



DESENVOLVIMENTO DE JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO DA COLUNA VERTEBRAL HUMANA

Rodrigo Alves Prado^[0000-0002-6510-9838], Universidade Federal de Uberlândia, rodrigoalvesprado2016@gmail.com
Rogério Sales Gonçalves^[0000-0002-1378-0363], Universidade Federal de Uberlândia, rsgonçaves@ufu.br
Andréa Licre Pessina Gasparini^[0000-0001-8747-6762], Universidade Federal do Triângulo Mineiro, andrea.gasparini@uftm.edu.br

Resumo. Este trabalho visa o desenvolvimento de jogos eletrônicos sérios para auxiliar profissionais da saúde na fisioterapia de pacientes com dores na coluna vertebral. Os jogos eletrônicos sérios mesclam aspectos sérios como o ensino, a reabilitação e a informação, com o lúdico e interativo fornecido pelos videogames. Apesar da grande indicação e dos benefícios da fisioterapia para os casos de dores crônicas da coluna vertebral, o longo tempo de tratamento e a pouca motivação gerada pelos métodos tradicionais são umas das principais causas da falha terapêutica. Através da utilização do software Unity 3D foi possível o desenvolvimento de jogos esteticamente agradáveis, suaves e atrativos, visando sempre a manutenção da essência da seriedade que é uma reabilitação. Os jogos desenvolvidos, que são controlados pelo Openpose, deverão funcionar como uma ferramenta lúdica para motivar os pacientes durante a fisioterapia e reduzir os casos de abandono do tratamento.

Palavras chave: Reabilitação da coluna vertebral. Jogos sérios. Dores crônicas. Fisioterapia.

1. INTRODUÇÃO

Responsável por sustentar a posição bípede humana, a coluna vertebral constitui importante papel na postura, sustentação de peso, locomoção, proteção da medula espinhal e raízes nervosas. É formada por vértebras, medula espinhal e, também, por tecidos moles como músculos, ligamentos, cápsulas, tendões e discos, onde tais estruturas são responsáveis pela flexibilidade da coluna vertebral. A extensão da coluna se dá desde a base do crânio até a extremidade caudal do tronco, sendo constituída por 33 vértebras e entre cada vértebra encontra-se um disco intervertebral (MAGALHÃES, 2019). As vértebras da coluna são divididas em cinco grupos:

- Vértebras Cervicais: 7 vértebras;
- Vértebras Dorsais ou torácicas: 12 vértebras;
- Vértebras Lombares: 5 vértebras;
- Vértebras Sacrais: 5 vértebras fundidas;
- Vértebra Coccígea: 4 a 5 vértebras fundidas

O livro “Coluna Vertebral”, de Jamil Natour e colaboradores (2004), traz, em um de seus capítulos, um estudo sobre os movimentos da coluna vertebral, divididos em:

- | | | |
|------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Plano sagital | 2. Plano coronal | 3. Plano longitudinal |
| – Flexão | – Lateralização direita | – Rotação ou circundação |
| – Extensão | – Lateralização esquerda | |

Apesar de sua importância para o ser humano, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram estimadas aproximadamente 21,6% de pessoas de 18 anos ou mais de idade (34,3 milhões) que se referiram a problemas crônicos de coluna no Brasil (IBGE, 2019). A *Global Burden of Disease*, aponta a dor lombar como a primeira causa de dor crônica não transmissível e a dor cervical como 9ª causa desta mesma dor causando anos vividos com incapacidade (LANCET, 2018).

Esses problemas de coluna, crônicos, também chamados popularmente por “dores nas costas”, englobam as cervicalgias e lombalgias e as condições mais específicas como as espondiloses, radiculopatias e transtornos dos discos intervertebrais (OLIVEIRA et al., 2015). Desde o início da pandemia de COVID-19 é observado um aumento na proporção de queixas musculoesqueléticas como as dores de coluna, e uma maior quantidade de casos crônicos relacionados à coluna. Certamente, as disfunções musculoesqueléticas como fraqueza muscular, fadiga e o estilo de vida imposto pelo isolamento social contribuiu para este incremento (DINO, 2021).

