

Um Jogo SériO Controlado por Dispositivo Vestível para Exercícios de Inversão e Eversão do Pé

Gabriel Augusto Torres Azevedo
*Faculdade de Computação e
 Informática*
 Universidade Presbiteriana Mackenzie
 São Paulo, Brasil
 gabrieltazevedo@gmail.com

Luis Henrique Bastos Tamura
*Faculdade de Computação e
 Informática*
 Universidade Presbiteriana Mackenzie
 São Paulo, Brasil
 luis.h.tamura@gmail.com

Daniel Rogério de M J Ferreira
*Programa de Pós-Graduação em
 Distúrbios do Desenvolvimento*
 Universidade Presbiteriana Mackenzie
 São Paulo, Brasil
 daniel.ferreira@mackenzie.br

Silvana Maria Blascovi-Assis
*Programa de Pós-Graduação em
 Distúrbios do Desenvolvimento*
 Universidade Presbiteriana Mackenzie
 São Paulo, Brasil
 silvanam.blascovi@mackenzie.br

Ana Grasielle Dionísio Corrêa
*Programa de Pós-Graduação em
 Distúrbios do Desenvolvimento*
 Universidade Presbiteriana Mackenzie
 São Paulo, Brasil
 ana.correa@mackenzie.br

Ana Grasielle Dionísio Corrêa
*Programa de Pós-Graduação em
 Distúrbios do Desenvolvimento*
 Universidade Presbiteriana Mackenzie
 São Paulo, Brasil
 bruno.rodrigues@mackenzie.br

Resumo— O uso de jogos sérios como ferramentas de suporte no processo de reabilitação pode auxiliar no aprimoramento das habilidades físicas, cognitivas, e consequentemente prover uma melhora na qualidade de vida dos pacientes. Este artigo apresenta o projeto e o desenvolvimento de um jogo de ação que faz uso de um dispositivo vestível (wearable) para auxiliar na reabilitação de crianças com Pé Torto Congênito (PTC). Um teste piloto foi realizado com 2 crianças com PTC e uma criança sem PTC para verificar o engajamento e motivação dos usuários em relação ao jogo. Os resultados mostram que as crianças participantes reagiram de maneira positiva e sentiram-se motivadas a cumprir os objetivos de cada fase do jogo, executando os movimentos necessários para concluir os desafios.

Palavras-chave — *reabilitação física, gameterapia, pé torto congênito, dispositivos vestíveis, jogos eletrônicos.*

I. INTRODUÇÃO

O Pé Torto Congênito (PTC) é uma deformidade congênita de maior prevalência na ortopedia [1]. É caracterizada por um pé excessivamente virado (equinovarus) e arco longitudinal medial alto (cavus) que, se não tratado, leva à incapacidade funcional a longo prazo. No Brasil, cerca de 2:1000 nascidos vivos são acometidos pelo PTC [2].

O tratamento de indivíduos com PTC pode ser conservador ou cirúrgico e deve ser iniciado o mais cedo possível, porém, com acompanhamento a longo prazo, devido ao risco de recidiva da doença [2]. O tratamento do PTC pelo método de Ponseti [3] deve ser iniciado nos primeiros dias de vida e engloba a manipulação das pernas da criança pelo médico ortopedista e a colocação de gesso a cada semana durante cerca de cinco meses. Depois deste período, a criança passa a usar bota ortopédica, utilizada para imobilizar o pé até completar os 3 ou 4 anos de idade. Em caso de correção parcial, após cinco ou seis anos, crianças com PTC necessitam de tratamento complementar para a correção definitiva do pé [2] [4].

Apesar dos avanços da medicina e da experiência significativa no tratamento, a reabilitação física em crianças com PTC ainda carece de estratégias que possam mantê-las engajadas na terapia por longos períodos [5][6]. Neste contexto, os jogos sérios podem auxiliar os terapeutas a manterem o engajamento dos pacientes durante as sessões de reabilitação. Jogos sérios promovem uma competição que

pode ser jogada através de um computador de acordo com regras específicas, usando o entretenimento para promover treinamentos em educação, saúde, entre outras [7][8].

