

Pong Humano: Um Exergame Baseado em Visão Computacional para Estímulo do Desenvolvimento Psicomotor

Human Pong: A Computer Vision-Based Exergame for Psychomotor Development Stimulation

Vitor Augusto Novaes de Jesus¹, Victor Travassos Sarinho¹

¹Laboratório de Entretenimento Digital Aplicado (LEnDA)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Feira de Santana, BA - Brasil

vitoraug210@gmail.com, vsarinho@uefs.br

Abstract. Introduction: Serious games combined with motion tracking technologies present significant potential for psychomotor stimulation, especially in individuals who face challenges in motor coordination and sensory processing. **Objective:** This work presents Human Pong, an accessible computer vision-based exergame designed to stimulate psychomotor skills without the use of tangible physical sensors. **Methodology:** The game was developed in Python, using Pygame for graphics engine management and audio feedback, along with OpenCV and MediaPipe for real-time trunk tracking of the player. Configuration of sensory and cognitive aspects to support adaptation to different user profiles was also implemented. **Results:** Preliminary observations from a psychomotor specialist indicated a high level of engagement and ease of use during gameplay sessions, highlighting the importance of the game's dynamic adjustment features, such as movement sensitivity and speed progression, in providing players with an immersive and enjoyable experience.

Keywords Computer Vision, Exergames, Psychomotricity, MediaPipe.

Resumo. Introdução: Jogos sérios aliados a tecnologias de rastreamento de movimento apresentam grande potencial para o estímulo psicomotor, especialmente em indivíduos com desafios na coordenação motora e no processamento sensorial. **Objetivo:** Este trabalho apresenta o Pong Humano, um exergame acessível baseado em visão computacional, projetado para estimular habilidades psicomotoras sem o uso de sensores físicos tangíveis. **Metodologia:** O jogo foi desenvolvido em Python, utilizando Pygame para gerenciamento do motor gráfico e feedback auditivo, junto com OpenCV e MediaPipe para rastreamento do tronco corporal do jogador em tempo real. Configuração de aspectos sensoriais e cognitivos para adaptação a diferentes perfis de usuários também foram implementadas. **Resultados:** Observações preliminares de uma profissional psicomotora indicou alto nível de engajamento e facilidade de uso durante a aplicação do jogo, destacando a importância dos ajustes dinâmicos disponibilizados pelo mesmo, tais como sensibilidade e progressão de velocidade, de modo a garantir uma experiência imersiva e divertida aos jogadores.

Palavras-Chave Visão Computacional, Exergames, Psicomotricidade, MediaPipe.

1. Introdução

O uso de jogos digitais no contexto terapêutico, conhecidos como *serious games*, tem se mostrado eficaz no estímulo psicomotor. Terapias tradicionais, frequentemente baseadas em repetição mecânica, tendem a reduzir o engajamento do paciente ao longo do tempo. Nesse cenário, os *exergames* [Oh e Yang 2010], jogos que demandam movimento físico, tornam a atividade mais motivadora e imersiva.

O desenvolvimento psicomotor está diretamente relacionado à organização do esquema corporal e à estruturação espacial. Segundo [Mello 1989], a consciência do próprio corpo em relação ao espaço é o pilar para a autonomia da criança. Em indivíduos com Transtorno do Espectro Autista (TEA), por exemplo, o desenvolvimento psicomotor é frequentemente marcado por desafios na coordenação viso-motora e na regulação sensorial. A literatura aponta que intervenções precoces focadas nessas valências podem reduzir atrasos no desenvolvimento global e melhorar significativamente a interação social [Oliveira et al. 2019].

Entretanto, muitas soluções existentes dependem de hardwares de alto custo ou dispositivos físicos, que podem ser inadequados para indivíduos com hipersensibilidade sensorial. Neste sentido, este trabalho apresenta o **Pong Humano**, um exergame baseado em visão computacional que utiliza apenas uma *webcam* como interface computacional, de modo a oferecer uma solução acessível e parametrizável para o estímulo psicomotor.

