cerebral: Uma Revisão Sistemática

Fabiana Rita Camara Machado^{1*}, Andrea Guedes Machado², Alcyr Alves de Oliveira Jr.²

1. Hospital de Clínicas de Porto Alegre - HCPA, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA – Porto Alegre (RS) – Brasil
2. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA – Porto Alegre (RS) – Brasil

* Autor Correspondente:

Msc. Fabiana Rita Camara Machado

Hospital de Clínicas de Porto Alegre - HCPA

Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre, RS 90035 – 903, Brasil

e-mail: fabianarita@gmail.com

Resumo

Objetivo: Verificar se o uso de realidade virtual imersiva (RVI) é efetivo como ferramenta terapêutica para a função motora, funcionalidade e marcha de crianças com paralisia cerebral (PC).

Método: Revisão sistemática seguindo a metodologia Cochrane. Nove bases de dados eletrônicas foram pesquisadas de janeiro de 2014 a dezembro de 2018. Foram incluídos estudos escritos em inglês, espanhol e português com grupo controle que compararam RVI com reabilitação motora, funcional e/ou marcha de indivíduos com PC. Estudos foram selecionados independentemente, dados extraídos, risco de viés avaliado e informações comparadas. A qualidade das evidências foi avaliada pela escala PEDro.

Resultados: Não foram encontrados ensaios clínicos randomizados e cegados. 5 estudos foram incluídos, com objetivo de avaliar marcha e preensão. Trinta e duas crianças com PC foram expostas a CAVE, enquanto onze, ao *Oculus Rift*. Observou-se que indivíduos com PC eram comparados com dados de adultos saudáveis e/ou crianças com desenvolvimento típico, indicando comprometimento da qualidade metodológica. Foram observados fracos indícios que a RVI é capaz de melhorar a função motora e a marcha.

Conclusão: Sugere-se que RVI tem potencial para auxiliar na recuperação da função motora e da marcha de crianças com PC, todavia ensaios clínicos randomizados são necessários.

Palavras-Chave: Paralisia Cerebral, Realidade Virtual Imersiva, Função Motora, Marcha, Revisão.

Abstract

Objective: To verify if the use of immersive virtual reality (IVR) is effective as a therapeutic tool for the motor function, functionality and gait of children with cerebral palsy (CP).

Method: Systematic review following the Cochrane methodology. Nine electronic databases were searched from January 2014 to December 2018. Studies written in English, Spanish and Portuguese were included with a control group that compared IVR with motor, functional and/or gait rehabilitation of individuals with CP. Studies were independently selected, data extracted, risk of bias assessed, and information compared. The quality of evidence was assessed using the PEDro scale.

Results: No randomized and blinded clinical trials were found. 5 studies were included, aiming to assess gait and grip. Thirty-two children with CP were exposed to CAVE, while eleven to the Oculus Rift. It was observed that individuals with CP were compared with data from healthy adults and/or children with typical development, indicating compromised methodological quality. Weak evidence was observed that RVI is able to improve motor function and gait.

Conclusion: It is suggested that RVI has the potential to assist in the recovery of motor function and gait in children with CP, however randomized clinical trials are needed.

Keywords: Cerebral Palsy, Immersive Virtual Reality, Motor Function, Gait, Review.

O que o artigo acrescenta:

- Realidade virtual imersiva tem potencial para reabilitação da função motora da PC.
- Realidade virtual imersiva tem potencial para reabilitação da marcha da PC.
- Ensaios clínicos randomizados são importantes para melhores evidências.

1. Introdução

A paralisia cerebral (PC) é a condição neuropatológica não progressiva mais comum na primeira infância, afetando o cérebro em desenvolvimento (1,2). A principal característica da PC é a alteração do tônus, da postura e do movimento, acompanhada de distúrbios de sensação, percepção, cognição, comunicação e conduta (3,4).

De acordo com a Classificação Internacional de Funcionalidade (CIF), existem na literatura altos níveis de evidências sobre intervenções para pessoas com PC (5). Os principais objetivos propostos para a reabilitação de pacientes com PC incluem otimizar os resultados motores, cognitivos e de comunicação, usando intervenções que promovam a aprendizagem e a neuroplasticidade (2).

Nesse sentido, abordagens, com alto nível de evidência baseadas na CIF, como treinamento bimanual, terapia de contensão induzida, terapia focada no contexto orientada por objetivo, treinamento funcional e programas domiciliares, são sugeridas por melhorarem a funcionalidade de pessoas com PC (5). Contudo, essas intervenções podem se tornar monótonas e cansativas, reduzindo o nível de aderência do paciente ao tratamento de reabilitação (6).

As melhores formas de intervenção são aquelas que atendem e são direcionadas aos objetivos da família e, principalmente, as metas da criança (5). O emprego de tecnologias como a realidade virtual (RV) surge como alternativa para a reabilitação com a perspectiva de aumentar a aderência ao tratamento e tornar as sessões mais interessantes, atingindo os objetivos terapêuticos, da família e da criança em menor tempo, devido a uma aprendizagem ativa associada ao aumento da motivação e do engajamento do indivíduo durante a tarefa (7–11).

A RV é uma tecnologia de interface entre usuário e computador que emprega recursos gráficos 3D ou imagens 360° para gerar a sensação de estar em um ambiente virtualmente diferente do real, com a possibilidade de *feedback* visual, auditivo, olfativo e/ou tátil (7,10). Sendo assim, como intervenção terapêutica, a RV auxilia na aprendizagem e no desenvolvimento motor e funcional da criança, além de permitir que o fisioterapeuta individualize a atividade proposta, conforme as deficiências e necessidades do paciente, controlando a administração do tratamento em um ambiente desafiador, agradável e seguro (9–14).

Nesse contexto, o uso de programas de RV para reabilitação de pacientes com PC, incluindo sistemas de imersão, mais especificamente a realidade virtual imersiva (RVI), tem sido testado como alternativa para produzir aprendizagem em contexto ecológico, a fim de capturar a atenção e motivar para a aprendizagem de novas tarefas motoras funcionais e/ou cognitivas (15). Estudos relatam que o uso destas tecnologias promove a prática repetitiva de tarefas, auxiliam na solução de problemas, propiciam interação social e melhoram o comportamento pro-social, pois ofertam *biofeedback* em tempo real (15–17). Esses sistemas permitem que o terapeuta monitore o paciente, manipule sistematicamente o nível de dificuldade e forneça flexibilidade e controle durante o tratamento (15). Existem evidências que a RVI forneça uma experiência que aumenta o envolvimento da criança durante a reabilitação, melhorando as habilidades visuais e auditivas, bem como, o controle postural, as habilidades motoras e o equilíbrio (15,18,19).

Tendo em vista os benefícios que esse tipo de terapia pode trazer, supõe-se que a aplicação de sessões de jogos em RVI em crianças com PC pode trazer efeitos positivos na recuperação das suas dificuldades motoras. Entretanto, existem poucas pesquisas abordando esse tema em crianças com PC. Uma revisão aponta que os resultados encontrados em pesquisas com RVI ainda são insuficientes para recomendá-la para a prática clínica. A partir do exposto, surge a questão, a RVI é efetiva na reabilitação motora, funcional e/ou da marcha da PC quando comparada com a fisioterapia convencional ou a um grupo controle não exposto? O objetivo desta revisão sistemática foi verificar se a RVI é efetiva para

melhorar a função motora, a funcionalidade e a marcha de crianças com PC, quando comparada a fisioterapia convencional e/ou a um grupo controle não exposto. Durante a revisão também foram pesquisados os principais instrumentos utilizados para medição da função motora grossa, da funcionalidade e dos aspectos biomecânicos da marcha. Espera-se que esses instrumentos sejam utilizados pré e pós-exposição a intervenção com RVI e/ou acompanhamento.

2. Método

As diretrizes preconizadas pela plataforma PROSPERO foram seguidas e registrado o protocolo da revisão sob o número CRD42019123551. Para descrição detalhada da metodologia,

consulte http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/display_record.php?ID=CRD42019123551.. A revisão foi conduzida de acordo com as diretrizes de *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (20,21). O uso de listas de verificação do tipo oferecido no PRISMA melhora a qualidade da revisão sistemática e fornece transparência substancial no processo de seleção de artigos.

As buscas foram realizadas nas bases eletrônicas PubMed, Web of Science, PsycINFO, COCRHANE; EMBASE, PEDro, ERIC, Scopus e CINAHL. A pesquisa começou no dia 3 do mês dezembro de 2018 e terminou na última semana do mês de janeiro de 2019. A pesquisa foi realizada utilizando as palavras-chave “*cerebral palsy*” AND “*immersive virtual reality*”. Os entretermos utilizados foram os seguintes: #1 “*cerebral palsy*” or “*ataxic*” or “*spastic diplegia*” or “*spastic quadriplegic*” or “*monoplegic*” or “*hypoton*” or “*dyston*” or “*dyskinetic*” or “*brain diseases*” or “*hypoxia-ischemia, brain*” or “*hypoxia, brain*”; #2 “*Virtual Reality Exposure Therapy*” or “*Head Mounted Display*” or “*Helmet*” or “*oculus rift*” or “*Immersive Virtual Reality*” or “*Spatial Presence*” or “*Virtual Reality Immersion Therapy*”; #1 AND #2. Para manter o foco em estudos mais recentes, as buscas foram limitadas em artigos publicados nos últimos 5 anos (2014, 2015, 2016, 2017 e 2018). Os estudos aplicáveis foram identificados através de listas de referência de triagem de artigos relevantes. Para selecionar os artigos, 3 etapas foram seguidas. O primeiro passo foi procurar artigos em bancos de dados e ler os títulos e resumos. O segundo passo foi a exclusão de trabalhos utilizando a análise de título, resumo e critérios de inclusão. A terceira e última etapa foi analisar o texto completo das obras elegíveis.

Foram incluídos ensaios clínicos com grupo controle e/ou randomizados que compararam intervenção de RVI com qualquer intervenção de controle para reabilitação motora, funcional e/ou da marcha pré e pós-registro e/ou acompanhamento de indivíduos com PC. Os estudos eram elegíveis para inclusão se fossem escritos em inglês, espanhol e/ou português. Apenas estudos que incluíram RVI para reabilitação foram aceitos. Foram incluídos todos os estudos realizados em pessoas com PC sem limites de idade e que fizessem reabilitação com RVI comparado com pessoas com PC e/ou indivíduos saudáveis que realizassem fisioterapia convencional e/ou comparado com um grupo controle não exposto. Foram incluídos também somente artigos que utilizassem o termo imersivo.

Artigos de revisão, meta-análises e editoriais foram excluídos, e os protocolos de ensaios clínicos publicados também foram excluídos, pois não forneciam dados para análise. Todos os artigos que utilizaram durante a reabilitação consoles de jogos, isto é, *Nintendo Wii*®, *Balance Board*®, *Xbox*®, *Kinect*®, *PlayStation*®, entre outros ou equipamentos que transportem os movimentos reais para o mundo virtual, como por exemplo, *leap motion* e *data gloves* foram excluídos.

A extração de dados foi realizada seguindo os desfechos primários principais: função motora, funcionalidade e marcha, a fim de verificar se a RVI é efetiva na reabilitação da PC. Função motora grossa das pessoas com PC pós-intervenção: indica o desempenho da atividade motora, demonstrando a mudança que ocorre com o passar do tempo. Funcionalidade da PC pós-intervenção: evidência o desempenho e a capacidade para aprendizagem, mobilidade, auto-cuidado, interação social, comunicação, entre outros relacionados a fatores ambientais. A marcha na PC pós-intervenção: demonstra a capacidade de locomoção. Durante a revisão pesquisou-se os principais instrumentos utilizados para medição da função motora grossa, da funcionalidade e dos aspectos biomecânicos da marcha.

Os estudos foram pesquisados por dois revisores independentes. Posteriormente, para seleção dos artigos foram analisados títulos e resumos para inclusão e exclusão. Para os artigos que houvesse dúvidas quanto aos critérios de inclusão, foi realizada a leitura completa dos estudos. Dois autores (FRCM e AGM) examinaram independentemente os resultados da pesquisa e avaliaram estudos em texto completo para inclusão. Persistindo a dúvida, um terceiro revisor independente foi acionado para realizar a leitura e o consenso sobre a inclusão do artigo. Quaisquer divergências foram resolvidas através de discussão entre os autores. A próxima etapa foi a exclusão dos estudos duplicados. Os resultados da pesquisa de diferentes bancos de dados bibliográficos foram combinados em uma única biblioteca do *Mendeley* e os registros duplicados foram removidos. Ao final, quando restaram apenas os artigos a serem analisados, os dados foram extraídos independentemente por dois revisores (FRCM e AGM) usando uma ficha específica estruturada criada pelos autores. Discordâncias entre os autores da revisão foram resolvidas por discussão. Na ficha de extração de dados constou, nome dos autores e ano de publicação do artigo; número da amostra; classificação das pessoas com PC quanto ao Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS); classificação topográfica da paralisia cerebral; idade média em anos; principais instrumentos utilizados para medição dos desfechos do estudo; tipo de dispositivo de RVI; tipo de fisioterapia convencional a qual foi comparada; quantas sessões de intervenção foram realizadas; tempo em minutos de intervenção; frequência por semana da intervenção; período de intervenção (semanas/meses); follow-up; resultados principais.

Para a análise da qualidade e avaliação do risco de viés dos artigos selecionados, dois revisores (FRCM e AGM) utilizaram as ferramentas sugeridas pela *Cochrane Risk of Bias Tool*. Os revisores utilizaram os softwares *Review Manager (RevMan)* [Computer program] version 5.3. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014. Foram avaliados os seguintes domínios: geração de sequência aleatória, ocultação de alocação, cegamento de participantes e de profissionais, cegamento de avaliadores de desfechos, relatório seletivo dos resultados, desfechos incompletos e outras fontes de viés. Para cada artigo selecionado os dados extraídos foram analisados de forma individual. Todos os passos foram realizados por dois revisores independentes e as discrepâncias foram analisadas por um terceiro revisor. Os estudos foram julgados com alto risco de viés se houvesse um alto risco de viés para 1 ou mais domínios principais e um risco claro de viés se tivessem um risco claro de viés para pelo menos 2 domínios.

As informações extraídas dos estudos estão descritas por uma síntese narrativa formal e qualitativa. A revisão examinou os diferentes tipos de dispositivo de RVI; número de sessões de intervenção realizadas; tempo, frequência e duração da intervenção. Tabelas dos Resumos das Constatações foram realizadas para apresentar os resultados e um julgamento sobre a qualidade dos estudos, usando a Escala PEDro, o banco de dados de evidências de fisioterapia (22). A escala PEDro inclui 11 itens, com 1 item avaliando a validade externa e 10 itens avaliando a validade interna (incluindo distribuição aleatória, ocultação de alocação, equivalência de linha de base, cegamento dos participantes, cegamento dos terapeutas, cegamento dos avaliadores que mediram pelo menos um desfecho, acompanhamento adequado, análise por intenção de tratar, análise entre grupos e

consideração da variabilidade dos dados). Um total de 10 pontos pode ser obtido com a avaliação da validade interna de cada estudo, com pontuações de 9 a 10 representando "excelente metodologicamente", 6 a 8 representando "bom", 4 a 5 representando "razoável" e menos de 4 representando "pobre" (23). Os revisores não agregaram os dados quantitativos dos artigos selecionados e não realizaram meta-análise.

3. Resultado

As buscas realizadas nas bases de dados revelaram 1502 artigos que descreviam sobre o uso de RV em paralisia cerebral, contudo apenas 5 estudos preencheram os critérios de inclusão (24–28) (figura 1).

Dos estudos incluídos, três utilizaram a CAVE, local onde são realizadas projeções em 3D, para entregar a RVI, associada ao Sistema GRAIL (24,25,27). O Sistema GRAIL consiste em uma plataforma integrada com uma esteira com o instrumento *dual-belt* em uma estrutura que permite dois graus de liberdade de movimento associadas a placas de força (24,25,27). Os ambientes de RV sincronizados são projetados em uma tela cilíndrica de 180 ° que permite ao indivíduo que ele se mova em ambientes virtuais (24,25,27). A esteira permite que a pessoa realize a caminhada de forma real dentro do ambiente virtual, no qual o sujeito determina sua própria velocidade de marcha (24,25,27). O GRAIL adquire dados cinemáticos e cinéticos e os processa em tempo real usando o modelo do corpo humano através de 25 marcadores (24,25,27). Esse recurso oferece a possibilidade de usar parâmetros de marcha e de movimento diretamente em jogos virtuais e para a criação de estímulos multissensoriais, sendo possível calcular a média e o desvio padrão de todos os parâmetros da marcha (24,25,27). Duas pesquisas empregaram o *Oculus Rift DK2*, um monitor montado sobre a cabeça com rastreamento de posição e de orientação da cabeça que permite visualizar a RV, fechando todo o campo visual, a fim de explorar os ambientes virtuais através dos movimentos dos olhos e da cabeça (26,28). No total dos estudos, trinta e duas crianças com PC foram expostas a CAVE, enquanto onze utilizaram o *Oculus Rift DK2* para acessar o mundo virtual. Tais indivíduos foram comparados com doze crianças e/ou trinta e quatro adultos saudáveis expostos ao mesmo tipo de interface. Três estudos trabalharam com crianças com PC classificadas como nível I e II no GMFCS (24–26), um com PC nível I, II e III no GMFCS (27) e um GMFCS II (28). Os artigos tinham como objetivos principais a avaliação da marcha (24,25,27) e de preensão do membro superior (26,28). As características e principais resultados dos estudos podem ser visualizados na tabela 1 e 2.

Quanto aos desfechos primários, função motora, funcionalidade e marcha. Apenas dois estudos (25,27) mediram a função motora grossa através da *Gross Motor Function Measure* (GMFM-88) nas pessoas com PC, antes e após intervenção com RVI, utilizando a CAVE, e obtiveram discreta melhora nos escores totais da escala (25,27). O grupo controle não realizou tal medição por se tratar de indivíduos saudáveis. Outros dois estudos (26,28) avaliaram dados cinemáticos do movimento de alcance-preensão e rastreamento de percurso do membro superior em cenário real e em RVI, através do uso do *Oculus Rift DK2*, em pessoas com PC comparadas a adultos saudáveis e crianças com desenvolvimento típico. O grupo com PC apresentou desempenho inferior aos demais grupos em tempo de movimento em cenário virtual (26). Ainda em cenário virtual, durante jogo sério, o grupo de adultos jovens saudáveis mostrou melhor performance para o tempo de conclusão da tarefa e menor número de contatos perdidos que o grupo com PC (28).

A funcionalidade foi medida pelo *Functional Assessment Questionnaire* (FAQ), o qual classifica a função da marcha na vida cotidiana em 10 níveis em dois estudos (25,27). A FAQ não mostrou alteração no grupo RVI e o grupo controle não realizou tal medição por se tratar de indivíduos saudáveis nos dois estudos (25,27). Quanto a marcha, observou-se melhora no padrão e na simetria da marcha, bem como, melhora da velocidade, resistência, equilíbrio, amplitude de movimento do tornozelo, inclinação e obliquidade pélvica em indivíduos com PC, através de dados cinéticos e cinemáticos coletados no Sistema GRAIL em três estudos (24,25,27).

No geral, os artigos foram avaliados como alto risco de viés ou risco incerto (Figura 2). Em todos os estudos, os participantes não foram randomizados, não havendo geração de sequência aleatória e, portanto, sem ocultação de alocação. A maioria dos autores utilizaram como grupos controles dados antigos de marcha de adultos saudáveis e/ou dados de crianças com desenvolvimento típico. Três artigos apresentaram alto risco de viés para cegamento de participantes e de profissionais e cegamento de avaliadores de desfechos, já que os próprios pesquisadores eram quem avaliavam e/ou aplicavam a intervenção nos participantes, tendo acesso aos resultados. Os estudos exibiram baixo risco de viés principalmente para desfechos incompletos, pois Biffi et al. (2015 e 2017) demonstraram informações detalhadas dos dados cinéticos e cinemáticos da marcha. Avaliou-se todos os estudos como risco incerto de viés para o relatório seletivo dos resultados, porque não possuíam informações suficientes para nos permitir tal julgamento.

Os escores de qualidade da Escala PEDro para os estudos variaram de 3 (2 estudos) (24,28) a 4 (3 artigos) (25–27), indicando que a qualidade dos ensaios clínicos incluídos nesta revisão sistemática foi de razoável a pobre (Tabela 3).

4. Discussão

Esta revisão sistemática avaliou a efetividade da RVI para função motora, funcionalidade e marcha em crianças com PC. Além disso, o artigo se propôs a identificar os principais instrumentos utilizados para medição da função motora grossa, da funcionalidade e dos aspectos biomecânicos da marcha. Não foram encontrados ensaios clínicos randomizados e cegos para RVI, bem como, observou-se que os avaliadores eram os mesmos que aplicavam as intervenções e que os indivíduos com PC eram expostos a RVI e comparados com dados de antigos estudos de adultos jovens saudáveis e/ou crianças com desenvolvimento típico. Esses apontamentos, portanto, indicam um comprometimento da qualidade metodológica dos artigos avaliados, pois podem provocar um erro de interpretação dos dados, distorcendo os resultados e induzindo a compreensão enganosa (29).

Verificou-se um fraco indício que a RVI apresenta potencial para melhorar a função motora grossa e aspectos biomecânicos da marcha em pessoas com PC classificadas com nível I, II e III no GMFCS. Em acordo, dois artigos demonstraram que o uso da RVI não melhora a função motora do membro superior (26,28). Na contramão, Chen, Fanchiang & Howard (2018) demonstraram um forte efeito da RV na melhora da função motora em crianças com PC, quando comparada à terapia e/ou aos controles convencionais (30). Nesse sentido, a realidade virtual está ganhando popularidade, como evidenciado pelo número de artigos publicados recentemente e apesar de haver indicações frágeis que a RVI possa auxiliar na recuperação motora, funcional e da marcha de crianças com PC, existem estudos (31–34) que apontam essa tecnologia de jogos de RV como uma intervenção promissora coadjuvante a outras terapias de reabilitação por promover melhora do equilíbrio, da marcha, da percepção visual, da força muscular, das habilidades motoras grossas e das funções cognitivas. Nesse sentido, Chen, Fanchiang & Howard (2018) afirmam em revisão sistemática que a RV é uma intervenção viável para melhorar a função dos membros superiores, a marcha e o controle postural em crianças com PC (30). Os autores ainda explicam que apesar dos sistemas de RV criados especificamente para o uso em reabilitação

possam ter um efeito melhor, ainda assim, sistemas comerciais disponíveis no mercado também podem ser uma boa alternativa, pois fornecem médio e grande efeito dessa tecnologia (30).

Observou-se que os principais instrumentos utilizados para acompanhamento da função motora, da funcionalidade e da marcha foram a *Gross Motor Function Measure* (GMFM), *Functional Assessment Questionnaire* (FAQ), teste de caminhada de 6 minutos (6MWT), dados cinemáticos e cinéticos obtidos pelo Sistema GRAIL respectivamente. Ren & Wu (2019) sugerem que o tempo de intervenção, a frequência semanal, o período e o tempo total de intervenção não exercem impacto significativo na melhora das habilidades motoras grossas (32). Contudo, deve-se interpretar com cautela os efeitos da RVI, pois, conforme observado nesta revisão, existe o uso de uma diversidade de testes, com quantidades totais entregues de terapias diferentes, treinamentos distintos, duração e frequência variados que podem exercer algum tipo de impacto significativo na aprendizagem da tarefa investigada (34).

A funcionalidade foi verificada no início das pesquisas, porém não foi realizada comparação formal para acompanhar o comportamento pós-intervenção com RVI, sendo assim, não houve observação intra e/ou intergrupos, o que não permite um julgamento sobre esse contexto (25,27). Chen, Fanchiang & Howard (2018), baseados no modelo da CIF, comprovaram que a realidade virtual exerce um médio efeito sobre estrutura corporal e funcionalidade, bem como, grande efeito sobre a atividade em pessoas com PC (30). Entretanto o mesmo estudo apontou um pequeno efeito dessa tecnologia sobre a participação dessas crianças (30). Ainda que o mecanismo de funcionamento da RV permaneça incerto, os elementos ativos tendem a auxiliar na mudança das barreiras pessoais e ambientais que uma criança com PC pode enfrentar no seu cotidiano (30). Quando essas barreiras são reduzidas ou os facilitadores aperfeiçoados, o indivíduo com PC pode diminuir gradualmente as deficiências de sua estrutura corporal, suas limitações de função e de atividade e melhorar progressivamente a participação na escola, na comunidade e na sociedade (30). Quanto mais jovens as crianças, melhor o efeito da RV (30).

No geral, o risco de viés para a maioria dos estudos foi considerado alto, devido à falta de randomização, falta de sequência de geração aleatória, falta de ocultação de alocação e falta de cegamento de participantes, de profissionais e de avaliadores de desfechos. Todos os artigos apresentaram risco incerto de viés para o relatório seletivo dos resultados, porque possuíam informações insuficientes. A qualidade das evidências foi baixa para resultados de função motora, funcionalidade e aspectos biomecânicos da marcha, devido aos riscos claros e altos de viés nos resultados do estudo, bem como nos tipos de participantes, intervenções e instrumentos de medição de resultados. Em acordo com esses achados, Warnier, Lambregts & Port (2019) e Chen, Fanchiang & Howard (2018) em revisões sistemáticas, sobre o efeito da realidade virtual em crianças com PC, afirmam que os estudos existentes são heterogêneos, de baixa qualidade e geralmente incluem pequenos grupos de pacientes com intervenções de RV variadas e medidas de resultado divergentes (30,33).