Neste projeto foi desenvolvido um jogo de ação denominado “Papa Bolinhas”, onde o jogador (crianças) tem que controlar um quadríciclo e coletar as esferas que aparecem na pista. A interação entre o usuário e o jogo é realizado por intermédio de um dispositivo vestível (wearable), mais especificamente um calçado do tipo papete, responsável por detectar os movimentos de inversão e eversão realizados pelo pé do jogador. Ao detectar esses movimentos, a papete envia informações para o jogo sobre qual movimento foi executado pelo usuário, e essa informação será responsável pela modificação da representação gráfica no jogo. Um teste piloto foi realizado com três crianças, duas com PTC e outra criança típica. Os resultados são relatados neste artigo.

II. REFERENCIAL TEORICO

A. Reabilitação de Pé Torto Congenito

A reabilitação de pacientes de PTC tem como objetivo obter e manter o pé funcional, flexível e plantígrado, assim como proporcionar ganho de mobilidade e permitir ao paciente realizar um bom apoio sem dor [9][10]. Para atingir os objetivos citados, são realizados durante as sessões de fisioterapia uma rotina de exercícios que estimulem os músculos da perna usados para execução dos movimentos essenciais do pé como: flexão plantar, flexão dorsal, inversão, eversão, abdução e adução [2].

B. Design de Jogos Sérios para Reabilitação de PTC

O uso de jogos sérios durante as sessões de fisioterapia podem auxiliar na reabilitação de pacientes pois insere um elemento motivacional na conduta terapêutica, auxiliando o jogador a alcançar objetivos específicos de maneira lúdica. Burke et al [11], identificaram que o jogos sérios aplicados a reabilitação devem ser significativos, com níveis apropriados de desafios e tolerantes a eventuais falhas do jogador.

O desenvolvimento de um jogo sério aumenta o engajamento e permite ao paciente superar suas dificuldades durante a intervenção terapêutica. Para que isso ocorra, o jogo deve responder as ações do jogador de maneira a incentivá-lo a aprender e aprimorar as ações que estimulem seu progresso no jogo.

O nível de desafio do jogo pode influenciar para que o jogo seja envolvente. Trabalhos anteriores relataram que usuários de jogos de reabilitação têm dificuldade com jogos de videogames comerciais, onde o nível dos ambientes do jogo não pode ser modificado [12]. O alcance da função motora entre pessoas com deficiência pode variar muito e o que pode ser fácil para uma pessoa é difícil ou impossível para outra. Para que haja engajamento, os jogos devem apresentar um nível ideal de desafio para cada jogador; nem muito difícil que se torne frustrante, nem fácil demais que se torne entediante.

Por fim, o desenvolvimento de jogo sério para reabilitação física deve levar em consideração a função motora dos usuários, pois como os membros afetados estão sendo mobilizados para interagir com o jogo, existe o risco de que, se o jogador falhar durante a atividade, ele possa atribuir essa falha à função motora ruim e isso pode resultar em um engajamento ruim. Burke et al. [11] sugere que a falha nos jogos de reabilitação seja tratada de forma conservadora. Como o engajamento é um pré-requisito para um resultado terapêutico positivo, todo engajamento deve ser recompensado. Ao lidar com a falha de maneira positiva, é mais provável que os jogadores permaneçam envolvidos com a intervenção. Isso não significa que o jogo não deva oferecer desafios e dramas, já que esses são motivos importantes para que os jogadores se envolvam com o jogo.

C. Tecnologias Vestíveis

Tecnologias vestíveis (wearables) são dispositivos tecnológicos que podem ser usados como acessórios ou vestimentas que tem a função de detectar, coletar e armazenar dados fisiológicos do usuário em tempo real [13]. A possibilidade de coletar dados fisiológicos de indivíduos em tempo real e de maneira ergonômica e acessível, somada ao desejo crescente dos usuários pela conscientização de sua saúde tem alavancado diversos avanços tecnológicos nesse segmento [14].

Atualmente é comum o uso de dispositivos vestíveis como relógios e pulseiras que monitoram a saúde dos indivíduos através de dados fisiológicos como frequência cardíaca, pressão arterial, saturação de oxigênio no sangue e enviam esses dados para uma base de dados em nuvem através de smartphones [13]. Além dessas aplicações comumente usadas, dispositivos vestíveis que auxiliam terapeutas durante as sessões de reabilitação têm ganhado mais atenção e esforços de pesquisadores e empresas. Já existem trabalhos científicos promissores demonstrando a viabilidade dos dispositivos vestíveis para coletar dados sobre a marcha do paciente [15], para auxiliar na reabilitação de membros superiores [16], bem como na reabilitação de membros inferiores [17].