2. Cuidados Éticos

Com relação ao prisma ético deste trabalho, o qual se baseia na análise de ações-respostas organizadas e obtidas a partir de um brincar participativo e espontâneo de atividades funcionais para fins de ensino com pretensões terapêuticas, entende-se que o mesmo se enquadra na Resolução CNS n° 510, de 2016, segundo a qual: “Não serão registrados nem avaliados pelo sistema CEP/CONEP: [...] VII – pesquisa que objetiva o aprofundamento teórico de situações que emergem espontânea e contingencialmente na prática profissional, desde que não revelem dados que possam identificar o sujeito”; e “atividade realizada com o intuito exclusivamente de educação, ensino ou treinamento sem finalidade de pesquisa científica, de alunos de graduação, de curso técnico, ou de profissionais em especialização” [Brasil 2016].

3. Fundamentação Teórica

A utilização de sistemas de captura de movimento para fins de reabilitação e estímulo psicomotor expandiu-se significativamente com a popularização de hardwares dedicados. Estudos conduzidos por [Hilton et al. 2014] demonstraram que intervenções estruturadas com *exergames* promovem melhorias multidimensionais em jovens com TEA, abrangendo desde habilidades motoras fundamentais até funções executivas complexas, como planejamento e atenção sustentada.

Com o avanço da Inteligência Artificial e da Visão Computacional, o foco da área migrou para a democratização dessas tecnologias através de equipamentos convencionais, como *webcams*. Nesse cenário, [Lugaresi et al. 2019] consolidaram o *framework MediaPipe* como uma arquitetura de alto desempenho para o rastreamento tridimensional de esqueletos em tempo real. Essa abordagem elimina a dependência de

sensores infravermelhos de alto custo, permitindo a execução de algoritmos de percepção corporal em dispositivos com capacidade computacional limitada.

Iniciativas como a plataforma T-TEA exploram o conceito de “chão interativo” combinado com o rastreamento de esqueletos via *webcam* para estimular a interação corporal e a ludicidade em ambientes terapêuticos [Trindade et al. 2022]. Contudo, observam-se lacunas persistentes no que tange à configuração da plataforma para diferentes perfis clínicos. Neste sentido, é essencial permitir que terapeutas, mesmo sem conhecimentos técnicos de programação, possam realizar o ajuste fino da experiência e personalizar o suporte adaptativo para as necessidades específicas de cada paciente.

4. Metodologia

Pong Humano foi desenvolvido em *Python*, integrando três ecossistemas fundamentais: a) **OpenCV**, para processamento de imagens e operações de calibração espacial; b) **MediaPipe Pose**, responsável pela extração do esqueleto virtual (33 pontos de referência) em tempo real; e c) **Pygame**, que gerencia o motor gráfico e o *feedback* auditivo. A Figura 1 apresenta a montagem física e a interface de captura do software. Durante a fase de desenvolvimento, implementou-se inicialmente o rastreamento baseado nos pés do usuário. No entanto, os testes revelaram que o *MediaPipe* apresentava instabilidades significativas nas extremidades inferiores devido à perspectiva rasa da câmera e oclusões causadas pela própria movimentação da criança. O sistema interpretava essas falhas como “derrotas”, gerando frustração imediata. Para solucionar este gargalo, a lógica de controle foi migrada para o centro do tronco (Figura 1), tornando o projeto mais preciso, com *setup* do ambiente simplificado, e funcionando mesmo em condições de iluminação limitadas.



Figura 1. Montagem física do *hardware* e *setup* do ambiente, junto com a interface de rastreamento de tronco via *MediaPipe*.

A configuração física da plataforma do jogo teve como ponto laborioso a determinação do ângulo ideal entre a câmera e o chão, de modo a cobrir a área de projeção sem que a visão da câmera interferisse no espaço de movimentação do jogador. Para solucionar a distorção de perspectiva causada pelo desalinhamento entre projetor e câmera, implementou-se uma calibração geométrica de quatro pontos via *getPerspectiveTransform* (Figura 2). Essa matriz mapeia as coordenadas do jogador do espaço da câmera para a tela do jogo, onde o ponto de controle dinâmico utilizado é a média entre os quadris direito e esquerdo, correspondendo ao centro de massa locomotor.

