

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SERIO PARA EXERCÍCIOS DE INVERSÃO E EVERÇÃO DO PÉ TORTO CONGÊNITO

Luiz Henrique Luka Mingrone, Ana Grasielle Dionísio Corrêa

Apoio: PIBIC CNPq

RESUMO

A literatura mostra que os jogos sérios são capazes de melhorar as habilidades físicas e cognitivas das pessoas. Jogos sérios são projetados de forma a estimular movimentos motores repetitivos em vista a melhorar a capacidade funcional para as atividades básicas e instrumentais da vida diária. Este artigo mostra o projeto e o desenvolvimento de um jogo de obstáculos para exercícios de inversão e everção dos pés. A execução dos exercícios e controle do jogo é realizada com o uso de um dispositivo wearable (papete) onde acelerômetros são responsáveis por detectar a movimentação do pé. O jogo foi desenvolvido com plataforma de desenvolvimento de jogos Unity 3D. Espera-se que este jogo possa trazer contribuições para a área da reabilitação virtual, através de exercícios para recrutamento motor dos músculos relacionados a perna e ao pé e manutenção da amplitude de movimento articular do tornozelo.

Palavras-chave: wearable, reabilitação motora, gameterapia

ABSTRACT

Literature shows that serious games are able to improve people's physical and cognitive skills. Serious games are designed to encourage repetitive motor movements in order to improve functional capacity for basic and instrumental activities of daily living. This article shows the design and development of an obstacle game for foot inversion and eversion exercises. The execution of the exercises and control of the game is performed with the use of a wearable device (papete) where accelerometers are responsible for detecting the movement of the foot. The game was developed with the Unity 3D game development platform. It is hoped that this game can bring contributions to the area of virtual rehabilitation, through exercises for motor recruitment of the muscles related to the leg and foot and maintaining the ankle joint range of motion.

Keywords: wearable, motor rehabilitation, game therapy

1. INTRODUÇÃO

O Pé Torto Congênito (PTC) é caracterizado por uma deformação complexa do pé. Segundo estatísticas de instituições médicas, o pé torto congênito é a doença mais comum entre as doenças congênitas do sistema musculoesquelético, com prevalência de 35,8% (Nesterchuk et al., 2019; Ferreira 2018; Soares et al., 2016; Lara et al., 2013; Dietz 2002). Em 10% dos pacientes, a deformidade está associada a outras malformações congênitas (luxação da garganta, sindactilia, lábio leporino, fenda palatina etc.), indicando uma violação do desenvolvimento normal do embrião na 1ª metade da gravidez sob a influência de vários fatores teratogênicos (Kawashima e Uhthoff, 1990).

As alterações patológicas no PTC ocorrem não apenas no pé, mas estendem-se a todo o esqueleto do membro inferior e até mesmo à pelve e coluna vertebral (Nesterchuk et al., 2019). O tornozelo desenvolvido de forma anormal (a parte externa geralmente atinge tamanhos grandes) dificulta a correção do pé durante o tratamento. Alterações particularmente graves são encontradas nos tecidos moles tais como ligamentos, tendões e músculos (Santin e Filho, 1977). A atrofia muscular aumenta com a idade devido a uma restrição considerável dos movimentos da articulação do tornozelo. As violações funcionais progridem à medida que a deformação aumenta (Ferreira 2018; Santin e Filho, 1977).

A reabilitação física do PTC, na maioria dos casos, é reduzida a métodos cirúrgicos, colocação semanal de gesso e calçados ortopédicos que, por vezes, são dolorosos e incômodos para crianças (Nesterchuk et al., 2019; Soares et al., 2016; Lara et al., 2013; Mykhajla 2012; Diméglio et al., 1996). Mesmo se um progresso significativo foi observado no tratamento desta patologia, observa-se um nível significativo de resultados insatisfatórios e recidiva da doença, que requer reabilitação física a longo prazo.