Diante da quantidade e da diversidade de quadros, uma das maiores demandas do serviço de saúde são as dores da coluna (NASCIMENTO e COSTA, 2015). Com esta alta demanda, os serviços de fisioterapia se destacam no setor de saúde para o tratamento de dores na coluna. Dentre os objetivos da fisioterapia em paciente com dores na coluna vertebral, destacam-se: controle da intensidade da dor, o aumento da amplitude de movimento, retorno as atividades laborais, o alívio da tensão da musculatura afetada, a reorganização de ação muscular colocada pela ação agonista e antagonista, manutenção do equilíbrio e das funções da coluna (GARCIA et al., 2011).

Apesar da grande indicação e dos benefícios da fisioterapia, segundo Dias, Sampaio e Taddeo (2009), “o longo tempo necessário para o tratamento e a pouca motivação gerada pelos métodos tradicionais são apontados como motivo de abandono do tratamento fisioterápico, caracterizando-se como uma das principais causas de falha terapêutica”.

Dessa forma, o uso de jogos sérios (aplicações que mesclam aspectos sérios com o lúdico e interativo fornecido pelos videogames) utilizando o software Openpose apresentam-se como uma opção de ferramenta lúdica para motivar os

pacientes durante a fisioterapia e diminuir as taxas de abandono do tratamento. Os jogos sérios tem uma ligação com os jogos comuns e a Fig. (1) mostra como é essa relação.

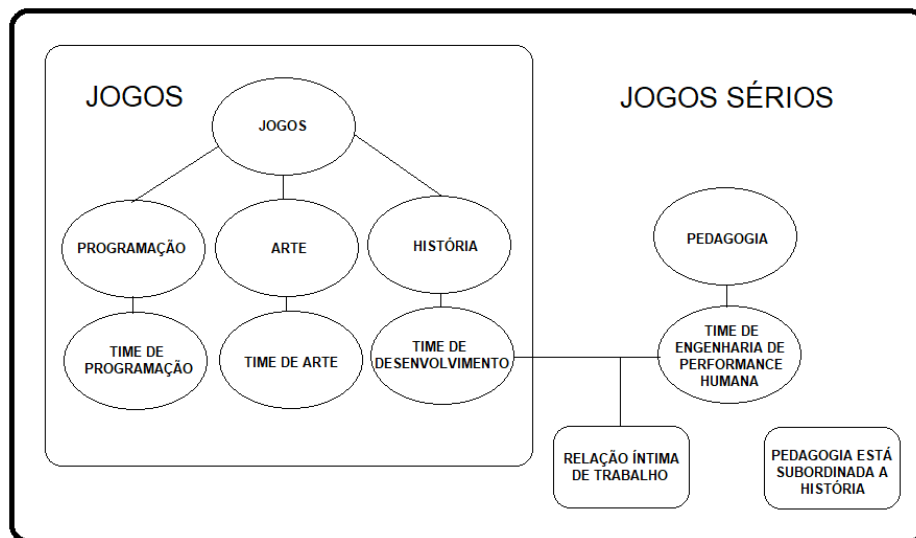


Figura 1. Desenvolvendo jogos sérios através dos jogos comuns (modificado de ZYDA, 2005).

Os jogos sérios devem solicitar que a pessoa a ser tratada realize os exercícios de uma sessão de intervenção fisioterapêutica convencional, porém de maneira mais lúdica e interativa, visando a maior efetividade de ação muscular, melhora na qualidade de vida e a redução de casos de abandono do tratamento de reabilitação da coluna vertebral.

Responsável por realizar o controle dos jogos, o OpenPose foi o primeiro sistema em tempo real de código aberto para detecção de pose 2D de várias pessoas, incluindo corpo, pé, mão e pontos chave faciais. Possui um Plugin para o *software* Unity para a utilização da ferramenta na criação e desenvolvimento de jogos.

A Fig. (2) mostra o método de análise de imagem que o OpenPose realiza. (a) O método usa a imagem inteira como entrada para um CNN (*Convolutional Neural Network*) para prever em conjunto (b) mapas de confiança para detecção de partes do corpo e (c) PAFs (*Part Affinity Fields*) para associação de partes. (d) A etapa de análise realiza um conjunto de correspondências bipartidas para associar candidatos de parte do corpo. (e) Finalmente estes são montados em poses de corpo inteiro para todas as pessoas na imagem.