5. Considerações Finais

Os achados demonstram que os estudos nesta área são frágeis quanto a metodologia, pois não são randomizados e utilizam grupo pequeno e heterogêneo de indivíduos. Entretanto a RVI parece ter potencial para auxiliar na recuperação da função motora e da marcha de crianças com PC classificadas no GMFCS como nível I, II e III. Ensaios clínicos randomizados são necessários no futuro para determinar com mais precisão o efeito da RVI na melhora da função motora, da funcionalidade e da marcha de crianças com PC classificadas em todos os níveis do GMFCS, mas principalmente com capacidade motora de moderada a grave.

6. Referências

1. Eunson P. A etiology and epidemiology of cerebral palsy. *Paediatr Child Heal (United Kingdom)* [Internet]. 2012;26(9):367–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.paed.2012.05.008>
2. Novak I, Morgan C, Adde L, Blackman J, Boyd RN, Brunstrom-Hernandez J, et al. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy. *JAMA Pediatr* [Internet]. 2017 Sep 1 [cited 2019 Jan 10];171(9):897. Available from: <http://archpedi.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jamapediatrics.2017.1689>
3. Aisen ML, Kerkovich D, Mast J, Mulroy S, Wren TAL, Kay RM, et al. Cerebral palsy: Clinical care and neurological rehabilitation. *Lancet Neurol* [Internet]. 2011;10(9):844–52. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422\(11\)70176-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422(11)70176-4)
4. Fairhurst C. Cerebral palsy: the whys and hows. *Arch Dis Child Educ Pract Ed*. 2012;97(4):122–31.
5. Novak I, Mcintyre S, Morgan C, Campbell L, Dark L, Morton N, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: State of the evidence. *Dev Med Child Neurol*. 2013;55(10):885–910.
6. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the evidence traffic lights 2019: Systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2020;20(2):3.
7. Deutsch JE, Borbely M, Filler J, Huhn K, Guarrera-Bowlby P. Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Phys Ther* [Internet]. 2008;88(10):1196–207. Available from: <https://academic.oup.com/ptj/article-lookup/doi/10.2522/ptj.20080062>
8. Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G. Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases. *Neural Regen Res* [Internet]. 2014 Apr 15 [cited 2021 Jun 10];9(8):888–96. Available from: </pmc/articles/PMC4146258/>
9. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McIlroy W, Cheung D, et al. Effectiveness of virtual reality using wii gaming technology in stroke rehabilitation: A pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke*. 2010;41(7):1477–84. Available from: <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.584979>
10. Wang M, Reid D. Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: Attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. *Neuroepidemiology*. 2011;36(1):2–18. Available from: <https://doi.org/10.1159/000320847>
11. Weiss PL, Tirosh E, Fehlings D. Role of virtual reality for cerebral palsy management. *Journal of Child Neurology*. 2014;29(8):1119–1124. Available from: <https://doi.org/10.1177/0883073814533007>
12. Butler PB, Saavedra S, Sofranac M, Jarvis SE, Woollacott MH. Refinement, reliability, and validity of the Segmental Assessment of Trunk Control (SATCo). *Pediatr Phys Ther*. 2010;22(3):246–57. Available from: <https://doi.org/10.1097/PEP.0b013e3181e69490>
13. Chang YJ, Wang TY, Chen YR. A location-based prompting system to transition autonomously through vocational tasks for individuals with cognitive impairments. *Res Dev Disabil* [Internet]. 2011;32(6):2669–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2011.08.010>
14. Zoccolillo L, Morelli D, Cincotti F, Muzzioli L, Gobbetti T, Paolucci S, et al. Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: A cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2015;51(6):669–676 Available from: PMID: 25653079.
15. Ravi DK, Kumar N, Singhi P. Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic review.

- Physiother (United Kingdom) [Internet]. 2017;103(3):245–58. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2016.08.004>
16. Velasco MA, Raya R, Muzzioli L, Morelli D, Otero A, Iosa M, et al. Evaluation of cervical posture improvement of children with cerebral palsy after physical therapy based on head movements and serious games. *Biomed Eng Online* [Internet]. 2017;16(S1):74. Available from: <http://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12938-017-0364-5>
 17. Won A, Bailey J, Bailenson J, Tataru C, Yoon I, Golianu B. Immersive virtual reality for pediatric pain. *Children* [Internet]. 2017;4(7):52. Available from: <http://www.mdpi.com/2227-9067/4/7/52>
 18. Greffou S, Bertone A, Hahler EM, Hanssens JM, Mottron L, Faubert J. Postural hypo-reactivity in autism is contingent on development and visual environment: A fully immersive virtual reality study. *J Autism Dev Disord*. 2012;42(6):961–70. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1326-6>
 19. Greffou S, Bertone A, Hanssens J-M, Faubert J. Development of visually driven postural reactivity: a fully immersive virtual reality study. *J Vis*. 2008;8(11):15.1-10. Available from: <https://doi.org/10.1167/8.6.426>
 20. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009; Jul 21;6(7):e1000100. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
 21. Galvão, TF Pansani T. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiol e Serviços Saúde*. 2015; 24 (2): 335-342. Available from: <https://doi.org/10.5123/s1679-49742015000200017>
 22. Macedo LG, Elkins MR, Maher CG, Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C. There was evidence of convergent and construct validity of Physiotherapy Evidence Database quality scale for physiotherapy trials. *J Clin Epidemiol*. 2010; 63(8):920-925. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.10.005>
 23. Foley NC, Teasell RW, Bhogal SK, Speechley MR. Stroke rehabilitation evidence-based review: Methodology. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2003; 10(1):1-7. Available from: <https://doi.org/10.1310/Y6TG-1KQ9-LEDQ-64L8>
 24. Biffi E, Beretta E, Diella E, Panzeri D, Maghini C, Turconi AC, et al. Gait rehabilitation with a high tech platform based on virtual reality conveys improvements in walking ability of children suffering from acquired brain injury. In: *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*. 2015. Available from: <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7320103>
 25. Biffi E, Beretta E, Cesareo A, Maghini C, Turconi AC, Reni G, et al. An immersive virtual reality platform to enhance walking ability of children with acquired brain injuries. *Methods Inf Med*. 2017; 56(2):119-126. Available from: <https://doi.org/10.3414/ME16-02-0020>
 26. Bortone I, Leonardis D, Mastronicola N, Crecchi A, Bonfiglio L, Procopio C, et al. Wearable haptics and immersive virtual reality rehabilitation training in children with neuromotor impairments. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2018;26(7):1469–78. Available from: <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2018.2846814>
 27. Gagliardi C, Turconi AC, Biffi E, Maghini C, Marelli A, Cesareo A, et al. Immersive virtual reality to improve walking abilities in cerebral palsy: A pilot study. *Ann Biomed Eng* [Internet]. 2018 Sep 27 [cited 2019 Jan 10];46(9):1376–84. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10439-018-2039-1>
 28. Bortone I, Leonardis D, Solazzi M, Procopio C, Crecchi A, Bonfiglio L, et al. Integration of serious games and wearable haptic interfaces for Neuro Rehabilitation of children with movement disorders: A feasibility study. In: *IEEE International Conference*

- on Rehabilitation Robotics [Internet]. IEEE Computer Society; 2017 [cited 2021 Aug 3]. p. 1094–9. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8009395>
29. Fletcher RH, Fletcher SW, Fletcher GS. *Epidemiologia Clínica: Elementos Essenciais*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. 280 p.
30. Chen Y, Fanchiang HD, Howard A. Effectiveness of virtual reality in children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phys Ther*. 2018;98(1):63–77. Available from: <https://doi.org/10.1093/ptj/pzx107>
31. Aran OT, Şahin S, Köse B, Ağce ZB, Kayihan H. Effectiveness of the virtual reality on cognitive function of children with hemiplegic cerebral palsy. *Int J Rehabil Res*. 2019; 43(1):12-19. Available from: <https://doi.org/10.1097/mrr.0000000000000378>
32. Ren Z, Wu J. The effect of virtual reality games on the gross motor skills of children with cerebral palsy: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(20). Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph16203885>
33. Warnier N, Lambregts S, Port I Van De. Effect of virtual reality therapy on balance and walking in children with cerebral palsy: A systematic review. *Dev Neurorehabil* [Internet]. 2019; 23(8):502-518. Available from: <https://doi.org/10.1080/17518423.2019.1683907>
34. Wu J, Loprinzi PD, Ren Z. The rehabilitative effects of virtual reality games on balance performance among children with cerebral palsy: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(21):4161. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph16214161>

Figura 1: Gráfico de fluxo sobre os estudos encontrados nas bases de dados.

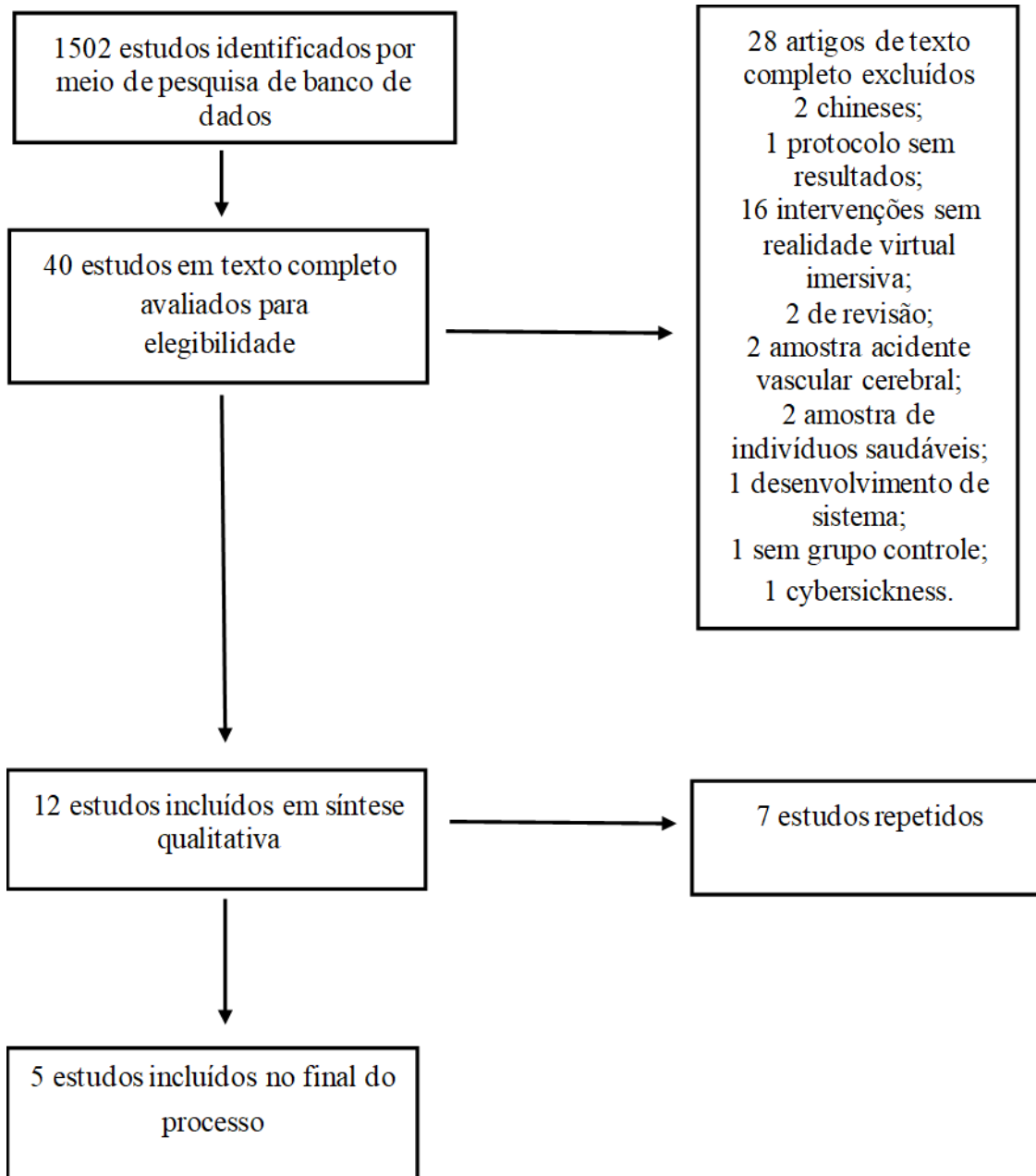


Figura 2: Gráfico risco de viés.

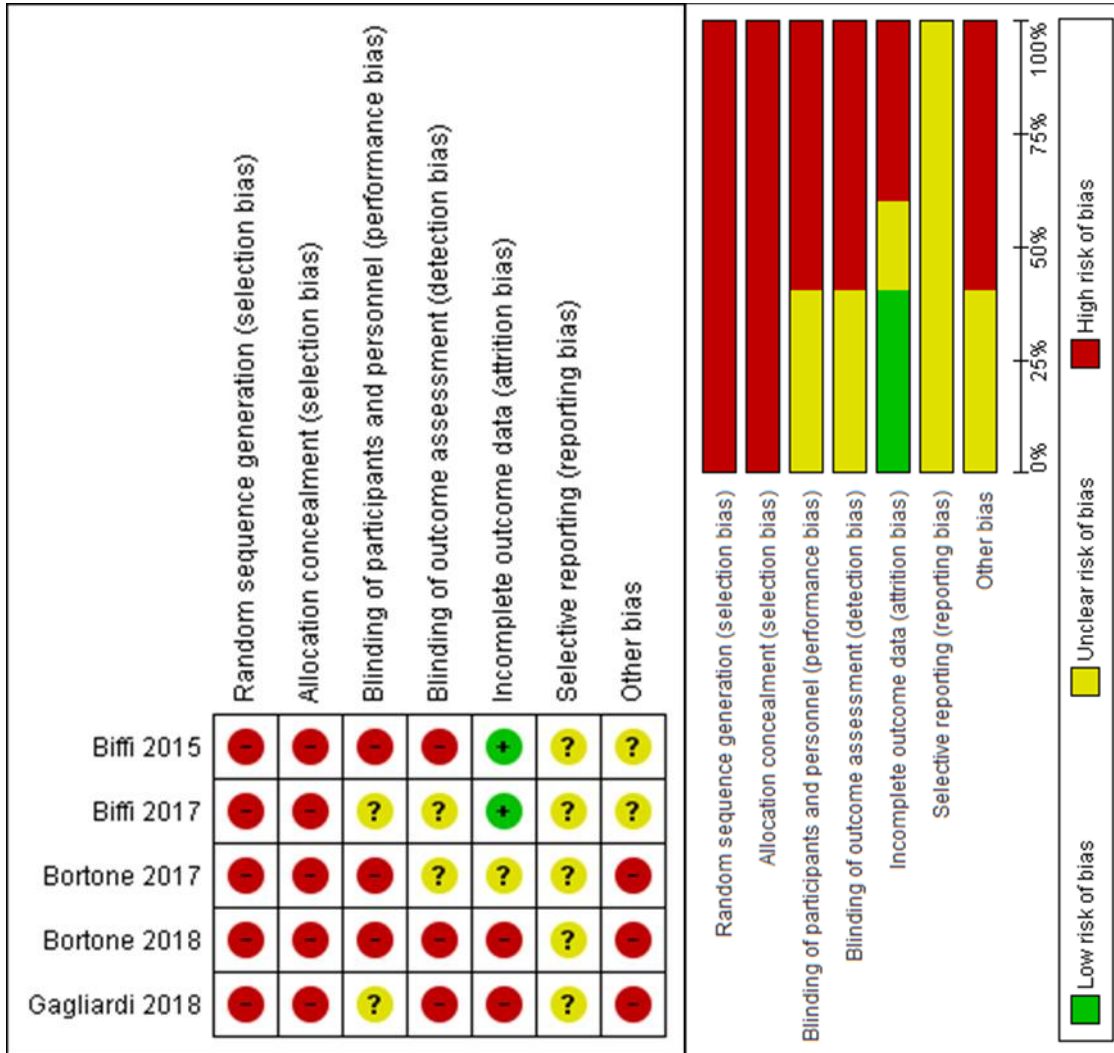


Tabela 1: Características dos estudos.

Título / Autor / Ano	Amostra	GMFCS	Topografia da paralisia cerebral	Média de idade em anos \pm desvio padrão	Principais instrumentos usados para medir os desfechos	Dispositivo de RV
Wearable Haptics and Immersive Virtual Reality Rehabilitation Training in Children With Neuromotor Impairments Bortone I, Leonardis D, Mastronicola N, Crecchi A, Bonfiglio L, Procopio C, Solazzi M & Frisoli A (2018)	20 participantes (3 paralisia cerebral, 5 dispraxia do desenvolvimento)	I;II	Não especificado	Paralisia Cerebral / Dispraxia do Desenvolvimento: 10.13 \pm 2.59 anos; Idade entre 7 - 14 anos	Avaliação cinesiológica em cenários reais e com <i>Serious Games</i> envolvendo rastreamento de trajetória, alcance-pegada e pronação-supinação. Velocidade de movimento. Precisão de movimento.	Oculus Rift
Immersive Virtual Reality to Improve Walking Abilities in Cerebral Palsy: A Pilot Study Gagliardi C, Turconi AC, Biffi E, Maghini C, Marelli A, Cesareo A, Diella E & Panzeri D (2018)	16 Paralisia Cerebral	I;II;III	Diplegia	11 \pm 2.4 anos idade entre 7-6 anos	Escalas de Inteligência Wechsler; GMFM 88; teste de caminhada de 6 minutos; <i>Sensewear Armband Wearable Device (BodyMedia, Inc., Pittsburgh, PA)</i> Análise de marcha; Questionário preenchido pelos pais sobre a vida cotidiana.	CAVE GRAIL System
An Immersive Virtual Reality Platform to Enhance Walking Ability of Children with Acquired Brain Injuries Biffi E, Beretta E, Cesareo A, Maghini C, Turconi AC, Reni G & Strazzer S (2017)	12 Paralisia Cerebral	I;II	11 hemiplegia e 1 ataxia	12.1 \pm 3.8 anos idade entre 2-20 anos	Escala Wechsler - WPPSI-R / WISC-R; GMFM 88, Questionário de Avaliação Funcional Gillette (FAQ), Teste de Caminhada de 6 Minutos e Análise de Marcha 3D (<i>Soil and GRAIL System</i>)	CAVE GRAIL System
Integration of Serious Games and Wearable Haptic Interfaces for Neuro Rehabilitation of Children with Movement Disorders: A Feasibility Study Bortone I, Leonardis D, Solazzi M, Procopio C, Crecchi A, Bonfiglio L & Frisoli A (2017)	12 Participantes (1 Paralisia Cerebral, 3 dispraxia do desenvolvimento)	II	3 hemiplegia e 1 ambos os membros superiores afetados	Paralisia Cerebral / Dispraxia do Desenvolvimento: 11 \pm 2.45 anos; Idade entre 9 - 14 anos	-Contato perdido -Conclusão -Velocidade	Oculus Rift
Gait rehabilitation with a high tech platform based on virtual reality conveys improvements in walking ability of children suffering from acquired brain injury Biffi E, Beretta E, Diella E, Panzeri D, Maghini C, Turconi AC, Strazzer S & Reni G (2015)	4 Paralisia Cerebral	I;II	3 hemiplegia esquerda e 1 tetraplegia	Paralisia Cerebral: 13.7 \pm 3.7 anos; Idade entre 2- 20 anos	Dados cinéticos e cinemáticos para parâmetros de movimento e marcha.	CAVE GRAIL System

Tabela 2: Principais resultados dos estudos.

Título / Autor / Ano	Intervenção	Comparação	Nº de sessões / Tempo / Frequência	Período de Intervenção	Follow- up	Principais Resultados
Wearable Haptics and Immersive Virtual Reality Rehabilitation Training in Children With Neuromotor Impairments Bortone I, Leonardis D, Mastronicola N, Crecchi A, Bonfiglio L, Procopio C, Solazzi M & Frisoli A (2018)	Interface tátil vestível na ponta dos dedos e no polegar associado a dois jogos <i>Serious Game</i> .	Crianças com desenvolvimento típico e adultos saudáveis	2 sessões. <i>MoneyBox game</i> : 15 movimentos <i>Labyrinth Game</i> : 12 movimentos 5 -10 minutos descanso entre os 2 jogos Não especificado	2 sessões	Não	Em ambiente real: o desenvolvimento típico teve melhor desempenho na precisão do movimento que a Paralisia Cerebral/Dispraxia do Desenvolvimento (PC/DD). PC/DD apresentou maior dificuldade na coordenação do membro superior, pois o movimento se afastou da trajetória linear ideal durante a trajetória do movimento. Na realização e desenvolvimento da tarefa a pegada típica apresentou melhor desempenho na precisão do movimento que PC/DD. PC/DD apresentou melhor desempenho com menor tempo de movimento e maior velocidade média. Em ambientes imersivos com <i>Serious Game</i> : PC/DD e Adultos Saudáveis tiveram mais atenção para realizar a tarefa motora. PC/DD apresentou pior desempenho que os demais durante os jogos. Maior esforço de planejamento motor, mais atenção e controle executivo foram necessários para uma boa execução no cenário imersivo.
Immersive Virtual Reality to Improve Walking Abilities in Cerebral Palsy: A Pilot Study Gagliardi C, Turconi AC, Biffi E, Maghini C, Marelli A, Cesareo A, Diella E & Panzeri D (2018)	Exercícios pertencentes a seis grupos, de acordo com seus objetivos de reabilitação. - Eficiência na transferência de carga; - Capacidade de manter carga monopodal; - Caminhada e resistência; - Equilíbrio dinâmico; - Largura da amplitude de movimento das articulações; - Coordenação motora geral.	Adultos saudáveis	20 sessões 30 minutos 5 x/semana	4 semanas	Não	Melhora na GMFM -88 total principalmente nas dimensões D (em pé) e E (caminhada, corrida e salto). Melhora no teste de caminhada de 6 minutos (marcha por maior tempo). Sem alterações em relação ao gasto energético durante a trajetória percorrida. A paralisia cerebral apresentou melhora no comprimento da marcha, velocidade da marcha, amplitude de movimento de flexo-extensão do tornozelo na posição e durante o equilíbrio, inclinação e obliquidade pélvica. Aumento no pico de potência do tornozelo, amplitude de movimento de flexão-extensão do joelho e amplitude de movimento de abdução/adição do quadril. Redução da largura de arremesso, tempo de apoio e flexão excessiva do joelho no contato inicial.
An Immersive Virtual Reality Platform to Enhance Walking Ability of Children with Acquired Brain Injuries Biffi E, Beretta E, Cesareo A, Maghini C, Turconi AC, Reni G & Strazzer S (2017)	Os participantes realizaram exercícios pertencentes a seis grupos, de acordo com seus objetivos de reabilitação. - Transferência de carga; - Carga monopodal; - Marcha e Resistência; - Equilíbrio dinâmico; - Amplitude de Movimento das Articulações - Coordenação motora.	10 adultos saudáveis recrutados de um estudo anterior não publicado durante uma única sessão no <i>GRAIL system</i>	10 sessões 30 minutos 4 x/semana	3 semanas	Não	Melhora na GMFM -88 total principalmente nas dimensões D (em pé) e E (caminhada, corrida e salto). Melhora no teste de caminhada de 6 minutos (marcha por maior período de tempo) e Melhora no Questionário de Avaliação Funcional Gillette (FAQ) Melhora da marcha, resistência e equilíbrio. O <i>GRAIL system</i> não foi capaz de alterar o padrão de marcha em pacientes com dificuldades leves. Melhora dos parâmetros da marcha. Melhora dos parâmetros espaço-temporais e movimentos articulares com maior frequência no lado hemiplégico, transmitindo melhora na simetria do padrão de marcha. 10 sessões de reabilitação no <i>GRAIL system</i> transmitem melhora motora.

<p>Integration of Serious Games and Wearable Haptic Interfaces for Neuro Rehabilitation of Children with Movement Disorders: A Feasibility Study Bortone I, Leonardis D, Solazzi M, Procopio C, Crecchi A, Bonfiglio L & Frisoli A (2017)</p>	<p><i>Haptic Interface wearable</i> colocado na ponta dos dedos e polegar associado a dois jogos <i>Serious Game</i>.</p>	<p>4 crianças com desenvolvimento típico e 4 adultos saudáveis</p>	<p>Sessão única <i>MoneyBox</i> game: 15 movimentos <i>Labyrinth Game</i>: 12 movimentos 5 -10 minutos descanso entre os 2 jogos. Não especificado</p>	<p>Sessão única</p>	<p>Não</p>	<p>Melhora a motivação. PC/DD e Adultos Saudáveis tiveram maior atenção para realizar a tarefa motora com precisão que Desenvolvimento Típico. O número de contatos perdidos foi maior para Desenvolvimento Típico que para PC/DD. O tempo e a velocidade de conclusão foram melhores no Desenvolvimento Típico que no PC/DD. Menos precisão no Desenvolvimento Típico. Adultos saudáveis tiveram melhor desempenho em todas as métricas, enquanto PC/DD teve o pior desempenho.</p>
<p>Gait rehabilitation with a high tech platform based on virtual reality conveys improvements in walking ability of children suffering from acquired brain injury Biffi E, Beretta E, Diella E, Panzeri D, Maghini C, Turconi AC, Strazzer S & Reni G (2015)</p>	<p>Exercícios para melhorar as habilidades de marcha e equilíbrio envolvendo 3 jogos em ambiente virtual (esqui e vela mudando postura e equilíbrio e caminhada em uma floresta).</p>	<p>10 adultos saudáveis</p>	<p>5 sessões 30 minutos 2x/semana</p>	<p>3 semanas</p>	<p>Não</p>	<p>Melhora o padrão de marcha. A variabilidade passo a passo foi reduzida. Melhora na flexão plantar do tornozelo durante o contato inicial, dorsiflexão máxima do tornozelo durante a fase de apoio e flexão máxima do tornozelo durante o balanço do lado esquerdo. Recuperação da assimetria da marcha. Melhora da extensão do quadril e força de flexão. Melhora na inclinação e obliquidade pélvica.</p>

Tabela 3: Escala PEDro - Avaliação Metodológica da Qualidade para os Estudos Incluídos

Estudos Incluídos	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Score
Biffi, et al., 2015	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	3/10
Biffi, et al., 2017	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	4/10
Bortone, et al., 2017	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	3/10
Bortone, et al., 2018	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	4/10
Gagliard, et al., 2018	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	4/10

Q1: os critérios de elegibilidade especificados; Q2: sujeitos aleatoriamente distribuídos por grupos; Q3: distribuição cega; Q4: grupos semelhantes nos indicadores de prognóstico; Q5: sujeitos participaram de forma cega; Q6: terapia administrada de forma cega; Q7: avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave, o fizeram de forma cega; Q8: medições de pelo menos um resultado-chave obtidas em mais de 85% dos sujeitos distribuídos pelos grupos; Q9: todos os sujeitos a partir dos quais se apresentaram medições de resultados receberam o tratamento ou a condição de controle conforme a distribuição ou, quando não foi esse o caso, fez-se a análise dos dados para pelo menos um dos resultados-chave por “intenção de tratamento”; Q10: os resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos para pelo menos um resultado-chave; Q11: o estudo apresenta tanto medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave.