Sabe-se que a reabilitação física, quando aplicada a longo prazo, se torna repetitiva e enfadonha, principalmente para crianças de primeira infância. A pesquisa científica comprovou que o principal período da reabilitação física é na primeira infância (idade pré-escolar) e envolve o uso de ferramentas e métodos para melhorar a posição da articulação do tornozelo e fortalecer os músculos das extremidades inferiores (Nesterchuk et al., 2019). O período final de reabilitação física é dedicado à melhoria das habilidades e atividades motoras, bem como à promoção da prevenção de recaídas (Ferreira 2018). De acordo com Krestyashin (1990), há necessidade de acompanhamento constante em crianças com PTC, com controle da função articular do tornozelo do período até os 15 anos.

Apesar dos avanços da medicina moderna e da experiência significativa no tratamento do PTC, a reabilitação física em crianças com PTC ainda carece de estratégias que possam mantê-las engajadas na terapia por longos períodos (Nesterchuk et al., 2019; Mykhajla

2012). Ressalta-se a questão da prevenção das recaídas e da técnica ideal para sua eliminação, o que determina a necessidade de desenvolver e implementar conteúdos individualizados de reabilitação física de crianças com PTC, do período pré-escolar até 15 anos. Neste contexto, os jogos sérios podem se tornar aliados neste processo. Jogos sérios promovem uma competição que pode ser jogada através de um computador de acordo com regras específicas, usando o entretenimento para promover o treinamento em educação, saúde, entre outras (Funabashi et al., 2018; Burke et al., 2009).

Este projeto de Iniciação Científica buscou projetar e desenvolver um jogo sério para exercícios de inversão /eversão do PTC para uso em sessões de reabilitação física . Exercícios de inversão são realizados na fisioterapia para a correção da pisada pronada (pé virado para dentro) e exercícios de eversão para correção da pisada supinada (pé virado para fora). Esses movimentos são controlados pelos músculos da perna para execução dos movimentos essenciais do pé (flexão plantar, flexão dorsal, inversão, eversão, supinação e pronação). O jogo foi projetado para ser integrado à um calçado (aqui denominado Papete Inteligente) equipado com acelerômetros e controlado por hardware Arduino. A ideia é que o jogador calce a Papete e interaja com o jogo constituído especificamente de exercícios inversão/eversão do PTC. A Papete foi desenvolvida em outro trabalho de Iniciação Científica e, portanto, não será abordado a fundo neste artigo.

A motivação para esta pesquisa se deu pelo fato de ainda não existir jogos sérios projetados para estimular movimentos de inversão/eversão do PTC. Acredita-se que a inserção deste tipo de tecnologia na rotina clínica e, possivelmente na rotina domiciliar do paciente, dado que se trata de uma tecnologia de baixo custo, pode contribuir para a evolução do tratamento do PTC, além de engajar e motivar os pacientes na terapia por mais tempo

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Exercícios para Reabilitação do PTC

Os músculos da perna contribuem para a execução dos movimentos essenciais do pé, são eles (SAAD et al., 1996): flexão plantar, flexão dorsal, inversão, eversão, supinação e pronação (Figura 1). Sendo a supinação um conjunto dos diferentes movimentos do pé, ou seja, é uma combinação de inversão, flexão plantar e adução. Enquanto a pronação é o inverso, é uma combinação de eversão, flexão dorsal e uma ligeira abdução (Da Luz, 2016).

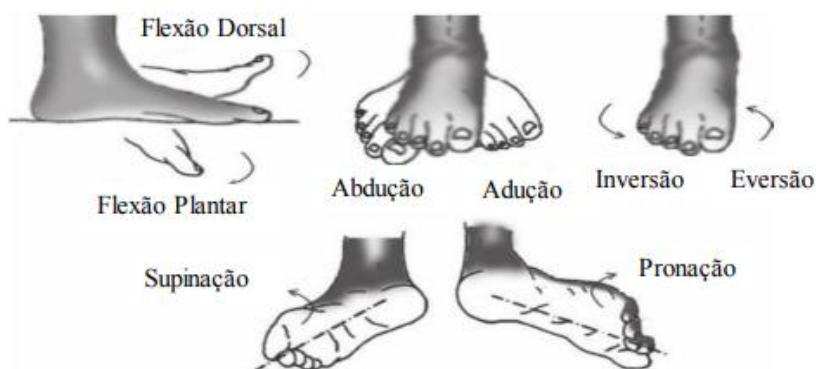


Figura 1. Movimentos do pé (Fonte: Da Luz, 2016)