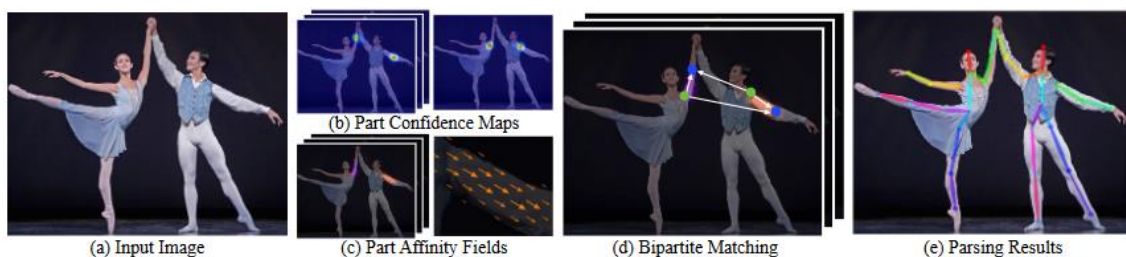


Figura 2. Método de análise de imagem utilizada pelo OpenPose.
(Fonte: <https://arxiv.org/pdf/1812.08008.pdf>. Acesso em 10 dez. 2021)

A eficiência e a acurácia do OpenPose é citada no artigo “*OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields*”, que fala do desempenho ao se utilizar um conjunto de campos vetoriais 2D que codificam a localização e orientação dos membros do corpo humano sobre o domínio da imagem (HIDALGO et al. 2019).

Utilizado em conjunto com o Openpose, o Unity 3D é um *software* de desenvolvimento de jogos amplamente conhecido e utilizado para criação de jogos 2D e 3D. Os jogos desenvolvidos através do Unity podem ser utilizados, com as devidas licenças, em diversas plataformas, como PC, MAC, iPhone, console Wii e até embutidos em uma página Web (PASSOS et al., 2009).

O Unity3D é baseado em um modelo de arquitetura de objetos de jogo baseado em composição (Bilas, 2002; Stoy, 2006). Nesse modelo, um objeto de jogo é especificado através da composição de várias funcionalidades, que são agregadas (ou removidas). Cada funcionalidade é implementada por um componente (classe que herda de um componente básico). Esse container genérico é denominado *GameObject* e funciona como um repositório de funcionalidades, ou mais especificamente, componentes. Conforme observado no manual de usuário do Unity (tradução livre): “*GameObject é uma*

“panela vazia e os componentes são os ingredientes que irão criar sua receita de jogabilidade”. Também é importante citar que o Unity 3D possui uma versão gratuita para desenvolvimento de jogos a nível acadêmico.

O sistema de *Scripting* do Unity3D é abrangente e flexível, o que permite o desenvolvimento de jogos completos. A Fig. (3) mostra e identifica as janelas no editor de cenas do Unity 3D.

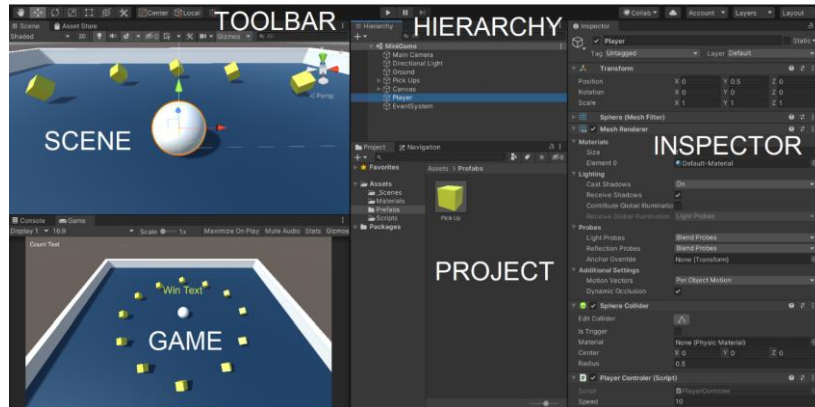


Figura 3. Interface do editor de cena do Unity 3D e suas principais janelas (Unity 2019.4.24.f1).

2. PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DOS JOGOS SÉRIOS

Inicialmente foram escolhidos seis exercícios fisioterápicos e estes separados em quatro jogos.

Jogo Asteroides:

1. Extensão lombar (método McKenzie), posição deitado.

Jogo Dia de Parque:

2. Extensão lombar (método McKenzie), posição ereta;
3. Flexão lombar, posição ereta.

Jogo Pesca:

4. Flexão do quadril (exercícios de Williams), deitado.

Jogo Corrida Infinita:

5. Flexão lateral esquerda;
6. Flexão lateral direita.

A Fig. (4) ilustrando os exercícios fisioterápicos utilizados, enumerados de acordo com a divisão nos jogos.