5 ARTIGO 2

Evaluation of the Usability of a Serious Game in Virtual Reality Focusing on the Perception and Experience of Health Professionals for Motor Rehabilitation in Children with Cerebral Palsy

(Formatado conforme as normas do periódico Journal of Physiotherapy -
Official Journal of the Australian Physiotherapy Association – Qualis A1, Fator
de Impacto 10.714)

Avaliação da Usabilidade de um Jogo Sério em Realidade Virtual com Foco na Percepção e na Experiência de Profissionais da Saúde para Reabilitação Motora em Crianças com Paralisia Cerebral

Autores: Camara Machado, FR^{a,b}; Novak, G^e; Cavalheiro, T^c; Kato, SK^d; Oliveira, AA^b

- a. Hospital de Clínicas de Porto Alegre - HCPA - Porto Alegre (RS) – Brasil
- b. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA – Porto Alegre (RS) – Brasil
- c. Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre - UFCSPA - Porto Alegre (RS) – Brasil
- d. Departamento de Saúde Coletiva, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre - UFCSPA - Porto Alegre (RS) – Brasil

Autor Correspondente:

Msc. Fabiana Rita Camara Machado

Hospital de Clínicas de Porto Alegre - HCPA

Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre, RS 90035 – 903, Brasil

e-mail: fabianarita@gmail.com

Resumo

Introdução: A paralisia cerebral (PC) é uma condição neuropatológica não progressiva que exige reabilitação neuro-cognitivo-motora ao longo da vida. Evidências apontam que o uso de novas tecnologias para assistir nos processos de reabilitação como jogos sérios em realidade virtual têm servido como coadjuvantes a terapêutica e capazes de promover engajamento, motivação e ativação motora para esses pacientes.

Objetivo: Investigar a usabilidade de um jogo sério em realidade virtual para auxiliar na estabilidade e no equilíbrio da cabeça e do tronco de crianças com PC com foco na percepção e na experiência de profissionais da saúde.

Método: A coleta foi realizada com profissionais de saúde e os resultados foram avaliados através da viabilidade de forma abrangente por pontuação total, número de acertos, número de erros e nível de dificuldade durante a execução do jogo, os quais foram coletados a partir do relatório de desempenho gerado pelo aplicativo. Também foi verificada a satisfação do sistema pela Escala de Usabilidade do Sistema (SUS).

Resultados: A média obtida do escore total da Escala de Usabilidade do Sistema (SUS) foi de $82,10 \pm 12,66$ pontos sendo considerado de alta usabilidade para o propósito sugerido. A opinião dos profissionais sobre a usabilidade do sistema não se alterou devido ao desempenho durante o jogo.

Conclusão: O estudo demonstrou que o programa de reabilitação desenvolvido para exercitar o controle de cabeça e equilíbrio de tronco de sujeitos com PC é excelente a melhor que imaginado.

Palavras-Chave: Realidade Virtual, Jogo Sério, Usabilidade, Reabilitação, Paralisia Cerebral

Introdução

A paralisia cerebral (PC) é uma condição neuropatológica não progressiva que resulta em clínica heterogênea, acompanhada de uma variedade de comorbidades que pode afetar a participação social, causando impacto funcional e redução da qualidade de vida¹⁻⁵. As intervenções mais promissoras são neuro protetoras, baseadas na prática de tarefas e nas atividades de vida diária, por estimularem a neuroplasticidade, melhorando a funcionalidade e, assim, possibilitando a inclusão na comunidade^{1,2,5-8}.

Evidências sugerem que o uso de novas tecnologia como realidade virtual (RV) possuem potencial de incrementar a aderência ao tratamento tornando as intervenções mais interessantes auxiliando na aprendizagem e no desenvolvimento motor e funcional. Indicações de que estes efeitos podem ser devido à experiência sensorio-motora ativa associada a neuroplasticidade e ao aumento da motivação e do engajamento⁸⁻¹¹.

Programas ou aplicativos específicos para uso de realidade virtual em reabilitação têm sido testados como alternativa para produzir aprendizagem em contexto ecológico, estimulando a aquisição de novas tarefas motoras, funcionais e/ou cognitivas¹¹. Alguns estudos apresentam o desenvolvimento de programas para reabilitação motora através de plataformas de tecnologia de jogos vislumbrando intervenções mais divertidas e menos frustrantes. Estas características, permitem maior número de repetições da tarefa com *feedback* multissensorial, atingindo a recuperação funcional em ambiente desafiador, agradável e seguro^{8,12,13}.

Com essa fundamentação, criamos um programa de reabilitação baseado na aplicação de um jogo sério em realidade virtual. O aplicativo foi desenvolvido pela equipe do NERV (Núcleo de Estudos em Realidade Virtual da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre) para exercitar o controle de cabeça e equilíbrio de tronco de pessoas com PC, classificadas no Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS) nível III, IV e V. O jogo sério produzido pelo NERV foi estudado e estabelecido, sendo testado e revisado pela equipe de pesquisadores e clínicos, e com crianças e/ou adolescentes com PC. Os pesquisadores observaram a experiência, reforçando o objetivo da reabilitação motora sem perder o foco no engajamento e na diversão do usuário. A fim de incrementar o envolvimento do paciente com a atividade

proposta e induzir ativamente o controle postural, o aplicativo oferece *feedback* em tempo real para a ativação motora. Sendo assim, propôs-se a tecnologia de realidade virtual imersiva (RVI), exibida através de um *Head-Mounted Display* (HMD) com o objetivo de provocar maior sensação de presença e imersão aos pacientes ¹⁴. O objetivo primário desse estudo foi investigar a usabilidade de um jogo sério em realidade virtual para auxiliar na estabilidade e no equilíbrio da cabeça e do tronco de crianças com PC com foco na percepção e na experiência de profissionais da saúde, bem como, verificar o desempenho desses clínicos durante o jogo.

Método

Ambiente Virtual

Para exibição do ambiente virtual de reabilitação, utiliza-se um dispositivo HMD móvel (VR BOX – *Virtual Reality Glasses*®) acoplado a um *smartphone* compatível (*Samsung Galaxy S8*® - modelo que define a imagem em alta frequência, o que reduz e/ou evita efeitos adversos, como náusea – *cybersickness/motion sickness*), a fim de integrar gráficos computadorizados em tempo real, sons e outros dados sensoriais e criar um ambiente virtual para interação do usuário ¹⁵. O giroscópio e o acelerômetro inclusos no *smartphone* permitem o rastreamento da posição e da orientação da cabeça do paciente, tanto para coleta de dados quanto para prover *feedback* em tempo real pelo ambiente virtual, que simula até 3 graus de liberdade ou *Degrees of Freedom* (3DOF). O HMD viabiliza a imersão no mundo virtual, aumentando a sensação de presença e propiciando *feedback* ao sistema nervoso central (SNC) em consequência do ato motor ¹⁶. O aplicativo pode ser usado em qualquer *smartphone* compatível com a RV da plataforma *ANDROID*®.

Descrição do Jogo Sério

O jogo sério desenvolvido pela equipe de pesquisadores consiste em um avião voando por uma floresta em um dia ensolarado, na qual o paciente ajuda a guiar o avião, utilizando os movimentos da cabeça (Figura 1). Seguindo um alto padrão comercial no desenvolvimento da experiência, opta-se por maximizar a responsividade no *feedback* audiovisual do jogo, a fim de maximizar o sentimento de imersão e diminuir os sintomas de *cybersickness* ¹⁷. Como objetivo principal, o paciente é convidado a procurar arcos listrados e coloridos que se encontram flutuando neste ambiente virtual,

na intenção de guiar o avião até eles, realizando assim um movimento com a cabeça. O sistema permite movimentos da cabeça e do tronco em diferentes amplitudes de movimento, proporcionando um treinamento lúdico e divertido. Além do ambiente virtual estilizado com cores vibrantes em contrastes agradáveis e linhas bem definidas para facilitar a visualização até mesmo em telas com baixa resolução, o jogo também inclui uma trilha sonora original, efeitos visuais e sonoros, e animações na tentativa de apoiar a aquisição e a retenção de novas habilidades motoras, além de reforçar a motivação e o envolvimento dos usuários na terapia.

Um sistema de dificuldade adaptativa ou *Dynamic Difficulty Adjustment* (DDA) foi implementado no jogo para providenciar um nível apropriado de desafio, engajamento crescente e retenção dos jogadores ¹⁸. A tarefa central do jogo é direcionar um avião virtual até o centro de arcos coloridos flutuantes que aparecem espalhados no cenário, ação que leva o paciente a realizar movimentos de cabeça. O sistema implícito de dificuldade influencia a posição e altura destes arcos coloridos flutuantes, fazendo com que pacientes com diversos níveis de motricidade possam utilizar o jogo com sucesso ¹⁹. Inicialmente, os arcos são posicionados bastante próximos do centro do cenário, tanto em altura quanto em posição horizontal, permitindo que mesmo movimentos pequenos da cabeça possam atingi-los. Conforme o paciente estabiliza a cabeça e o tronco, o jogo evolui ao longo de 10 níveis implícitos de dificuldade, fazendo com que os próximos arcos coloridos apareçam em posições mais distais do centro do cenário, levando o paciente a realizar movimentos de cabeça mais completos. Se o paciente não conseguir atingir um mínimo de arcos no seu nível de dificuldade atual, a dificuldade automaticamente regredirá ao nível anterior, até que este avance novamente. Nos níveis mais elevados de dificuldade, os arcos coloridos aparecem bastante distribuídos pelo cenário, próximo a grama, no céu, próximo das árvores à direita ou à esquerda. Ressalta-se que a implementação da dificuldade adaptativa no desenvolvimento do jogo levou fortemente em consideração a possibilidade de os usuários possuírem deficiências cognitivas e neurológicas atípicas, portanto, evita-se a implementação de sistemas numéricos para indicar pontuação e informações textuais complexas presentes na interface gráfica. Além disso, a programação subjacente de dificuldade adaptativa foi usada para implementar elementos visuais como fogos de

artifícios e elementos sonoros como uma trilha sonora progressivamente ligada ao atingimento a níveis mais altos de dificuldade.

Ao longo do desenvolvimento do *software*, o jogo foi testado e revisado pela equipe de pesquisadores e clínicos, e com crianças e/ou adolescentes com PC, com foco em reforçar a experiência e obter engajamento e satisfação dos usuários, e salientar o objetivo de reabilitação motora. O tempo que o jogador deve ficar imerso no cenário é de responsabilidade do profissional que conduz a intervenção. Ao final do jogo, o profissional pode visualizar os dados do desempenho do paciente, através de planilhas exportadas pela aplicação, contendo os dados de jogabilidade da sessão, nas quais ficam registrados a pontuação total do jogo, o número de acertos e de erros, o nível de dificuldade atingido, a duração total do jogo e em qual tempo o paciente atingiu determinado nível de dificuldade.

Design do Estudo

A pesquisa foi realizada com profissionais da saúde com experiência em PC. Os especialistas foram convidados a usar o sistema, após receberem orientações sobre o jogo, em sessão única de 10 minutos de duração e após registrar sua experiência através da Escala de Usabilidade do Sistema (SUS). Os pesquisadores aplicadores da tarefa explicaram a natureza da tarefa para os participantes pudessem interagir com o sistema. Logo após a familiarização, a equipe explicou como acessar os dados gerados pelo programa.

Medidas de desfecho

Os resultados foram medidos através da viabilidade e satisfação expressa pelo usuário com a experiência de uso do produto. A viabilidade foi medida de forma abrangente por (1) pontuação total, (2) número de acertos, (3) número de erros e (4) nível de dificuldade durante a execução do jogo. Os dados foram coletados a partir do relatório de desempenho gerado pelo aplicativo. A satisfação foi mensurada pela Escala de Usabilidade do Sistema (SUS). A SUS, desenvolvida por Brooke (1996) como uma escala de pesquisa “rápida e suja”, é um instrumento autoaplicável fácil e rápido que atribui uma pontuação de referência sobre a visão dos profissionais de uma ampla gama de produtos, serviços e interfaces ^{20,21}. A SUS é composta por 10 itens que são

pontuados em uma escala Likert de 5 pontos, (1) discordo fortemente, (2) discordo, (3) não concordo nem discordo, (4) concordo, (5) concordo fortemente ²¹. A última afirmativa é dissertativa e não obrigatória. A pontuação final pode variar de 0 a 100 e deve ser calculada a partir de fórmula proposta por Brooke de quanto mais alta a pontuação, maior o grau de usabilidade ²⁰. Para as questões ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), deve-se subtrair 1 do escore individual, já para as pares (2, 4, 6, 8 e 10), a nota obtida deverá ser diminuída de 5, assim soma-se todas as respostas convertidas e multiplica-se por 2,5 obtendo-se o valor total da SUS ^{20,21}. Com a definição da pontuação final é possível fazer a classificação do sistema avaliado: Abaixo de 25 pontos: pior imaginado; 25 - 39: pobre; 40 - 55: ok; 56 - 75: bom; 76 - 87: excelente e 88 - 100: melhor que imaginado ^{22,23}. A pontuação acima de 68 na SUS, considera-se que o produto é aceitável ²⁰. O tempo estimado para aplicação da escala SUS é de aproximadamente 5 minutos.

Análise dos Dados

As informações foram coletadas por meio de formulários padronizados antes de serem armazenadas. As características clínicas e demográficas dos participantes foram analisados descritivamente através de frequência absoluta e relativa para as variáveis categóricas e média e desvio padrão ou mediana e intervalo interquartil para as variáveis quantitativas. A normalidade dos dados foi avaliada através do teste Kolmogorov-Smirnov. O coeficiente de Spearman foi utilizado para avaliar uma correlação entre SUS, a pontuação total do jogo e o número de acertos. Também verificou se havia alguma associação, através do teste Pearson Chi-Square, entre a SUS e as variáveis, idade, sexo, profissão, especialidade e grau de escolaridade. Foi considerado intervalo de confiança de 95% para estimar médias. Os dados foram analisados por meio do pacote estatístico SPSS versão 22.0 (IBM Corp) e nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Fizeram parte do estudo 57 profissionais da saúde, entre fisioterapeutas, médicos e terapeutas ocupacionais. A idade média foi de $35,05 \pm 9,57$ anos, com idade mínima de 22 e máxima de 60 anos. A tabela 1 mostra as características dos usuários.

Após o pesquisador instruir sobre o objetivo e como fazer para acessar, os profissionais experienciaram o jogo por aproximadamente 10 minutos. Durante a tarefa, o aplicativo registrou a pontuação total, os acertos, os erros e o nível de dificuldade atingida durante o jogo. A média da pontuação total entre os participantes foi de 131,86 \pm 59,68 pontos, sendo que a menor foi de 32 e a maior de 295 pontos. A média de acertos ficou em 85,79 \pm 45,55 com mínimo de 6 e máximo de 261 acertos e a média de erros foi de 46,07 \pm 41,32 com mínimo de 0 e máximo de 198 erros. Quanto ao nível de dificuldade atingido durante o jogo a média foi de 9,58 \pm 1,47, com grau mínimo de 2 e máximo de 10. Ressalta-se que 51 pessoas atingiram o nível de dificuldade máximo.

Em relação ao questionário de usabilidade, SUS, todos os participantes preencheram todas as questões. A média obtida do escore total foi de 82,10 \pm 12,66; valor mínimo de 50 e máximo de 100. Nota-se que 36 profissionais consideraram a tarefa acima de 75 pontos na escala SUS que o classifica como de Excelente a Melhor que Imaginado, enquanto 21 participantes consideraram o jogo de Ok a Bom. Lembrando que uma pontuação acima de 68 na SUS considera o produto como aceitável.

O coeficiente de Spearman mostrou que não houve correlação entre a SUS e a pontuação total ($r = - ,047$; $p = 0,72$) com o número de acertos ($r = - ,207$; $p = 0,12$) no jogo, demonstrando que a opinião dos profissionais em relação ao produto não se alterou devido ao desempenho durante o jogo.

Não houve associação do escore da SUS com as variáveis idade, sexo, profissão e especialidade, não sendo estatisticamente significantes, com $p = 0,89$; $p = 0,24$; $p = 0,39$ e $p = 0,80$; respectivamente. Também não houve associação da SUS com a especialidade neurofuncional ($p = 0,61$). Entretanto observa-se que quanto maior a escolaridade do profissional melhor classificação do produto na SUS ($p < 0,05$).

Discussão

A escala SUS foi aplicada a fim de avaliar um programa de reabilitação interligado com um jogo sério em realidade virtual. O instrumento demonstrou que participantes classificaram o programa de reabilitação desenvolvido para exercitar o

controle de cabeça e equilíbrio de tronco de sujeitos com PC entre excelente e melhor do que imaginado, o que torna o jogo uma ferramenta coadjuvante viável para aplicação na recuperação funcional de pessoas com PC.

Um produto e/ou sistema qualificado pelos usuários com 82 pontos na SUS, não apenas demonstra o quanto os utilizadores o apreciaram, mas também apresenta a probabilidade de o recomendarem a outras pessoas ²⁴. Nesse sentido, esse estudo demonstra que o jogo em RV desenvolvido provavelmente seria utilizado pelos especialistas para auxiliar na reabilitação do controle de cabeça e no equilíbrio de tronco de pacientes com PC durante a atividade profissional.

Sendo assim, o jogo sério em realidade virtual criado pelo grupo possui potencial para melhorar os resultados das intervenções e permite que os pacientes experimentem desafios com motivação e engajamento, facilitando a especificidade e variação da tarefa, promovendo aprendizagem motora e, conseqüentemente, melhora do desempenho e da funcionalidade (Booth et al., 2019; Booth, Buizer, Harlaar, Steenbrink, & van der Krogt, 2018; Novak et al., 2020).

Outros grupos relatam resultados sobre a aplicação de jogos em RV destinados a reabilitação de crianças com PC e a aplicação da escala SUS para avaliar a eficácia nas terapias ²⁵. Todavia, o número de participantes/avaliadores foi de seis com *feedback* positivo sobre a usabilidade dos jogos e do sistema relatando que a experiência em realidade virtual foi agradável e terapeuticamente relevante ²⁵.

Observa-se no presente estudo que não houve correlação entre o desempenho dos profissionais durante o jogo e o julgamento sobre a usabilidade do sistema. Isso provavelmente se deve ao fato de os pesquisadores, durante as instruções sobre o jogo, não solicitarem aos profissionais que se empenhassem para obterem a melhor pontuação possível. Esse achado já havia sido relatado por Brooke (2013) que afirma que as avaliações dos usuários podem não ser adequadas ao desfecho do uso do sistema, demonstrando uma correlação fraca entre os escores da SUS e a performance durante a tarefa ²⁴.

Cabe salientar que nossos resultados também não encontraram correlação entre sexo e a pontuação da SUS, bem como, outros estudos também demonstram baixa ou nenhuma correlação entre essas variáveis^{26,27}. Contudo, Melnick (2020) refere que os especialistas mais velhos realizaram registros mais baixos na SUS que os mais jovens²⁷, o que não aconteceu com os profissionais nesse estudo, não havendo associação entre a idade e o escore da SUS. Padrini-Andrade e colaboradores afirmaram não haver associação entre escolaridade e a SUS. Na contramão, esse estudo ressalta que os profissionais com escolaridade superior, como pós-graduação consideraram o produto melhor que aqueles que tinham apenas graduação.

Limitações do Jogo

Em termos de aplicação para a saúde, o acesso e familiaridade com equipamentos de RV segue consideravelmente restrito. Esta falta de familiaridade pode ser considerada uma limitação no sentido de reduzir a aptidão dos usuários em entender a experiência virtual. Alguns dos participantes sugeriram que o jogo contivesse mais de um cenário pois consideraram que o jogo poderia tornar-se monótono após algum tempo de exposição. Entretanto, é importante considerar que os participantes conhecem a vivência dos pacientes em uma perspectiva externa, em 3ª pessoa e não possuem as limitações físicas e/ou intelectuais dos pacientes. Ideias como pilotar um submarino no oceano, dirigir uma motocicleta usando movimentos da cabeça, ou mesmo incorporar cenários fantasiosos, voando pelas nuvens como super-heróis foram sugeridas pelos clínicos, o que poderia incrementar o potencial do jogo sério, aumentando a repetição em tratamentos fisioterapêuticos de longo prazo.

Futuro do Jogo

Seguindo os resultados obtidos pelo presente estudo, o jogo poderá ser atualizado a fim de aprimorar sua eficácia como ferramenta de treinamento motor para PC, e potencialmente evoluir sua qualidade adjacente como treinamento cognitivo. Com base no *feedback* dos profissionais de saúde, foi possível gerar novas ideias de jogos sérios em realidade virtual para condições clínicas diversas. Por fim, a distribuição deste *software* no meio acadêmico finalizado permitirá a generalização deste estudo, proporcionando mais evidências e maior entendimento sobre o uso da realidade virtual para PC.

Conclusão

Observa-se que o jogo sério em realidade virtual desenvolvido para exercitar o controle de cabeça e equilíbrio de tronco de sujeitos com PC é excelente a melhor que imaginado, oferecendo experiência agradável e com ampla aplicabilidade, além de relevante para reabilitação motora, conforme julgamento de profissionais de saúde. O estudo indica que há possibilidade de aprimoramento do jogo sério em realidade virtual para otimizar a prática do usuário e a relevância terapêutica.

