

Como citar este artigo:
BRAGA, M. A.; LOPES,
L. W.; MACHADO, L.
S. Contribuições dos
Serious Games para
a neuroplasticidade,
aprendizado motor e
reabilitação neurológica:
revisão integrativa. Revista
Saúde (Sta. Maria). 2023; 49.

Autor correspondente:
Nome: Marieliza Araújo
Braga
E-mail: marieliza_braga@
hotmail.com
Formação: Fisioterapeuta.
Graduada pela
Universidade Estadual da
Paraíba (UEPB), Campina
Grande, Paraíba, Brasil.
Filiação: Universidade
Federal da Paraíba

Endereço: Rua Pedro
Barbosa, nº: 35 - Bairro:
Cruzeiro - Cidade: Campina
Grande - Estado: Paraíba -
CEP: 58415-660

Data de Submissão:
01/09/2021
Data de aceite:
20/07/2023

Conflito de Interesse: Não
há conflito de interesse

DOI:
10.5902/2236583467496



Contribuições dos Serious Games para a neuroplasticidade, aprendizado motor e reabilitação neurológica: revisão integrativa

Contributions of Serious Games to neuroplasticity, motor learning and neurological rehabilitation: integrative review

Marieliza Araújo Braga, Leonardo Wanderley Lopes, Liliane dos Santos Machado

Resumo:

O objetivo deste trabalho foi investigar as contribuições dos *serious games* para a neuroplasticidade e o aprendizado motor no processo de reabilitação de pacientes pediátricos e adultos, com doenças neurológicas. Para tanto, foi realizada uma revisão integrativa de artigos científicos indexados no *Google Scholar*, *Periódicos CAPES* e *IEEE Xplore Digital*, combinando descritores controlados e não-controlados, em inglês e português, sem delimitação de ano de publicação. Observou-se que o uso dos *serious games* é uma opção viável no processo de reabilitação, proporcionando ganhos psicoemocionais, como motivação e engajamento além de ganhos motores, como aumento da agilidade, melhora do controle motor grosso e fino, e aumento velocidade de resposta, além de ser uma opção lúdica para pacientes adultos e pediátricos.

Palavras-chave: Neuroplasticidade, Aprendizado Motor, *Serious Games*.

Abstract:

The objective of this study was to investigate the contributions of serious games to neuroplasticity and motor learning in the rehabilitation process of pediatric and adult patients with neurological diseases. Therefore, an integrative review of scientific articles indexed in Google Scholar was carried out; CAPES and IEEE Xplore Digital periodicals, combining controlled and uncontrolled descriptors, in English and Portuguese, without delimiting the year of publication. It was observed that the use of serious games is a viable option in the rehabilitation process, providing psycho-emotional gains, such as motivation and engagement, in addition to motor gains, such as increased agility, improved gross and fine motor control, and increased response speed, in addition to being a playful option for adult and pediatric patients.

Keywords: Neuronal Plasticity, Motor Learning, Serious Games.

INTRODUÇÃO

Serious Games (SG) são jogos digitais, criados com propósitos que vão além do entretenimento, nos quais usuários realizam ações em um ambiente virtual de forma lúdica⁽¹⁾. Eles são compostos por elementos próprios, como narrativa, tecnologia, mecânica e estética que, embora sejam elementos tradicionais de jogos digitais, nos SG são definidos a partir de um conteúdo específico⁽²⁾. Neste contexto, o propósito do jogo e do conteúdo específico guiam todo processo de desenvolvimento na definição dos demais elementos; a narrativa é composta pela história do jogo; a tecnologia é o modo de interação do usuário com o ambiente virtual; a mecânica relaciona-se aos objetivos e à inteligência do jogo, com o objetivo de proporcionar respostas ao usuário, a partir dos dados de entrada; a estética refere-se ao cenário e toda parte gráfica, sonora e composição de itens estéticos do jogo⁽²⁾.

Os SG podem ser utilizados em diversos cenários da área da saúde, como por exemplo: na Psicologia, visando melhora cognitiva; na Fonoaudiologia, para reabilitação da musculatura orofacial e funções específicas; na Odontologia, na prevenção, promoção à saúde e educação em relação a saúde bucal; no treino profissional de técnicas invasivas na saúde; e na reabilitação física, contribuindo de para melhora do quadro cinético-funcional, particularmente na reabilitação, quando os exercícios são realizados no ambiente virtual, eles são executadas em um ambiente seguro e controlado⁽³⁻⁴⁾.

Kleim e Jones⁽⁵⁾ dissertam sobre a necessidade de pesquisas que identifiquem elementos relacionados à recuperação funcional, que aceleram o processo de reabilitação. Essa recuperação funcional está ligada à capacidade adaptativa do sistema nervoso e à potencialidade dos neurônios assumirem novas funções, mesmo após uma lesão: a neuroplasticidade. No processo de reabilitação, a execução de uma ação contribui com o processo de neuroplasticidade e aprendizado motor⁽⁵⁻⁶⁾. O aprendizado motor acontece através da repetição de uma ação, ocasionando a reorganização neuronal e o consequente aperfeiçoamento funcional⁽⁶⁾.

Em sua pesquisa, Kleim e Jones⁽⁵⁾ descrevem alguns princípios da plasticidade que possuem papel importante no processo de reabilitação e recuperação de lesões. Realizando uma relação entre tais princípios, e as características inerentes aos SG, é possível entender ligações importantes. O primeiro princípio é o “Uso e Desuso”, onde quanto me-

nos se exerce uma função, menos a área responsável pela execução dessa função será estimulada e desenvolvida. Diante disso, fortalece-se a importância do aprendizado motor, que resulta na reorganização neural através da repetição de uma ação. Os SG podem ser uma opção para tornar a repetição de uma ação mais dinâmica e motivadora para o usuário, em um ambiente seguro e controlado⁽⁷⁾.

O fato descrito anteriormente, também está relacionado com o segundo princípio, que é o do “Aperfeiçoamento através do Uso”; o terceiro, que é a “Especificidade”; o quarto, que é “Repetição”; o quinto, que é “Intensidade”. Quanto maior a repetição de uma ação, mais ela será treinada e aperfeiçoada. A intensidade da ação, será determinada pela prescrição, e é fundamental para o processo de reabilitação⁽⁵⁻⁶⁾. Utilizando SG é possível aperfeiçoar uma função através da repetição de uma ação, com controle da intensidade, de acordo com as necessidades e limitações do usuário⁽⁴⁻⁷⁾.

Os princípios “Tempo”, “Saliência”, “Idade”, “Transferência” e “Interferência”, frisam que cada conjuntura possui um tempo específico para plasticidade, o que influencia o tempo de treino. A “Idade” tem influência fundamental na capacidade de plasticidade cerebral, visto que ela modifica a forma de resposta do neurônio^(5,8). A “Transferência” relaciona-se com a capacidade de transmissão de sinapses entre uma rede de neurônios durante a execução de uma ação. A “Interferência” refere-se à possibilidade da plasticidade, ocasionada em uma ação, influenciar a aquisição e aperfeiçoamento de outros comportamentos⁽⁵⁾.

