



## DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA REABILITAÇÃO MOTORA DE MEMBROS SUPERIORES

**Resumo:** A aplicação da tecnologia de captura de movimentos se apresenta como ferramenta promissora na reabilitação de pacientes, à medida que o mesmo aliado ao ambiente de um jogo eletrônico, estimula o paciente a executar os movimentos de seus membros. Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de software que estimula os movimentos de pacientes com lesões em membros superiores. Utilizando o sensor Kinect para captura de movimentos, o software proposto ao mesmo tempo que entretém o usuário com sua jogabilidade, colhe informações importantes para o profissional responsável pelo tratamento. Assim como também adapta o desafio ao desempenho do paciente, de forma a existir um estímulo contínuo por parte deste.

**Palavras-chave:** Reabilitação, Kinect, Programa, Membros Superiores.

### 1. INTRODUÇÃO

Em nosso cotidiano estamos expostos aos mais variados perigos, como acidentes automobilísticos, com máquinas, quedas entre outros. Tais acontecimentos provocam lesões no corpo humano de maneira geral. Em particular caso a área afetada forem os membros superiores estaremos sujeitos a grandes limitações, em vista que os utilizamos na grande maioria de nossas atividades. Além de poderem ocorrer disfunções acarretadas por problemas neurológicos, onde a dificuldade no movimento está na ineficiência ou inexistência de estímulo nervoso, assim como doenças reumáticas e disfunções ortopédicas.

Os principais e mais comuns acontecimentos seriam os acidentes traumáticos, como verificado em (BARBOSA et al., 2013), que além de interferirem no bom funcionamento do membro, causam dores, fraqueza muscular, diminuem a mobilidade, e podem acarretar sequelas permanentes.

Como forma de incentivar o uso e demonstrar o benefício que a tecnologia disponível traz aos processos de reabilitação, a utilização de jogos eletrônicos tem sido constantemente testado, em particular, o desenvolvimento de jogos capazes de capturar a movimentação dos jogadores.

O primeiro sistema de captura foi desenvolvido pela empresa Nintendo (NINTENDO, 2006). Com este dispositivo foi possível introduzir os jogos eletrônicos como método de auxílio ao processo de reabilitação motora, como empregado por (SILVA; MARCHESE, 2015). Posteriormente a empresa Microsoft apresentou seu sistema de captura de movimentos denominado Kinect, que ao utilizar uma câmera de vídeo e outra infravermelha,

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção





constrói um esqueleto virtual completo da pessoa que o utiliza, possibilitando ao desenvolvedor do jogo a capacidade de detectar e elaborar movimentos mais refinados voltados a reabilitação, como descrito em (SILVA et al., 2012).

Considerando a conexão amigável dos jogos eletrônicos com a tecnologia da captura de movimentos disponível. Este trabalho tem por objetivo a criação de um jogo, que utilizando a tecnologia do Kinect para capturar os movimentos de um paciente com problemas motores nos membros superiores (braços e ante-braços), visa auxiliá-lo no processo de reabilitação.

No jogo desenvolvido, cria-se um ambiente onde o paciente é estimulado a executar determinadas rotinas de exercício, acumulando pontos a cada sessão do jogo. Melhorando assim, o desempenho em sua reabilitação motora de forma gradativa através da execução sucessiva de movimentos.

Este artigo foi dividido em 4 seções: na segunda seção explanamos a metodologia de desenvolvimento do *software*, elucidando os motivos que levaram a criação do programa e detalhando como cada etapa foi definida e executada; na terceira seção temos a apresentação do *software*, explicando como funciona e de que maneira foi desenvolvido seu principal diferencial, o ajuste dinâmico de dificuldade; na quarta seção abordamos os resultados em que o *software* disponibiliza ao profissional da área para análise do desempenho do paciente, apontando quais dados o programa coleta no decorrer de sua execução; por fim na seção 5 são discutidos os resultados obtidos e alterações propostas ao programa a fim de aprimorar seu papel na reabilitação motora.

## 2. METODOLOGIA

A partir da análise dos estudos da utilização de jogos eletrônicos no processo de reabilitação motora, projetou-se um software onde fosse possível submeter o paciente a uma sessão de reabilitação mais proveitosa, a qual através de um jogo eletrônico o mesmo executaria os movimentos no membro lesionado a fim de ser recompensado pelo sistema de pontuação. O aumento da quantidade de pontos adquirido em cada sessão seria um indicativo da melhora motora do paciente, fato evidenciado pelo estudo dos dados coletados pelo Kinect utilizando uma ferramenta de análise adequada, como a do GMFM (Medição da Função Motora Grossa), que consiste em uma ferramenta clínica para avaliar as mudanças na motricidade de crianças com paralisia cerebral, como visto em (PINA; LOUREIRO, 2006).