Referências

1. Graham D, Paget SP, Wimalasundera N. Current thinking in the health care management of children with cerebral palsy. *Med J Aust.* 2019;210(3):129-135. doi:10.5694/mja2.12106
2. Gulati S, Sondhi V. Cerebral Palsy: An overview. *Indian J Pediatr.* 2018;85(11):1006-1016. doi:10.1007/s12098-017-2475-1
3. National Guideline Alliance (UK). Cerebral palsy in under 25s: assessment and management: methods, evidence and recommendations. London: National Institute for Health and Care Excellence (NICE); 2017 Jan. PMID: 2815161. www.nice.org.uk/guidance/ng62. Accessed August 3, 2021.
4. Novak I, Morgan C, Adde L, et al. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy. *JAMA Pediatr.* 2017;171(9):897. doi:10.1001/jamapediatrics.2017.1689
5. Vitrikas K, Dalton H, Grant D, Breish D. Cerebral palsy: an overview. *Am Fam Physician.* 2020;101(4):213-220. PMID: 32053326. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32053326/>. Accessed June 7, 2021.
6. Novak I, Morgan C, Fahey M, et al. State of the evidence traffic lights 2019: systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2020;20(2). doi:10.1007/s11910-020-1022-z
7. Novak I, McIntyre S, Morgan C, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol.* 2013;55(10):885-910. doi:10.1111/dmcn.12246
8. Bortone I, Leonardis D, Solazzi M, et al. Serious game and wearable haptic devices for neuro motor rehabilitation of children with cerebral palsy. *Biosyst Biorobotics.* 2017;15:443-447. doi:10.1007/978-3-319-46669-9_74
9. Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G, V. G-R, G. M-R, Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G. Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases. *Neural Regen Res.* 2014;9(8):888-896. doi:10.4103/1673-5374.131612
10. Weiss PL, Tirosh E, Fehlings D. Role of virtual reality for cerebral palsy management. *J Child Neurol.* 2014. doi:10.1177/0883073814533007
11. Ravi DK, Kumar N, Singhi P. Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based

- systematic review. *Physiother (United Kingdom)*. 2017;103(3):245-258. doi:10.1016/j.physio.2016.08.004
12. Corrêa AGD, Kintschner NR, Blascovi-Assis SM. System of upper limb motor rehabilitation training using leap motion and gear VR in sessions of home game therapy. In: *Proceedings - IEEE Symposium on Computers and Communications*. Vol 2019-June. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2019. doi:10.1109/ISCC47284.2019.8969586
 13. Shum LC, Valdes BA, Hodges NJ, Van Der Loos HFM. Error augmentation in immersive virtual reality for bimanual upper-limb rehabilitation in individuals with and without hemiplegic cerebral palsy. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2020;28(2):541-549. doi:10.1109/TNSRE.2019.2959621
 14. Slater M. Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philos Trans R Soc L B Biol Sci*. 2009;364(1535):3549-3557. doi:10.1098/rstb.2009.0138
 15. Gregg L, TARRIER N. Virtual reality in mental health: a review of the literature. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2007;42(5):343-354. doi:10.1007/S00127-007-0173-4
 16. Wang M, Reid D. Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. *Neuroepidemiology*. 2011;36(1):2-18. doi:10.1159/000320847
 17. Le May S, Tsimicalis A, Noel M, et al. Immersive virtual reality vs. non-immersive distraction for pain management of children during bone pins and sutures removal: A randomized clinical trial protocol. *J Adv Nurs*. 2021;77(1):439-447. doi:10.1111/JAN.14607
 18. Hendrix M, Bellamy-Wood T, McKay S, Bloom V, Dunwell I. Implementing adaptive game difficulty balancing in serious games. *IEEE Trans Games*. 2019;11(4):320-327. doi:10.1109/TG.2018.2791019
 19. Maung D, Crawfis R, Gauthier L V, et al. Development of recovery rapids-a game for cost effective stroke therapy. *FDG*. 2014. http://www.fdg2014.org/papers/fdg2014_paper_18.pdf. Accessed April 25, 2022.
 20. Martins AI, Rosa AF, Queirós A, Silva A, Rocha NP. European portuguese validation of the system usability scale (SUS). *Procedia Comput Sci*. 2015;67(Dsai):293-300. doi:10.1016/j.procs.2015.09.273
 21. Brooke J. SUS: a “quick and dirty” usability scale. *Usability Eval Ind*. 1996;(November 1995):207-212. doi:10.1201/9781498710411-35
 22. Bangor A, Kortum PT, Miller JT. An empirical evaluation of the system usability scale. *Int J Hum Comput Interact*. 2008;24(6):574-594. doi:10.1080/10447310802205776
 23. Bangor A, Staff T, Kortum P, Miller J, Staff T. Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. *J usability Stud*. 2009;4(3):114-123. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2835587.2835589>
 24. Brooke J. SUS: a retrospective. *J usability Stud*. 2013;8(2):29-40. <https://uxpajournal.org/sus-a-retrospective/>. Accessed May 18, 2022.
 25. Ni LT, Fehlings D, Biddiss E. Design and evaluation of virtual reality-based therapy games with dual focus on therapeutic relevance and user experience for children with cerebral palsy. *Games Health J*. 2014;3(3):162-171. doi:10.1089/G4H.2014.0003
 26. Padrini-Andrade, L et al. Evaluation of usability of a neonatal health information system according to the user’s perception evaluation of usability of a neonatal health information system according to the user’s perception. *Rev Paul Pediatr*

- [online]. 2019;37(1):90-96. doi:10.1590/1984-0462/;2019;37;1;00019
27. Melnick ER, Dyrbye LN, Sinsky CA, et al. The association between perceived electronic health record usability and professional burnout among US physicians. *Mayo Clin Proc.* 2020;95(3):476-487. doi:10.1016/J.MAYOCP.2019.09.024/ATTACHMENT/3B700C06-056E-441A-9639-76B4D0E60977/MMC2.MP4

Tabela 1: Características demográficas dos Profissionais

Características		Total (n = 57)		
Sexo	Masculino	24,6%		
	Feminino	75,4%		
Profissionais	Fisioterapeuta	80,7%		
	Terapeuta Ocupacional	10,5%		
	Médico	8,8%		
Grau Máximo de Escolaridade	Fisioterapeuta	Terapeuta Ocupacional	Médico	
Especialização	52,87%	3,50%	7,04%	
Mestrado	22,26%	3,50%	0%	
Doutorado	5,56%	3,50%	1,76%	
Atuação	Fisioterapeuta	Terapeuta Ocupacional	Médico	
Generalista	40,35%	10,50%	0%	
Neurofuncional	24,56%	0%	0%	
Fisiatria	0%	0%	7,04%	
Outros	15,78%	0%	1,76%	

Tabela 2: Valores de Média, Desvio-Padrão e Amplitude Interquartil da Pontuação dos Profissionais que classificaram o jogo na SUS como *Ok & Good e Excellent & Best Imaginable*.

Rank SUS	Média (\pm DP)	Q25-Q75	p
Ok & Good (n = 21)	61,61 (\pm 20,80)	50,75 – 72,49	0,14
Excellent & Best imaginable (n = 36)	68,32 (\pm 18,99)	57,78 – 85,65	

Rank SUS: Rank System Usability Scale; DP: desvio padrão; Q25-Q75: Amplitude interquartil; p: nível mínimo de significância do Teste Wilcoxon

Figura 1

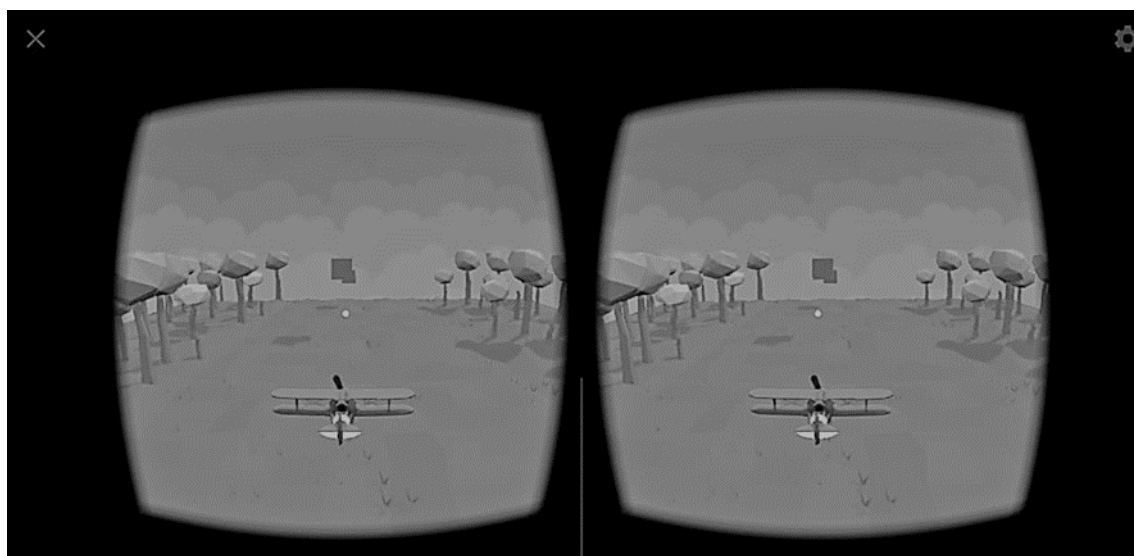


Figura 1: Ambiente virtual do jogo em realidade virtual

6 ARTIGO 3

Immersive Virtual Reality for Cerebral Palsy Rehabilitation

(Formatado conforme as normas do periódico *Frontiers in Virtual Reality*–
Qualis A1, Fator de Impacto 5.095)

Realidade Virtual Imersiva na Reabilitação da Paralisia Cerebral

1 Fabiana Rita Camara Machado^{1,2*}; Guilherme Novak²; Thaiane Cavalheiro, T²;
2 Eduardo Antônio Pereira², Pedro Valladão Olovate², Isabela Possebon Bevilacqua²,
3 Sergio Kakuta Kato^{2,3}, Alcyr Alves de Oliveira Júnior²

4 ¹ Hospital de Clínicas de Porto Alegre, HCPA, Porto Alegre, Brasil

5 ² Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, UFCSPA, Porto Alegre,
6 Brasil

7 ³ Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUCRS, Escola Politécnica,
8 Porto Alegre, Brasil

9 *Autor Correspondente:

10 Fabiana Rita Camara Machado

11 fabianarita@gmail.com

12 **Palavras-Chave:** Realidade Virtual, Imersão, Jogo Sérió, Reabilitação, Paralisia
13 Cerebral

14 **Resumo**

15 *Introdução:* Paralisia cerebral (PC) é uma condição neuropatológica que envolve um
16 grande espectro de deficiências neurológicas. Atualmente, a reabilitação desses
17 pacientes tem como meta independência funcional, diversão e participação social.
18 Sendo assim, a realidade virtual surge como ferramenta agradável e segura adjuvante ao
19 tratamento de pacientes com PC.

20 *Objetivo:* Avaliar os efeitos sobre controle de cabeça, equilíbrio de tronco e função
21 motora grossa na paralisia cerebral submetidas a um treinamento com realidade virtual
22 imersiva.

23 *Método:* Estudo randomizado controlado em dois grupos, fisioterapia convencional
24 (controle) e realidade virtual, com 19 pacientes com diagnóstico de paralisia cerebral de
25 ambos os sexos com idade entre 6 e 18 anos, classificados como nível III, IV e V no
26 Sistema de Classificação da Função Motora Grossa. Os pacientes foram avaliados nas
27 habilidades motoras, controle de cabeça e equilíbrio de tronco pelas escalas Gross
28 Motor Function Measure-88 (GMFM), Early Clinical Assessment of Balance parte I –
29 versão 2 (ECAB) e Escala Visual Analógica Controle de Cabeça (EVACC). Além
30 disso, eles tiveram analisados a funcionalidade diária e a qualidade de vida verificadas
31 pelo Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade (PEDI) e Pediatric Quality of
32 Life Inventory version 3.0 (PedsQL®) respectivamente.

33 *Resultados:* A função motora grossa no grupo de realidade virtual apresentou melhora
34 estatisticamente significativa ($p = 0,007$) com a mediana de 8% no pré-intervenção e
35 15% no pós-intervenção e amplitude interquartil de 6,00 – 42,50 para 9,00 – 45,00 no
36 pós-intervenção. O controle de cabeça e o equilíbrio de tronco também apresentaram
37 melhora significativas ($p = 0,017$ e $p = 0,011$) com medianas de 9 e 4 no pré-
38 intervenção e 20 e 7 no pós-intervenção respectivamente e amplitude interquartil 3,00 –
39 26,50 e 2,00 – 7,00 para 6,00 – 28,50 e 6,00 – 8,00 no pós-intervenção respectivamente.

40 *Conclusão:* A realidade virtual auxilia na estabilidade da cabeça, no equilíbrio do tronco
41 e na melhora das funções motoras grosseiras de pacientes com paralisia cerebral.

42 **Keywords:** Virtual Reality, Immersion, Serious Game, Rehabilitation, Cerebral Palsy

43 **Abstract**

44 *Background:* Cerebral palsy (CP) is a neuropathological condition that involves a wide
45 spectrum of neurological impairments. Currently, the rehabilitation of these patients
46 aims at functional independence, fun and social participation. Therefore, virtual reality
47 emerges as a pleasant and safe tool in the treatment of patients with CP.

48 *Objective:* To evaluate the effects on head control, trunk balance and gross motor
49 function in cerebral palsy submitted to immersive virtual reality training.

50 *Method:* Randomized controlled study in two groups, conventional physical therapy
51 (control) and virtual reality, with 19 patients diagnosed with cerebral palsy of both
52 sexes aged between 6 and 18 years, classified as level III, IV and V in the Classification
53 System of Gross Motor Function. Patients were evaluated in motor skills, head control
54 and trunk balance using the Gross Motor Function Measure-88 (GMFM), Early Clinical
55 Assessment of Balance part I – version 2 (ECAB) and Visual Analog Head Control
56 Scale (EVACC) scales. . In addition, they had daily functioning and quality of life
57 analyzed by the Pediatric Assessment of Disability Inventory (PEDI) and Pediatric
58 Quality of Life Inventory version 3.0 (PedsQL®) respectively.

59 *Results:* Gross motor function in the virtual reality group showed a statistically
60 significant improvement ($p = 0.007$) with a median of 8% in the pre-intervention and
61 15% in the post-intervention and interquartile range of 6.00 – 42.50 for 9 .00 – 45.00
62 post-intervention. Head control and trunk balance also showed significant improvement
63 ($p = 0.017$ and $p = 0.011$) with medians of 9 and 4 in the pre-intervention and 20 and 7
64 in the post-intervention, respectively, and interquartile range 3.00 – 26.50 and 2.00 –
65 7.00 to 6.00 – 28.50 and 6.00 – 8.00 post-intervention, respectively.

66 *Conclusion:* Virtual reality helps with head stability, trunk balance and improvement of
67 gross motor functions in patients with cerebral palsy.

68 **1. Introdução**

69 Paralisia cerebral (PC) é uma condição neuropatológica que descreve um grupo de
70 distúrbios permanentes que envolve um grande espectro de deficiências neurológicas
71 ocasionadas por lesão não progressiva durante desenvolvimento cerebral (1,2). Sendo
72 assim, as restrições de atividade e de participação iniciam muito cedo na PC e podem
73 piorar ao longo da vida o nível de severidade (1,2). Independentemente da gravidade e
74 dos tipos de PC, as pessoas possuem uma baixa qualidade de vida em todos os
75 domínios, em particular, no bem-estar físico e emocional (3), exigindo uma reabilitação
76 multidisciplinar efetiva e eficaz, com tratamento da deficiência e gerenciamento das
77 comorbidades associadas (1,2).

78 Nesse sentido, a reabilitação eficaz para PC deve melhorar a qualidade de vida, de
79 forma que o sujeito trabalhe a função, visando um condicionamento físico que permita o
80 desenvolvimento de atividades que envolvam o convívio familiar e os amigos,
81 garantindo um futuro melhor e mais divertido (1,2). Algumas técnicas de reabilitação
82 têm como foco o treinamento baseado na experiência e na aprendizagem motora, pois a
83 prática repetitiva de tarefas e das atividades de vida diária, reforça a atividade funcional
84 e estimula a neuroplasticidade, tornando-a mais coordenada e consistente e, assim
85 possibilitando a inclusão na comunidade (4–6).

86 Desta forma, a realidade virtual (RV) surge como uma ferramenta inovadora com a
87 perspectiva de aumentar a aderência ao tratamento e tornar as intervenções mais

88 interessantes, a fim de capturar a atenção e motivar para auxiliar na aprendizagem e no
89 desenvolvimento de novas tarefas motoras, funcionais e/ou cognitivas (7). A RV é
90 capaz de proporcionar experiência sensorio-motora ativa associada a neuroplasticidade,
91 que é responsável pelo incremento da motivação e do engajamento (5,7–9).

92 Estudos relatam que a RV promove a prática repetitiva de tarefas, auxilia na solução de
93 problemas, propicia interação social e melhora o comportamento pro-social, pois oferta
94 biofeedback em tempo real (7,10,11). Esses sistemas permitem que o terapeuta monitore
95 o paciente, manipule sistematicamente o nível de dificuldade e forneça flexibilidade e
96 controle durante o tratamento (7). Existem evidências que a RV forneça uma
97 experiência que aumenta o envolvimento durante a reabilitação, melhorando as
98 habilidades visuais e auditivas, bem como, o controle postural, as habilidades motoras e
99 o equilíbrio (7,12,13).

100 Nesse contexto, surgem *softwares* específicos, através de plataformas de tecnologia de
101 jogos, como alternativa para produzir aprendizagem em contexto ecológico,
102 vislumbrando intervenções mais divertidas e menos frustrantes, que permitam um maior
103 número de repetições da tarefa com *feedback* multissensorial, atingindo a recuperação
104 funcional em ambiente desafiador, agradável e seguro (5,7,14,15).

105 Tendo em vista os benefícios que esse tipo de terapia pode trazer, supõe-se que a
106 aplicação de sessões de jogos em RV imersiva em pacientes com PC pode trazer efeitos
107 positivos na recuperação das suas dificuldades motoras. Entretanto, existem poucas
108 pesquisas abordando esse tema em pessoas com PC de moderada a grave. Revisão
109 sistemática recente aponta que os resultados encontrados em pesquisas com RV ainda
110 são insuficientes para recomendá-la para a prática clínica, principalmente para pessoas
111 classificadas com PC de moderada a grave (7). Dessa forma, o objetivo do presente
112 trabalho foi avaliar os efeitos sobre controle de cabeça, equilíbrio de tronco e função
113 motora grossa de pacientes com PC Nível III, IV e V do *Gross Motor Function*
114 *Classification System* (GMFCS) submetidas a um treinamento com realidade virtual
115 imersiva (RVI).

116 **2.Método**

117 **2.1 Design do Estudo**

118 Estudo randomizado com grupo controle sem-tratamento e medidas repetidas de
119 performance intra-grupos. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da
120 Universidade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (UFCSPA), CAEE
121 88204418.9.0000.5345.

122 Os participantes de ambos os sexos, tinham entre 6 e 18 anos de idade, com diagnóstico
123 de PC de moderada a grave, classificadas como Nível III, IV e V de acordo com o
124 GMFCS capazes de compreender comandos verbais simples. Os participantes eram
125 oriundos de instituições de reabilitação responsáveis por atendimentos de pacientes com
126 PC.

127 Foram excluídos participantes com PC com diagnóstico associado de retardo mental de
128 moderado a grave, deficiência auditiva ou visual, não corrigidas, comportamento
129 agressivo e/ou de auto-mutilação, síndromes, transtorno do espectro autista, transtornos
130 psiquiátricos ou comportamentais graves, uso de drogas que potencialmente alterassem
131 a excitabilidade cortical, conforme revisão em prontuário. Os participantes com PC
132 classificados como nível I e II de acordo com o GMFCS também foram excluídos.

133 Todos os responsáveis legais pelos participantes da pesquisa, assinaram o Termo de
134 Consentimento Livre e Esclarecido, após as devidas elucidações sobre os objetivos e
135 procedimentos da pesquisa.

136 Os participantes foram avaliados quanto as habilidades motoras e a funcionalidade
137 através da escala *Gross Motor Function Measure-88* (GMFM) e pelo Inventário de
138 Avaliação Pediátrica de Incapacidade (PEDI). Além disso, tiveram o controle de cabeça
139 e de tronco analisados pela Escala Visual Analógica Controle de Cabeça (EVACC) e
140 pela *Early Clinical Assessment of Balance – versão 2* (ECAB) parte I, respectivamente
141 e qualidade de vida verificada pela *Pediatric Quality of Life Inventory version 3.0*
142 (PedsQL®).

143 Após as avaliações iniciais para atender os critérios inclusão/exclusão os participantes
144 foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos. Com o objetivo de manter sigilo na
145 alocação aos grupos e reduzir as chances de que os avaliadores reconhecessem a
146 intervenção aplicada ao participante, foi realizada randomização empregando o *software*
147 de aleatorização e distribuição em grupos (<http://www.randomization.com/>).

148 A pesquisa propôs um programa de reabilitação com tecnologia de RV imersiva,
149 exibida através de um *Head-Mounted Display* (HMD), interligado com um jogo sério
150 desenvolvido para exercitar controle de cabeça e equilíbrio de tronco de pessoas com
151 PC. A fim de incrementar o envolvimento do paciente com a atividade proposta e
152 induzir ativamente o controle postural, o jogo sério ofereceu *feedback* em tempo real
153 para as interações motoras com o escopo de provocar maior sensação de presença e
154 imersão.

155 2.2 Medidas de Desfecho

156 Para fins de inclusão/exclusão foi utilizado o GMFCS, o qual se baseia nas habilidades
157 e na iniciativa do movimento, enfatizando particularmente o sentar (controle de tronco),
158 transferências e mobilidade. O objetivo do GMFCS é determinar qual o nível que
159 melhor representa as atuais competências e limitações na função motora global do
160 paciente (16,17). Com a mesma finalidade, o prontuário dos pacientes foi consultado,
161 para verificar a existência de diagnósticos como retardo mental de moderado a grave,
162 deficiências, auditiva ou visual, não corrigidas, síndromes, comportamento de auto e
163 hetero agressão, transtorno do espectro autista, transtornos psiquiátricos ou
164 comportamentais graves.

165 Durante o pré e pós-teste foram empregadas as ferramentas GMFM, EVACC, ECAB,
166 PEDI e PedsQL® 3.0.

167 *Gross Motor Function Measure* (GMFM): verifica as alterações na função motora
168 ampla (18,19).

169 Escala Visual Analógica Controle de Cabeça (EVACC): Aponta o nível que melhor
170 descreve o controle de cabeça do participante (figura 1).

171 *Early Clinical Assessment of Balance 2* (ECAB)/PARTE I: estima a estabilidade
172 postural com objetivo de avaliar adequadamente os controles de cabeça e de tronco
173 durante atividades estáticas e dinâmicas nas posturas, prono, sentado e em pé. (20,21).

174 Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade (PEDI): fornece uma descrição
175 detalhada do desempenho funcional da criança com idade motora entre 6 meses e 7
176 anos. (22,23).

177 *Pediatric Quality of Life Inventory Module Cerebral Palsy* ® 3.0 (PedsQL 3.0): afere a
178 qualidade de vida relacionada à saúde em um questionário para os pais de crianças e
179 adolescentes entre 2 e 18 anos (24,25).

180 2.3 Procedimentos

181 Foram contatados os responsáveis legais de todos os pacientes, que os profissionais dos
182 locais, onde o estudo foi realizado, indicaram como potenciais participantes. Todos os
183 pacientes que preencheram os critérios de inclusão foram convidados para participar do
184 estudo. Assim que os objetivos da pesquisa foram explicados e as dúvidas esclarecidas,
185 os familiares e/ou responsáveis, que concordaram que os pacientes participassem,
186 realizaram a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os pacientes
187 foram convidados pessoalmente na presença dos pais e/ou responsáveis a participarem
188 do estudo. Neste momento, foram explicados os procedimentos a que seriam
189 submetidos caso aceitassem participar. Havendo concordância, foi solicitado para
190 aqueles que tinham condições motoras, a assinatura do Termo de Assentimento.
191 Os pacientes foram avaliados por um examinador através da aplicação da GMFM,
192 EVACC, ECAB, PEDI e PedsQL® 3.0 em local próprio. Após a randomização e
193 divisão em dois grupos, os participantes iniciaram um dos protocolos propostos. O
194 grupo controle realizou fisioterapia convencional e o experimental jogou um jogo sério
195 em RV imersiva. Os atendimentos propostos foram combinados de forma a não
196 atrapalhar a rotina diária do paciente. Vinte e quatro horas após a última sessão de
197 intervenção foram realizadas novas avaliações com a aplicação das mesmas escalas. As
198 escalas foram aplicadas sempre pela mesma equipe, a fim de evitar equívocos na
199 aferição dos instrumentos. A equipe envolvida no estudo recebeu treinamento prévio, a
200 fim de realizar o controle de qualidade dos procedimentos. Todos os pacientes que
201 participaram do estudo já realizavam acompanhamento sistemático de fisioterapia e/ou
202 outras terapias de reabilitação e seguiram com os planos terapêuticos propostos
203 associadas ao protocolo da pesquisa.

204 2.4 Intervenção

205 Os grupos realizaram 10 sessões durante dois meses com duração de 10 minutos cada
206 atendimento. As atividades do grupo convencional consistiam em alongamento passivo
207 de membros inferiores e tarefas lúdicas como, jogar bola com as mãos, cabecear a bola,
208 arremesso de bola na cesta e jogar balão, na posição sentada, na intenção que o paciente
209 ativasse de maneira independente controle de cabeça e equilíbrio de tronco. O grupo
210 experimental realizou um jogo sério criado pela equipe do NERV (Núcleo de Estudos
211 em Realidade Virtual da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre)
212 em ambiente virtual de reabilitação. Os pacientes passaram por 2 minutos de
213 reconhecimento do jogo e tiveram 8 minutos para execução. As atividades de RV
214 imersiva foram realizadas na posição sentada com um fisioterapeuta apoiando a região
215 superior do tronco do paciente, reduzindo gradualmente a assistência até o suporte na
216 região média das costelas, conforme os ganhos adquiridos durante as sessões.

217 2.5 Descrição do Jogo

218 O jogo sério desenvolvido pela equipe consistia em um avião voando por uma floresta
219 em um dia ensolarado, na qual o paciente ajuda a guiar o avião, utilizando os
220 movimentos da cabeça. Optamos por maximizar a responsividade no *feedback*
221 audiovisual do jogo, a fim de maximizar o sentimento de imersão e diminuir os
222 sintomas de *cybersickness*.
223 Como objetivo principal, o paciente foi convidado a procurar arcos listrados e coloridos
224 que se encontravam flutuando no ambiente virtual, na intenção de guiar o avião até eles,

225 realizando assim um movimento com a cabeça. O sistema permitiu movimentos da
 226 cabeça e do tronco em diferentes amplitudes de movimento, proporcionando um
 227 treinamento lúdico e divertido. Além do ambiente virtual estilizado com cores vibrantes
 228 em contrastes agradáveis e linhas bem definidas para facilitar a visualização até mesmo
 229 em telas com baixa resolução, o jogo também incluiu uma trilha sonora original, efeitos
 230 visuais e sonoros, e animações na tentativa de apoiar a aquisição e a retenção de novas
 231 habilidades motoras, além de reforçar a motivação e o envolvimento dos usuários na
 232 terapia.

233 Um sistema implícito de dificuldade influenciava a posição e altura destes arcos
 234 coloridos flutuantes, fazendo com que os participantes com diversos níveis de
 235 motricidade pudessem utilizar o jogo com sucesso. Inicialmente, os arcos eram
 236 posicionados bastante próximos do centro do cenário, tanto em altura quanto em
 237 posição horizontal, permitindo que mesmo movimentos pequenos da cabeça pudessem
 238 atingi-los. Conforme o paciente estabilizava a cabeça e o tronco, o jogo evoluía ao
 239 longo de 10 níveis implícitos de dificuldade, fazendo com que os próximos arcos
 240 coloridos aparecessem em posições mais distais do centro do cenário, levando o
 241 participante a realizar movimentos de cabeça mais completos. Caso o participante não
 242 conseguisse atingir um mínimo de arcos no seu nível de dificuldade atual, a dificuldade
 243 automaticamente regrediria ao nível anterior, até que este avançasse novamente.

244 Ao longo do desenvolvimento do *software*, o jogo foi testado e revisado pela equipe de
 245 pesquisadores e clínicos, e com crianças e/ou adolescentes com PC, com a intenção de
 246 sempre calibrar o desenvolvimento da experiência para maior engajamento e satisfação
 247 dos usuários, sem prejudicar o objetivo de reabilitação motora. Ao final do jogo, o
 248 profissional pode visualizar os dados do desempenho do participante, através de
 249 planilhas exportadas pela aplicação, que demonstravam os dados de jogabilidade da
 250 sessão, nas quais ficavam registrados a pontuação total do jogo, o número de acertos e
 251 de erros, o nível de dificuldade atingido, a duração total do jogo e em qual tempo o
 252 participante atingiu determinado nível de dificuldade.