Paiva et al.⁽⁹⁾ relatam o desenvolvimento de um SG chamado PhysioPong, voltado para reabilitação de pacientes submetidos à amputação de membro superior. Nesse jogo é possível observar os princípios de Kleim e Jones⁽⁵⁾ de “aperfeiçoamento através do uso”, “especificidade” e a prática do uso. O fisioterapeuta determinará a intensidade e quantidade de repetição da ação. O princípio “Idade” é considerado a partir do momento que o jogo é modelado e desenvolvido para ser utilizado com pacientes adultos.

Souza et al.⁽¹⁰⁾ discorre sobre o uso de SG associado a um ciclo ergômetro, para o tratamento fisioterapêutico de vítimas da COVID-19. Nesse SG, é possível o fisioterapeuta determinar níveis de frequência cardíaca e saturação periférica de oxigênio como determinante de intensidade, assim como determinar o tempo de uso do jogo e velocidade a ser alcançada. Relacionando com os princípios da neuroplasticidade, as particularidades

citadas anteriormente envolvem os princípios do uso, repetição, intensidade e aperfeiçoamento de uso.

Braga et al.⁽¹¹⁾, em seu trabalho, descreve o processo de desenvolvimento do GiroJampa, um SG voltado para a melhora do condicionamento físico e deslocamento de pacientes com lesão medular. No GiroJampa são considerados os seguintes princípios da neuroplasticidade: uso, a partir do SG focando na locomoção com a cadeira de rodas; especificidade e aperfeiçoamento, onde o uso do SG específicos para cadeirantes gera o aperfeiçoamento da ação do deslocamento, e melhora do condicionamento físico; o tempo de uso, considerando que quanto maior tempo de uso, melhor será o aperfeiçoamento; a intensidade sendo determinada pelo profissional responsável pelo processo de reabilitação, de acordo com as condições clínicas e cinético funcionais do usuário; e a repetição, que acontece durante o tempo de uso, evoluindo o aperfeiçoamento.

Diante do exposto, observou-se que os princípios da neuroplasticidade, descritos por Kleim e Jones⁽⁵⁾, estão presentes em SG desenvolvidos para reabilitação. Visto isso, questionou-se se tais jogos desenvolvidos para áreas específicas da reabilitação, como pacientes com comprometimentos neurológicos, possuem a presença desses princípios de forma clara.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi investigar as contribuições dos SG, para a neuroplasticidade e o aprendizado motor no processo de reabilitação de pacientes pediátricos e adultos com doenças neurológicas.

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos pelo trabalho, foi realizada uma revisão integrativa de literatura, respeitando o cumprimento de seis fases obrigatórias: pergunta principal, busca na literatura, coleta das publicações, análise das publicações, discussão dos achados e apresentação final da revisão construída⁽¹²⁾.

Inicialmente, a pesquisa foi baseada nas seguintes perguntas norteadoras: Quais as contribuições dos SG para o processo de reabilitação de doenças neurológicas em pacientes adultos e pediátricos, considerando os princípios da neuroplasticidade? Quais os dispositivos de interação do usuário com o SG são utilizados? Para quais plataformas, os SG foram desenvolvidos? Qual o público-alvo dos SG analisados? Qual o tipo de metodologia de teste utilizado nos trabalhos?

A busca na literatura foi realizada entre outubro de 2019 e outubro de 2020, utilizando as seguintes bibliotecas virtuais e bases nacionais e internacionais: *Google Scholar*, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *National Library of Medicine* (NLM), Periódicos CAPES, *IEEE Xplore Digital Library*, *Science Direct*, e PeDRO sem delimitação de período de publicação.

Para definição dos descritores, foi realizada pesquisa prévia nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), e definiu-se o uso de “neuroplasticidade” (“*neuronal plasticity*”). Além deste, utilizou-se dois descritores não-controlados: “aprendizado motor” (“*motor learning*”) e “*serious games*”. Para o rastreo da amostra, foi realizada combinação dos descritores em português e inglês (Figura 1). O termo “*serious games*” não foi traduzido por se tratar de uma categoria específica de jogos digitais e o termo traduzido “jogos sérios” ser pouco utilizado na literatura.