Os músculos da perna são responsáveis por funções de movimento que variam de acordo com a sua localização. Os músculos do setor anterior são responsáveis pela flexão dorsal e inversão do pé; os do setor lateral estão envolvidos na eversão do pé; e o setor posterior está envolvido na flexão plantar.

Exercícios de eversão contribuem para a correção da pisada pronada (pé virado para dentro – Figura 2a) e exercícios de inversão ajudam na correção da pisada supinada (pé virado para fora – Figura 2b). A pisada pronada e supinada é comum em crianças que tiveram correção parcial de PTC e que necessitam de tratamento complementar para a correção definitiva do pé. O responsável por esta deformidade pode estar localizado em qualquer segmento do membro inferior, ou seja, pode estar na coxa, na perna, no pé ou em mais de um lugar ao mesmo tempo. Uma criança que tem a pisada pronada, por exemplo, possivelmente possui uma deformidade rotacional interna fisiológica da tíbia.

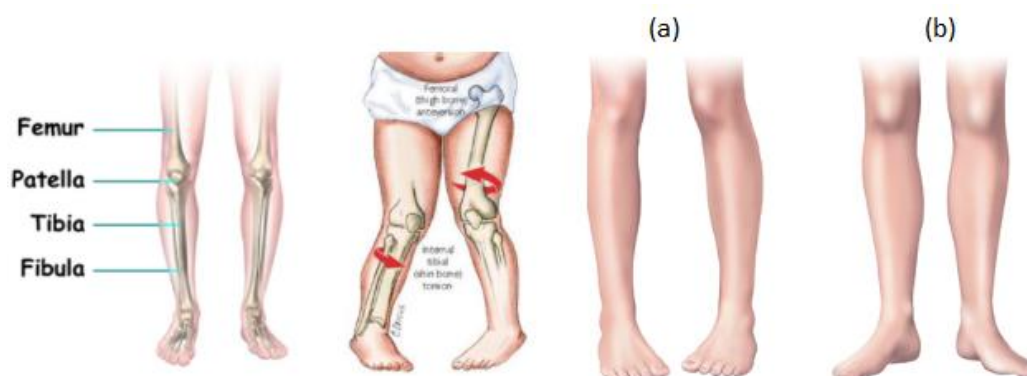


Figura 2. Pisada pronada e supinada (Fonte: Da Luz, 2016)

Da mesma forma, a criança que possui a pisada supinada possivelmente possui deformidades no fêmur (osso da coxa), ou seja, há uma torção externa femoral (Figura 1b). Na pisada supinada, há um predomínio da rotação externa femoral devido à deformidade em torção externa deste osso. Para que a criança possa caminhar com o pé para frente é preciso que as rotações (interna e externa) do quadril estejam equilibradas.

Neste estudo, pretende-se investigar se os exercícios de inversão e eversão para promover o aumento da amplitude dos movimentos das articulações dos pés (pronado e supinado) e, ao mesmo tempo, aumentar o engajamento das crianças na terapia. A ideia é usar a Pepete Inteligente para controlar um jogo de obstáculos que promova exercícios de inversão e eversão. A programação do jogo será feita mediante dados sobre os ângulos ideais para a criança atingir com os pés durante a interação com o jogo.

2.2. Jogos Sérios para Reabilitação Motora

Muitos programas de reabilitação de pacientes com deficiências e incapacidades mostram que a função dos membros inferiores e superiores dos pacientes melhora com um treinamento intensivo que, geralmente, é dividido em tarefas específicas e orientado para o alcance de uma meta. O problema com essas abordagens de tratamento de tarefas específicas, entretanto, é a falta de interesse do paciente em realizar tarefas repetitivas e em garantir que eles persistem no programa de fisioterapia (Burke et al., 2009).