D. Trabalhos Correlatos

Existem diversos sistemas de jogos que empregam dispositivos operados manualmente, como, joysticks, mouses e teclados. Geralmente, esses sistemas de 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 (DDR), 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 dispositivo limita os sinais de dados processados com relação à forma e posição em que os pés tocam o chão, importantes para tratar o PTC.

Além disso, o dispositivo é grande, pesado e relativamente oneroso para a maioria da população brasileira.

Pichierri et al. [18] apresentaram o resultado promissores de uma intervenção cognitivo-motora usando um jogos de dança para melhorar a precisão da colocação dos pés e da marcha em condições de dupla tarefa em adultos mais velhos.

Hee et al [19], apresentam 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 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 gastrocnêmico.

Este trabalho é um adendo ao trabalho desenvolvido por Ferreira et al [20] que propuseram um jogo sério onde os movimentos de dorsiflexão e flexão plantar dos pés, são usados para controlar um carro que precisa desviar de obstáculos ao longo da pista. Nesta solução, o controle do jogo é realizado com o uso de um calçado inteligente onde acelerômetros são responsáveis por detectar a movimentação de dorsiflexão e flexão plantar dos pés.

III. DESENVOLVIMENTO DO JOGO “PAPA BOLINHAS”

A proposta deste jogo surgiu a partir da necessidade em propor uma solução lúdica que auxilie na reabilitação de crianças com PTC. Em geral, o tratamento convencional de crianças com PTC é repetitivo e cansativo, pois, além das manobras manuais passivas, aplicadas pelo fisioterapeuta (alongamentos), a criança é submetida a uma rotina de exercícios que estimulem a ativação e o fortalecimento muscular das pernas.

A proposta do jogo sério “Papa Bolinhas” é oportunizar um melhor engajamento de crianças durante a terapia do PTC. Além disso, o jogo foi programado para fornecer ao terapeuta informações importantes da cinemática dos pés durante a prática com o jogo, tais como posição, angulação, velocidade.

O jogo Papa Bolinhas é composto de dois módulos: a) dispositivo vestível denominado “Papete Inteligente” usado para controlar o jogo; b) jogo sério criado para estimular os exercícios de inversão e eversão;

A. Papete Inteligente

Uma papete (calçado) foi equipada com uma placa de prototipagem Arduino baseada no microcontrolador ATmega328P e um acelerômetro (Fig. 1). O acelerômetro foi posicionado na papete entre o segundo e o terceiro metatarso de forma a capturar os movimentos de inversão e eversão do pé do usuário. Essas informações aferidas pela papete são transferidas para o jogo via conexão serial UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitte).



Fig. 1. Protótipo da papete inteligente

Os dados do desempenho sobre a movimentação do pé do jogador (especificar que dados são esses), bem como sua performance no jogo (especificar) estão sendo salvos em arquivo csv que pode ser usado posteriormente pelo terapeuta para avaliar a evolução do paciente e a eficácia do tratamento.

B. Jogo Papa Bolinhas

O Papa Bolinhas é um jogo sério desenvolvido na Unity 3D, constituído de um personagem que controla um quadriciclo; uma pista com bolinhas espalhadas (Fig. 2) ao longo do percurso do jogo. O objetivo do jogador é controlar o quadriciclo através da papete e coletar o máximo de bolinhas para somar pontos. Além da Unity 3d, foram desenvolvidos scripts na linguagem C# que permite a integração do jogo com a papete. O jogo possui trilha sonora e efeitos sonoros para proporcionar maior engajamento. Os áudios, em formato MP3, foram selecionados de bases de dados gratuitos disponíveis na Internet.