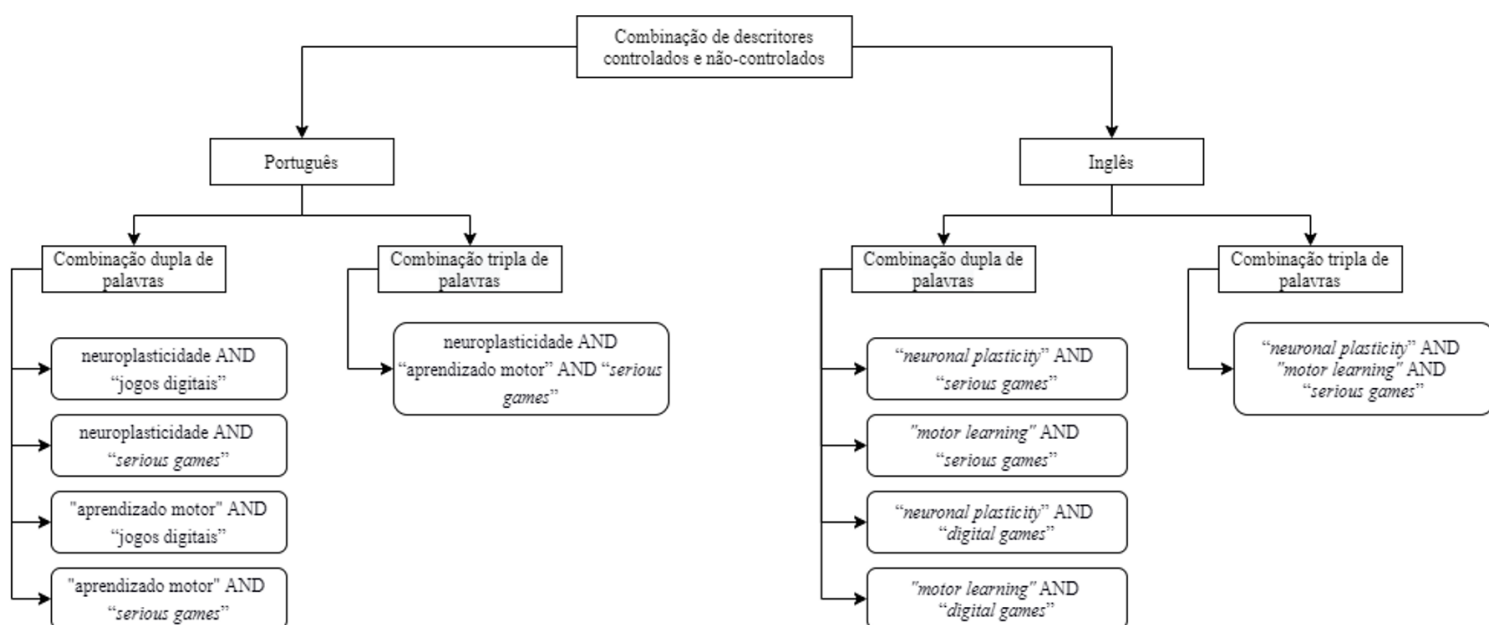


Figura 1 – Esquematização da combinação de descritores

Como critérios de inclusão, definiu-se artigos que abordassem o uso de SG para a reabilitação no acometimento neurológico pediátrico e adulto. Foram excluídos artigos de revisão de qualquer tipo (integrativa, sistemática, etc), metanálises e relato de experiência; artigos que dissertassem sobre *serious gaming* (uso de jogos de entretenimento para reabilitação)⁽¹³⁾; relatórios, trabalho de conclusão de curso, dissertação, tese, capítulos, livros, resumos e quaisquer arquivos que não se adequassem a estrutura de

artigo científico; citações e patentes; artigos científicos duplicados; artigos não disponíveis integralmente.

A busca foi realizada por um pesquisador, seguindo três etapas: 1 (definição de palavras-chave, e busca de artigos em bases e bibliotecas virtuais); 2 (avaliação de quais arquivos se adequavam na estrutura de artigo científico, avaliação da presença de artigos duplicados e disponibilidade na íntegra); 3 (leitura completa dos trabalhos e extração de informações) (Figura 2).

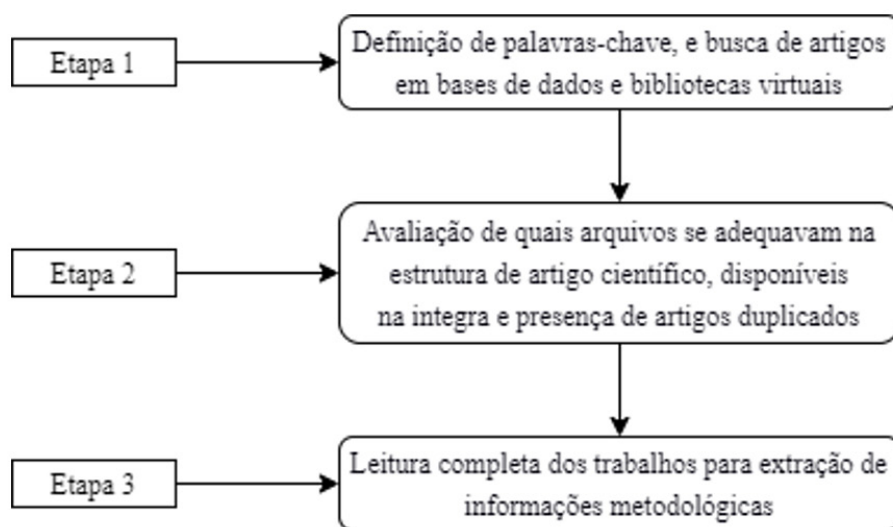


Figura 2 – Etapas da busca dos trabalhos

As informações metodológicas relacionadas às amostras foram tabuladas, considerando os seguintes itens: autor, ano de publicação, finalidade, amostra, interação, plataforma e contribuições. Foi realizada estatística descritiva, considerando frequência e porcentagem dos seguintes itens: Ano de Publicação; Uso dos SG; Metodologia; Características da amostra de teste; Bibliotecas e Bases de dados; Idioma de publicação; País de desenvolvimento da pesquisa; Plataforma de uso do SG; Dispositivo de interação do usuário com o SG.

RESULTADOS

Inicialmente foram encontrados 2594 arquivos, incluindo citações e patentes, em todas as bases e bibliotecas virtuais pesquisadas. Após pré-seleção, refinamento e submissão aos critérios estabelecidos de inclusão e exclusão, definiu-se como amostra 14 artigos

científicos, encontrados no: *Google Scholar*; Periódicos CAPES e *IEEE Xplore Digital*. Nas bases de dados LILACS, NLM, SciELO e *Science Direct* e PeDRO, não foram encontrados resultados significativos para seleção (Figura 3).