Como as abordagens tradicionais de tratamento incluem exercícios frequentemente considerados repetitivos e enfadonhos para os pacientes, o uso de jogos sérios com uso de computadores para aumentar o engajamento na reabilitação física e cognitiva pode oferecer um benefício terapêutico significativo. Os jogos requerem atividade cognitiva e motora para que possam atrair a atenção do jogador (Rego et al., 2010). Além disso, a maioria dos jogos oferece níveis cada vez mais difíceis que dão ao jogador a sensação de desafio em seu progresso e de uma forma que também se adapta às suas habilidades. Outro aspecto muito importante é que os jogos distraem a atenção do paciente e, como tal, podem ser usados para auxiliar no controle da dor (Schönauer et al., 2011).

A aplicação da tecnologia de Realidade Virtual (RV) para a reabilitação de déficits motores vem crescendo nas últimas décadas (Ayed et al., 2019; Hoeg et al., 2019; Zimmerli et al., 2013; Sveistrup 2004). Esses métodos baseados em RV podem oferecer aos pacientes a participação em experiências imersivas que são envolventes e recompensadoras para eles (Corrêa et al., 2019; San Luis et al., 2016;).

Neste trabalho pretendemos identificar características de jogo sério que podem ser importantes para a reabilitação motora. Vários trabalhos semelhantes foram relatados na literatura nesta área. Flores et al. (2008) propuseram uma classificação de jogos para reabilitação de idosos que poderia servir como um indicador geral para a adequação ou adaptabilidade de cada jogo nessa área. Os autores analisaram e compararam dois conjuntos de jogos, de acordo com os seguintes critérios: jogos existentes atualmente usados na reabilitação de idosos com AVC (escolhidos subjetivamente como os mais divertidos para este público), e outros jogos populares não usados atualmente nesta área,

mas que poderiam ter vantagens sobre jogos existentes para a reabilitação de idosos com AVC e, portanto, podem ser adaptados para este fim. Eles concluíram que os jogos de reabilitação atuais carecem de qualidades de entretenimento e os jogos populares não possuem componentes essenciais para a eficácia da reabilitação.

Com relação aos jogos desenvolvidos para reabilitação dos pés, a maioria emprega dispositivos operados manualmente, como gamepad, joystick, mouse e teclado. Geralmente, esses jogos convencionais são limitados na complexidade dos sinais de dados medidos, bem como nos métodos em que esses sinais de dados são processados. Por exemplo, os consoles de jogos, como o Dance Dance Revolution (Kloos et al., 2013), utilizam certas técnicas para receber interativamente sinais do movimento do pé do usuário durante o jogo. Embora o DDR seja capaz de detectar esses movimentos e processar a localização e o tempo para interagir com o ritmo ou a batida de uma música, o dance pad limita os sinais de dados processados com relação à forma e posição que os pés tocam o chão, importantes para tratar o PTC. Além disso, as danceterias são grandes, pesadas e relativamente caras.

Hee et al., (2017) apresentaram o desenvolvimento de um jogo PONG baseado em eletromiografia interativa (EMG) para exercícios de dorsiflexão e flexão plantar dos pés. O jogo PONG é um jogo clássico que pode ser facilmente compreendido e jogado por jovens e idosos. Dois sensores EMG de superfície foram utilizados para adquirir atividade muscular dos músculos tibial anterior e gastrocnêmio. Pichierri et al. (2012) apresentam o resultado de uma intervenção cognitivo-motora usando um videogame de dança para melhorar a precisão da colocação dos pés e da marcha em condições de dupla tarefa em adultos mais velhos. Lv et al., (2014) desenvolveram jogos para os pés para demonstrar uma interface inovadora baseada na abordagem de detecção de movimento do pé para smartphone. O método de detecção e rastreamento híbrido baseado em visão computacional fornece um suporte essencial para a interface de interação com os pés, rastreando com precisão os sapatos do usuário. A patente apresentada por Kelley e Chou (2015), consiste em um sistema e um método que obtém dados de movimento e posição de sensores do calçado de um usuário e transmite sinais de dados correspondentes para um receptor via comunicação sem fio. O receptor, por sua vez, insere esses sinais como dados para um processador configurado para executar um programa de computador. Todos esses trabalhos mostram que a proposta desta pesquisa é viável.