A metodologia de desenvolvimento do programa foi dividido em etapas, de forma a construir suas funções e agregá-las criando o programa. Estas etapas estão dispostas no fluxograma da Figura 1 e a seguir são descritas as etapas de desenvolvimento do *software*.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia de desenvolvimento



Organização



Promoção

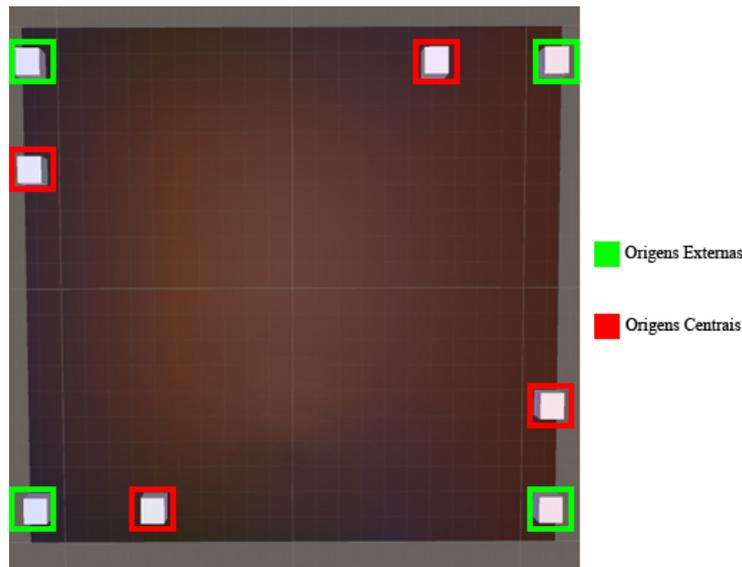




- *Determinação dos pontos origem*

Os pontos de origem consistem no ponto inicial da trajetória dos objetos, representados pelos quadrados que estão situados nos quadrantes do jogo, de forma a organizar e determinar suas trajetórias e movimentos. Foram determinadas origens centrais (indicadores vermelhos) e externas (indicadores verdes) conforme demonstrado pela Figura 2.

Figura 2 – Pontos de origem discriminados no plano do jogo



- *Determinação das trajetórias dos objetos*

Após determinação das origens dos objetos do programa, foram discutidas as trajetórias que seriam executadas pelos objetos que o paciente deveria capturar. Foi então determinado que os objetos deveriam ocupar toda a região da tela, para isso, dois movimentos seriam executados: retilíneos e oblíquos. Estas trajetórias foram escolhidas de forma a proporcionar aos membros superiores do paciente uma movimentação em todos os quadrantes do plano do jogo.

De forma em que, a partir das origens centrais, os objetos executariam movimentos retilíneos, enquanto que das origens externas, os movimentos executados são oblíquos.

- *Programação dos movimentos*

Tendo estabelecido os tipos de movimentos que serão executados, parte-se para programação da execução dos mesmos na plataforma Unity 5 (UNITY, 2015).

O movimento retilíneo por ser simples é executado pela aplicação de um vetor aceleração ao objeto. A direção deste vetor define se o objeto irá se mover para esquerda ou direita, ao se orientar no plano cartesiano do jogo. A velocidade em que

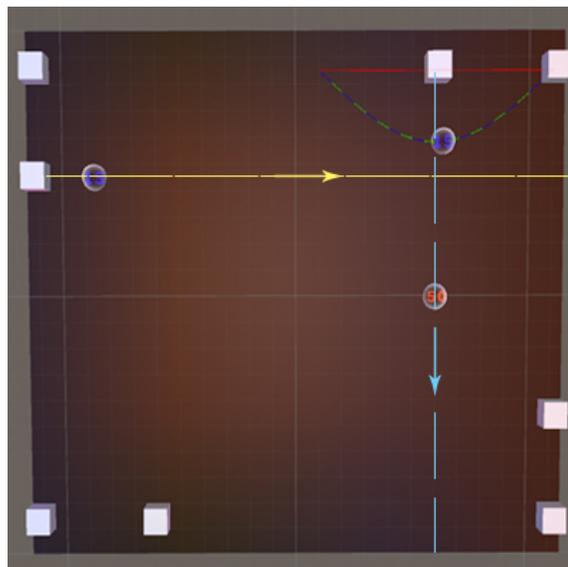


este movimento é executado se ajusta através de uma variável auxiliar denominada “*speed*”.