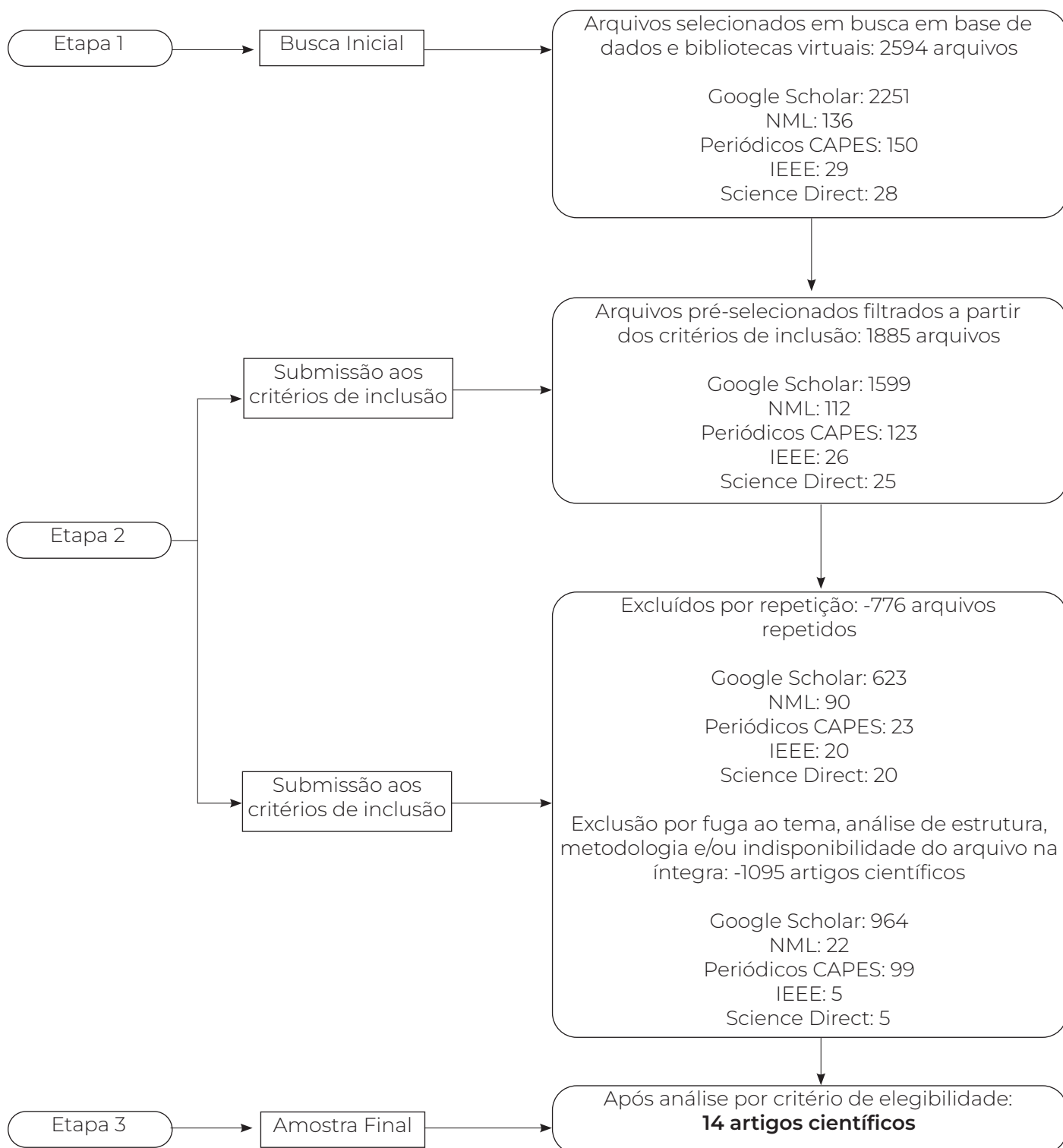


Figura 3 – Organograma metodológico da seleção da amostra

Com base nos dados apresentados pelos artigos científicos, foi realizada estatística descritiva das 14 publicações. A Tabela 1 apresenta os dados da estatística descritiva da amostra.

Tabela 1 - Estatística descritiva da amostra de artigos científicos		
Variáveis	N	%
Ano de Publicação		
2013	2	14,29
2014	1	7,14
2015	1	7,14
2016	4	28,57
2017	1	7,14
2018	2	14,29
2019	2	14,29
2020	1	7,14
Uso dos SG		
Reabilitação de pacientes pediátricos com acometimento neurológico	5	35,71
Reabilitação de pacientes adultos com acometimento neurológico	9	64,29
Metodologia		
Desenvolvimento de SG	13	92,86
Estudo coorte	1	7,14
Característica da amostra de teste		
Pacientes pediátricos	3	21,43
Pacientes adultos	8	57,14
Ausência de testes	3	21,43
Bibliotecas Virtuais e Base de Dados		
Periódicos CAPES	1	7,14
Google Scholar	12	85,71
IEEE Xplore Digital Library	1	7,14
Idioma		
Inglês	8	57,14
Português	5	35,71
Espanhol	1	7,14
Dispositivo de interação do usuário com o SG		
Kinect	7	50,00
Kinect e Oculus Rift	1	7,14
Myo	1	7,14
Leap Motion	1	7,14
Webcam / Câmera	1	7,14
Acelerômetro	1	7,14

Tabela 1 - Estatística descritiva da amostra de artigos científicos		
Variáveis	N	%
<i>Oculus Rift</i>	1	7,14
<i>Intelligent Stick Prototype</i>	1	7,14
Plataforma de uso do SG		
Computador	13	92,86
Dispositivos móveis	1	7,14

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Todos os artigos científicos selecionados foram publicados entre 2013-2020. Observou-se que a aplicação de SG na reabilitação na pediatria foi estudada em 35,71%; já em adultos acometidos por comprometimento neurológico, 64,29%. 92,86% das pesquisas tinham como metodologia o desenvolvimento de SG.

Levando em consideração as amostras de teste das publicações, 21,43% realizaram os testes do SG em usuários pediátricos, 57,14% testaram o *software* em indivíduos adultos e 21,43% não relataram no artigo científico a realização de testes.

O principal buscador ou biblioteca virtual onde encontrou-se a amostra selecionada foi o *Google Scholar* (85,71%), seguido do *IEEE* (7,14%) e Periódico CAPES (7,14%). Considerando o idioma de publicação, inglês (57,14%) foi o principal, seguido por português (35,71%) e espanhol (7,14%).

O dispositivo de interação do usuário com os SG mais utilizado foi o *Microsoft Kinect* (50%). Considerando as plataformas, a maioria dos SG foram desenvolvidos para computador (92,86%).

O Quadro 1 mostra os artigos referentes ao uso de SG na reabilitação de pacientes pediátricos com acometimento neurológico e o Quadro 2, para pacientes adultos com acometimento neurológico.

Quadro 1 - Amostra de artigos referente ao uso de SG na reabilitação de pacientes pediátricos com patologias neurológicas.

Nº	Autor	Ano	Finalidade	Amostra	Interação	Plataforma	Contribuições
Periódicos CAPES							
A1	Martín-Ruiz ML, Máximo-Bocanegra N, Luna-Oliva L	2016	Desenvolvimento de SG para reabilitação de pacientes pediátricos com e sem deficiência Desenvolvimento de SG para reabilitação de pacientes pediátricos com e sem deficiência	Piloto: 10 crianças com paralisia cerebral (PC) entre 4 e 12 anos	Kinect	Computador	Melhora da motricidade facial de crianças com paralisia facial, diminuição de compensações posturais, melhora da tonicidade muscular. Além de que, permite que o profissional da saúde adapte de acordo com as necessidades.
Google Scholar							
A2	Diatel M, Carvalho MF, Hounsell MS	2016	Desenvolvimento de SG para melhora do quadro motor e cognitivo de pacientes pediátricos	Não há descrição de testes com uso de amostra	Webcam	Computador	Melhora do quadro cognitivo e desenvolvimento motor de pacientes pediátricos com Síndrome de Down, favorecendo a psicomotricidade e desenvolvimento de habilidades.
A3	Oliveira JM, Jorge JCM, Duarte BF, Albuquerque VHC	2016	Desenvolvimento de SG para reabilitação de crianças com PC	Oito especialistas do Núcleo de Terapia Ocupacional do NAMI e 1 criança.	Leap Motion	Computador	Aumento do nível de atenção dos usuários e quadro motivacional.
A4	Castillo MD, Serrano JI, Lerma S, Martinez I, Rocon E	2018	Estudo coorte, com base no uso de realidade virtual	Quatro crianças com diagnóstico de PC espástica, e passaram por intervenção cirúrgica ortopédica	Oculus Rift	Computador	Melhora da imagética motora, evolução da marcha e da independência funcional dos membros comprometidos. Além de, influência na motivação.
A5	Pinheiro AGP, Sousa RR, Silva Segundo FCG	2020	Desenvolver jogo digital, com objetivo de auxiliar o desenvolvimento da motricidade fina de indivíduos com Síndrome de Down	Dois indivíduos com Síndrome de Down, 1 indivíduo Deficiência Intelectual, 1 indivíduo com diagnóstico de Espinha Bífida	Acelerômetro	Dispositivo Móvel	Os testes de usabilidade mostraram a necessidade de adaptação dos níveis de dificuldade e das fases.