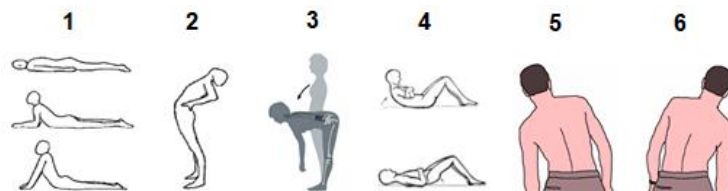


Figura 4. Exercícios fisioterápicos utilizados nos jogos.

Decididos os exercícios fisioterápicos, iniciou-se a modelagem dos jogos. A modelagem foi feita de maneira que o profissional de saúde, responsável pelo paciente e com conhecimento na área de terapia e reabilitação, supervisiona e acompanha as etapas dos jogos, ou seja, desde a entrada de dados do paciente até a finalização do jogo.

Sendo assim, a Fig. (5) mostra o diagrama de utilização entre usuário fisioterapeuta, usuário paciente e os jogos.

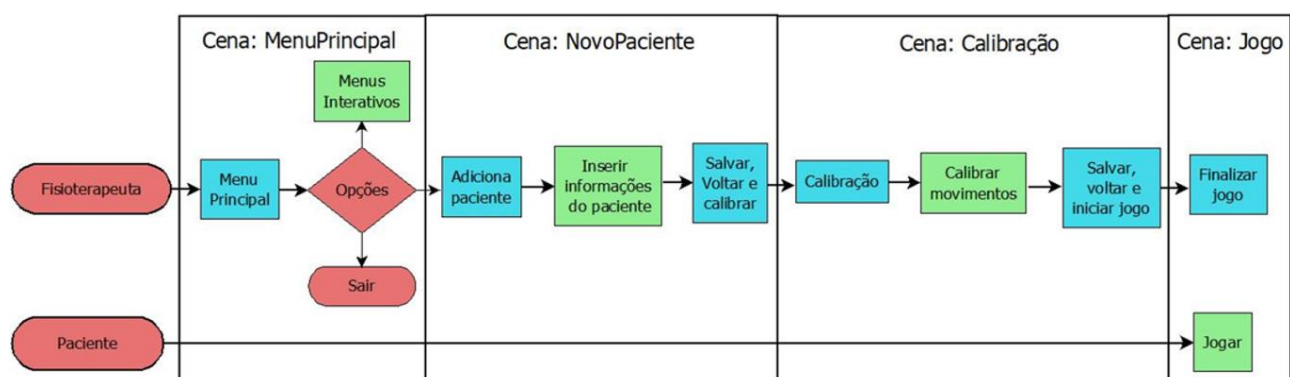


Figura 5. Diagrama de utilização dos jogos.



No menu principal o usuário fisioterapeuta terá acesso à cinco caminhos que pode tomar: cadastro, calibração, jogos, opções e sair. Na guia opções, apenas será mostrado um texto informativo sobre o jogo, não tendo a necessidade de interação com o usuário. Já na opção sair, o usuário será encaminhado para fora do menu e fora dos jogos. A opção “cadastro” levará o usuário para a segunda tela, a cena “NovoPaciente”, Fig. (5). Esta tela permite ao usuário inserir um novo paciente no banco de dados do menu, através da inserção de informações do paciente pelo usuário.

Com as informações do paciente inseridas, a próxima opção do usuário é realizar a calibração dos movimentos, destinados à seção fisioterápica atual, por parte do paciente, onde seus limites de movimento serão registrados para utilização no controle de movimentação nos jogos. Tal calibração é feita na cena “Calibração”.

Realizada a calibração dos movimentos do paciente, a opção será de iniciar o jogo escolhido para a seção fisioterápica atual, previamente escolhida e planejada pelo fisioterapeuta responsável. Nesta tela de ambiente do jogo, quem irá interagir com o jogo é o usuário paciente, que será representado pelo avatar de *player* principal de cada jogo. O mesmo terá os objetivos de cada jogo sempre relacionados aos movimentos de coluna que o tratamento do paciente exige, onde efeitos visuais aparecem em forma de “premiação” a cada acerto de movimento, e permanência naquela posição durante o tempo necessário, que o paciente conseguir realizar. Também há, nesta tela, um mostrador de pontos e de tempo de partida para cada jogo, bem como um menu de pause do jogo, a ser utilizado exclusivamente pelo usuário terapeuta. Neste menu, encontrado em cada um dos jogos, o usuário terapeuta tem acesso a quatro caminhos que pode tomar: continuar, menu principal, salvar e *quit* (sair). A Fig.(6) mostra a tela inicial dos jogos em conjunto com o menu principal.