Por outro lado, o movimento oblíquo possui um grau de complexidade maior, já que o Unity trabalha com forças físicas. Não foi possível executar este movimento pela mudança progressiva da direção do vetor aceleração, para isso foi utilizado um tratamento matemático de forma a solucionar este problema.

Através da função senoidal foi possível executar o movimento oblíquo, porém por se tratar de uma função contínua o movimento do objeto nunca terminaria. Isto causaria um *overflow* da memória do programa, acarretando sobrecarga e instabilidade. Haja vista que o tempo para a aparição de um novo conjunto de objetos no jogo é de 8 segundos. Para sanar este problema foi determinado um limite para que os objetos pudessem percorrer no cenário, ou seja, quando o objeto o ultrapassa, ele é destruído.

Figura 3 – Trajetórias executadas pelos objetos no jogo.



- *Criação do avatar*

O avatar (mão na tela) é o personagem do jogador (paciente), criado para executar movimentos em todas as direções e que possa capturar os objetos no espaço demonstrado na tela. Portanto, para se certificar de que o jogador alcançou o objeto que possui como alvo e que não capturou o mesmo por coincidência, o contato avatar-objeto deve ocorrer pelo período de um segundo. Este intervalo de tempo pode ser ajustado para se adaptar ao paciente.

- Criação do PNJ (Personagem não jogável)

Para que seja feita a contabilização dos pontos adquiridos pelo jogador, o mesmo deve guiar o objeto capturado a um PNJ (representado pelo círculo da Figura 4)

Organização



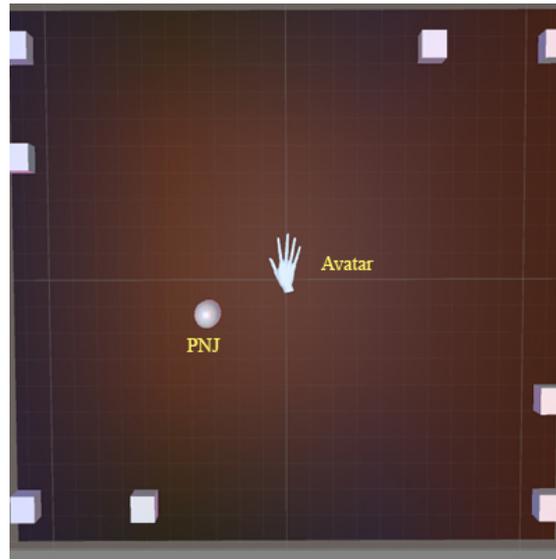
Promoção





presente no jogo. Este PNJ no início do jogo assume uma posição aleatória das determinadas na primeira etapa de desenvolvimento, no momento em que o paciente credita uma pontuação, o PNJ se move para uma nova localização, de forma a estimular um novo movimento no jogador. Caso seja necessária, os pontos onde o PNJ aguarda a entrega dos objetos pelo jogador podem ser modificados.

Figura 4 – Avatar e PNJ de testes no jogo.



- *Integração do Kinect*

Nesta etapa, foi realizada a integração do Kinect para controle do avatar. Como o dispositivo foi desenvolvido para o sistema de jogos eletrônicos Xbox 360, foi necessária uma interface que viabilizasse a conexão com o computador, esta é disponibilizada pela própria Microsoft. Assim utilizou-se uma SDK (Kit de Desenvolvimento de Software) para aplicação do Kinect no Unity. Este SDK foi criado por Rumen Filkov da Universidade Vorarlberg de Ciências Aplicadas (FILKOV, 2013), com ele é possível movimentar o avatar do aplicativo utilizando o Kinect. Como mencionado anteriormente, este SDK gera um esqueleto virtual completo daquele que está utilizando o Kinect, a partir disso podemos coletar todos os movimentos executados e suas posições no plano tridimensional.

### 3. Software

No *software* o paciente utilizará sua mão esquerda, direita ou ambas, dependendo do membro que será utilizado na sessão de reabilitação, para controlar o avatar do jogo. Contudo o programa estará coletando informações de movimento do corpo todo, afim de armazenar dados completos para o profissional.