Quadro 2 – Amostra de artigos referente ao uso de SG na reabilitação de pacientes adultos com patologias neurológicas.

Nº	Autor	Ano	Finalidade	Amostra	Interação	Plataforma	Contribuições
Google Scholar							
A6	Martins, Carvalho, Soares	2013	Desenvolver um aplicativo, para executar como um SG no futuro próximo, para monitorar os principais movimentos de fisioterapia de pessoas com doenças neurológicas	Dois indivíduos. Um saudável, 26 anos; Um com diagnóstico de acidente vascular cerebral (AVC) e depressão, 75 anos, hemiparesia esquerda	Kinect	Computador	Monitora movimentos realizados por pacientes pós-AVC e comprometimento motor, sendo utilizado em ambientes domésticos e em clínicas.
A7	Tadayon R, Panchanathan S, McDaniel T, Fakhri B, Laff M	2014	Desenvolvimento de SG, visando reabilitação, a partir de padrões de movimento	Nove indivíduos saudáveis	Intelligent Stick Prototype	Computador	Incorpora em sua mecânica os padrões de movimento para que um indivíduo lesionado reaprenda a habilidade motora com deficiência. Fácil e confortável uso
A8	Martins, Carvalho, Soares	2015	Desenvolvimento de um SG para fisioterapia e monitoramento de pessoas com deficiência motora, a partir de processamento de imagens	Três pacientes pós-AVC, com idades entre 45 e 70 anos, dois homens e uma mulher.	Kinect	Computador	Promove interação do usuário com a máquina, boa jogabilidade, com os exercícios divididos em níveis, melhorando a interação do paciente com o exercício e a motivação.
A9	Oliveira LC, Gomes TCF, Fernandes FG, Oliveira EC	2016	Desenvolvimento de SG para reabilitação de pacientes cadeirantes	Não há descrição de testes com uso de amostra	Kinect	Computador	Motivação do usuário, através do movimento do avatar a partir da movimentação de membros superiores.
A10	Bastos ML, Santos AA, Félix Z	2017	Contribuir com a prescrição fisioterapêutica definida para pacientes pós-AVC, utilizando um serious game desenvolvido, utilizando o Kinect	Não há descrição de testes com uso de amostra, visto que é uma proposta. Foi realizada pesquisa com profissionais fisioterapeutas por questionário, a fim de avaliar e aprimorar o SG.	Kinect	Computador	Contribuição satisfatória para a prescrição fisioterapêutica.

Quadro 2 – Amostra de artigos referente ao uso de SG na reabilitação de pacientes adultos com patologias neurológicas.							
Nº	Autor	Ano	Finalidade	Amostra	Interação	Plataforma	Contribuições
A11	Martins T, Carvalho V, Soares F	2018	Desenvolvimento de SG, voltado a reabilitação de pacientes com patologias neurológicas	Onze pacientes de ambos os sexos, entre 17 e 83 anos, com doenças neurológicas leves a moderadas.	Kinect	Computador	Monitoração do quadro e a evolução dos pacientes, se mostrando capaz de desafiar os pacientes, além de motivação do usuário.
A12	Batista TVV, Machado LS, Valença AMG, Moraes RM	2019	Desenvolvimento de SG, para uso na reabilitação de pacientes pós-AVC	Primeiro momento: Paciente pós-AVC. Segundo momento: Testes em indivíduos saudáveis: dois fisioterapeutas e um professor universitário	Myo	Computador	Capaz de captar os sinais eletromiográficos através do Myo, e são classificados através das redes neurais. Fases desenvolvidas baseado nos movimentos articulares de punho e antebraço.
A13	Masmoudi M, Zenati N, Djekoune OA	2019	Desenvolvimento de SG, para uso na reabilitação de pacientes pós-AVC	Três usuários saudáveis	Kinect e Oculus Rift	Computador	Repetição de exercícios em um ambiente seguro, de forma motivacional, que não exigem esforço excessivo dos pacientes, porém precisam ser testados em indivíduos com a patologia proposta.
IEEE Xplore Digital Library							
A14	Dukes PS, Hayes A, Hodges LF, Woodbury M	2013	Desenvolvimento de SG, para uso na reabilitação de pacientes pós-AVC	6 Paciente pós-AVC	Kinect	Computador	Motivação dos pacientes para ser manter na reabilitação, com sugestão de auxílio na neuroplasticidade.

DISCUSSÃO

Os SG podem ser aplicados com objetivos diversos na área de saúde⁽¹⁴⁾, dentre eles o processo de promoção de saúde, treino profissional e reabilitação⁽³⁻⁴⁾. Considerando a utilização de SG no processo de reabilitação de pacientes pediátricos com doenças neurológicas, Martín-Ruiz, Máximo-Bocanegra, Luna-Oliva⁽¹⁵⁾; Oliveira et al⁽¹⁶⁾; Castillo et al.⁽¹⁷⁾; Pinheiro, Souza, Silva Segundo⁽¹⁸⁾ desenvolveram seus jogos, destacando principalmente a possibilidade de uso na reabilitação de crianças com PC e síndromes.

Dentre os SG desenvolvidos para pacientes pediátricos, Diatel, Carvalho e Hounsell⁽²⁷⁾ direcionou sua pesquisa para pacientes com PC e Pinheiro, Sousa e Silva Segundo⁽¹⁸⁾ para indivíduos com Síndrome de Down, Deficiência Intelectual e Espinha Bífida. Diatel, Carvalho e Hounsell⁽²⁷⁾ descreve que o uso do SG no processo de reabilitação, promoveu melhora motora e do desenvolvimento de habilidades. Pinheiro, Sousa e Silva Segundo⁽¹⁸⁾ realizou os testes de jogabilidade e dificuldade das fases, e concluiu que o jogo precisa de adaptação de fases e requisitos.

Martín-Ruiz, Máximo-Bocanegra, Luna-Oliva⁽¹⁵⁾ e Castillo et al.⁽¹⁷⁾ direcionaram a sua pesquisa para pacientes com PC, porém com diferentes focos. Martín-Ruiz, Máximo-Bocanegra, Luna-Oliva⁽¹⁵⁾ voltou-se para reabilitação da motricidade facial, tendo como amostra dez crianças, onde elas tinham tempo limite para realização dos movimentos, repetidos três vezes. Os autores relataram melhora da motricidade, tonicidade e diminuição das compensações posturais. Castillo et al.⁽¹⁷⁾ utilizou como amostra pacientes com PC que haviam passado por intervenção cirúrgica ortopédica. Como resultado, ele relata melhora da marcha e da independência funcional.