253 **2.6 Ambiente Virtual**

254 Para exibição do ambiente virtual, utilizou-se um dispositivo HMD móvel (VR BOX –
 255 *Virtual Reality Glasses*®) acoplado a um *smartphone* compatível (*Samsung Galaxy*
 256 *S8*®), a fim de integrar gráficos computadorizados em tempo real, sons e outros dados
 257 sensoriais e criar um ambiente virtual para interação do participante. O giroscópio e o
 258 acelerômetro inclusos no *smartphone* permitiam o rastreamento da posição e da
 259 orientação da cabeça da criança, tanto para coleta de dados quanto para prover *feedback*
 260 em tempo real pelo ambiente virtual, que simulava até 3 graus de liberdade ou *Degrees*
 261 *of Freedom* (3DOF).

262 **2.7 Análise dos Dados**

263 As informações foram coletadas por meio de formulários padronizados antes de serem
 264 armazenadas. As características clínicas e demográficas dos participantes foram
 265 analisadas descritivamente através de frequência absoluta e relativa para as variáveis
 266 categóricas e média e desvio-padrão ou mediana e amplitude interquartil para as
 267 variáveis quantitativas. A normalidade dos dados foi avaliada através do teste de
 268 *Shapiro-Wilk*. Como os dados resultantes dos escores dos instrumentos utilizados não se
 269 ajustaram a distribuição normal, eles foram avaliados pelo teste não paramétrico de
 270 Wilcoxon intragrupos. Para testar o efeito das intervenções nos diferentes pontos de

271 tempo, realizou-se o teste de Mann-Whitney intergrupos. Foi considerado intervalo de
272 confiança de 95%. Os dados foram analisados por meio do software SPSS Statistics
273 versão 22.0 (Statistical Package for the Social Science, IBM Corp, Armonk, NY) com
274 nível de significância adotado de 5% ($p < 0,05$).

275 3. Resultados

276 Fizeram parte do estudo 19 pessoas com PC classificadas no GMFCS nível III, IV e V,
277 as quais foram randomizadas em dois grupos, Fisioterapia Convencional (FC = 10) e
278 Realidade Virtual Imersiva (RVI = 9), com média de idade de $11,9 \pm 4,43$ anos e $11 \pm$
279 $3,46$ anos, com mínimo de 7 e 6 anos e máximo de 18 e 15 anos, respectivamente. A
280 tabela 1 mostra as características clínicas e demográficas dos participantes com PC.

281 Todos os participantes, de ambos os grupos, tiveram 100% de assiduidade e
282 completaram as 10 sessões propostas pelo estudo. As pessoas que fizeram fisioterapia
283 convencional (FC) realizaram 10 minutos de tarefas lúdicas dirigidas com bola. As
284 atividades consistiram em 1) jogar a bola para frente com ambas as mãos; 2) cabecear a
285 bola; 3) arremessar a bola na cesta – linha dos ombros e 4) jogo livre de balão com as
286 mãos. Não foram observados efeitos adversos pela participação nas sessões e todas as
287 pessoas necessitaram de auxílio do terapeuta.

288 Durante o jogo as pessoas do grupo RVI obtiveram na primeira sessão uma pontuação
289 total média de $293,22 \pm 75,45$ pontos, mantendo média de acertos de $112,22 \pm 53,47$
290 pontos, atingindo nível de dificuldade médio de $9 \pm 1,80$. Após a décima sessão os
291 participantes pontuaram no jogo sério uma média de $316,33 \pm 23,23$ pontos, com média
292 de acertos de $120,89 \pm 56,27$ pontos em um nível de dificuldade médio $8,67 \pm 2,34$.

293 A função motora grossa, após intervenção com o jogo sério em RV imersiva, apresentou
294 melhora estatisticamente significativa ($p = 0,007$). A variação média do escore total da
295 GMFM foi de 3,34% para o grupo RVI, enquanto o grupo FC não apresentou diferença
296 após a reabilitação ($p = 0,610$), com variação média da pontuação de 0,20. Ressalta-se
297 que a diferença de 1% na escala já é clinicamente relevante (26). Os resultados na
298 GMFM são apresentados na Figura 2. No grupo RVI também houve um aumento
299 significativo no escore final da dimensão A que compõe a escala ($p = 0,017$), enquanto
300 no FC se manteve inalterado ($p = 0,878$), entretanto as demais dimensões não foram
301 alteradas em ambos os grupos. As médias, desvio-padrão, medianas e a amplitude
302 interquartil das pontuações pré e pós-intervenção para as cinco dimensões do
303 instrumento GMFM em ambos os grupos são apresentados na Tabela 2.

304 As pessoas que realizaram o jogo sério em RV imersiva apresentaram melhora no
305 controle de cabeça e no equilíbrio de tronco, conforme as escalas *Early Clinical*
306 *Assessment of Balance 2 PARTE I* (ECAB) e Escala Visual Analógica de Controle de
307 Cabeça (EVACC) ($p = 0,017$ e $p = 0,011$ respectivamente), enquanto os participantes
308 que realizaram FC se mantiveram estáveis ($p = 0,618$ e $p = 0,102$) (Figura 3).

309 Não foi possível observar mudanças na funcionalidade das pessoas com PC
310 considerando o instrumento Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade (PEDI)
311 quando consideramos os domínios auto-cuidado, mobilidade e função social dentro das
312 habilidades funcionais e do auxílio cuidador tanto no grupo FC quanto no RVI. Na
313 mesma direção também não houve mudanças significativas na qualidade de vida dessas
314 pessoas que foram expostas a reabilitação com RV imersiva ($p = 0,678$) e/ou a FC ($p =$
315 $0,646$).

316 As médias, desvio-padrão, medianas e a amplitude interquartil das pontuações pré e
317 pós-intervenção, bem como, os níveis de significância no Teste Wilcoxon dos

318 instrumentos PEDI, ECAB PARTE I, EVACC e PedsQL[®]3.0 em ambos os grupos são
319 apresentados na Tabela 3.

320 Quando comparamos os grupos FC e RVI no pré e pós-intervenção não se verifica
321 modificações na função motora grossa, na funcionalidade, no controle de cabeça, no
322 equilíbrio de tronco e na qualidade de vida das pessoas com PC. A tabela 4 mostra os
323 níveis de significância no Teste de Mann-Whitney dos instrumentos GMFM, PEDI,
324 ECAB PARTE I, EVACC e PedsQL[®]3.0.

325 4. Discussão

326 A RV desponta no cenário da reabilitação como uma ferramenta adjuvante e viável para
327 recuperação das dificuldades motoras, podendo sustentar a motivação e engajamento,
328 devido ao fornecimento de *feedback* multinível, o qual induz a modificações na
329 neuroplasticidade cerebral (7,27,28). Ainda que seja uma experiência artificial, torna-se
330 ecológica pela transferência do mundo virtual com *performance* bem-sucedida em
331 contexto real, exigindo que o usuário ative processos cerebrais como, atenção,
332 planejamento, estratégia, integração motor-perceptiva e execução motora (7,27–29).

333 O objetivo do estudo foi demonstrar os efeitos no controle de cabeça, no equilíbrio de
334 tronco e na função motora grossa de pessoas com PC nível III, IV e V no GMFCS
335 submetidas a um treinamento através de um jogo sério, utilizando-se RV imersiva.
336 Embora, ainda haja dificuldade no acesso a jogos específicos para reabilitação motora,
337 esse estudo propôs um jogo sério com a finalidade de auxiliar no restabelecimento do
338 controle de cabeça e no equilíbrio de tronco, contribuindo, assim, para o
339 desenvolvimento motor grosseiro das pessoas com PC. Esse *design* é pioneiro na
340 proposta de uma tecnologia de jogos específica para reabilitação de pessoas com PC de
341 moderado a severo comprometimento motor.

342 A investigação aponta a possibilidade de a RV imersiva contribuir com a melhora da
343 função motora grossa de pessoas com PC nível III, IV e V no GMFCS, visto que a
344 variação média do escore total da GMFM-88 foi de 3,34%, sendo as alterações
345 observadas foram superiores à 1,29%, diferença clinicamente importante para a escala e
346 representando, portanto, um incremento moderado no progresso motor (26). Além
347 disso, o instrumento também mostra melhora na dimensão A, Deitar e Rolar, a qual
348 inclui as habilidades de a pessoa rolar da posição prona ou supina e executar tarefas
349 específicas que mantém o decúbito dorsal ou alguma variação da postura ventral, que
350 afetam o controle de cabeça e o equilíbrio do tronco na posição deitada. Em acordo,
351 Biffi (2017) e Gagliardi (2018) também apontam que a RV contribui para a melhora
352 global da capacidade motora grossa de crianças com PC (27,30).

353 Os ambientes virtuais imersivos fornecem *feedback* sensorial com entrada contínua de
354 estímulos visuais, facilitando a ativação do sistema vestibular e permitindo, assim, ao
355 usuário da tecnologia realizar repetidos treinos de equilíbrio bem sucedidos e seguros
356 em tempo real (31). Nesse estudo, as pessoas com PC que praticaram o jogo sério em
357 ambiente virtual imersivo apresentaram melhora no controle de cabeça e no equilíbrio
358 de tronco. Esse fato pode estar associado ao envolvimento e a interação que a RV
359 imersiva permite, ajudando o paciente com PC a praticar a tarefa por mais tempo,
360 repetindo os exercícios mais vezes e aumentando a intensidade, dentro de um ambiente
361 desafiador, agradável, divertido, encorajador e seguro (31–33). Além disso, o jogo sério
362 proposto neste estudo exigia que os participantes movessem e controlassem ativamente
363 a cabeça e o tronco em um contexto específico de uma tarefa para atingir pontuação
364 durante o jogo. Dessa forma, a RV imersiva facilita a prática em massa com *feedback*
365 multissensorial em tempo real, sem consequências negativas, através do conhecimento
366 do desempenho e dos resultados durante o jogo, os quais são indispensáveis para

367 aprendizagem motora e incremento da neuroplasticidade no córtex sensório-motor,
 368 melhorando, assim, de forma expressiva, o equilíbrio e o controle postural (29,32,33).
 369 Vários estudos sugerem que que jogos específicos de RV podem representar estratégia
 370 terapêutica inovadoras para reabilitação de condições funcionais por incrementar,
 371 equilíbrio e controle postural (29,31–33).
 372 Cabe ressaltar que nenhum dos participantes havia sido exposto anteriormente a uma
 373 terapia com jogos sérios específicos para reabilitação e que apenas poucos deles já
 374 tinham tido contato com videogame para fins específicos de entretenimento. Além
 375 disso, embora as pessoas tenham realizado 10 sessões com duração de 10 minutos, não
 376 houve um acompanhamento posterior para detectar se os ganhos foram mantidos ao
 377 longo do tempo. Apesar da mudança na pontuação da escala GMFM observada dentro
 378 do grupo RV imersiva ter excedido a diferença clínica mínima, da melhora nas escalas
 379 ECAB e EVACC, os resultados não podem ser generalizados para todas as pessoas com
 380 PC, pois nem todos níveis funcionais foram expostos a tecnologia. De qualquer modo,
 381 os achados indicam que o jogo sério proposto por esse estudo em RV imersiva foi capaz
 382 de impactar a função motora grossa, controle de cabeça e equilíbrio de tronco dos
 383 participantes com PC.

384 5. Conclusão

385 A RV imersiva associada a jogo sério específico proposto por esse estudo auxilia na
 386 estabilidade da cabeça, no equilíbrio do tronco e na melhora das funções motoras
 387 grosseiras de pessoas com PC nível III, IV e V na GMFCS, oferecendo experiência
 388 agradável e com ampla aplicabilidade, além de relevante para reabilitação motora dessas
 389 pacientes. Os resultados são promissores e sugerem que esse tipo de intervenção
 390 promove melhora principalmente para as habilidades de tarefas específicas.
 391 Recomenda-se futuros trabalhos para a investigação se intervenções mais longas podem
 392 proporcionar melhorias ainda maiores.

393 6. Referências

- 394 1. Damiano DL, Longo E, Carolina de Campos A, Forssberg H, Rauch A.
 395 Systematic review of clinical guidelines related to care of individuals with cerebral
 396 palsy as part of the World Health Organization efforts to develop a global package of
 397 interventions for rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil [Internet]. 2021 Sep 1 [cited
 398 2022 Apr 29];102(9):1764–74. Available from:
 399 <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.11.015>
- 400 2. Graham D, Paget SP, Wimalasundera N. Current thinking in the health care
 401 management of children with cerebral palsy. Med J Aust. 2019;210(3):129–35.
- 402 3. Tsoi WSE, Zhang LA, Wang WY, Tsang KL, Lo SK. Improving quality of life
 403 of children with cerebral palsy: A systematic review of clinical trials. Child Care Health
 404 Dev. 2012;38(1):21–31. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2011.01255.x>
- 406 4. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al.
 407 State of the evidence traffic lights 2019: Systematic review of interventions for
 408 preventing and treating children with cerebral palsy. Curr Neurol Neurosci Rep.
 409 2020;20(2):3. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>
- 410 5. Bortone I, Leonardis D, Solazzi M, Procopio C, Crecchi A, Briscese L, et al.
 411 Serious game and wearable haptic devices for neuro motor rehabilitation of children
 412 with cerebral palsy. Biosyst Biorobotics [Internet]. 2017 [cited 2021 Jun 21];15:443–7.

- 413 Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-46669-9_74
- 414 6. Geerdink Y, Aarts P, Geurts AC. Motor learning curve and long-term
415 effectiveness of modified constraint-induced movement therapy in children with
416 unilateral cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Res Dev Disabil* [Internet].
417 2013;34(3):923–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2012.11.011>
- 418 7. Ravi DK, Kumar N, Singhi P. Effectiveness of virtual reality rehabilitation for
419 children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic
420 review. *Physiother (United Kingdom)* [Internet]. 2017;103(3):245–58. Available from:
421 <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2016.08.004>
- 422 8. Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G, Virtual reality interface devices in the
423 reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases.
424 *Neural Regen Res* [Internet]. 2014 Apr 15 [cited 2021 Jun 10];9(8):888–96. Available
425 from: </pmc/articles/PMC4146258/>
- 426 9. Weiss PL, Tirosh E, Fehlings D. Role of virtual reality for cerebral palsy
427 management. *Journal of Child Neurology*. 2014. Available from:
428 <https://doi.org/10.1177/0883073814533007>
- 429 10. Velasco MA, Raya R, Muzzioli L, Morelli D, Otero A, Iosa M, et al. Evaluation
430 of cervical posture improvement of children with cerebral palsy after physical therapy
431 based on head movements and serious games. *Biomed Eng Online* [Internet].
432 2017;16(S1):74. Available from: [http://biomedical-engineering-](http://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12938-017-0364-5)
433 [online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12938-017-0364-5](http://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12938-017-0364-5)
- 434 11. Won A, Bailey J, Bailenson J, Tataru C, Yoon I, Golianu B. Immersive virtual
435 reality for pediatric pain. *Children* [Internet]. 2017;4(7):52. Available from:
436 <http://www.mdpi.com/2227-9067/4/7/52>
- 437 12. Greffou S, Bertone A, Hahler EM, Hanssens JM, Mottron L, Faubert J. Postural
438 hypo-reactivity in autism is contingent on development and visual environment: A fully
439 immersive virtual reality study. *J Autism Dev Disord*. 2012;42(6):961–70. Available
440 from: <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1326-6>
- 441 13. Greffou S, Bertone A, Hanssens J-M, Faubert J. Development of visually driven
442 postural reactivity: a fully immersive virtual reality study. *J Vis*. 2008;8(11):15.1-10.
443 Available from: <https://doi.org/10.1167/8.6.426>
- 444 14. Shum LC, Valdes BA, Hodges NJ, Van Der Loos HFM. Error augmentation in
445 immersive virtual reality for bimanual upper-limb rehabilitation in individuals with and
446 without hemiplegic cerebral palsy. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* [Internet].
447 2020 Feb 1 [cited 2021 Jun 10];28(2):541–9. Available from:
448 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31841417/>
- 449 15. Corrêa AGD, Kintschner NR, Blascovi-Assis SM. System of upper limb motor
450 rehabilitation training using leap motion and gear VR in sessions of home game
451 therapy. In: *Proceedings - IEEE Symposium on Computers and Communications*.
452 Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2019. Available from:
453 <https://doi.org/10.1109/ISCC47284.2019.8969586>
- 454 16. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B.
455 Development and reliability of a system to classify gross motor function in children
456 with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(2):214–23. Available from:
457 <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x>
- 458 17. Wood E, Rosenbaum P. The gross motor function classification system for
459 cerebral palsy: A study of reliability and stability over time. *Dev Med Child Neurol*
460 [Internet]. 2000;42(5):292–6. Available from:
461 <http://doi.wiley.com/10.1017/S0012162200000529>
- 462 18. Palisano RJ, Hanna SE, Rosenbaum PL, Russell DJ, Walter SD, Wood EP, et al.

- 463 Validation of a model of gross motor function for children with. *Phys Ther.*
464 2000;80(10):974–85. Available from: [https://doi.org/10.1016/s1071-9091\(98\)80021-1](https://doi.org/10.1016/s1071-9091(98)80021-1)
- 465 19. Russell, D.J., Rosenbaum, P.L., Cadman, D.T., Gowland, C., Hardy, S. & Jarvis
466 S. The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical
467 therapy. *Dev Med CHILD Neurol.* 1989;31(3):341–52. Available from:
468 <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1989.tb04003.x>
- 469 20. McCoy SW, Bartlett DJ, Yocum A, Jeffries L, Fiss AL, Chiarello L, et al.
470 Development and validity of the early clinical assessment of balance for young children
471 with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil* [Internet]. 2014;17(6):375–83. Available from:
472 <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/17518423.2013.827755>
- 473 21. Elizabeth Randall K, Bartlett DJ, McCoy SW. Measuring postural stability in
474 young children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* [Internet]. 2014;26(3):332–7.
475 Available from:
476 [http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=0000157](http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00001577-201426030-00013)
477 [7-201426030-00013](http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00001577-201426030-00013)
- 478 22. Haley, S.M.; Coster, W.J.; Ludlow, L.H.; Haltiwanger, J.T.; Andrellos PJ.
479 Pediatric evaluation of disability inventory (PEDI): Development, Standardization and
480 Administration Manual. 1^a edition. University MT of B, editor. Boston: PEDI Resarch
481 Group; 1992. 300 p.
- 482 23. Mancini MC. Inventário de avaliação pediátrica da incapacidade (PEDI):
483 Manual da versão brasileira adaptada. 1^a edição. Belo Horizonte: UFMG; 2005. 193 p.
- 484 24. Klatchoian DA, Len CA, Terreri MTRA, Silva M, Itamoto C, Ciconelli RM, et
485 al. Quality of life of children and adolescents from São Paulo: Reliability and validity of
486 the brazilian version of the pediatric quality of life inventory version 4.0 generic core
487 scales. *J Pediatr (Rio J)* [Internet]. 2008;84(4):308–15. Available from:
488 http://www.jped.com.br/conteudo/Ing_resumo.asp?varArtigo=1838&cod=&idSecao=1
- 489 25. Varni JW, Seid M RC. The PedsQL: measurement model for the pediatric
490 quality of life inventory. *Med Care.* 1999;37:126–39. Available from: [http://doi.org/](http://doi.org/10.1097/00005650-199902000-00003)
491 [10.1097/00005650-199902000-00003](http://doi.org/10.1097/00005650-199902000-00003)
- 492 26. Wang HY, Yang YH. Evaluating the responsiveness of 2 versions of the gross
493 motor function measure for children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006
494 Jan 1;87(1):51–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/J.APMR.2005.08.117>
- 495 27. Gagliardi C, Turconi AC, Biffi E, Maghini C, Marelli A, Cesareo A, et al.
496 Immersive virtual reality to improve walking abilities in cerebral palsy: A pilot study.
497 *Ann Biomed Eng* [Internet]. 2018 Sep 27 [cited 2019 Jan 10];46(9):1376–84. Available
498 from: <http://link.springer.com/10.1007/s10439-018-2039-1>
- 499 28. Wang M, Reid D. Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: Attention
500 deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. *Neuroepidemiology.*
501 2011;36(1):2–18. Available from: <https://doi.org/10.1159/000320847>
- 502 29. Cheng M, Anderson M, Levac DE. Performance variability during motor
503 learning of a new balance task in a non-immersive virtual environment in children with
504 hemiplegic cerebral palsy and typically developing peers. *Front Neurol* [Internet]. 2021
505 Mar 15 [cited 2022 Aug 24];12. Available from:
506 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33790848/>
- 507 30. Biffi E, Beretta E, Cesareo A, Maghini C, Turconi AC, Reni G, et al. An
508 immersive virtual reality platform to enhance walking ability of children with acquired
509 brain injuries. *Methods Inf Med.* 2017. Available from: [https://doi.org/10.3414/ME16-](https://doi.org/10.3414/ME16-02-0020)
510 [02-0020](https://doi.org/10.3414/ME16-02-0020)
- 511 31. Wu J, Loprinzi PD, Ren Z. The rehabilitative effects of virtual reality games on
512 balance performance among children with cerebral palsy: A meta-analysis of

- 513 randomized controlled trials. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(21). Available
514 from: <https://doi.org/10.3390/ijerph16214161>
- 515 32. Pin TW. Effectiveness of interactive computer play on balance and postural
516 control for children with cerebral palsy: A systematic review. *Gait Posture*. 2019 Sep
517 1;73:126–39. Available from: <https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2019.07.122>
- 518 33. Warnier N, Lambregts S, Port I Van De. Effect of virtual reality therapy on
519 balance and walking in children with cerebral palsy: A systematic review. *Dev*
520 *Neurorehabil* [Internet]. 2019;00(00):1–17. Available from:
521 <https://doi.org/10.1080/17518423.2019.1683907>.

Figura 1:

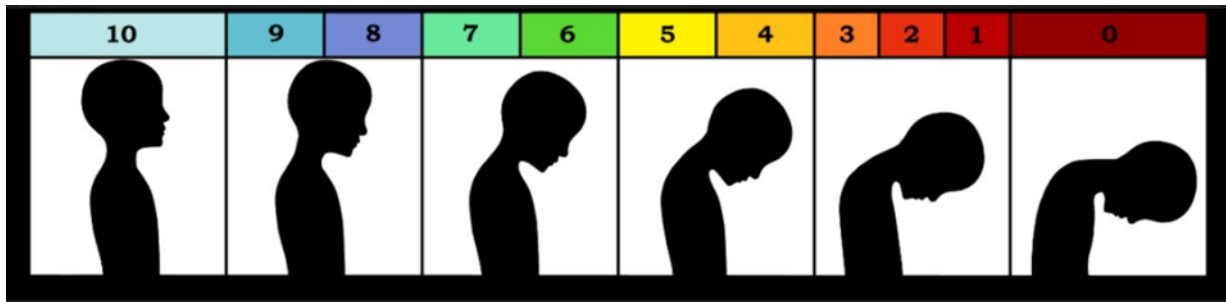


Figura 1: Escala Visual Analógica de Controle de Cabeça (EVACC)

Figura 2:

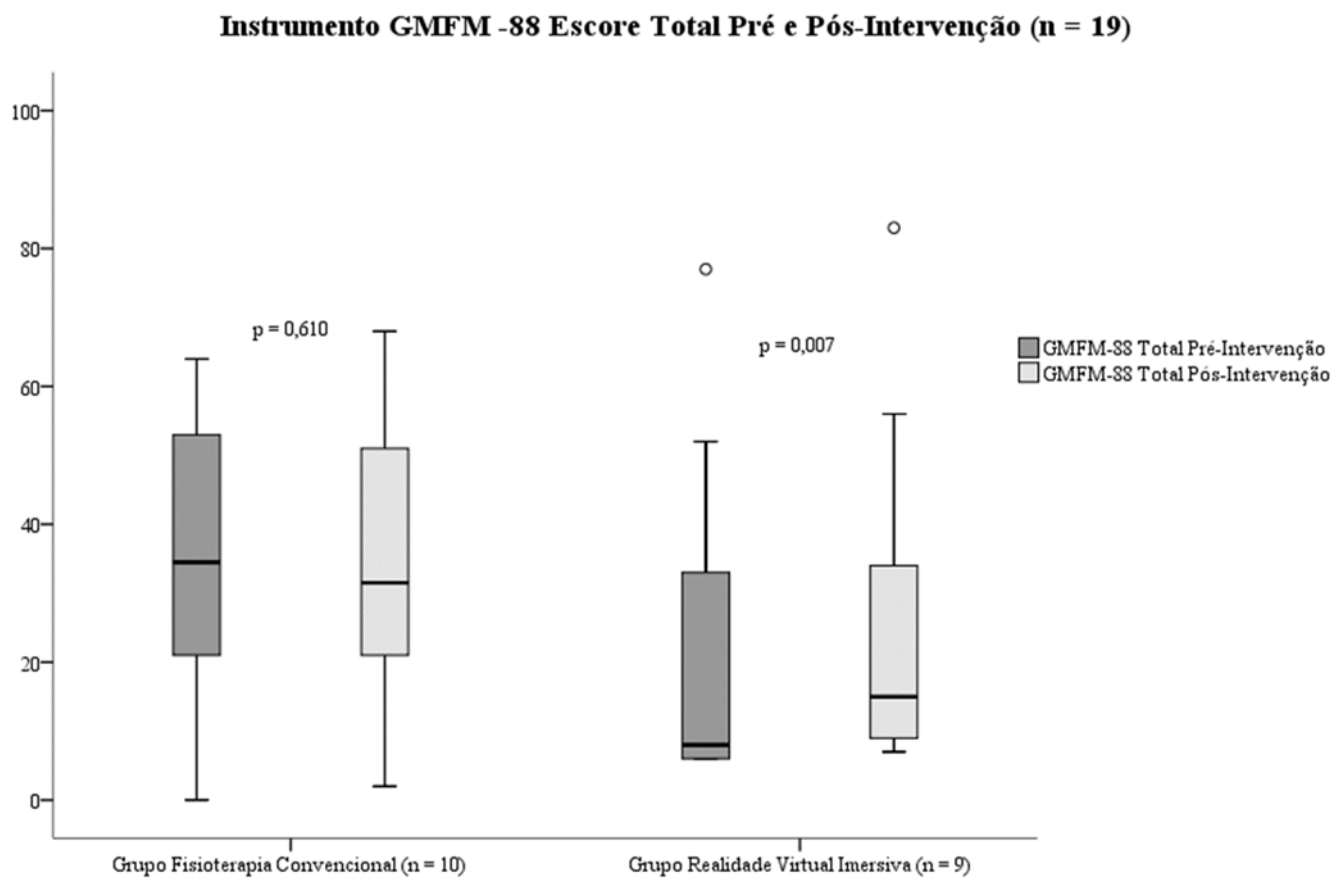


Figura 2: Valores Medianas, Amplitude Interquartil, nível de significância do Teste Wilcoxon do Instrumento GMFM-88 Escore Total Pré e Pós-Intervenção Grupo Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI).