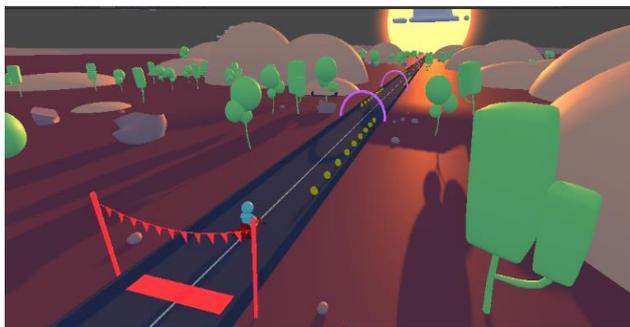


Fig. 2. Cenário do jogo Papa Bolinhas

Nesta solução, as bolinhas estão posicionadas na pista de forma a induzir o jogador a permanecer o tempo necessário com o pé rotacionado na posição de inversão ou eversão, assim como realizar um período de repouso entre a alternância do posicionamento do pé. Por exemplo, com o pé em repouso, o quadriciclo se posiciona no centro da tela, no entanto para coletar as bolinhas posicionadas nas laterais da pista, o jogador deve realizar os movimentos de inversão e eversão que são responsáveis por movimentar o quadriciclo para a esquerda e para a direita.

O jogo possui quatro fases que foram projetadas com apoio dos especialistas em reabilitação de crianças com PTC e organizadas em níveis crescentes de dificuldade (desafios). Cada fase do jogo foi projetada de forma a prover 12 repetições dos movimentos especificados na Tabela I, onde se ao final da fase o jogador coletar 70% das bolinhas que aparecem ao longo do percurso, um novo desafio será iniciado automaticamente. Caso o jogador não tenha coletado 70% das bolinhas da fase, uma tela com botões (Refazer e Prosseguir) é apresentada. O terapeuta pode julgar a necessidade de reiniciar a fase ou prosseguir para a próxima fase de acordo com o engajamento do jogador levando em consideração o quanto grau de PTC comprometeu a função motora durante a execução dos movimentos. Após o término de cada fase, o jogador terá 20 segundos para descansar e se preparar para o próximo desafio.

Para melhor adaptar o jogo as necessidades individuais de cada paciente, o terapeuta pode aumentar ou diminuir a velocidade do quadriciclo, assim torna-se possível controlar a dificuldade do jogo de maneira a modular gradualmente o desafio para manter os pacientes engajados na atividade.

TABELA I. NÍVEIS DOS DESAFIOS DOS EXERCÍCIOS DE INVERSÃO E EVERSAO

Fase	Duração do Movimento
IE:2	2 segundos com pé em inversão, 2 segundos com pé em repouso e 2 segundos com pé em eversão
IE:4	4 segundos com pé em inversão, 4 segundos com pé em repouso e 4 segundos com pé em eversão
IE:4:2	4 segundos com pé em inversão; 2 segundos com pé em repouso; 2 segundos com pé em eversão.
IE:6:2	6 segundos com pé em inversão; 2 segundos com pé em repouso; 2 segundos com pé em eversão.

Ao final do jogo, ou seja, após jogar as quatro fases, um relatório contendo o desempenho do jogador é apresentado contendo uma pontuação que representa a quantidade de bolinhas coletadas ao longo das fases (Fig. 3). Esses dados também são salvos em um arquivo CSV.



Fig. 3. Tela de pontuação geral do jogo

IV. TESTE PILOTO

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa (CAAE: 87369418.3.0000.0084). O estudo piloto contou com a participação de 2 fisioterapeutas e 3 crianças, sendo 2 com PTC, dentre eles, um com 4,5 anos de idade (bilateral) e outro com 7 anos (unilateral direito), e uma criança típica, também com 7 anos de idade. Os responsáveis pelas crianças foram comunicados sobre os testes pessoalmente pelos pesquisadores, via telefone e mídia social, com 3 dias de antecedência. No momento em que a proposta foi feita, o jogo foi demonstrado aos responsáveis e as dúvidas sanadas.

Ao comparecimento das famílias, nos dias de coleta, novamente os pais foram consultados sobre a livre escolha deles, com relação aos filhos participarem do teste e informados sobre a possibilidade de desistência, sem prejuízos ou danos a nenhuma das partes. Os testes foram aplicados em ambiente seguro, sem ruídos, confortável, sem a possibilidade de interrupções ou distrações. Trata-se de um estudo piloto, de natureza aplicada, cujos dados foram coletados por meio de entrevistas semi-estruturadas e anotações das observações.