3. METODOLOGIA

3.1. Descrição geral

Foi desenvolvido um jogo de plataforma single player, ou seja, para um jogador. O cenário do jogo é constituído de uma pista para o carro, uma paisagem (grama e árvores), um carro, estrelas (recompensas) e a interface de usuário que contém fase atual, pontuação (Figura 3). O objetivo do jogador é controlar o carro e coletar as estrelas (recompensas) até chegar na pontuação necessária para passar de fase. O jogo foi criado com a ferramenta de desenvolvimento de jogos Unity 3D. Os Scripts foram gerados em C# para criar os eventos dos botões (transições entre as telas) e toda a lógica do jogo.



Figura 3. Cenário do jogo de obstáculos

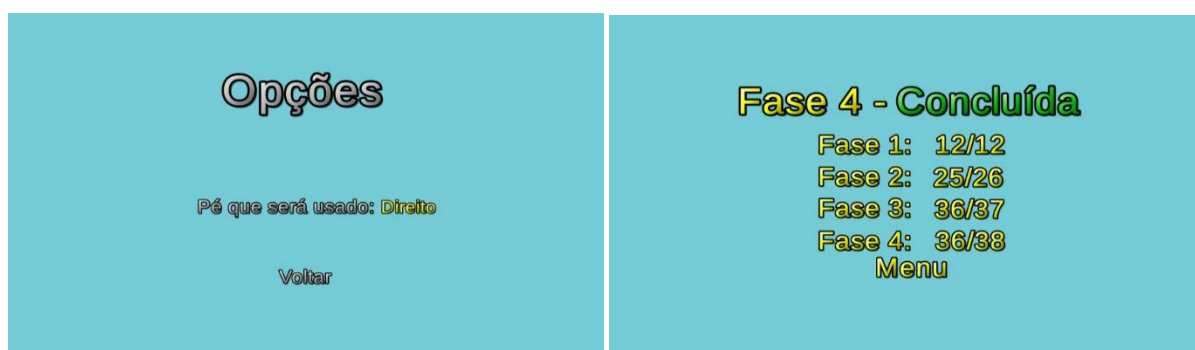
As tarefas do jogador foram especificadas por um especialista com mais de dez anos de experiência no atendimento clínico de crianças com PTC. As tarefas foram organizadas em níveis crescentes de dificuldade (desafios) e descrevem, portanto, as quatro fases do jogo com propostas dos exercícios de inversão e eversão. Foi considerado um descanso de 15 segundos entre uma fase e outra. Cada fase do jogo foi projetada de forma a prover, no mínimo, 6 repetições bem sucedidas (de um total de 12 tentativas) dos movimentos especificados na Tabela 1.

Tabela 1. Níveis dos desafios dos exercícios de inversão/eversão

Fase	Descrição	Duração do movimento	Pontos
IE:2	Inversão (2 seg) + eversão (2 seg)	2 segundos de inversão; 2 segundos de pausa; 2 segundos de eversão; 2 segundos de pausa	12
EI:2:4	Inversão (2 seg) + eversão (4 seg)	2 segundos de inversão; 2 segundos de pausa; 4 segundos de eversão; 2 segundos de pausa	24
IE:4	Inversão (4 seg) + eversão (4 seg)	4 segundos de inversão; 2 segundos de pausa; 4 segundos de eversão; 2 segundos de pausa	36

El:2:6	Inversão (2 seg) + eversão (6 seg)	2 segundos de inversão; 2 segundos de pausa; 6 segundos de eversão; 2 segundos de pausa	36
--------	------------------------------------	---	----

Inicialmente o jogador, ou terapeuta, deve especificar qual será o lado do pé a ser utilizado no jogo (Figura 4a). Essa informação é importante para enviar ao hardware Arduino qual será a movimentação do pé correspondente. Por exemplo, a inversão com pé direito é realizada com movimentos do pé virando para o lado esquerdo. Já com pé esquerdo, a inversão é realizada para o lado direito.