Figura 3:

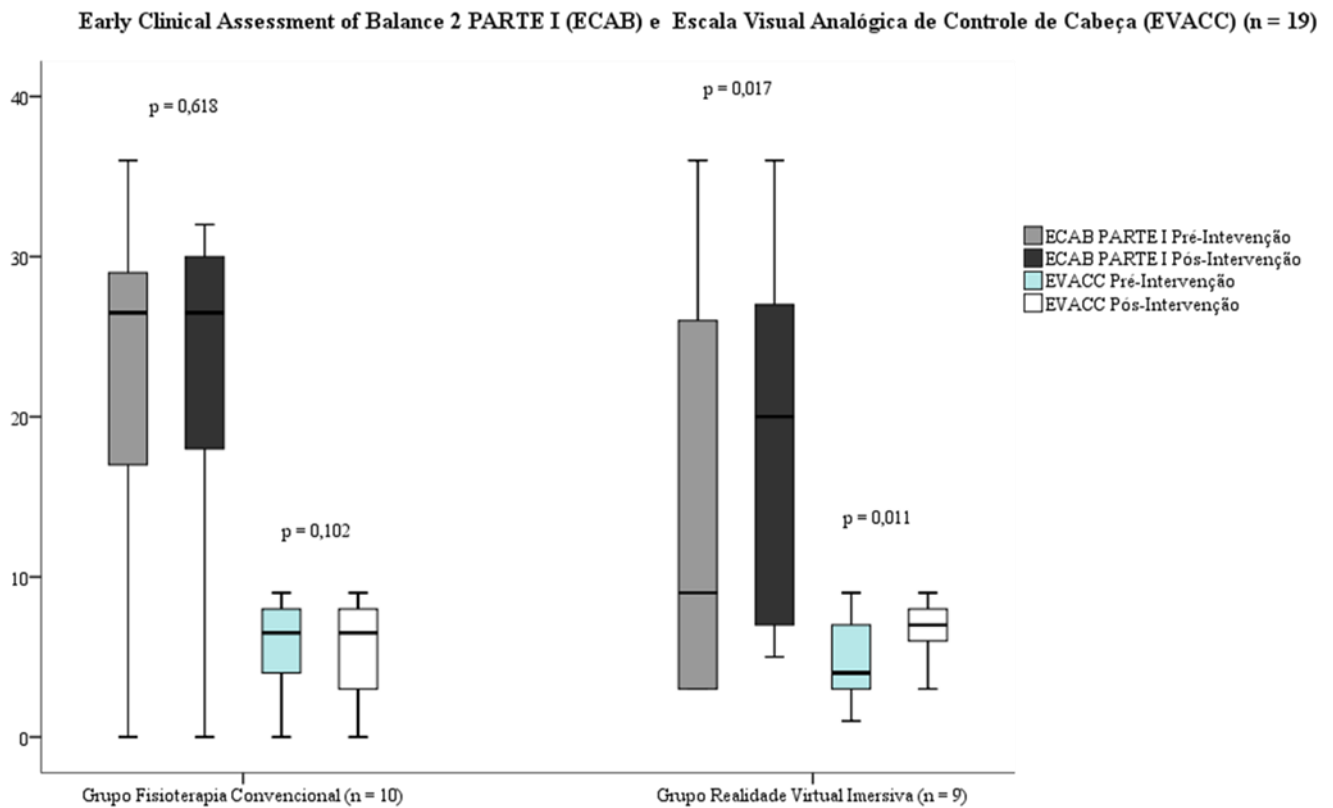


Figura 3: Valores Medianas, Amplitude Interquartil, nível de significância do Teste Wilcoxon dos Instrumentos *Early Clinical Assessment of Balance 2* PARTE I (ECAB) e Escala Visual Analógica de Controle de Cabeça (EVACC) no Pré e Pós-Intervenção Grupo Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI).

Tabela 1: Características Clínicas e Demográficas das Crianças com PC (n = 19)

Características		Grupo FC (n = 10)	Grupo RVI (n = 9)	p
Idade		11,90 ± 4,43	11 ± 3,46	0,631
Sexo	Feminino	6	4	0,656
Frequenta Escola	Regular	5	0	
	Especial	4	6	
	Não Frequenta	1	3	
Topografia da PC	Tetraparesia	6	6	
	Hemiparesia	0	1	
	Diparesia	3	2	
	Outro	1	0	
Tônus	Hipertonia	10	9	0,101
GMFCS	III	3	3	
	IV	4	0	
	V	3	6	
Terapias		10	9	
Fisioterapia		10	9	
Terapia Ocupacional		5	3	
Fonoaudiologia		4	4	
Psicologia		2	2	
Equoterapia		1	0	
Fisioterapia Aquática		3	1	
Frequência das Terapias	2x semanais	5	6	
	3xsemanais	2	0	
	5xsemanais	1	0	
	Todos os dias	2	3	
Órteses		7	4	
Dispositivo Auxiliar de Mobilidade		2	1	

Tabela 2: Valores das Médias, Desvio-Padrão, Medianas, Amplitude Interquartil dos Escores de cada uma das Dimensões da GMFM-88 Pré e Pós-Intervenção nos Grupos Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI).

Dimensões da GMFM - 88	Grupo FC (n = 10)							Grupo RVI (n = 9)						
	Pré-Intervenção			Pós-Intervenção			p	Pré-Intervenção			Pós-Intervenção			p
	Média ± DP	Mediana	Q25-Q75	Média ± DP	Mediana	Q25-Q75		Média ± DP	Mediana	Q25-Q75	Média ± DP	Mediana	Q25-Q75	
Dimensão A (Deitar e Rolar)	79,50 ± 29,07	87	78,25 - 96,50	79,10 ± 25,27	85	78,25 - 92,50	0,878	52,22 ± 35,63	33	20,50 - 90,50	60,33 ± 31,45	39	34 - 93,00	0,017*
Dimensão B (Sentar)	53,80 ± 33,02	55	26,75 - 89,25	52,00 ± 33,79	46	22,50 - 88,50	0,372	37,89 ± 37,68	12	8,50 - 77,50	40,78 ± 36,70	27	9,00 - 80,00	0,141
Dimensão C (Engatinhar e Ajoelhar)	25,00 ± 25,18	11	5,75 - 48,00	25,00 ± 29,62	8,5	1,50 - 48,25	0,571	17,22 ± 31,96	0	0,00 - 31,00	20,00 ± 35,69	2	0,00 - 39,00	0,066
Dimensão D (Ficar em pé)	8,30 ± 14,95	0	0,00 - 18,75	10,60 ± 18,33	0	0,00 - 22,75	0,102	8,22 ± 19,67	0	0,00 - 7,50	9,89 ± 26,12	0	0,00 - 5,00	0,655
Dimensão E (Andar, Correr e Pular)	7,00 ± 7,95	4	0,00 - 15,50	7,60 ± 10,64	0	0,00 - 17,25	0,593	5,89 ± 13,25	0	0,00 - 7,00	6,67 ± 14,73	0	0,00 - 8,50	0,180

GMFM- 88: Gross Motor Function Measure; Q25-Q75: amplitude interquartil; * nível mínimo de significância do Teste Wilcoxon

Tabela 3: Valores das Médias, Desvio-Padrão, Medianas, Amplitude Interquartil dos Escores dos Instrumentos Pré e Pós-Intervenção nos Grupos Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI).

GRUPOS	INTERVENÇÃO	INSTRUMENTOS	PEDI						ECAB PARTE I	EVACC	PedsQL® 3.0
			Habilidade Funcionais			Assistência Cuidador					
			Auto-Cuidado	Mobilidade	Função Social	Auto-Cuidado	Mobilidade	Função Social			
FC	Pré	Média ± DP	37,90 ± 23,94	18,10 ± 12,37	47,00 ± 21,94	15,30 ± 14,54	10,30 ± 11,73	18,30 ± 10,08	23,30 ± 10,43	6 ± 2,9	54,86 ± 23,02
		Mediana	41	18	57,50	14	5,50	25	26,50	6,50	58,51
		Q25-Q75	17,75 - 56,75	6,50 - 30,50	24 - 64	1,50 - 27,50	0,00 - 21,75	6,50 - 25,00	16,50 - 29,75	3,75 - 8,25	40,31 - 70,78
	Pós	Média ± DP	36,80 ± 22,91	18,30 ± 15,20	42,30 ± 25,39	17,20 ± 14,17	12,20 ± 14,52	15,50 ± 10,05	22,90 ± 9,83	5,50 ± 2,95	53,18 ± 23,87
		Mediana	36	14,50	51	17	3,50	20,50	26,50	6,50	48,91
		Q25-Q75	21,25 - 54,75	5,25 - 33,50	20,75 - 64,25	3,75 - 29,50	0,00 - 29,50	4,00 - 25,00	17,50 - 30,25	2,75 - 8,00	38,03 - 70,24
		p	0,574	0,833	0,141	0,116	0,916	0,115	0,618	0,102	0,646
RVI	Pré	Média ± DP	19,11 ± 16,12	11,67 ± 15,02	32,33 ± 15,62	7,00 ± 8,24	5,89 ± 10,93	11,78 ± 8,16	14,00 ± 12,59	4,44 ± 2,74	41,75 ± 21,25
		Mediana	14	4	41	4	0	10	9	4	44,68
		Q25-Q75	2,50 - 37,50	0,00 - 21,00	17,00 - 42,00	0,00 - 12,00	0,00 - 9,50	5,00 - 21,00	3,00 - 26,50	2,00 - 7,00	17,76 - 62,36
	Pós	Média ± DP	22,22 ± 17,85	13,67 ± 15,11	34,44	8,67 ± 9,20	5,67 ± 9,39	12,00 ± 7,87	18,22 ± 11,78	6,89 ± 1,76	39,06 ± 19,93
		Mediana	23	9	37	4	0	10	20	7	41,86
		Q25-Q75	3,50 - 37,50	0,00 - 23,50	17,00 - 47,50	1,00 - 18,50	0,00 - 10,00	6,00 - 18,50	6,00 - 28,50	6,00 - 8,00	19,64 - 54,72
		p	0,380	0,206	0,134	0,109	0,655	1,000	0,017*	0,011*	0,678

DP: Desvio Padrão; Q25-Q75: amplitude interquartil; PEDI: Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade; ECAB PARTE I: Early Clinical Assessment of Balance 2; EVACC: Escala Visual Analógica de Controle de Cabeça; PedsQL® 3.0: *Pediatric Quality of Life Inventory Module Cerebral Palsy*® 3.0 * nível mínimo de significância do Teste Wilcoxon.

Tabela 4: Níveis de significância do Teste de Mann-Whitney dos Escores dos Instrumentos Pré e Pós-Intervenção Fisioterapia Convencional (FC) X Realidade Virtual Imersiva (RVI).

INSTRUMENTOS		PRÉ-INTERVENÇÃO	PÓS-INTERVENÇÃO
		FC X RVI (n =19) p	FC X RVI (n= 19) p
GMFM -88	Total	0,190	0,306
	Dimensão A	0,191	0,487
	Dimensão B	0,326	0,414
	Dimensão C	0,105	0,430
	Dimensão D	0,712	0,488
	Dimensão E	0,322	0,553
PEDI	Habilidades Funcionais		
	Auto-Cuidado	0,094	0,141
	Mobilidade	0,203	0,509
	Função Social	0,078	0,368
	Auto-Cuidado	0,216	0,151
Auxílio Cuidador	Mobilidade	0,235	0,401
	Função Social	0,074	0,485
ECAB PARTE I		0,110	0,368
EVACC		0,248	0,319
PedsQL ® 3.0		0,191	0,221

7 ARTIGO 4

Effects of Different Rehabilitation Interventions on Psychoemotional Characteristics of Caregivers of Children with Cerebral Palsy

(Formatado conforme as normas do periódico Journal of Motor Behavior– Qualis A1,
Fator de Impacto 1.358)

**Efeitos de Diferentes Intervenções de Reabilitação nas Características Psicoemocionais
dos Cuidadores de Crianças com Paralisia Cerebral**

Fabiana Rita Camara Machado ^{1,2*}; Thaianne Cavalheiro³; Eduardo Antônio Pereira³, Pedro
Valladão Olovate³, Isabela Possebon Bevilacqua³, Alcyr Alves de Oliveira²

¹Hospital de Clínicas de Porto Alegre, HCPA, Porto Alegre, Brasil; ²Programa de Pós-
Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto
Alegre, UFCSPA, Porto Alegre, Brasil; ³Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal
de Ciências da Saúde de Porto Alegre, UFCSPA, Porto Alegre, Brasil

* Autor Correspondente:

Fabiana Rita Camara Machado

Hospital de Clínicas de Porto Alegre - HCPA

Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre, RS 90035 – 903, Brasil

e-mail: fabianarita@gmail.com

Efeitos de Diferentes Intervenções de Reabilitação nas Características Psicoemocionais dos Cuidadores de Crianças com Paralisia Cerebral

Resumo

Neste estudo investigamos sobrecarga, ansiedade e depressão de cuidadores de pessoas com paralisia cerebral de moderada a grave que foram submetidos a reabilitação convencional ou com tecnologia de realidade virtual. Os cuidadores foram randomizados e avaliados, antes e após a intervenção com seus filhos e/ou tutelados, através das ferramentas *Zarit Caregiver Burden Interview* (BI), *Beck Anxiety Inventory* (BAI) e *Beck Depression Inventory* (BDI). Os cuidadores do grupo fisioterapia convencional apresentaram mínimo grau de ansiedade, enquanto o grupo realidade virtual demonstraram sintomas leves. Não houve mudanças na intensidade da depressão, entretanto ambos os grupos apresentaram sobrecarga moderada. Cuidadores de pessoas com paralisia cerebral de moderada a grave apresentam sobrecarga moderada e sintomas mínimos e/ou leves de ansiedade.

Palavras-Chave: Paralisia Cerebral, Cuidador, Sobrecarga, Ansiedade, Depressão.

Abstract

In this study, we investigated burden, anxiety and depression in caregivers of people with moderate to severe cerebral palsy who underwent conventional rehabilitation or with virtual reality technology. Caregivers were randomized and evaluated, before and after the intervention with their children and/or wards, using the Zarit Caregiver Burden Interview (BI), Beck Anxiety Inventory (BAI) and Beck Depression Inventory (BDI) tools. The caregivers in the conventional physical therapy group showed minimal anxiety, while the virtual reality group showed mild symptoms. There were no changes in the intensity of depression, however both groups presented moderate burden. Caregivers of people with moderate to severe cerebral palsy have moderate burden and minimal and/or mild symptoms of anxiety.

Keywords: Cerebral Palsy, Caregiver, Burden, Anxiety, Depression

Introdução

A paralisia cerebral (PC) é a principal desordem do neurodesenvolvimento na infância, a qual engloba uma variedade de limitações de atividades e restrições de participação que reduzem a qualidade de vida (Graham et al., 2019; Kapanova et al., 2021; Vitrikas et al., 2020).

As limitações significativas no desenvolvimento funcional global e a cronicidade da doença resultam na necessidade de cuidados adicionais a longo prazo associado à necessidade de lidar com os problemas e adversidades relacionados à PC, gerando significativa sobrecarga e constituindo um grande desafio para família e cuidadores (Gugała, 2021; Tseng et al., 2016).

A família e/ou cuidador tem papel fundamental no manejo e no tratamento da PC e não pode-se ignorar o fato que a saúde física e mental dos responsáveis pelos cuidados dessas crianças também é afetado (Garip et al., 2017). Os cuidados de uma criança com PC exigem ampla ingerência médica e de reabilitação, os quais geram excessiva responsabilidade e sobrecarga à família, afetando à saúde física e psicológica, bem como, a vida social, cultural, profissional e financeira (Gokcin Eminel et al., 2021; Gugała, 2021) Estudos apontam que sobrecarga, depressão e ansiedade estão em níveis mais elevados nos cuidadores de crianças mais velhas e com quadros motores mais severos (Garip et al., 2017; Gugała, 2021; Tseng et al., 2016).

Sendo assim, o custo/efetividade da reabilitação está associado ao componente cuidador, já que a eficácia do programa de terapia pediátrica apresenta impacto sobre a qualidade de vida da criança e da família (Tseng et al., 2016). Dessa forma, o objetivo do presente artigo foi investigar a sobrecarga, o nível de ansiedade e de depressão de cuidadores de pessoas com PC de moderada a grave que foram submetidos a reabilitação convencional ou com tecnologia de realidade virtual, bem como verificar o

efeito de diferentes tipos de intervenções sobre as características psicoemocionais desses cuidadores.

Método

Design do Estudo

Estudo observacional do tipo medidas repetidas “antes/depois” com pais e/ou cuidadores de pessoas diagnóstico de PC de moderadas a graves, classificadas como nível III, IV e V de acordo com o Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (UFCSPA), CAEE 88204418.9.0000.5345.

Os participantes foram pais e/ou cuidadores de pacientes com PC em atendimento em instituições de reabilitação responsáveis por prestar atendimentos a pessoas com deficiência. Foram excluídos pais e/ou cuidadores de crianças com PC classificadas como nível I e II de acordo com o GMFCS. Todos os participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido após terem sido informados sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa.

Ansiedade e depressão dos pais e/ou cuidadores foram avaliadas empregando o *Beck Anxiety Inventory* (BAI) e *Beck Depression Inventory* (BDI). Os responsáveis pelas crianças responderam também ao questionário *Zarit Caregiver Burden Interview* (BI) para avaliar o grau de sobrecarga das atividades diárias.

A pesquisa propôs um programa de reabilitação com tecnologia de realidade virtual (RV) interligado com um jogo sério desenvolvido para pessoas com PC. O estudo observou o comportamento psicoemocional dos pais e/ou cuidadores que tiveram seus filhos submetidos a tratamento de reabilitação com tecnologia inovadora de RV, a qual promove aprendizagem em contexto ecológico, com intervenções mais divertidas e

menos frustrantes, que permitem atingir recuperação funcional com desenvolvimento de atividades e de participação em ambiente desafiador, agradável e seguro (Bortone et al., 2017; Ravi et al., 2017; Shum et al., 2020).

Após as avaliações iniciais para responder aos critérios de inclusão ou exclusão os pais e/ou cuidadores foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos. Com o objetivo de manter sigilo na alocação aos grupos foi realizada randomização empregando o *software* de aleatorização e distribuição em grupos (<http://www.randomization.com/>).

Medidas de Desfecho

Os pais e/ou cuidadores foram avaliados antes e após a intervenção com RV com as pessoas com PC.

- *Beck Anxiety Inventory* (BAI): avalia os sintomas e a gravidade da ansiedade (Cunha, 2001).
- *Beck Depression Inventory* (BDI): avalia a intensidade da depressão (Cunha, 2001).
- *Zarit Caregiver Burden Interview* (BI): questionário que avalia o quanto às atividades do cuidado tem impacto sobre a vida social, financeira, relações interpessoais, bem-estar físico e emocional do cuidador. (Scazufca, 2002; Zarit, 1987).

Procedimentos

Foram contatados os responsáveis legais de todas as pessoas com PC, que os profissionais dos locais, onde o estudo foi realizado, indicaram como potenciais participantes. Todas as pessoas que preencheram os critérios de inclusão foram convidadas para participar do estudo. Assim que os objetivos da pesquisa foram explicados e as dúvidas esclarecidas, os pais e/ou cuidadores, que concordaram, realizaram as assinaturas dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido – um para participação dos pacientes com PC e outro para participação dos pais e/ou cuidadores.

Os pais e/ou cuidadores foram avaliados por um examinador através da aplicação das escalas BAI, BDI e BI.

Após a randomização, os pacientes com PC, foram divididos em dois grupos, jogo sério associado à RV em imersão (RVI) ou fisioterapia convencional (FC). Os pacientes com PC realizaram 10 sessões durante dois meses com duração de 10 minutos cada atendimento. Pais e/ou cuidadores acompanharam a mesma divisão dos pacientes com PC pelos quais eram responsáveis. Vinte e quatro horas após a última sessão de intervenção foram realizadas novas avaliações com a aplicação das mesmas escalas com os pais e/ou cuidadores.

Intervenção

O grupo FC realizou atividades que consistiam em alongamentos passivos de membros inferiores e tarefas lúdicas com bola na posição sentada para ativar o controle de cabeça e o equilíbrio de tronco. Já o grupo de RV imersiva realizou uma atividade com jogo sério criado pela equipe do NERV em ambiente virtual de reabilitação com a utilização de um dispositivo HMD móvel (VR BOX – *Virtual Reality Glasses*®) associado a um *smartphone* compatível (*Samsung Galaxy S8*®). O jogo desenvolvido pela equipe consistia na imagem de um pequeno avião voando por uma floresta em um dia ensolarado e o paciente ajuda a guiar o avião, utilizando os movimentos da cabeça. Como objetivo principal, o paciente foi convidado a procurar arcos listrados e coloridos que se encontravam flutuando no ambiente virtual, no objetivo de guiar o avião até eles, realizando assim um movimento com a cabeça. O sistema permitiu movimentos da cabeça e do tronco em diferentes amplitudes de movimento, proporcionando um treinamento lúdico e divertido.

Análise dos Dados

As características demográficas dos participantes foram analisadas descritivamente através de frequência absoluta e relativa para as variáveis categóricas e média e desvio-padrão ou mediana e intervalo interquartil para as variáveis quantitativas. A normalidade dos dados foi avaliada através do teste de *Shapiro-Wilk*. Como os dados resultantes dos escores dos instrumentos utilizados não se ajustaram a distribuição normal, eles foram avaliados pelo teste não paramétrico de Wilcoxon intragrupos. O teste de Mann-Whitney foi utilizado intergrupos. Foi considerado intervalo de confiança de 95%. Os dados foram analisados por meio do software SPSS Statistics versão 22.0 (IBM Corp, Armonk, NY) e um nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Fizeram parte do estudo 19 pais e/ou cuidadores com média de idade de $41,93 \pm 14,79$ anos, com mínimo de 17 e máximo de 64 anos. A tabela 1 e 2 mostram as características demográficas de pais e/ou cuidadores e das pessoas com PC.

Todos os participantes, de ambos os grupos, responderam a todas as questões das ferramentas propostas pelo estudo. Não foi possível observar mudanças nos sintomas e gravidade de ansiedade e na intensidade da depressão de pais e/ou cuidadores de pessoas de PC tanto no grupo FC ($p = 0,398$ e $p = 0,612$ respectivamente) quanto no RVI ($p = 0,514$ e $p = 1,00$ respectivamente). Contudo, os pais e/ou cuidadores do grupo FC apresentaram grau mínimo de ansiedade (média pré-intervenção de $6,10 \pm 6,91$ e pós-intervenção de $6,50 \pm 11,56$), enquanto os do grupo RVI demonstraram sintomas leves de ansiedade (média pré-intervenção de $10,89 \pm 10,57$ e pós-intervenção de $13,00 \pm 13,08$). Quanto a sobrecarga também não foi possível constatar modificações tanto do grupo FC ($p = 0,262$) quanto no RVI ($p = 0,213$). Apesar disso, os participantes de ambos os grupos mostraram sobrecarga moderada. No grupo FC, a média pré-

intervenção foi de $23,40 \pm 8,80$ e no pós-intervenção passou para $20,20 \pm 11,20$ com discreta redução. Já no grupo RVI a média pré-intervenção foi de $21,33 \pm 10,70$ e no pós-intervenção passou para $27,78 \pm 9,16$. As médias, desvio-padrão, medianas, mínimas e máximas e a amplitude interquartil das pontuações pré e pós-intervenção dos instrumentos BAI, BDI e BI em ambos os grupos são apresentados na Tabela 3.

Quando comparamos pais e/ou cuidadores dos grupos FC e RVI no pré e pós-intervenção não se verifica modificações nos sintomas e na gravidade de ansiedade, na intensidade da depressão e na sobrecarga. A tabela 4 mostra os níveis de significância no Teste de Mann-Whitney dos instrumentos BAI, BDI e BI.