Após a anuência dos pais e assinatura dos termos de consentimento, livres e esclarecidos, os testes foram aplicados em dois dias, sendo que, no primeiro, foi realizado com a criança de 4,5 (PTC), um treinamento no qual ela observou o jogo em funcionamento, calçou a papete e se mostrou interessada em experimentá-lo. As crianças sentaram em uma cadeirinha ergonômica, (homologada para o transporte em veículos) posicionada seguramente em piso plano, com cintos de segurança, ajustados ao tronco e as papetes usadas eram novas. Os pés foram apoiados em uma plataforma, partindo da posição neutra da articulação do tornozelo. O centro da tela do computador, com o jogo, ajustado para a altura dos olhos da criança e as conexões e calibrações da papete foram verificadas pelo fisioterapeuta.

No começo do teste, a criança relatou não ter gostado muito da atividade, por terem sido necessárias algumas

intervenções dos examinadores para ajudá-la a controlar melhor o quadriciclo na pista e a buscar as bolinhas mais precisamente. Quando ela passou a dominar melhor o carro e apresentar maior assertividade com o jogo, a criança se envolveu de forma vibrante e ficou muito contente com o próprio desempenho. Esta etapa durou cerca de 40 minutos, com isso o tempo da coleta se encerrou e consideramos esta sessão como parte do processo de aprendizagem da criança, a qual foi convidada a comparecer no dia seguinte para uma nova sessão. Ao que tanto ela, quanto a família, concordaram prontamente.

No segundo dia de coletas, em que todas estavam convidadas, esta foi a primeira a comparecer e a iniciar os testes, nos quais apresentou ótimo desempenho e, pelo que pudemos observar, entrou no círculo mágico do jogo, perfazendo uma sessão de 50 minutos, apenas com as pausas para descanso. Posteriormente, as outras duas crianças, de 7 anos, também experimentaram o jogo e tiveram ótimos desempenhos, não havendo a necessidade de uma fase de treino ou adaptação ao jogo. Atribuimos isso à considerável diferença de idade entre elas, pois aos 4,5 anos, áreas corticais e certos reflexos finos e precisos, relacionadas ao controle motor, não apresentam o desenvolvimento que as crianças na outra faixa etária já apresentam. Enfim, todos os participantes ficaram muito contentes por experimentarem o jogo e pediram para participarem de mais sessões com ele. Os pais também relataram ter gostado da proposta e se ofereceram para trazer os filhos noutras oportunidades.

Sabemos que tais testes são preliminares e não representam amostras significativas para quaisquer análises estatísticas, porém, não foi observado menor desempenho ou maior dificuldade por parte dos participantes com PTC, comparados com o participante sem PTC.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Crianças com PTC exigem intervenções precoces, com frequência semanal e acompanhamento profissional por toda a infância. Tais intervenções exigem conhecimentos especializados sobre anatomia e fisiologia do corpo do recém-nascido e da criança, além de aprofundados estudos sobre o desenvolvimento musculoesquelético, neuromotor e as habilidades inerentes a cada fase de desenvolvimento.

O uso do jogo sério Papa Bolinhas além de permitir o treinamento de cadeias musculares específicas importantes no processo de reabilitação do paciente com PTC, também permite que o usuário obtenha alto grau de controle sobre as ações do jogo. A fase piloto do estudo foi importante para validar requisitos, verificar a aplicabilidade e coletar ajustes de usabilidade do jogo e da papete, itens essenciais para que o jogo possa vir de fato a possuir utilidade clínica.

Como trabalhos futuros pretendemos realizar ensaios clínicos controlados, para que possa ser obtida alguma evidência científica sobre os benefícios desse modelo de intervenção para o tratamento do PTC.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos ao Auxílio PROEX N° 1133/2019 pelo apoio financeiro e aos participantes no processo de avaliação do jogo durante o estudo piloto.