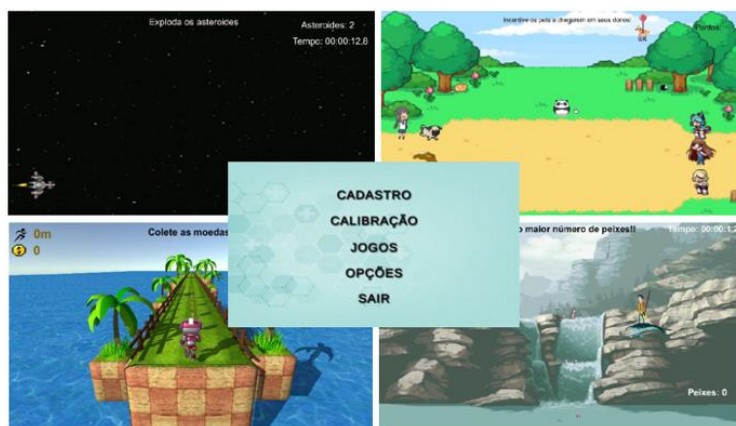


Figura 6. Tela inicial dos jogos e o menu principal.

3 JOGOS DESENVOLVIDOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através da utilização do *software* Unity 3D foi possível um melhor e mais facilitado desenvolvimento de jogos esteticamente agradáveis, suaves e atrativos, visando sempre a manutenção da essência da seriedade que é uma reabilitação. Procurou-se criar scripts simples e intuitivos sempre que possível, uma vez que os objetos são de fácil referência dentro do jogo.

Durante o desenvolvimento do jogo teste descobriu-se que alguns exercícios típicos de reabilitação da coluna vertebral não poderiam ser utilizados no desenvolvimento dos jogos devido às limitações que o OpenPose possui, como a existência de apenas dois pontos de articulação na coluna, e à barreira tecnológica que a inclusão destes exercícios impunha sob o projeto, como por exemplo a utilização de duas ou mais câmeras auxiliares por exercício e mesmo ao posicionamento destas câmeras que o exercício exigia, tornando inviável sua aplicação.

Alguns exemplos de exercícios que não puderam ser abordados são os que exigiam a torção da coluna em torno de seu próprio eixo e o exercício popularmente chamado de “gato arrepiado”, onde o paciente mobiliza toda a coluna torácica aumentando significativamente a cifose torácica para cima lentamente e depois para baixo com as mãos e joelhos apoiados no chão.

Além da impossibilidade de se utilizar alguns exercícios fisioterápicos nos jogos, também foram encontradas algumas outras dificuldades durante os seus desenvolvimentos.

Ao se trabalhar com as animações encontradas nos jogos, notou-se que o método de *spawn* inicialmente implementado era inviável, pois seu custo computacional era altíssimo, chegando a fazer o travamento do computador utilizado e finalizando o *software* por falta de resposta. Este problema foi resolvido com otimização do *script* e nos casos menos exigentes em que uma grande otimização não era necessária, o *spawn* da animação era realizado e sua destruição era feita ao ser finalizada. Um exemplo de otimização foi a “reciclagem” das plataformas no jogo “Corrida Infinita”.

Outro fator a ser comentado é o método de pontuação inicialmente implementado. Em alguns casos ele poderia passar a impressão ao jogador de que o mesmo estava tendo algum tipo de penalidade caso não conseguisse completar o necessário para fazer algum dos pontos.

Este problema foi completamente resolvido e tudo que pudesse passar esta impressão ao jogador foi retirado dos jogos, como por exemplo os asteroides que chegavam a colidir com a nave que o jogador controlava caso não fossem destruídos a tempo, o que poderia gerar um movimento brusco, por parte do paciente, para desviar a nave. Resolveu-se este problema fazendo com que o asteroide surgisse lentamente na tela e mesmo que não fosse destruído, o mesmo para em uma posição longe da nave e fica à espera de um novo posicionamento da nave para sua destruição.