Discussão

As escalas *Beck Anxiety Inventory* (BAI), *Beck Depression Inventory* (BDI) e *Zarit Caregiver Burden Interview* (BI) foram aplicadas a fim de investigar os sintomas e gravidade de ansiedade, a intensidade de depressão e a sobrecarga de pais e/ou cuidadores de pessoas com PC de moderada a grave. O estudo observou o comportamento psicoemocional de pais e/ou cuidadores que tiveram seus filhos e/ou tutelados submetidos a diferentes tipos de intervenções de reabilitação, uma com tecnologia inovadora de realidade virtual imersiva e outra convencional. As ferramentas demonstraram que os participantes de ambos os grupos, independentemente do tipo de tratamento, apresentaram mínimos e/ou leves sintomas de ansiedade, nenhum sinal de depressão e uma sobrecarga moderada ao cuidar de pessoas com PC com comprometimento motor de moderado a grave.

De fato, estudos apontam que cuidadores de pessoas com PC, principalmente com maior comprometimento funcional, apresentam carga de trabalho mais elevada, a qual pode ser explicada pela execução das tarefas cotidianas de cuidado como higiene, alimentação e locomoção (Gokcin Eminel et al., 2021). Dessa forma, cuidadores

demonstram maior sobrecarga, principalmente pelas demandas do próprio cuidar, devido ao grau de incapacidade funcional e de dependência física das pessoas com PC (Gokcin Eminel et al., 2021; Gugala, 2021; Marrón et al., 2013; Yiğman et al., 2020). Nesse sentido, estudos afirmam que pais de crianças com PC exibem nível moderado de sobrecarga (Gugala, 2021; Yiğman et al., 2020). Em acordo, os resultados, desse estudo, descrevem pais e/ou cuidadores com sobrecarga moderada de cuidados de pessoas com PC classificadas nível III, IV e V na GMFCS, ou seja, de moderada a grave comprometimento motor.

Discute-se que sobrecarga de cuidadores de pessoas com PC se correlaciona diretamente com os sintomas psicoemocionais como ansiedade e de depressão (Gokcin Eminel et al., 2021; Gugala, 2021). Nessa perspectiva, estudos afirmam que pais de crianças com PC exibem maiores sintoma de ansiedade (Gugala, 2021; Yiğman et al., 2020), como evidenciado por esse estudo, o qual mostrou presença de sintomas mínimos e/ou leves de ansiedade nos pais e/ou cuidadores das pessoas com PC de moderada e grave. No entanto, Marrón (2013) não aponta alterações nos sintomas de ansiedade de cuidadores de crianças com PC (Marrón et al., 2013).

Estudos ainda suportam que cuidadores de pessoas com PC manifestam maior estresse emocional com sintomas de depressão mais marcantes que os de crianças com desenvolvimento típico e que esses traços depressivos podem ser um fator preditivo para maior sobrecarga (Garip et al., 2017; Gokcin Eminel et al., 2021; Marrón et al., 2013). Entretanto, Gugala (2021) ressalta que cuidadores mais envolvidos emocionalmente apresentam menor probabilidade de manifestar sintomas de depressão, o que pode justificar o fato de os participantes desse estudo não terem sinais de depressão independentemente do tipo de reabilitação que os filhos e/ou tutelados foram submetidos.

Não houve modificações no comportamento psicoemocional de pais e/ou cuidadores antes e após as intervenções tanto de realidade virtual imersiva quanto de fisioterapia convencional, tanto intragrupos como intergrupos nesse estudo. Cabe considerar que os participantes não estavam sob algum tipo de intervenção, somente seus filhos e/ou tutelados. No entanto, Lazcano (2014) propôs uma terapia de intervenção psicossocial com cuidadores de pessoas com PC, a qual promoveu a redução na sobrecarga, impactando de forma positiva sobre o bem-estar e, assim, consequentemente, melhorando a qualidade de vida desses indivíduos.

Conclusão

Observa-se que pais e/ou cuidadores de pessoas com PC com comprometimento motor de moderado a grave possuem um nível moderado de sobrecarga e apresentam sintomas mínimos e/ou leves de ansiedade, independentemente do tipo de intervenção de reabilitação que seus filhos e/ou tutelados são submetidos. Recomenda-se futuros trabalhos para a investigação se intervenções específicas, visando saúde física e mental, com pais e/ou cuidadores podem proporcionar melhorias nas condições psicoemocionais.

Referências

- Bortone, I., Leonardis, D., Solazzi, M., Procopio, C., Crecchi, A., Briscese, L., Andre, P., Bonfiglio, L., & Frisoli, A. (2017). Serious Game and Wearable Haptic Devices for Neuro Motor Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy. *Biosystems and Biorobotics*, 15, 443–447. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46669-9_74
- Cunha, J. A. (2001). *Manual da Versão em Português das Escalas de Beck*. (C. do Psicólogo (ed.)).
- Garip, Y., Ozel, S., Tuncer, O. B., Kilinc, G., Seckin, F., & Arasil, T. (2017). Fatigue in the Mothers of Children with Cerebral Palsy. *Disability and Rehabilitation*, 39(8),

757–762. <https://doi.org/10.3109/09638288.2016.1161837>

- Gokcin Eminel, A., Kahraman, T., & Genc, A. (2021). Physical Workload During Caregiving Activities and Related Factors Among the Caregivers of Children with Cerebral Palsy. *Ir J Med Sci.*, *190*(2), 701–709. <https://doi.org/10.1007/s11845-020-02337-w>
- Graham, D., Paget, S. P., & Wimalasundera, N. (2019). Current Thinking in the Health Care Management of Children with Cerebral Palsy. *Medical Journal of Australia*, *210*(3), 129–135. <https://doi.org/10.5694/mja2.12106>
- Gugała, B. (2021). Caregiver Burden Versus Intensity of Anxiety and Depression Symptoms in Parents of Children with Cerebral Palsy as Well as Factors Potentially Differentiating the Level of Burden: A Cross-Sectional Study (Poland). *BMJ Open*, *11*, 36494. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-036494>
- Kapanova, G., Malik, S., & Adylova, A. (2021). Underlying Causes of Cerebral Palsy: Public Health Perspectives. *Folia Neuropathologica*, *59*(4), 386–392. <https://doi.org/10.5114/FN.2021.112019>
- Marrón, E. M., Redolar-Ripoll, D., Boixadós, M., Nieto, R., Guillamón, N., Hernández, E., & Gómez, B. (2013). Burden on Caregivers of Children with Cerebral Palsy: Predictors and Related Factors. *Universitas Psychologica*, *12*(3), 767–778. <https://doi.org/10.11144/JAVERIANA.UPSY12-3.BCCC>
- Ravi, D. K., Kumar, N., & Singhi, P. (2017). Effectiveness of Virtual Reality Rehabilitation for Children and Adolescents with Cerebral Palsy: An Updated Evidence-Based Systematic Review. *Physiotherapy (United Kingdom)*, *103*(3), 245–258. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2016.08.004>
- Scazufca, M. (2002). Brazilian Version of the Burden Interview Scale for the Assessment of Burden of Care in Carers of People with Mental Illnesses. *Revista*

Brasileira de Psiquiatria, 24(1), 10–15. <https://doi.org/10.1590/S1516-44462002000100006>

Shum, L. C., Valdes, B. A., Hodges, N. J., & Van Der Loos, H. F. M. (2020). Error Augmentation in Immersive Virtual Reality for Bimanual Upper-Limb Rehabilitation in Individuals with and without Hemiplegic Cerebral Palsy. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 28(2), 541–549. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2019.2959621>

Tseng, M. H., Chen, K. L., Shieh, J. Y., Lu, L., Huang, C. Y., & Simeonsson, R. J. (2016). Child Characteristics, Caregiver Characteristics, and Environmental Factors Affecting the Quality of Life of Caregivers of Children with Cerebral Palsy. *Disability and Rehabilitation*, 38(24), 2374–2382. <https://doi.org/10.3109/09638288.2015.1129451>

Vitrikas, K., Dalton, H., Grant, D., & Breish, D. (2020). Cerebral Palsy: An Overview. *Am Fam Physician.*, 101(4), 213–220. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32053326/>

Yığman, F., Aykın Yığman, Z., & Ünlü Akyüz, E. (2020). Investigation of the Relationship Between Disease Severity, Caregiver Burden and Emotional Expression in Caregivers of Children with Cerebral Palsy. *Irish Journal of Medical Science*, 189(4), 1413–1419. <https://doi.org/10.1007/S11845-020-02214-6>

Zarit, S. H. ; Z. J. M. (1987). The Memory and Behavior Problems Checklist - 1987R and the Burden Interview (technical report). In *University Park (PA)*. Pennsylvania State University.

Tabela 1: Características Demográficas de Pais e/ou Cuidadores (n = 19)

Características		Total (n = 19)
	Idade	41,93 ± 14,79 anos
Grau de parentesco	Mãe	9
	Avós	3
	Outros	7
Escolaridade	Ensino Fundamental Incompleto	3
	Ensino Fundamental Completo	2
	Ensino Médio Incompleto	2
	Ensino Médio Completo	3
	Ensino Superior	9
Estado Civil	Solteiro	6
	Casado	11
	Viúvo	2
Trabalha	Sim	7
Cuidador Principal	Mãe	11
	Avós	3
	Outros	5
Situação Conjugal	Vivem Juntos	6
Irmãos	Sim	12

Tabela 2: Características Clínicas e Demográficas das Pessoas com PC (n = 19).

Características		Grupo FC (n = 10)	Grupo RVI (n = 9)	p
Idade		11,90 ± 4,43	11 ± 3,46	0,631
Sexo	Feminino	6	4	0,656
Topografia da PC	Tetraparesia	6	6	
	Hemiparesia	0	1	
	Diparesia	3	2	
	Outro	1	0	
GMFCS	III	3	3	0,101
	IV	4	0	
	V	3	6	

FC: Fisioterapia Convencional; RVI: Realidade Virtual Imersiva; PC: Paralisia Cerebral; GMFCS: Sistema de Classificação da Função Motora Grossa.

Tabela 3: Valores das Médias, Desvio-Padrão, Medianas, Mínima e Máxima, Amplitude Interquartil dos Escores dos Instrumentos Pré e Pós-Intervenção nos Grupos Fisioterapia Convencional (FC) e Realidade Virtual Imersiva (RVI) de Pais e/ou Cuidadores de Pessoas com PC.

GRUPOS	INTERVENÇÃO	INSTRUMENTOS	BAI	BDI	BI
FC (n = 10)	Pré-Intervenção	Média ± DP	6,10 ± 6,91	6,60 ± 7,76	23,40 ± 8,80
		Mediana	3,50	5,00	23,00
		Mín - Máx	0 - 23	0 - 26	0 - 37
		Q25-Q75	2,00 - 10,25	0,75 - 8,25	10,50 - 29,25
	Pós-Intervenção	Média ± DP	6,50 ± 11,56	5,40 ± 7,27	20,20 ± 11,20
		Mediana	2,00	3,50	21,00
		Mín - Máx	0 - 36	0 - 24	0 - 42
		Q25-Q75	0,00 - 7,26	0,75 - 6,50	12,00 - 26,00
RVI (n = 9)	Pré-Intervenção	Média ± DP	10,89 ± 10,57	7,56 ± 5,76	21,33 ± 10,70
		Mediana	7,00	8,00	16,00
		Mín - Máx	0 - 29	0 - 19	9 - 40
		Q25-Q75	2,50 - 21,50	2,50 - 10,50	13,00 - 30,50
	Pós-Intervenção	Média ± DP	13,00 ± 13,08	8,22 ± 6,76	27,78 ± 9,16
		Mediana	10,00	7,00	26,00
		Mín - Máx	0 - 39	0 - 24	16 - 46
		Q25-Q75	3,50 - 23,50	4,00 - 10,00	20,50 - 32,50

DP: Desvio Padrão; Min- Máx: Mínimo – Máximo; Q25-Q75: amplitude interquartil; BAI: *Beck Anxiety Inventory*; BDI: *Beck Depression Inventory*; BI: *Zarit Caregiver Burden Interview*.

Tabela 4: Níveis de significância do Teste de Mann-Whitney dos Escores dos Instrumentos Pré e Pós-Intervenção nos grupos Fisioterapia Convencional (FC) X

INSTRUMENTOS	PRÉ-INTERVENÇÃO	PÓS-INTERVENÇÃO
	FC X RVI (n =19)	FC X RVI (n= 19)
	p	p
BAI	0,366	0,090
BDI	0,437	0,140
BI	0,436	0,139

Realidade Virtual Imersiva (RVI) de Pais e/ou Cuidadores de Pessoas com PC.

BAI: *Beck Anxiety Inventory*; BDI: *Beck Depression Inventory*; BI: *Zarit Caregiver Burden Interview*.

8 CONCLUSÃO GERAL

A RV imersiva ainda possui estudos muito vulneráveis quanto a metodologia, com amostras muito pequenas, grupo heterogêneo de indivíduos, sem uso de grupo controle randomizado. Todavia os estudos existentes apontam que a RV imersiva tem discreto potencial para auxiliar na melhora da função motora grossa e na melhoria do padrão e da simetria da marcha, bem como, melhora da velocidade, resistência, equilíbrio de crianças com PC nível I, II e III na GMFCS. Dessa forma, ainda são necessários ensaios clínicos randomizados para determinar o efeito da RV imersiva na melhora nas habilidades motoras de pessoas com PC classificadas em todos os níveis do GMFCS, mas principalmente com capacidade motora de moderada a grave.

Inicialmente, este estudo criou e desenvolveu um jogo sério em RV imersiva com a finalidade de auxiliar no restabelecimento do controle de cabeça e no equilíbrio de tronco, contribuindo, assim, para o desenvolvimento motor grosseiro das pessoas com PC com incapacidades funcionais de moderada a severa. Observou-se que o jogo sério em RV criado e desenvolvido pela equipe do NERV para intervenção terapêutica do controle de cabeça e equilíbrio de tronco é excelente a melhor que imaginado, conforme julgamento de profissionais de saúde. Esse design em nosso conhecimento é pioneiro na proposta de uma tecnologia de jogos específica para reabilitação de pessoas com PC de moderado a severo comprometimento motor.

A investigação indica a possibilidade de a RV imersiva associada a jogo sério específico proposto por esse estudo auxilia na estabilidade da cabeça, no equilíbrio do tronco e na melhora moderada do progresso da função motora grossa de pessoas com PC nível III, IV e V no GMFCS, oferecendo experiência agradável e com ampla aplicabilidade, além de relevante para reabilitação motora dessas pacientes.

Entretanto ainda não há indícios que haja impacto da RV sobre a funcionalidade, no que tange autocuidado, mobilidade e função social dentro das habilidades funcionais. Também não foi possível demonstrar evidências que a RV imersiva cause algum impacto sobre a qualidade de vida desses indivíduos com comprometimento motor de moderado a severo.

O estudo ainda buscou observar o comportamento psicoemocional de pais e/ou cuidadores que tiveram seus filhos e/ou tutelados com PC nível III,

IV e V no GMFCS submetidos a tecnologia terapêutica específica criada e desenvolvida através de um jogo sério em RV imersiva. Observa-se que pais e/ou cuidadores de pessoas com PC com comprometimento motor de moderado a grave possuem um nível moderado de sobrecarga e apresentam sintomas mínimos e/ou leves de ansiedade, independentemente do tipo de intervenção de reabilitação que seus filhos e/ou tutelados são submetidos.

Em suma, os resultados do estudo são promissores e sugerem que esse tipo de intervenção promove melhora principalmente para as habilidades de tarefas específicas. O estudo indica que há possibilidade de aprimoramento do jogo sério em realidade virtual para otimizar a prática do usuário e a relevância terapêutica. Recomenda-se futuros trabalhos para a investigação se intervenções mais longas podem proporcionar melhorias ainda maiores. Aconselha-se ainda trabalhos futuros para averiguar se intervenções específicas com RV para pais e/ou cuidadores é capaz de proporcionar melhorias nas condições psicoemocionais, melhorando a saúde física e, conseqüentemente a qualidade de vida.

9 IMPACTOS DO TRABALHO

Os resultados dos estudos apresentados nesta tese sugerem que o jogo sério empregado em RV imersiva é capaz de impactar produtivamente na reabilitação de crianças com paralisia cerebral mais graves. O impacto sobre a função motora grossa, estabilidade da cabeça e no equilíbrio de tronco dos participantes com PC de moderado a severo comprometimento motor foi observável. Nesta tese foi apresentado um jogo desenvolvido em aplicativo de realidade virtual especialmente desenhado para crianças com PC. Esta especificidade oferece uma proposta de reabilitação consolidada e objetiva. O jogo sério foi proposto para ser usado com dispositivo de HMD de realidade virtual com capacidade de proporcionar experiência imersiva com maior engajamento e motivação do paciente durante a intervenção. O jogo poderá ser atualizado e melhorado para aprimorar a eficácia como ferramenta de treinamento motor com potencial de evoluir sua qualidade adjacente como treinamento cognitivo.

Por fim, a distribuição deste software quando finalizado para o meio acadêmico e de pesquisa permitirá a ampliação dos resultados e seus efeitos na otimização da prática do paciente.

APÊNDICE A

Questionário Estruturado

Dados da Criança:

Nome ou iniciais da criança: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Idade: _____

Sexo: (0) Feminino (1) Masculino

Escola: (0) Não frequenta (1) Especial (2) Normal

Tipo Escola: (0) Particular (1) Pública

Topografia PC: (0) Tetraparesia (1) Diparesia (2) Hemiparesia (3) Outro

Tônus: (0) Eutonia (1) Hipertonia (2) Hipotonia (3) Ataxia (4) Atetose (5) Misto

GMFCS: () III () IV () V

Realiza terapia: (0) Não (1) Sim

Terapias que realiza: (0) Nenhuma (1) Fisioterapia (2) Terapia Ocupacional (3)

Fonoaudiologia (4) Psicologia (5) Equoterapia (6) Fisioterapia Aquática (7) Outras ____

Frequência das Terapias: (0) Nunca (1) 1x/semana (2) 2x/semana (3) 3x/semana

(4) 5x/semana (5) Todos os dias

Dados do Entrevistado:

Nome ou iniciais: _____

Relação com a criança: (0) Pai (1) Mãe (2) Irmão (3) Avós (4) Outros: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Idade: _____

Escolaridade: (0) Não alfabetizado (1) Ensino Fundamental Incompleto (2) Ensino

Fundamental Completo (3) Ensino Médio Incompleto (4) Ensino Médio Completo (5)

Ensino Superior Incompleto (6) Ensino Superior Completo

Estado civil: (0) Solteiro (2) Casado (3) Viúvo (4) União estável (5) Separado (6)

Divorciado (7) Outro: _____

Trabalha: (0) Não (1) Sim

Profissão: _____

Emprego: _____

Dados da Mãe:

Nome ou iniciais: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Idade: _____

Escolaridade: (0) Não alfabetizado (1) Ensino Fundamental Incompleto (2) Ensino

Fundamental Completo (3) Ensino Médio Incompleto (4) Ensino Médio Completo (5)

Ensino Superior Incompleto (6) Ensino Superior Completo

Estado civil: (0) Solteiro (2) Casado (3) Viúvo (4) União estável (5) Separado (6)

Divorciado (7) Outro: _____

Trabalha: (0) Não (1) Sim

Profissão: _____

Emprego: _____

Dados do Pai:

Nome ou iniciais: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Idade: _____

Escolaridade: (0) Não alfabetizado (1) Ensino Fundamental Incompleto (2) Ensino

Fundamental Completo (3) Ensino Médio Incompleto (4) Ensino Médio Completo (5)

Ensino Superior Incompleto (6) Ensino Superior Completo

Estado civil: (0) Solteiro (2) Casado (3) Viúvo (4) União estável (5) Separado (6)

Divorciado (7) Outro: _____

Trabalha: (0) Não (1) Sim

Profissão: _____

Emprego: _____

Dados da Família:

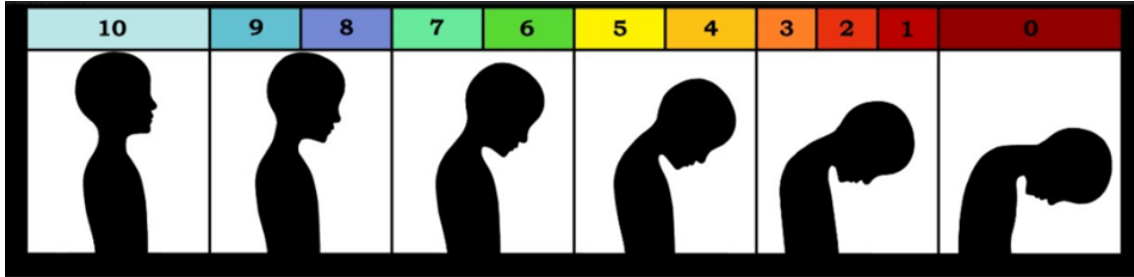
Pais: (0) não vivem juntos (1) vivem juntos

Cuidador principal: (0) pai (1) mãe (2) Irmão (3) Avós (4) Outros: _____

Tem irmãos: (0) não (1) sim: Quantos: _____

APÊNDICE B

Escala Visual Analógica de Controle de Cabeça (EVACC)



ANEXO A
Parecer de Aprovação

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DE
PORTO ALEGRE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA NA REABILITAÇÃO DE CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL

Pesquisador: Aicyr Alves de Oliveira Junior

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 88204418.9.0000.5345

Instituição Proponente: Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.769.880

Apresentação do Projeto:

Projeto de Pesquisa:

REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA NA REABILITAÇÃO DE CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL

Resumo: A paralisia cerebral (PC) é resultante de encefalopatia não progressiva sobre o sistema nervoso central (SNC), ocorrida no período fetal ou lactente, que provoca alterações do tônus, da postura e do movimento. Algumas dessas alterações são tratadas tendo como foco a aprendizagem, para a melhoria das habilidades e funções motoras, bem como, da consciência de movimento. Por sua vez, a aprendizagem de tarefas motoras ou cognitivas é dependente de atividades de repetição. Com este enfoque, o emprego de sistemas capazes de promover a motivação de pacientes com dificuldades motoras têm sido testados com relativo sucesso. O uso de programas de realidade virtual na reabilitação de pacientes com PC, incluindo sistemas de imersão, tem sido testado como alternativa para produzir aprendizagem em contexto ecológico. Nesse caso, é possível também manipular as variações de intensidade do treinamento, realizar avaliações do progresso do paciente e acompanhamento direto do terapeuta. Alguns estudos demonstraram a eficácia moderada do uso

desses sistemas para a melhoria na administração de tarefas para crianças com PC. Assim, o objetivo deste estudo é avaliar os efeitos sobre o controle de cabeça, equilíbrio de tronco e função motora grossa de crianças com PC Nível III, IV e V do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS) submetidas a treinamento com realidade virtual imersiva (RVI).

Endereço: Rua Sarmiento Leite, 248

Bairro: Sarmiento

CEP: 91.050-170

UF: RS

Município: PORTO ALEGRE

Telefone: (51) 3303-8804

E-mail: cep@ufcspa.edu.br

Continuação do Parecer: 2.709.000

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar os efeitos sobre o controle postural de crianças com PC Nível III, IV e V da GMFCS submetidas a treinamento com realidade virtual imersiva(RVI).

Objetivo Secundário:

1- Avaliar o controle de cabeça, equilíbrio de tronco e função motora grossa de crianças submetidas a um treinamento em RVI. 2- Criar um sistema observacional de avaliação do controle de cabeça e tronco de crianças com PC de moderada a grave. 3- Avaliar as possíveis variações de funcionalidade em crianças com PC de moderada e grave após treinamento com RVI.4- Verificar possíveis variações na qualidade de vida de crianças com PC de moderada e grave submetidas a um treinamento em RVI.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Bem documentados:

Riscos:

Podem ocorrer desconforto como tontura relacionada ao uso prolongado do aparelho de realidade virtual. O efeito também conhecido como "motion sickness" é resultado da velocidade em que as imagens ocorrem na tela que emite a imagem a velocidade que o cérebro e as áreas corticais visuais processam a imagem enquanto o participante move a cabeça e/ou corpo. Este efeito é bastante reduzido se o paciente é colocado em ambiente arejado. Também reduz com o tempo de treinamento no ambiente virtual. Neste estudo, devido ao diagnóstico e nível atingido na escala GMFCS todos os participantes deverão ser cadeirantes o que reduz consideravelmente os riscos de desequilíbrio ou tontura. Além disso, os participantes estarão todo o período de treino usando RVI sob cuidados de dois pesquisadores devidamente treinados.

Benefícios:

Espera-se com este estudo verificar a possível melhora do controle de cabeça e de tronco, bem como, na funcionalidade e na qualidade de vida das crianças no processo terapêutico através do uso da realidade virtual imersiva.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

As crianças que serão convidadas a participarem da pesquisa serão oriundas do ambulatório de Paralisia Cerebral do Hospital da Criança Santo Antônio da Irmandade Santa Casa de Misericórdia e/ou da Instituição KINDER e/ou da Instituição Educandário São João Batista.A pesquisa está

Endereço: Rua Sarmiento Leite, 245
Bairro: Sarmiento CEP: 90.050-170
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51) 3303-8904 E-mail: cep@ufcspa.edu.br

Continuação do Parecer: 3.769.600

bastante clara e, segundo os pesquisadores, "as crianças serão convidadas pessoalmente na presença dos pais ou responsáveis para participarem do estudo. Neste momento serão explicados os procedimentos a que serão submetidas caso aceitem participar."