REFERÊNCIAS

- [1] R. A. Santini., J.S. Filho, “Pé torto congênito,” *Revista Brasileira de Ortopedia*, v. 12, 1977, pp.1-15.
- [2] D. R. D. M. J. Ferreira. “Análise cinemática do andar de crianças com pé torto congênito tratadas pelo método funcional francês adaptado,” dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2018.
- [3] I.V. Ponseti, “Clubfoot management”, *Journal of Pediatric Orthopaedics*, v. 20, n. 6, 2000, pp.699-700.
- [4] R.J. Soares, “Análise de parâmetros biomecânicos na locomoção de crianças portadoras de pé torto congênito,” Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2007.
- [5] N. Nesterchuk, I. Grygus, K. Prusik, W. Zukow “The technique of physical rehabilitation in clubfoot,” *Physiotherapy*, v.27, n.1, 2019, pp.5-34.
- [6] N. E. Mykhajlova “The main components of a program of physical rehabilitation of children with congenital clubfoot,” *Physical education of students*, v.1, 2012, pp. 66-69.
- [7] A.M.M. Funabashi, R.V. Aranha, T.S. Silva, C. Moteiro, W.S. Silva, F. Nunes “A serious game for virtual rehabilitation: evaluation with patients and physiotherapists,” *SBC Journal on Interactive Systems*, v. 9, n. 2, 2018, pp. 14-25.
- [8] J.W. Burke et al. “Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games,” *The Visual Computer*, v. 25, n. 12, 2009.
- [9] M. Changulani, et al. “Treatment of idiopathic club foot using the Ponseti method: Initial Experience,” *Journal of Bone and Joint Surgery*. v.88, n.10, 2006, pp. 1385-1387.
- [10] E.W. Moura, P.A.C. Silva, et al. “Fisioterapia: Aspectos Clínicos e Práticos da Reabilitação AACD,” São Paulo: Artes Médicas, 2005, p. 155.
- [11] J.H. Burke, M.D.J. McNeill, D.K. Charles, P.J. Morrow, J.H. Crosbie, S.M. McDonough “Designing engaging, playable games for rehabilitation” *Proc. 8th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Associated Technologies Viña del Mar/Valparaíso, Chile, 2010*, pp. 195-201.
- [12] D. Rand, R. Kizony. P.L. Weiss “Virtual reality rehabilitation for all: Vivid GX versus Sony PlayStation II EyeToy” *Proceedings of the 5th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technology 2004*, pp. 87-94.
- [13] S. Seneviratne et al., “A Survey of Wearable Devices and Challenges” in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, n. 4, 2017, pp. 2573-2620.
- [14] J. Heikenfeld, A. Jajack, J. Rogers, P. Gutruf, L. Tian, T. Pan, R. Li, M. Khine, J. Kim, J. Wang and J. Kim “Wearable sensors: modalities, challenges, and prospects” *Lab Chip*, v.18, 2018, pp. 217-248. <https://doi.org/10.1039/C7LC00914>
- [15] C.Z.H. Ma, Y.T. Ling, Q.T.K. Shea, L.K. Wang, X.Y. Wang, Y.P. Zheng, “Towards wearable comprehensive capture and analysis of skeletal muscle activity during human locomotion”, *Sensors*, vol. 19, n. 195, 2019, pp. 1-13.
- [16] R. Alexandre, O. Postolache, “Wearable and IoT Technologies Application for Physical Rehabilitation,” in *2018 International Symposium in Sensing and Instrumentation in IoT Era (ISSI)*. IEEE, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISSI.2018.8538058.
- [17] M. F. Domingues et al. “Wearable eHealth System for Physical Rehabilitation: Ankle Plantar-Dorsi-Flexion Monitoring,” in *2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*. IEEE, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/GLOBECOM38437.2019.9014293.
- [18] G. Pichierri, K. Murer, E.D. de Bruin, “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*, vol. 12, n.74, 2012, 1-14.
- [19] C.L. Hee, T.H. Chong, D. Gouwanda, A.A. Gopalai, C.Y. Low, F.A. binti Hanapiah, “Developing interactive and simple electromyogram PONG game for foot dorsiflexion and plantarflexion rehabilitation exercise,” *39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2017, pp. 275-278.
- [20] D. R. Ferreira, C. K. Baptista, B. da S. Rodrigues, B. C. Siqueira, S. M. Blascovi-Assis, and A. G. Corrêa, “Development and Test of a Serious Game for Dorsiflexion and Plantarflexion Exercises of the Feet,” *JIS*, vol. 12, no. 1, 2021, pp. 58-68.