Avaliando a utilização de SG no processo de reabilitação de adultos com distúrbios neurológicos, destacam-se os trabalhos de Oliveira et al.⁽²¹⁾; Martins, Carvalho, Soares⁽¹⁹⁾; Martins, Carvalho, Soares⁽²⁰⁾; Martins, Carvalho, Soares⁽²³⁾; Batista et al.⁽²⁴⁾; Masmoudi, Zenati, Benrachou⁽²⁵⁾; Dukes et al.⁽²⁶⁾ e Tadayon et al.⁽²⁸⁾. Os pacientes acometidos pelo AVC foram os mais abordados como amostra das pesquisas. Além deles, ainda houve amostra com pacientes portadores de lesão medular. Dukes et al.⁽²⁶⁾, Martins, Carvalho, Soares⁽¹⁹⁾ e Martins, Carvalho, Soares⁽²⁰⁾ realizaram testes com pacientes acometidos pelo AVC. Dukes

et al.⁽²⁶⁾ relata que a intervenção com SG melhora a neuroplasticidade e quadro de motivação. O aumento da motivação também é destacada por Oliveira et al.⁽¹⁶⁾ e Martins, Carvalho, Soares⁽²³⁾.

Considerando testes em adultos, Oliveira et al.⁽²¹⁾ e Bastos, Santos e Félix et al.⁽²²⁾ não relatam realização de testes com indivíduos em suas publicações. Bastos Santos e Félix⁽²²⁾ em especial, por apresentar uma proposta, mas deixar claro a programação de testes futuros. Masmoudi, Zenati, Benrachou⁽²⁵⁾ focou seus testes iniciais em indivíduos saudáveis.

Batista et al.⁽²⁴⁾ teve dois momentos destintos de teste, utilizando paciente pós-AVC e indivíduo saudável. O primeiro ocorreu durante o desenvolvimento do protótipo, realizado com um paciente pós-AVC, para avaliação da agradabilidade do uso do dispositivo *Myo* e da aplicação. O segundo, foi realizado para avaliação da versão final do jogo, por dois fisioterapeutas e um professor universitário. Os primeiros testes de Martins, Carvalho, Soares⁽¹⁹⁾ foi utilizando um indivíduo saudável e um indivíduo pós-AVC com quadro depressivo, para avaliação da flexão radioumeral, conseguindo realizar a monitorização do movimento. Martins, Carvalho, Soares⁽²⁰⁾ realizou inicialmente os testes com três pacientes pós-AVC, com comorbidades moderadas a leves. O teste foi acompanhado por fisioterapeutas, realizando cinco minutos de exercício, resultando em melhora da motivação e da interação do indivíduo com o SG.

Martins, Carvalho, Soares⁽²³⁾ utilizou amostra de pacientes que apresentavam síndrome cerebelar, paraparesia, hemihipostesia, hemidistonia e hemiparesia. Eles utilizaram o jogo por dois minutos e meio ou cinco minutos, duas vezes por semana, entre doze e quinze sessões fisioterapêuticas. Os autores concluíram melhora do quadro de motivação e evolução dos pacientes. Dukes et al.⁽²⁶⁾ realizou testes com seis pacientes pós-AVC, que completaram cinco sessões de terapia supervisionada.

Observando os trabalhos que testaram as aplicações em pacientes pediátricos e adultos, as abordagens foram com foco em apenas testar a aplicação desenvolvida. A pesquisa com maior amostra, considerando pacientes adultos, foi a de Martins, Carvalho e Soares⁽²³⁾, composta por onze indivíduos. Avaliando as pesquisas realizadas com pacientes pediátricos, Martín-Ruiz, Máximo-Bocanegra e Luna-Oliva⁽¹⁵⁾, apresentam a pesquisa com

amostra mais numerosa, utilizando dez pacientes.

Oliveira et al.⁽²¹⁾, Tadayon et al.⁽²⁸⁾, e Masmoudi, Zenati, Djekoune⁽²⁵⁾, realizaram os testes da aplicação em indivíduos saudáveis. As pesquisas que realizaram testes em indivíduos com comorbidades, descreveram a utilização de amostras sem critérios de seleção claros, como por exemplo, sem descrição se a amostra foi probabilística ou não-probabilística, ou detalhamento sobre cálculo amostral.

Na discussão dos trabalhos avaliados, destaca-se a utilização dos SG como uma abordagem complementar à reabilitação, o que torna a realização dos exercícios mais interessante, aumentando o engajamento ao tratamento. Martín-Ruiz, Máximo-Bocanegra e Luna-Oliva⁽¹³⁾, Oliveira et al.⁽¹⁴⁾ e Castillo et al.⁽¹⁵⁾ destacam a importância do uso de SG no aumento da motivação e engajamento dos usuários na realização dos exercícios, visto a interatividade e imersão ocasionada pelo ambiente virtual, corroborando com Tadayon et al.⁽²⁸⁾.

Martin-Ruiz, Máximo-Bocanegra e Luna-Oliva⁽¹³⁾, Castillo et al.⁽¹⁷⁾, Diatel, Carvalho, Hounsell⁽²⁷⁾ descrevem que além de resultados positivos como motivação e engajamento, o uso dos SG também proporcionou resultados motores satisfatórios, destacando-se a melhora da agilidade para realizar atividades, aumento da velocidade de resposta do movimento, e maior controle da motricidade fina e grossa como exemplos de resultados no desempenho do usuário, quando a adição do uso de SG no processo de reabilitação^(15-18, 23, 27).

Para a utilização de SG é necessário acesso a equipamentos específicos (dispositivos móveis ou computador), e em alguns casos, a internet. É importante que os componentes necessários para usabilidade do jogo sejam de fácil aquisição e uso para o usuário. Considerando esse aspecto, 92,86% da amostra utilizou o computador como plataforma para o uso SG. Segundo os dados do Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação⁽²⁹⁾, o uso de dispositivos de informática vem aumentando de forma gradativa na última década, junto ao acesso à internet, e a dispositivos móveis, como smartphone⁽²⁹⁾.

Para o uso dos SG, é necessário o uso de algum dispositivo de interação entre o usuário e o SG, chamados de dispositivos de captura de dados de entrada⁽³⁰⁾. Os dispositivos de captura de movimentos mais utilizados nos trabalhos analisados foram: *Microsoft Kinect*, *Leap Motion*, *Câmera e Webcam*, *Intelligent Stick Prototype*, *Oculus Rift* e *Myo*, destacando-se que o *Microsoft Kinect* foi utilizado em 50% das pesquisas. Por meio desses

dispositivos que capturam o movimento, o jogo recebe os dados de interação do usuário (dados de entrada), que são tratados por modelos de tomada de decisão que analisa os dados e decide qual é a resposta que deverá ser enviada para o usuário⁽⁴⁾.

Analisando os dispositivos de interação, os modos de reconhecimento do movimento acontecem de formas diferentes. O *Microsoft Kinect* reconhece pontos articulares e acompanha o movimento do indivíduo através de um sensor de profundidade e de uma câmera⁽³²⁾. O *Leap Motion* capta os movimentos dos dedos através de infravermelho e câmera, como citado por Oliveira et al.⁽¹⁶⁾. O *Myo*, utilizado por Batista et al.⁽²⁴⁾ percebe os sinais elétricos emitidos pelos músculos do antebraço no momento da contração⁽³³⁾.