Após diálogos com psicomotricistas para entender a individualidade de cada diagnóstico, o jogo também foi dotado de um menu de parametrização (Figura 2) que

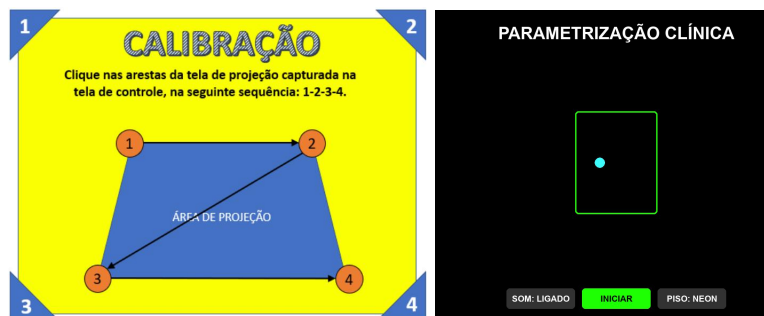


Figura 2. Calibração geométrica e menu de parametrização dos eixos.

permite ajustes em três eixos principais: 1) *Eixo Visual*, com o ajuste de cores e contraste, onde o botão “Piso” permite alternar entre paletas claras e escuras, essencial para mitigar sobrecargas sensoriais em pacientes com fotossensibilidade; 2) *Eixo Auditivo*, com a ativação ou desativação de sons de *feedback*; e 3) *Eixo Cognitivo*, definindo-se uma curva de **progressão de velocidade linear**, onde a bola inicia em velocidade reduzida e acelera gradualmente, permitindo que o sistema funcione como um instrumento de medição da evolução do tempo de resposta do paciente.

5. Resultados Obtidos

A mecânica principal do jogo é focada na sobrevivência e no acúmulo de pontos (*High Score*). O praticante deve defender uma bola virtual rebatendo-a com uma raquete inferior que segue o seu deslocamento físico lateral (Figura 3). A cada rebatida bem-sucedida, o jogador acumula pontos. A condição de derrota (*Game Over*) ocorre quando o jogador falha na interceptação e a bola atinge a extremidade inferior; o usuário inicia com um limite de 3 vidas. O sistema inclui aceleração progressiva da bola e registro quantitativo em CSV de cada falha, permitindo que terapeutas analisem assimetrias motoras.



Figura 3. Interação real dos jogadores com a projeção interativa.

Testes práticos confirmaram a estabilidade do Pong Humano em computadores domésticos, apresentando uma latência de rastreamento imperceptível para a dinâmica do jogo. O ambiente de configuração também se mostrou de simples configuração para leigos, embora sua execução plena dependa de um ambiente controlado. Fatores como uma iluminação que não ofusque a projeção no solo, mas que permita à câmera a distinção clara da silhueta do indivíduo, mostraram-se fundamentais para a estabilidade do algoritmo. Além disso, a ausência de outros objetos humanoides ou interferências visuais no campo de visão é necessária para que o *MediaPipe* mantenha o foco no jogador.

Com relação aos testes qualitativos, o jogo foi submetido à avaliação de uma especialista em psicomotricidade, a qual realizou algumas observações durante a aplicação do mesmo em sua prática clínica cotidiana em crianças no TEA. Segundo seu parecer técnico, o jogo produzido atende aos requisitos de estímulo da coordenação visomotora e treino de deslocamentos laterais. A especialista destacou que, diferentemente de métodos tradicionais de fisioterapia ou educação física, o *exergame* sobressai-se por promover um treinamento responsivo, onde o movimento motor não é imposto, mas surge de forma espontânea da necessidade do indivíduo de interagir com o estímulo virtual.