Ao final do jogo, ou seja, após executar as quatro fases de jogo, um relatório contendo o desempenho do jogador é apresentado contendo o aproveitamento para cada fase executada (Figura 4b). O aproveitamento é a fração de quantas estrelas foram coletadas para o número total de estrelas que o jogador passou, ou seja, se o jogador durante a primeira fase não pegou a primeira estrela, mas pegou todas as seguintes seu aproveitamento será 12/13.

Os princípios de design de jogos para reabilitação motora, sugerido por Burke(2009 apud SOUZA 2019), foi incorporado da seguinte forma: a) jogo significativo (feedback) quando o jogador faz um movimento de inversão e eversão, o carro se movimenta para a direita ou para esquerda, dependendo do pé que será utilizado; efeitos sonoros foram incorporados para fornecer maior engajamento do jogador; b) manipulação de falhas está relacionada aos movimentos mal executados (serão tratados em trabalhos futuros através de testes piloto com o público-alvo); c) nível de desafio foi proposto com apoio de fisioterapeutas especialistas em tratamento de crianças com PTC.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Implementação

O jogo foi desenvolvido utilizando o motor de jogo Unity 3D. As cenas foram criadas na seguinte sequência: uma cena de início com botão para iniciar o jogo e um menu em que o jogador poderá escolher qual pé será utilizado (Figura 4a); uma cena para cada fase onde o jogo é jogado e registra os resultados, a cena final mostra o resultado de todas as fases (Figura 4b). Os scripts de programação do jogo foram criados com linguagem C# e permitem a integração do jogo com o hardware Arduino. O cenário do jogo foi criado com adição dos seguintes componentes: um carro que se movimenta constantemente para frente e pode ser movido para esquerda e direita voltando sempre para o centro da pista ao final de cada movimento; uma pista que limita a movimentação do carro; e estrelas que são objetos que o jogador precisa capturar para ganhar pontos no jogo e uma paisagem formada por grama, árvores e o céu.

4.2. Integração com a Papete Inteligente

A Papete Inteligente foi desenvolvida em outro trabalho de Iniciação Científica e, portanto, detalhes de implementação não serão abordados a fundo neste trabalho. O calçado, do tipo Papete, foi equipado com uma placa de prototipagem Arduino baseada no microcontrolador ATmega328P e um acelerômetro (Figura 5). O acelerômetro foi posicionado na Papete entre o segundo e o terceiro metatarso de forma a capturar parâmetros de movimento dos pés em flexão dorsal e flexão plantar.

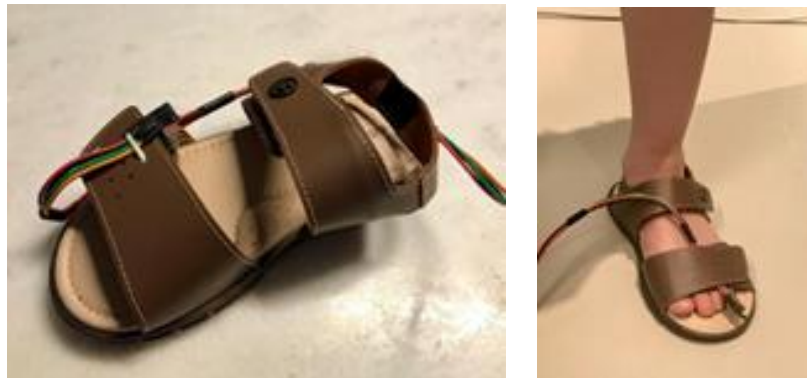


Figura 5. Papete Inteligente

A alimentação do sensor MPU-6050 é fornecida via Arduino com tensão variando entre 3V à 5V e, portanto, não oferece risco para o usuário. Atualmente a Papete está integrada a um módulo de comunicação serial, via porta USB com a Unity 3D. A conexão USB permite não somente a comunicação da Papete com o jogo, como também a alimentação do hardware Arduino. Futuramente, pretende-se desenvolver um módulo de conexão sem fio, via bluetooth, para simplificar a portabilidade do calçado e facilitar o uso em sessões de