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos estão adequados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

De acordo com o parecer do Relator.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1064193.pdf	26/06/2018 11:40:49		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_cuidadores.docx	25/06/2018 21:55:41	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_do_responsavel_legal_da_crianc_a.docx	25/06/2018 21:54:52	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
Cronograma	Cronograma_de_execucao_do_projeto_de_pesquisa.docx	04/06/2018 23:26:05	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
Outros	Documento_Carta_Resposta.docx	04/06/2018 23:12:53	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
Outros	Termo_de_compromisso_para_entrega_de_relatorio_semestral_ou_final.pdf	04/06/2018 23:11:12	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Assentimento.docx	04/06/2018 23:10:36	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	REALIDADE_VIRTUAL_IMERSIVA_NA_REABILITACAO_DE_CRIANCAS_COM_PARALISIA_CEREBRAL.docx	04/06/2018 23:09:21	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
Outros	Anuencia_Educandario_Sao_Joao_Batista.pdf	27/03/2018 08:13:45	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
Outros	Anuencia_Hospital_Santo_Antonio.pdf	04/03/2018 17:40:31	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito

Endereço: Rua Sarmiento Leite, 245

Bairro: Sarmiento

CEP: 90.050-170

UF: RS

Município: PORTO ALEGRE

Telefone: (51)3300-6604

E-mail: cep@ufcspa.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DE
PORTO ALEGRE



Continuação do Parecer: 2.766.600

Outros	Anuencia_KINDER.pdf	04/03/2018 17:39:48	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
Orçamento	Orcamento_do_Projeto_de_Pesquisa.docx	04/03/2018 17:39:02	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	19/02/2018 09:50:38	Fabiana Rita Camara Machado	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Aprovação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 13 de Julho de 2018

Assinado por:
Luolana Dalcanale Moussalle
(Coordenador)

Endereço: Rua Sarmiento Leite, 248

Bairro: Sarmiento

CEP: 90.060-170

UF: RS

Município: PORTO ALEGRE

Telefone: (51) 3303-6804

E-mail: cep@ufscpa.edu.br

Página 04 de 04

ANEXO B

Escala de PEDro

Escala de PEDro – Português (Brasil)

1. Os critérios de elegibilidade foram especificados não sim onde:
 2. Os sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupos (num estudo cruzado, os sujeitos foram colocados em grupos de forma aleatória de acordo com o tratamento recebido) não sim onde:
 3. A alocação dos sujeitos foi secreta não sim onde:
 4. Inicialmente, os grupos eram semelhantes no que diz respeito aos indicadores de prognóstico mais importantes não sim onde:
 5. Todos os sujeitos participaram de forma cega no estudo não sim onde:
 6. Todos os terapeutas que administraram a terapia fizeram-no de forma cega não sim onde:
 7. Todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave, fizeram-no de forma cega não sim onde:
 8. Mensurações de pelo menos um resultado-chave foram obtidas em mais de 85% dos sujeitos inicialmente distribuídos pelos grupos não sim onde:
 9. Todos os sujeitos a partir dos quais se apresentaram mensurações de resultados receberam o tratamento ou a condição de controle conforme a alocação ou, quando não foi esse o caso, fez-se a análise dos dados para pelo menos um dos resultados-chave por "intenção de tratamento" não sim onde:
 10. Os resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos para pelo menos um resultado-chave não sim onde:
 11. O estudo apresenta tanto medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave não sim onde:
-

A escala PEDro baseia-se na lista de Delphi, desenvolvida por Verhagen e colegas no Departamento de Epidemiologia, da Universidade de Maastricht (Verhagen AP et al (1988). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus*. *Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). A lista, na sua maior parte, baseia-se num "consenso de peritos" e não em dados empíricos. Incluíram-se na escala de PEDro dois itens adicionais, que não constavam da lista de Delphi (os itens 8 e 10 da escala de PEDro). À medida que forem disponibilizados mais dados empíricos, pode vir a ser possível ponderar os itens da escala de forma a que a pontuação obtida a partir da aplicação da escala PEDro reflita a importância de cada um dos itens da escala.

O objetivo da escala PEDro consiste em auxiliar os utilizadores da base de dados PEDro a identificar rapidamente quais dos estudos controlados aleatorizados, ou quase-aleatorizados, (ou seja, ECR ou ECC) arquivados na base de dados PEDro poderão ter validade interna (critérios 2-9), e poderão conter suficiente informação estatística para que os seus resultados possam ser interpretados (critérios 10-11). Um critério adicional (critério 1) que diz respeito à validade externa (ou "potencial de generalização" ou "aplicabilidade" do estudo clínico) foi mantido para que a *Delphi list* esteja completa, mas este critério não será usado para calcular a pontuação PEDro apresentada no endereço PEDro na internet.

A escala PEDro não deverá ser usada como uma medida da "validade" das conclusões de um estudo. Advertimos, muito especialmente, os utilizadores da escala PEDro de que estudos que revelem efeitos significativos do tratamento e que obtenham pontuação elevada na escala PEDro não fornecem, necessariamente, evidência de que o tratamento seja clinicamente útil. Adicionalmente, importa saber se o efeito do tratamento foi suficientemente expressivo para poder ser considerado clinicamente justificável, se os efeitos positivos superam os negativos, e aferir a relação de custo-benefício do tratamento. A escala não deve ser utilizada para comparar a "qualidade" de estudos clínicos realizados em diferentes áreas de terapia, principalmente porque algumas áreas da prática da fisioterapia não é possível satisfazer todos os itens da escala.

Modificada pela última vez em 21 de Junho de 1999

Tradução em Português vez em 13 de Maio de 2009

Ajustes ortográficos para a versão Português-Brasileiro em 12 de Agosto de 2010

ANEXO C

Sistema de Classificação da Função Motora Grossa – GMFCS



CanChild Centre for Childhood Disability Research
Institute for Applied Health Sciences, McMaster University,
1400 Main Street West, Room 408, Hamilton, ON, Canada L8S 1C7
Tel: 905-525-9140 ext. 27850 Fax: 905-522-6095
E-mail: canchild@mcmaster.ca Website: www.canchild.ca

GMFCS – E & R Sistema de Classificação da Função Motora Grossa Ampliado e Revisto

GMFCS - E & R © 2007 CanChild Centre for Childhood Disability Research, McMaster University
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Doreen Bartlett, Michael Livingston

GMFCS © 1997 CanChild Centre for Childhood Disability Research, McMaster University
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Stephen Walter, Dianne Russell, Ellen Wood, Barbara Galuppi
(Reference: Dev Med Child Neurol 1997;39:214-223)

GMFCS – E & R © Versão Brasileira

Traduzido por Daniela Baleroni Rodrigues Silva, Luzia Lara Pfeifer e Carolina Araújo Rodrigues Funayama (Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Ciências do Comportamento - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo)

INTRODUÇÃO E INSTRUÇÕES AO USUÁRIO

O Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS) para paralisia cerebral é baseado no movimento iniciado voluntariamente, com ênfase no sentar, transferências e mobilidade. Ao definirmos um sistema de classificação em cinco níveis, nosso principal critério é que as distinções entre os níveis devam ser significativas na vida diária. As distinções são baseadas nas limitações funcionais, na necessidade de dispositivos manuais para mobilidade (tais como andadores, muletas ou bengalas) ou mobilidade sobre rodas, e em menor grau, na qualidade do movimento. As distinções entre os Níveis I e II não são tão nítidas como a dos outros níveis, particularmente para crianças com menos de dois anos de idade.

O GMFCS ampliado (2007) inclui jovens entre 12 e 18 anos de idade e enfatiza os conceitos inerentes da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde da Organização Mundial da Saúde (CIF). Nós sugerimos que os usuários estejam atentos ao impacto que os fatores ambientais e pessoais possam ter sobre o que se observa sobre as crianças e jovens ou no que eles relatam fazer. O enfoque do GMFCS está em determinar qual nível melhor representa as habilidades e limitações na função motora grossa que a criança ou o jovem apresentam. A ênfase deve estar no desempenho habitual em casa, na escola e nos ambientes comunitários (ou seja, no que eles fazem), ao invés de ser no que se sabe que eles são capazes de fazer melhor (capacidade). Portanto, é importante classificar o desempenho atual da função motora grossa e não incluir julgamentos sobre a qualidade do movimento ou prognóstico de melhora.

O enfoque de cada nível é o método de mobilidade que é mais característico no desempenho após os 6 anos de idade. As descrições das habilidades e limitações funcionais para cada faixa etária são amplas e não se pretende descrever todos os aspectos da função da criança/jovem individualmente. Por exemplo, um bebê com hemiplegia que é incapaz de engatinhar sobre suas mãos e joelhos, mas que por outro lado se encaixa na descrição do Nível I (ou seja, é capaz de puxar-se para ficar em pé e andar), seria classificada no nível I. A escala é ordinal, sem intenção de que as distâncias entre os níveis sejam consideradas iguais entre os níveis ou que as crianças e jovens com paralisia cerebral sejam igualmente distribuídas nos cinco níveis. Um resumo das distinções entre cada par de níveis é fornecido para ajudar na determinação do nível que mais se assemelha à função motora

ANEXO D

Medida da Função Motora Grossa – GMFM-88

MEDIDA DA FUNÇÃO MOTORA GROSSA (GMFM)

FOLHA DE PONTUAÇÃO (GMFM-88 e GMFM-66)

Nome da criança: _____ Registro: _____

Data da avaliação:

Data de nascimento:

Idade cronológica: anos meses

Nome do avaliador: _____

Nível no GMFCS¹

I II III IV V

Condições de teste (p.ex., local, vestuário, tempo, outras pessoas presentes): _____

A GMFM é um instrumento de observação padronizado, elaborado e validado para medir mudança na função motora grossa que ocorre ao longo do tempo nas crianças com paralisia cerebral. O sistema de pontuação deve ser entendido como diretriz genérica. Entretanto, a maioria dos itens tem descrição específica para cada pontuação. É obrigatório que as diretrizes contidas no manual sejam usadas para pontuar cada item.

SISTEMA DE PONTUAÇÃO*	
0	= não inicia
1	= inicia
2	= completa parcialmente
3	= não completa
NT	= não testado (usado na pontuação pelo GMFM)

É importante, agora, diferenciar a verdadeira pontuação "0" (criança não inicia) dos itens que não são testados (NT), se você estiver interessado em usar o programa Estimador de Habilidade Motora Grossa GMFM-66

O programa Estimador de Habilidade Motora Grossa (GMFM) GMFM-66 está disponível em CD-ROM junto com o Manual da GMFM (2002). A vantagem do programa é a conversão de uma escala ordinal para uma escala intervalar. Isso permite uma estimativa mais acurada da habilidade da criança e fornece uma medida igualmente responsiva a mudanças ao longo de todo o espectro de habilidades. Os itens usados para o cálculo da pontuação da GMFM-66 estão identificados com um asterisco (*). A GMFM-66 é válida apenas para aplicação a crianças com paralisia cerebral.

Contato para Grupos de Pesquisa:

Dianne Russell, CanChild Centre For Childhood Disability Research, McMaster University, Institute for Applied Health Sciences, McMaster University, 1400 Main St. W., Rm. 408, Hamilton L8S 1C7.

☎ América do Norte: 1 905 525 9140 - ramal 27850 / ☎ Demais países: 001 905 525 9140 - ramal 27850

E-mail: canchild@mcmaster.ca - Fax: 1 905 522 6095

Website: www.fhs.mcmaster.ca/canchild

¹ O nível GMFCS é uma medida da gravidade da função motora. Definições pertinentes estão no Apêndice 1 do Manual da GMFM.

ANEXO E

Avaliação Clínica Precoce do Equilíbrio – ECAB

AVALIAÇÃO CLÍNICA PRECOCE DO EQUILÍBRIO

Versão 2 (15/12/10)

Tradução Português/Brasil: Ana Paula Bensemann Gontijo, Priscilla R. Pereira Figueiredo, Juliana Starling, Marisa Cotta Mancini (UFMG-2015)

Data do teste: _____

Sexo: ___ Menino ___ Menina

Nível no Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS): _____

PARTE I: Controle Postural da Cabeça e Tronco ESCORE TOTAL PARTE I (MAX 56): _____

PARTE II: Controle Postural Sentado e Em Pé ESCORE TOTAL PARTE II (MAX 64): _____

ESCORE TOTAL ACPE (MAX 100): _____

Agradecimento: Este instrumento foi criado com o uso de itens do Movement Assessment of Infants (MAI- Chandler LS, Andrew MS, Swason MW. Movement Assessment of Infants: A Manual. Rolling Bay, WA90062: P.O Box 4633; 1980) e da Pediatric Balance Scale (Franzolin MR, Gunther JS, Taylor ML. Pediatric balance scale: a modified version of the Berg scale for the school-age child with mild to moderate motor impairment. *Dev Phys Ther.* 2003; 15(3): 116-128)

Inicie testando a criança a partir do item 1 se ela é classificada como GMFCS nível III, IV ou V. Se a criança é classificada como GMFCS nível ou II, inicie o teste na Parte II, item 8, e dê pontuação total para a Parte I. Se a criança apresenta hemiplegia, inicie com o item 4 e dê pontuação total para os itens 1-3. Continue testando até que seja aparente que a criança não é capaz de realizar os itens.

PART I: Controle Postural da Cabeça e Tronco

Circule a resposta que melhor representa a habilidade da criança. Caso haja dúvida, dê a pontuação mais baixa. Pontue ambos os lados, esquerdo e direito, se indicado. As pontuações dos lados esquerdo e direito são baseadas na análise do lado ativo da criança.

ECAB 1 RETIFICAÇÃO DA CABEÇA – LATERAL

Segure a criança sentada em seu colo, de costas para você. Dê suporte nas laterais do tronco da criança e a incline lentamente para um dos lados até um ângulo de 45 graus. Observe a resposta da cabeça. Repita este procedimento pelo menos duas vezes para cada lado; entre as tentativas, faça uma pausa para estabilizar a criança na linha média.

(a) Esquerda	(b) Direita
3	3 A criança consistentemente corrige a cabeça para a posição vertical
2	2 A criança mantém a cabeça alinhada com o corpo; se gentilmente inclinada a criança pode corrigir a cabeça para a posição vertical
1	1 A criança momentaneamente contrai os músculos do pescoço mas não alinha a cabeça com o corpo de forma consistente.
0	0 A criança não tenta alinhar a cabeça com o corpo

Diretor(a) autor(a): Sarah W. McCoy, Doreen J. Barrett, Allison Yocum, Lynn Jeffries, Alyssa L. Fiss, Lisa Chiarillo, Robert J. Palisano. Development and Validity of the Early Clinical Assessment of Balance for Young Children with Cerebral Palsy. *Developmental Neurorehabilitation*. Early online: 1-9, 2013. DOI: 10.3109/17513423.2013.827755. Pesquisa desta avaliação foi apoiada pelo Canadian Institutes of Health Research (MOP 81107) e US Departamento of Education, National Institutes of Disability and Rehabilitation Research (H1330063254).

ANEXO F

Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade – PEDI

PEDIATRIC EVALUATION OF DISABILITY INVENTORY - PEDI

Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade
 Tradução e adaptação cultural: Marisa C. Mancini, Sc.D., T.O.

Versão 1.0 Brasileira

Stephen M. Haley, Ph.D., P.T.; Wendy J. Coster, Ph.D., OTR/L; Larry H. Ludlow, Ph.D.; Jane T. Haltiwanger, M.A., Ed.M.; Peter J. Andrellos, Ph.D.

1992, New England Medical Center and PEDI Research Group.

FORMULÁRIO DE PONTUAÇÃO

Sobre a Criança

Nome: _____

Sexo: M F

Idade: _____

	Ano	Mês	Dia
Entrevista	_____	_____	_____
Nascimento	_____	_____	_____
Id. Cronológica	_____	_____	_____

Diagnóstico (se houver): _____

primário adicional

Situação atual da criança

hospitalizada mora em casa

cuidado intensivo mora em instituição

reabilitação

Outros (especificar): _____

Escola ou outras instalações: _____

Série escolar: _____

Sobre o entrevistado (pai ou responsável)

Nome: _____

Sexo: M F

Parentesco com a criança: _____

Profissão (especificar): _____

Escolaridade: _____

Sobre o examinador

Nome: _____

Profissão: _____

Instituição: _____

Sobre a avaliação

Recomendada por: _____

Razões da avaliação: _____

Notas: _____

Direções Gerais: Abaixo estão as orientações gerais para a pontuação. Todos os itens têm descrições específicas. Consulte o manual para critérios de pontuação individuais.

<p>Parte I - Habilidades Funcionais: 197 itens</p> <p>Áreas: autocuidado, mobilidade, função social</p> <p>Pontuação:</p> <p>0 = incapaz ou limitado na capacidade de executar o item na maioria das situações.</p> <p>1 = capaz de executar o item na maioria das situações, ou o item já foi previamente completado, e habilidades funcionais progrediram além deste nível.</p>	<p>Parte II - Assistência do adulto de referência: 20 atividades funcionais complexas</p> <p>Áreas: autocuidado, mobilidade, função social</p> <p>Pontuação:</p> <p>5 = Independente</p> <p>4 = Supervisão</p> <p>3 = Assistência mínima</p> <p>2 = Assistência moderada</p> <p>1 = Assistência máxima</p> <p>0 = Assistência total</p>	<p>Parte III - Modificações: 20 atividades funcionais complexas</p> <p>Áreas: autocuidado, mobilidade, função social</p> <p>Pontuação:</p> <p>N = Nenhuma modificação</p> <p>C = Modificação centrada na criança (não especializada)</p> <p>R = Equipamento de reabilitação</p> <p>E = Modificações extensas</p>
---	---	--

ANEXO G

Pediatric Quality of Life Inventory – PedsQL - Módulo de Paralisia Cerebral versão 3.0

Nº de identificação: _____
Data: _____

PedsQLTM

Módulo de paralisia cerebral

Versão 3.0 - Portuguese (Brazil)

RELATO DOS PAIS SOBRE O FILHO / A FILHA (de 8 a 12 anos)

INSTRUÇÕES

Crianças com paralisia cerebral às vezes têm dificuldades especiais. Por favor, conte-nos se o seu filho / a sua filha **tem tido dificuldade** com cada uma dessas coisas durante o **ÚLTIMO MÊS**, fazendo um "X" no número:

- 0 se ele/ela **nunca** tem dificuldade com isso
- 1 se ele/ela **quase nunca** tem dificuldade com isso
- 2 se ele/ela **algumas vezes** tem dificuldade com isso
- 3 se ele/ela **frequentemente** tem dificuldade com isso
- 4 se ele/ela **quase sempre** tem dificuldade com isso

Não existem respostas certas ou erradas.
Caso não entenda alguma pergunta, por favor, peça ajuda.

ANEXO H

Zarit Caregiver Burden Interview – BI

Burden Interview ZARIT]

(Zarit & Zarit, 1987; tradução para o português: Márcia Sczufka)

INSTRUÇÕES: A seguir encontra-se uma lista de afirmativas que reflete como as pessoas algumas vezes sentem-se quando cuidam de outra pessoa. Depois de cada afirmativa, indique com que freqüência o Sr/Sra se sente daquela maneira. Não existem respostas certas ou erradas.

nunca=0, raramente=1, algumas vezes= 2, frequentemente= 3, ou sempre= 4

1. O Sr/Sra sente que S* pede mais ajuda do que ele (ela) necessita?
2. O Sr/Sra sente que por causa do tempo que o Sr/Sra gasta com S*, o Sr/Sra não tem tempo suficiente para si mesmo (a)?
3. O Sr/Sra se sente estressado (a) entre cuidar de S* e suas outras responsabilidades com a família e o trabalho?
4. O Sr/Sra se sente envergonhado (a) com o comportamento de S*?
5. O Sr/Sra se sente irritado (a) quando S* está por perto?
6. O Sr/Sra sente que S* afeta negativamente seus relacionamentos com outros membros da família ou amigos?
7. O Sr/Sra sente receio pelo futuro de S*?
8. O Sr/Sra sente que S depende do Sr/Sra?
9. O Sr/Sra se sente tenso (a) quando S está por perto?
10. O Sr/Sra sente que a sua saúde foi afetada por causa do seu envolvimento com S?
11. O Sr/Sra sente que o Sr/Sra não tem tanta privacidade como gostaria, por causa de S?
12. O Sr/Sra sente que a sua vida social tem sido prejudicada porque o Sr/Sra está cuidando de S?
13. O Sr/Sra não se sente à vontade de ter visitas em casa, por causa de S?
14. O Sr/Sra sente que S espera que o Sr/Sra cuide dele/dela, como se o Sr/Sra fosse a única pessoa de quem ele/ela pode depender?
15. O Sr/Sra sente que não tem dinheiro suficiente para cuidar de S, somando-se as suas outras despesas?
16. O Sr/Sra sente que será incapaz de cuidar de S por muito mais tempo?
17. O Sr/Sra sente que perdeu o controle de sua vida desde a doença de S?
18. O Sr/Sra gostaria de simplesmente deixar que outra pessoa cuidasse de S?
19. O Sr/Sra se sente em dúvida sobre o que fazer por S?
20. O Sr/Sra sente que deveria estar fazendo mais por S?
21. O Sr/Sra sente que poderia cuidar melhor de S?
22. De uma maneira geral, quanto o Sr/Sra se sente sobrecarregado (a) por cuidar de S**?

ANEXO I

Beck Anxiety Inventory – BAI



Data: _____

Nome: _____ Estado Civil: _____ Idade: _____ Sexo: _____

Ocupação: _____ Escolaridade: _____

Abaixo está uma lista de sintomas comuns de ansiedade. Por favor, leia cuidadosamente cada item da lista. Identifique o quanto você tem sido incomodado por cada sintoma durante a última semana, incluindo hoje, colocando um "X" no espaço correspondente, na mesma linha de cada sintoma.

	Absolutamente não	Levemente Não ou pouco comodado	Moderadamente Foi muito desagradável mas não pode suportar	Gravemente Incapaz de suportar
1. Dormência ou formigamento.				
2. Sensação de calor.				
3. Tremores nas pernas.				
4. Incapaz de relaxar.				
5. Medo que aconteça o pior.				
6. Atordado ou tonto.				
7. Palpação ou aceleração do coração.				
8. Sem equilíbrio.				
9. Aterrorizado.				
10. Nervoso.				
11. Sensação de sufocação.				
12. Tremores nas mãos.				
13. Trêmulo.				
14. Medo de perder o controle.				
15. Dificuldade de respirar.				
16. Medo de morrer.				
17. Assustado.				
18. Indigestão ou desconforto no abdômen.				
19. Sensação de desmaio.				
20. Rosto afogueado.				
21. Suor (não devido ao calor).				

*Tradução e adaptação por permissão de MCH Pearson, Inc. Direitos reservados ©1991 a Aaron T. Beck.
Tradução para a língua portuguesa. Direitos reservados ©1993 a Aaron T. Beck. Todos os direitos reservados.
Tradução e adaptação brasileira, 2001, Casa de Psicologia®. BAI é um logotipo de MCH Pearson, Inc.

ANEXO J

Beck Depression Inventory – BDI

Inventário de Depressão de Beck

Nome: _____ Idade: _____ Estado Civil: _____
Profissão: _____ Escolaridade: _____ Data de aplicação: _____ Pontuação: _____

Instruções

Neste questionário existem grupos de afirmações. Por favor leia cuidadosamente cada uma delas. A seguir selecione a afirmação, em cada grupo, que melhor descreve como se sentiu NA SEMANA QUE PASSOU, INCLUINDO O DIA DE HOJE. Desenhe um círculo em torno do número ao lado da afirmação selecionada. Se escolher dentro de cada grupo várias afirmações, faça um círculo em cada uma delas. Certifique-se que leu todas as afirmações de cada grupo antes de fazer a sua escolha.

- | | |
|---|---|
| 1. | 6. |
| 0 Não me sinto triste. | 0 Não me sinto que esteja a ser punido(a). |
| 1 Sinto-me triste. | 1 Sinto que posso ser punido(a). |
| 2 Sinto-me triste o tempo todo e não consigo evitá-lo. | 2 Sinto que mereço ser punido(a). |
| 3 Estou tão triste ou infeliz que não consigo suportar. | 3 Sinto que estou a ser punido(a). |
| 2. | 7. |
| 0 Não estou particularmente desanimado(a) em relação ao futuro. | 0 Não me sinto desanimado(a) consigo mesmo(a). |
| 1 Sinto-me desanimado(a) em relação ao futuro. | 1 Sinto-me desanimado(a) consigo mesmo(a). |
| 2 Sinto que não tenho nada a esperar. | 2 Sinto-me desgostoso(a) consigo mesmo(a). |
| 3 Sinto que o futuro é sem esperança e que as coisas não podem melhorar. | 3 Eu odeio-me. |
| 3. | 8. |
| 0 Não me sinto fracassado(a). | 0 Não me sinto que seja pior que qualquer outra pessoa. |
| 1 Sinto que falhei mais do que um indivíduo médio. | 1 Critico-me pelas minhas fraquezas ou erros. |
| 2 Quanto analiso a minha vida passada, tudo o que vejo é uma quantidade de fracassos. | 2 Culpo-me constantemente pelas minhas faltas. |
| 3 Sinto que sou um completo fracasso. | 3 Culpo-me de todas as coisas más que acontecem. |
| 4. | 9. |
| 0 Eu tenho tanta satisfação nas coisas, como antes. | 0 Não tenho qualquer ideia de me matar. |
| 1 Não tenho satisfações com as coisas, como costumava ter. | 1 Tenho ideias de me matar, mas não sou capaz de as concretizar. |
| 2 Não consigo sentir verdadeira satisfação com alguma coisa. | 2 Gostaria de me matar. |
| 3 Estou insatisfeito(a) ou entediado(a) com tudo. | 3 Matar-me-ia se tivesse uma oportunidade. |
| 5. | 10. |
| 0 Não me sinto particularmente culpado(a). | 0 Não costumo chorar mais do que o habitual. |
| 1 Sinto-me culpado(a) grande parte do tempo. | 1 Choro mais agora do que costumava fazer. |
| 2 Sinto-me bastante culpado(a) a maior parte do tempo. | 2 Actualmente, choro o tempo todo. |
| 3 Sinto-me culpado(a) durante o tempo todo. | 3 Eu costumava conseguir chorar, mas agora não consigo, ainda que queira. |