Também tem-se como exemplo o fato de inicialmente existirem obstáculos na ponte do jogo “Corrida Infinita”, mesmo que o paciente não perdesse pontos ao colidir com tais obstáculos, poderia realizar algum movimento brusco na tentativa de desviar destes. Resolveu-se este problema retirando os obstáculos e ao invés de o usuário receber pontos por desviar destes, ele passou a receber pontos por coletar moedas que vão surgindo na tela à medida que o avatar “robô”, controlado pelo usuário, percorre a ponte.

Para a captura das imagens em tempo real foi utilizada a câmera *webcam* embutida originalmente no *notebook* e também, como câmera auxiliar necessária em alguns exercícios fisioterápicos, a câmera de um celular com sistema operacional Android e um *software* de computador para fazer a comunicação entre o celular e o *notebook*. O *software* utilizado para tal comunicação é o *DroidCamApp*, disponível gratuitamente para *download* na internet.

Não foi possível se utilizar um celular com sistema operacional IOS pois a versão gratuita do *software DroidCamApp* não possui esta opção de comunicação.

A Fig. (7) mostra a tela de funcionamento dos jogos “Asteroides” e “Corrida Infinita”. Ao lado da imagem de cada jogo tem-se uma foto do jogador realizando os movimentos específicos de cada exercício, sendo estes: extensão lombar na posição deitado e flexão lateral esquerda, respectivamente. Observa-se que o avatar de cada jogo acompanha os movimentos realizado pelo jogador. A Fig. (8) mostra os gráficos respectivos dos dois jogos, “Asteroides” à esquerda.

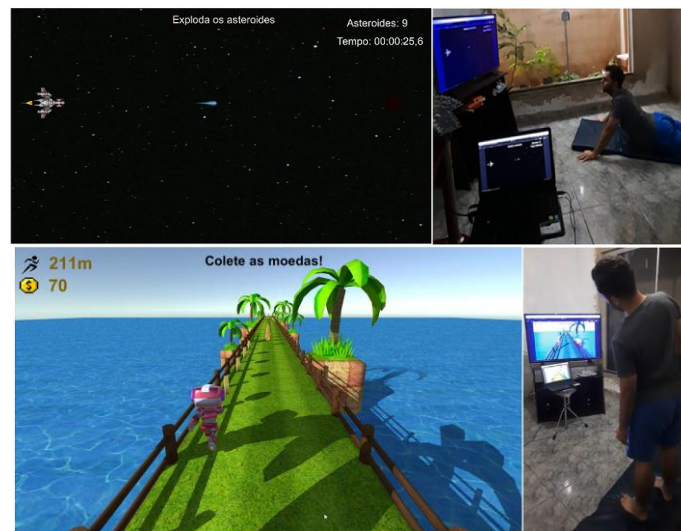


Figura (7). Exemplos do jogador controlando os jogos através dos movimentos da coluna.