reabilitação motora da marcha e jogos com exercícios propostos especificamente para reabilitação do PTC.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo abordou o desenvolvimento de um jogo para reabilitação motora de crianças com PTC. O jogo foi desenvolvido com a plataforma de jogos Unity 3D com vista a permitir exercícios de inversão e eversão dos pés. O jogo foi integrado ao calçado (papete) que serve de dispositivo de entrada (joystick) para o jogo.

Visando atender o objetivo geral, inicialmente foi realizado o levantamento do referencial teórico que contribuiu para o entendimento e dificuldades para realização de exercícios de inversão e eversão do pé. Em seguida, foi realizada uma busca por sistemas similares onde foi possível elencar o estado da arte sobre jogos sérios para reabilitação motora. Constatou-se que há muitas pesquisas sobre jogos para membros superiores, mas há uma carência por jogos para reabilitação dos membros inferiores, especialmente os pés. Este trabalho vêm de encontro à esta necessidade, e acreditamos que poderá trazer resultados promissores para a área da reabilitação motora.

O projeto do jogo foi realizado com apoio de um fisioterapeuta, o que permitiu criar um jogo com propostas de exercícios de inversão e eversão, respeitando-se os níveis de dificuldades. Como trabalhos futuros pretende-se realizar um estudo de usabilidade do jogo para averiguar problemas na interface e teste de viabilidade com um grupo de crianças com PTC para verificar os efeitos que o jogo pode proporcionar ao processo de reabilitação do pé.

1. REFERÊNCIAS

AYED, I. et al. Vision-based serious games and virtual reality systems for motor rehabilitation: A review geared toward a research methodology. *International journal of medical informatics*, v. 131, p. 103909, 2019.

BURKE, J.W. et al. Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. *The Visual Computer*, v. 25, n. 12, p. 1085, 2009.

CORRÊA, A.G.D. et al. Gear VR and leap motion sensor applied in virtual rehabilitation for manual function training: an opportunity for home rehabilitation. In: *Proceedings of the 5th*

Workshop on ICTs for improving Patients Rehabilitation Research Techniques. 2019. p. 148-151.

DA LUZ, A Enfermagem Orto-pediátrica e o pé boto. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Enfermagem da Universidade do Mindelo, 2016.

DIETZ, F. The genetics of idiopathic clubfoot. *Clinical orthopaedics and related research*, v.401, p. 39-48, 2002.

DIMÉGLIO, A. et al. Orthopedic treatment and passive motion machine: consequence for the surgical treatment of clubfoot. *Journal of Pediatric Orthopaedics b*, v.5, n.3, p. 173-180, 1996.

FERREIRA, D.R.M. J. Análise Cinemática do Andar de Crianças com Pé Torto Congênito Tratadas pelo Método Funcional Francês Adaptado. Pós-graduação em Ciências da Atividade Física (Dissertação), EACH/USP, 2018.

FLORES, E. et al. Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation. In: *Proceedings of the 2008 international conference on advances in computer entertainment technology*. 2008. p. 381-384.

FUNABASHI, A.M.M.; ARANHA, R.V.; SILVA, T.S.; MOTEIRO, C.; SILVA, W.S.; NUNES, F. A serious game for virtual rehabilitation: evaluation with patients and physiotherapists. *SBC Journal on Interactive Systems*, v. 9, n. 2, p. 14-25, 2018.