O *Oculus Rift*, utilizado por Masmoudi, Zenati e Djekoune⁽²⁵⁾ associado ao uso do *Microsoft Kinect* é um acessório utilizado na realidade virtual que funciona através de projeção de imagens. Por ser um óculos acoplado na cabeça, e ter os movimentos reproduzidos no jogo, o acessório proporciona maior imersão ao usuário⁽³⁴⁾. O *Intelligent Stick Prototype*, citado e utilizado por Tayadon et al.⁽²⁸⁾, é um protótipo que utiliza um controle conectado ao dispositivo, e os dados de movimento são captados pelo acelerômetro do controle. Diatel, Carvalho e Hounsell⁽²⁷⁾ utilizaram uma câmera, associada ao *OpenCV*, que identifica os movimentos. Pinheiro, Sousa e Silva Segundo⁽¹⁸⁾ utilizaram o acelerômetro do celular para captar os movimentos do dispositivo em três diferentes eixos.

Martín-Ruiz, Máximo-Bocanegra e Luna-Oliva⁽¹⁵⁾, assim como Martins, Carvalho e Soares⁽²³⁾ e Bastos, Santos e Félix⁽²²⁾, relatam que para reconhecimento dos movimentos, foi utilizado o *Software Development Kit* (SDK) no *Microsoft Kinect*⁽³¹⁾, ou no *Leap Motion*, como descreve Oliveira et al.⁽¹⁶⁾.

Considerando os princípios da neuroplasticidade, descritos por Kleim e Jones⁽⁵⁾ - “uso e desuso”, “aperfeiçoamento através do uso”, “especificidade”, “repetição”, “intensidade”, “tempo”, “saliência”, “idade”, “transferência” e “interferência” – todos os trabalhos analisados possuíam elementos que se enquadravam dentro desses princípios.

Nesse aspecto, observou-se que:

- Alguns apresentam exigência de realização de movimento, o que impede a negligência de uma função através do princípio do “Aperfeiçoamento através do uso” e “Uso e Desuso”;
- Alguns apresentam o princípio da “Repetição”, com a necessidade da repetição

do exercício sugerido; e do “Tempo”, com a realização da tarefa por um certo tempo. A repetição de uma ação por certo tempo, melhora a “Especificação” de funções e quadros motores.

- Determinar o público-alvo da aplicação, seja adulto ou pediátrico, define o princípio “Idade” dos usuários.

- Não há como exemplificar claramente a ocorrência da “Saliência” e “Transferência”. Porém, é possível evidenciar o princípio da “Interferência”. Tal princípio sugere a possibilidade de que a realização de uma ação ocasione o aperfeiçoamento de outros comportamentos. É possível observar esse princípio através da melhora do quadro de motivação, que foi secundário à melhora do quadro motor, citado por Castillo et al.⁽¹⁷⁾.

Visto isso, o uso do SG no processo de reabilitação das doenças neurológicas influencia no processo de neuroplasticidade, impedindo que funções sofram com processo de inatividade, proporcionando melhora motora⁽²³⁾. Como exemplos, há o trabalho de Castillo et al.⁽¹⁷⁾, que observou evolução da marcha em crianças com PC e melhora da imagética motora. E Martín-Ruiz, Máximo-Bocanegra, Luna-Oliva⁽¹⁵⁾, com avanços positivos na motricidade facial de pacientes infantis com PC.

Esta revisão considerou exclusivamente as contribuições publicadas em bases bibliográficas científicas. Por esta razão, não foram considerados serious games relacionados ao assunto sem produção bibliográfica associada. Este pode ser o caso de produtos mais recentes ainda sem resultados experimentais. A escolha pelas bases de dados considerou a multidisciplinaridade relacionada a este tipo de produção, ou seja, o desenvolvimento de um produto (o serious game) que integra um conteúdo da saúde a uma abordagem tecnológica das ciências exatas para aplicação na saúde. Por esta razão, incluiu bases de dados das ciências da saúde e das ciências exatas.

CONCLUSÃO

Foi possível observar que os SG desenvolvidos para uso na reabilitação de pacientes pediátricos e adultos diagnosticados com doenças neurológicas possuem requisitos que respeitam os princípios da neuroplasticidade, o que influencia na melhora da função motora e da reorganização neuronal.

Como exposto, há diversas vantagens na usabilidade do SG na reabilitação de indivíduos adultos e pediátricos com comorbidades neurológicas. Tratando-se de benefícios motores, observou-se melhora do controle motor grosso e fino, assim como velocidade de resposta e da agilidade. Considerando benefícios psicoemocionais, o uso dos SG na reabilitação traz benefícios, por ser uma opção lúdica e motivadora, favorecendo a confiança do paciente no processo de reabilitação e aumentando o engajamento durante o tratamento.

Vale ressaltar que, mesmo com o achado de artigos com as palavras-chave pesquisadas, ao analisar os trabalhos observou-se que ainda são poucos aqueles que tratam do uso de SG em reabilitação para patologias neurológicas. Os resultados evidenciam o potencial dos SG e um amplo campo de trabalho para novos projetos que explorem formas de interação, enredos e testes de eficácia.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPQ (processo 315298/2018-9).

REFERÊNCIAS

1. Machado LS, Moraes RM. Innovative Technologies to Support Education and Training: Researches by LabTEVE. Comunicações em Informática 2020; 4:50-53.
2. Machado LS, Costa TKL, Moraes RM. Multidisciplinaridade e o desenvolvimento de serious games e simuladores para educação em saúde. Revista Observatório 2018 Jul-Set; 4(4):149-172.
3. Duarte, JM. Revisão de serious games na área de saúde. In: Anais do XIII Congresso Brasileiro em Informática em Saúde; 2012 Nov 19-23; Curitiba, Brasil. Sociedade Brasileira de Computação; 2012. p. 1-6.
4. Costa TKL, Machado LS, Moraes RM. Inteligência artificial e sua aplicação em serious games para saúde. Rev Eletron de Comun Inf Inov Saúde 2014; 8(4):525-539.