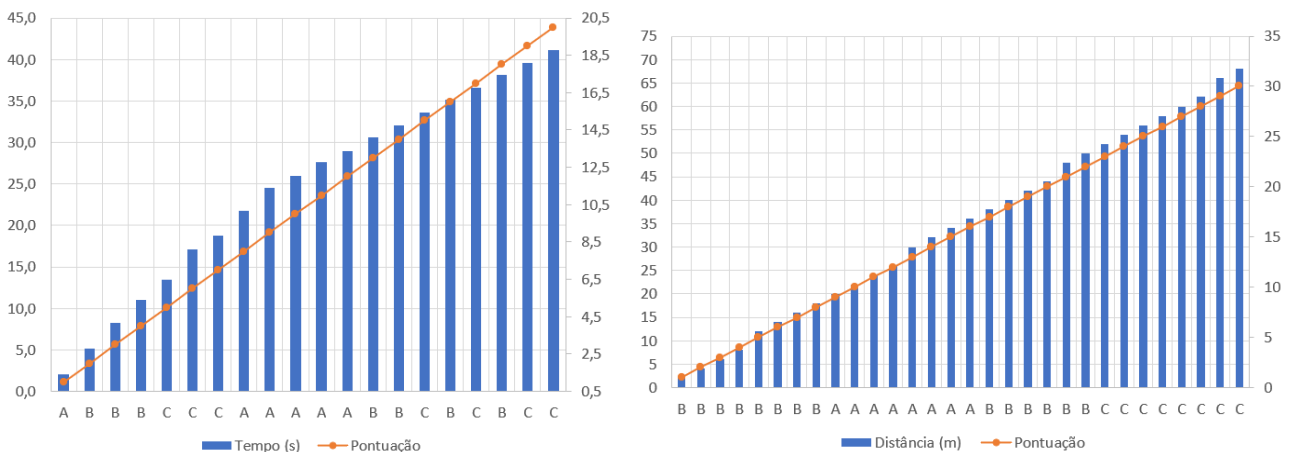


Figura (8). À esquerda: Gráfico de posição ao longo do tempo associada com a pontuação realizada, A-Deitado, B- Extensão lombar 1º estágio, C-Extensão lombar 2º estágio. À direita: Gráfico de posição ao longo da distância percorrida associada com a pontuação realizada, A-Flexão lateral esquerda, B-Centro, C- Flexão lateral direita.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi possível desenvolver jogos sérios com o intuito de auxiliarem na reabilitação da coluna vertebral humana e, desta forma, espera-se a melhora dos processos de reabilitação para os usuários principalmente no que diz respeito ao engajamento e continuação dos tratamentos. O planejamento e escolha dos exercícios abordados foi uma das principais atividades, uma vez que, apesar de ser um instrumento de criação lúdica, os jogos tem como objetivo final auxiliarem no tratamento de reabilitação dos pacientes. Para se alcançar o *software* com os jogos sérios propostos foi importante a utilização da versão gratuita do *software* Unity 3D juntamente com o OpenPose, tanto na criação e desenvolvimento dos jogos, quanto na experiência e resultados obtidos, os quais podem ser utilizados para o aprimoramento de técnicas de auxílio em tratamentos de saúde, como foi para a reabilitação da coluna vertebral humana.

5. REFERÊNCIAS

- BILAS, S. A data-driven game object system. Talk at the Game Developers Conference '02, 2002.
- DIAS, R. SAMPAIO, I. TADDEO, L. Fisioterapia x Wii: A Introdução do Lúdico no Processo de Reabilitação de Pacientes em Tratamento Fisioterápico. In: Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2009, Rio de Janeiro. Pôsteres da trilha de cultura. Rio de Janeiro, 2009.
- DINO. JORNAL ESTADÃO. Disponível em: <<http://patrocinados.estadao.com.br/medialab/releaseonline/releasegeral-releasegeral/geral-dor-na-coluna-aumenta-durante-periodo-de-pandemia>>. Acesso em: 02 dez. 2021.
- GARCIA, A. GONDO, F. COSTA, R. CYRILLO, F. COSTA, L. Efeitos de duas intervenções fisioterapêuticas em pacientes com dor lombar crônica não-específica: viabilidade de um estudo controlado aleatorizado. São Carlos, 2011.
- HIDALGO, G. CAO, Z. SIMON, T. WEI, S.-E. JOO, H. SHEIKH, Y. “OpenPose library”, 2019. Disponível em <<https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose>>. Acesso: 12 set. 2021.
- IBGE. Pesquisa Nacional de Saúde. Percepção do estado de saúde, estilo de vida, doenças crônicas e saúde bucal, 2019. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2020.
- MAGALHÃES, LANA. Coluna Vertebral. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/coluna-vertebral>. Acesso em 10 de set. de 2021.
- NASCIMENTO, P. COSTA, L. Prevalência da dor lombar no Brasil: uma revisão sistemática. Cadernos de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 2015.
- NATOUR, JAMIL. “Coluna vertebral”. 2º ed., São Paulo, 2004.
- OLIVEIRA, C. SOUZA, D. MAGALHÃES, A. SILVA, J. CORREIA, G. Prevalência e fatores associados a problema crônico de coluna em mulheres em idade fértil. Trairi, 2015.
- PASSOS, E. B. SILVA, JR. J. R. DA. RIBEIRO, F. E. C. MOURÃO, P. T. Tutorial: Desenvolvimento de jogos com unity 3d. VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment, p. 1–30, 2009.
- STOY, C. 2006. Game object component system. In Game Programming Gems 6, Charles River Media, M. Dickheiser, Ed., Páginas 393 a 403.
- ZYDA, M. From visual simulation to virtual reality to games. USC Information Sciences Institute, p. 25–32, 2005.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFU, FAPEMIG, aos familiares que apoiaram e pessoas que ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.