HEE, C.L. et al. Developing interactive and simple electromyogram PONG game for foot dorsiflexion and plantarflexion rehabilitation exercise. In: *2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. IEEE, 2017. p. 275-278.

HØEG, E.M. et al. Co-creating virtual reality applications for motor rehabilitation with physiotherapists. In: *Interactivity, Game Creation, Design, Learning, and Innovation*. Springer, Cham, 2019. p. 379-389.

KAWASHIMA, T. UHTHOFF, H.K. Development of the foot in prenatal life in relation to idiopathic clubfoot. *J Pediatr Orthop*, n.10, p.232-237, 1990.

KELLEY, Scott; CHOU, Sam. Article of footwear with interactive system. U.S. Patent n. 9,055,778, 16 jun. 2015.

KLOOS, A.D. et al. Video game play (Dance Dance Revolution) as a potential exercise therapy in Huntington's disease: a controlled clinical trial. *Clinical rehabilitation*, v. 27, n. 11, p. 972-982, 2013.

KRESTYASHIN I.V. Differential approach to diagnosis and treatment of congenital clubfoot in children [in Russian]. *Dis Kand Med Nauk [spec.]*. 14.01.19. M. 2011;75

LARA, L.C.R.; NETO, D.J.C.M.; PRADO, F.R.; BARRETO, A.P. Tratamento do pé torto congênito idiopático pelo método de Ponseti: 10 anos de experiência. *Revista Brasileira de Ortopedia*, v. 48, n. 4, p. 362-367, 2013.

LV, Z. et al. Foot motion sensing: augmented game interface based on foot interaction for smartphone. In: *CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. 2014. p. 293-296.

MYKHAJLOVA, N. E. The main components of a program of physical rehabilitation of children with congenital clubfoot. *Physical education of students*, n. 1, p. 66-69, 2012.

NESTERCHUK, N. et al. The technique of physical rehabilitation in clubfoot. *Physiotherapy Quarterly*, v. 27, n. 1, p. 25-34, 2019.

PICHIERRI, Giuseppe; MURER, Kurt; DE BRUIN, Eling D. A cognitive-motor intervention using a dance video game to enhance foot placement accuracy and gait under dual task conditions in older adults: a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, v. 12, n. 1, p. 74, 2012.

REGO, Paula; MOREIRA, Pedro Miguel; REIS, Luis Paulo. Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. In: *5th Iberian conference on information systems and technologies*. IEEE, 2010. p. 1-6.

SAAD, M.; BATTISTELLA, L.R.; MASIERO, D. Técnicas de Análise de Marcha. *Actas Fisiátrica*, n.3, v.2, pp. 23-26, 1996.

SAN LUIS, M.A.V.; ATIENZA, R.O.; SAN LUIS, A.M. Immersive virtual reality as a supplement in the rehabilitation program of post-stroke patients. In: *2016 10th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Security and Technologies (NGMAST)*. IEEE, 2016. p. 47-52.

SANTIN, R.A.L.; FILHO, J.S.H. Pé torto congênito. *Rev Bras Ortop*, v. 12, n. 1, p. 1-15, 1977.

SCHÖNAUER, C. et al. Chronic pain rehabilitation with a serious game using multimodal input. In: *2011 International Conference on Virtual Rehabilitation*. IEEE, 2011. p. 1-8.

SOARES R.J.; CERQUEIRA, A.S.O.; MOCHIZUKI, L.; SERRÃO, J.C.; VILAS-BOAS, J.P.; AMADIO, A.C. Parâmetros biomecânicos da marcha em crianças com pé torto congênito unilateral e bilateral. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v. 30, n. 2, p. 271-277, 2016.

SVEISTRUP, H. Motor rehabilitation using virtual reality. Journal of neuroengineering and rehabilitation, v. 1, n. 1, p. 10, 2004.

ZIMMERLI, L. et al. Increasing patient engagement during virtual reality-based motor rehabilitation. Archives of physical medicine and rehabilitation, v. 94, n. 9, p. 1737-1746, 2013.

Contatos: rickmingrone@gmail.com, anagradi@gmail.com