-
5. Kleim JA, Jones TA. Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation After Brain Damage. *J Speech Lang Hear Res* 2008; 51: S225-S239.
 6. Lent, R. Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos fundamentais da neurociência. 2ª edição. Atheneu; 2010.
 7. Umphred DA. Reabilitação Neurológica. 5ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier; 2009.
 8. Zilli F, Lima ECBA, Kobler MC. Neuroplasticity in the rehabilitation of patients affected by spastic stroke. *Rev Ter Ocup Univ São Paulo* 2014 Set-Dez; 25(3):317-322.
 9. Paiva BT, Follman J, Amaral EMH, Saraçol Junior JD. PhysioPong: Serious Game Aplicado ao Processo de Reabilitação Física de Amputados de Membro Superior. In: Anais do XI Computer on the Beach; 2020 Set 2-4 Set; Balneário Camboriú, Santa Catarina, Brasil. Universidade do Vale do Itajaí; 2020.
 10. Souza CHR, Battisti D, Baretta LO, Carvalho ST. Exergames com Cicloergômetro para Reabilitação de Pacientes em Tempos de COVID-19. 2020 In: Anais do Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde; 2020 Set 15-18; Salvador, Bahia, Brasil. Sociedade Brasileira de Computação; 2020.
 11. Braga MA, Machado LS, Lopes LW, Siebra CA, Souto EC, Ramos RRB. GiroJampa: A serious game prototype for wheelchairs rehabilitation. In: Anais 18th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2021). 2021 Fev-Mar 28-02; Online. International Association of Online Engineering; 2021. p. 489:498.
 12. Souza TS, Silva MD, Carvalho R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein* 2010; 8(1 Pt 1):102-6.

13. Gentry SV, Gauthier A, Ehrstrom BL, Wortley D, Lilienthal A et al. Serious Gaming and Gamification Education in Health Professions: Systematic Review. *J Med Internet Res* 2019 Nov; 21(3).

14. Paiva PVF, Machado LS, Valença AMG, Moraes RM. Uma Proposta de Serious games para o Ensino de Biossegurança em Odontologia. *Pesqui Bras Odontopediatria Clín Integr* 2013 Abr-Jun; 13(2): 135-39.

15. Martín-Ruiz ML, Máximo-Bocanegra N, Luna-Oliva L. A Virtual Environment to Improve the Detection of Oral-Facial Malfunction in Children with Cerebral Palsy. *Sensors* 2016; 16(444):1-18.

16. Oliveira JM, Jorge JCM, Duarte JBF, Albuquerque VHC. Complementary Treatment for Children with Cerebral Palsy Based on Virtual Reality. *IEEE Latin America Transactions* 2016 Ago; 14(8): 3820-3825.

17. Castillo MD, Serrano JI, Lerma S, Martinez I, Rocon E. Evaluación Neurofisiológica del Entrenamiento de la Imaginación Motora con Realidad Virtual en Pacientes Pediátricos con Parálisis Cerebral. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial* 2018; 15(1):174-179.

18. Pinheiro AGP, Sousa RR, Silva Segundo FCG. Um jogo sério para auxiliar pessoas com síndrome de down no desenvolvimento da motricidade fina das mãos. *Brazilian Journal of Development* 2020; 6(5): 30630-30649.

19. Martins T, Carvalho V, Soares F. Application for Physiotherapy and Tracking of Patients with Neurological Diseases - Preliminary Studies. In: *Anais do 2th International Conference on Serious Games and Applications for Health*; 2013 Mai 2-3; Vilamoura, Portugal. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 2013.

-
20. Martins T, Carvalho V, Soares F. A Serious games for Rehabilitation of Neurological Disabilities: Preliminary Study. Anais do 4th Portuguese Meeting on Bioengineering; 2015 Fev 26-28; Porto, Portugal. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 2015.
21. Oliveira LC, Gomes TCF, Fernandes FG, Oliveira EC. Realidade Virtual aplicada no desenvolvimento de um Serious games para Reabilitação de Cadeirantes utilizando Kinect. In: Anais do XV SBGames; 2016 Set 9-10; São Paulo, Brasil. Sociedade Brasileira de Computação; 2016.
22. Bastos ML, Santos AA, Félix Z. Turtle Therapy: Um Jogo Sério para o auxílio no tratamento pós-AVC. In: Anais do Proceedings of SBGames; 2017 Nov 2-4; Curitiba, Paraná, Brasil. Sociedade Brasileira de Computação; 2017.
23. Martins T, Carvalho V, Soares F. Physioland - A Serious Game for Rehabilitation of Patients with Neurological Diseases. Online Engineering & Internet of Things 2018; 34:1-8.
24. Batista TVV, Machado LS, Valença AMG, Moraes RM. FarMyo: A Serious Game for Hand and Wrist Rehabilitation Using a Low-Cost Electromyography Device. International Journal Serious Games 2019; 6(2):3-19.
25. Masmoudi M, Zenati N, Djekoune OA. Design and development of 3D environment and virtual reality interaction: application to functional rehabilitation. In: Anais do International Conference on Embedded Systems in Telecommunications and Instrumentation; 2019 Out 28-30; Annaba, Argélia.
26. Dukes PS, Hayes A, Hodges LF, Woodbury M. Punching Ducks for Post-Stroke Neuro-rehabilitation: System Design and Initial Exploratory Feasibility Study. In: Anais do Symposium on 3D User Interfaces; 2013 Mar 16-17; Orlando, Estados Unidos. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 2013.
-

27. Diatel M, Carvalho MF, Hounsell MS. MoviPensando: Um Jogo Sérió para o Desenvolvimento Cognitivo e Motor de Crianças com Síndrome de Down. In: Anais do Proceedings of SBGames; 2016 Set 8-10; São Paulo, Brasil. Sociedade Brasileira de Computação; 2016.

28. Tadayon R, Panchanathan S, McDaniel T, Fakhri B, Laff M. A toolkit for motion authoring and motor skill learning in serious games. In: Anais do International Conference on Image Processing; 2014 Out 10-11; Richardson, Estados Unidos. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 2014.

29. Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação [página na internet]. Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação – Portal de Dados [acesso 27 de maio de 2021]. Disponível em: <https://data.cetic.br/cetic/explore>

30. Oliveira L, Rocha C, Miosso C. Comunicação entre dispositivos e aplicações Framework de interface. In: Anais do Proceedings of the SBGames; 2014 Nov 12-14; Porto Alegre, Brasil. Sociedade Brasileira de Computação; 2014.

31. Vineetha GR, Sreeji C, Lentin J. Face Expression Detection Using Microsoft Kinect with the Help of Artificial Neural Network. Trends in Innovative Computing; 2012.

32. Rocha PR, Defavari AH, Brandão PS. Estudo da viabilidade da utilização do Kinect como ferramenta no atendimento fisioterapêutico de pacientes neurológicos. In: Anais do Proceedings of the SBGames. 2012 Nov 2-4; Brasília, Brasil. Sociedade Brasileira de Computação; 2012.

33. Fernandes FG, Cardoso A, Lamounier Junior EA. Feel your Arm: Serious Game para Apoio à Reabilitação utilizando Dispositivo Vestível Myo. In: Anais do Proceedings of SBGames; 2016 Set 8-10; São Paulo, Brasil. Sociedade Brasileira de Computação; 2016.

34. Alvarenga NA, Monteiro AMV. Dispositivo, atração e os rubes da realidade virtual: uma abordagem teórica do Oculus Rift. Visualidades 2017 Jan-Jun; 15(1):129-142.