A profissional também evidenciou diferenças no desempenho conforme o nível de suporte do TEA na sua prática cotidiana, reforçando assim a importância da parametrização do sistema. Segundo a mesma, pacientes de Nível 1 apresentaram rápida adaptação à mecânica do jogo, com benefícios que extrapolaram o aspecto motor, especialmente no desenvolvimento da regulação emocional e da resiliência frente à frustração ao perder uma vida no jogo, por exemplo. Já pacientes de Níveis 2 e 3 demonstraram dificuldades iniciais na abstração do controle corporal, sendo essencial a adoção de progressão gradual de velocidade e maior sensibilidade motora para garantir engajamento contínuo e inclusivo.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a validação do Pong Humano, uma solução que transcende o entretenimento ao se apresentar como um possível instrumento clínico parametrizável para o estímulo psicomotor. Trata-se de um *exergame* simples e divertido, o qual se mostrou aplicável em contextos terapêuticos reais utilizando apenas *webcams* convencionais, eliminando assim o uso de sensores vestíveis ou dispositivos infravermelhos complexos que poderiam gerar desconforto ou sobrecarga sensorial aos seus usuários.

De fato, os resultados observados durante a aplicação do jogo sugerem seu potencial como ferramenta de entretenimento terapêutico. Segundo a especialista responsável por sua utilização em atividades clínicas cotidianas, a maioria dos participantes demonstrou elevado engajamento e interesse em permanecer na atividade por períodos prolongados. A profissional destacou que o caráter lúdico e o desafio proposto contribuíram para reduzir a percepção de esforço físico, favorecendo a execução espontânea de movimentos naturais e fluidos. Também foi ressaltada a flexibilidade dos parâmetros configuráveis do sistema, permitindo adaptar estímulos sensoriais e motores às diferentes necessidades dos usuários. Além disso, observou-se que o jogo pode contribuir tanto para o desenvolvimento da coordenação visomotora quanto para o fortalecimento da tolerância à frustração diante de desafios progressivos.

Como trabalhos futuros, planeja-se a implementação de algoritmos de Ajuste Dinâmico de Dificuldade (DDA) para modular variáveis como a velocidade da bola e as dimensões da raquete em tempo real, de modo a refinar o suporte adaptativo, otimizar o estado de fluxo mental do usuário e automatizar a individualização do tratamento clínico conforme o nível de suporte demandado. Além disso, pretende-se realizar um estudo longitudinal com uma amostra ampliada de pacientes para quantificar estatisticamente o impacto do sistema na evolução das valências psicomotoras ao longo do tempo, validando a eficácia da ferramenta como protocolo auxiliar em terapias de reabilitação.

Referências

- Brasil (2016). Conselho nacional de saúde, homologação da resolução cns no 510, de 07 de abril de 2016, nos termos do decreto de delegação de competência de 12 de novembro de 1991. https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2016/res0510_07_04_2016.html. (Acessado em 20/01/2025).
- Hilton, C. L., Cumpata, K., Klohr, C., Gaetke, S., Artner, A., Johnson, H., e Dobbs, S. (2014). Effects of exergaming on executive function and motor skills in children with autism spectrum disorder: A pilot study. *The American Journal of Occupational Therapy*, 68(1):57–65.
- Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., Zhang, F., Chang, C.-L., Yong, M. G., Lee, J., et al. (2019). Mediapipe: A framework for building perception pipelines. *arXiv preprint arXiv:1906.08172*.
- Mello, A. M. (1989). *Psicomotricidade, educação e jogos infantis*. Ibrasa.
- Oh, Y. e Yang, S. (2010). Defining exergames & exergaming. *Proceedings of meaningful play*, 2010:21–23.
- Oliveira, É. M., Gonçalves, F. T. D., Magalhães, M. M., Do Nascimento, H. M. S., de Carvalho, I. C. V., Lopes, A. V., Lemos, É. C. B. S., de Andrade, M. d. J. M., Cunha, S., Araujo, Z. A. M., et al. (2019). O impacto da psicomotricidade no tratamento de crianças com transtorno do espectro autista: revisão integrativa. *Revista Eletrônica Acervo Saúde/Electronic Journal Collection Health| ISSN*, 2178:2091.
- Trindade, A. B., Pereira, G. B., e da Silva Hounsell, M. (2022). Chão interativo e jogos sérios ativos para autistas: A plataforma t-tea e o jogo repetea. In *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 512–521. SBC.