No jogo o paciente deverá capturar objetos que estarão sendo lançados na tela, os quais possuem trajetória retilínea e oblíqua. Trajetórias estas definidas afim de estimular diferentes direções e ângulos de movimento, e os entregar a um PNJ (Personagem não

Organização



Promoção



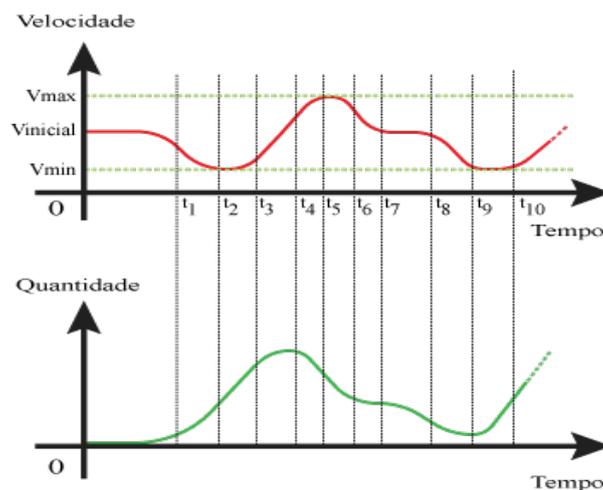


jogável) para registro da captura. Cada objeto possui uma pontuação que é diretamente proporcional ao grau de dificuldade da sua captura.

O sistema de dificuldade do jogo elenca a pontuação do objeto de acordo com duas variáveis, a quantidade de objetos de determinada pontuação capturados e a velocidade com que ele se movimenta. Conseqüentemente o paciente pode se sentir desmotivado ao ter dificuldade em capturar os objetos com maior pontuação do jogo, de forma a sanar este problema foi aplicado o conceito do sistema Hamlet (HUNICKE, 2004).

Este sistema executa um ajuste dinâmico da dificuldade (ADD) no jogo, de acordo com o desempenho do jogador, para que o mesmo não desista em face de uma adversidade em que ele se encontra estagnado. Para isso o sistema do jogo monitora o desempenho do jogador a fim de sempre mantê-lo progredindo. No *software*, o conceito do Hamlet foi moldado para controlar a velocidade dos objetos do jogo, de forma em que ele analisa o desempenho do jogador e modifica a velocidade dos objetos para viabilizar ao paciente a chance de capturar as pontuações altas, evidenciado pelos gráficos a seguir.

Figura 5 – Ajuste da velocidade do objeto de acordo com a quantidade de objetos capturados



#### 4. ANÁLISE FISIOTERAPÊUTICA DOS DADOS

Para análise do desempenho do paciente, o programa coletará informações dos movimentos do esqueleto virtual gerado pelo Kinect e da quantidade de objetos de cada pontuação coletados na sessão do jogo.

A trajetória do movimento executado, assim como os ângulos desta movimentação, são armazenados para geração de gráficos com o auxílio de um programa externo, para que o profissional responsável possa analisar o desempenho. Estes gráficos serão criados a partir de *software* externo, neste caso utilizaremos o MatLab (MATHWORKS, 1970). A implementação destas plotagens ainda não foi concluída pela dificuldade da comunicação entre os programas Unity e MatLab.

Organização



Promoção





Enquanto que com a quantidade de objetos coletados, será verificado o grau da resposta motora do paciente, já que a dificuldade da captura do objeto e sua pontuação são proporcionais a velocidade em que ele se movimenta.

Em posse desses dados o profissional pode fazer uma avaliação goniométrica do paciente, segundo explicado por (MARQUES, 2003), a cerca da movimentação de seus membros. Sendo possível assim observar a presença de movimentos hipomóveis ou hiper-móveis e então moldar o tratamento de forma a melhorar sua eficiência.

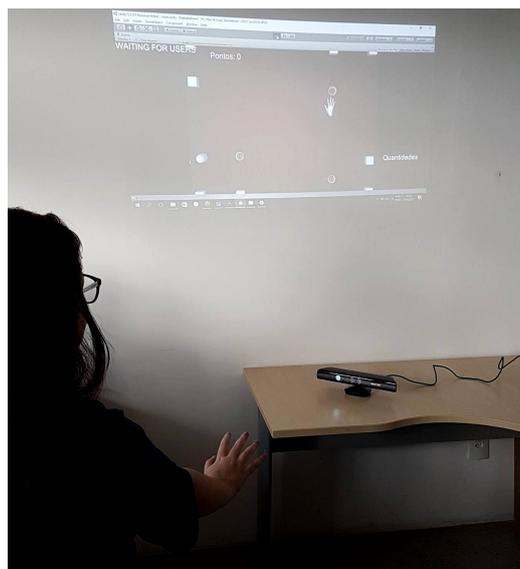
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como mencionado na seção de metodologia, o processo de desenvolvimento do *software* foi dividido em etapas, dentre estas o programa se encontra na etapa de resultados e ajustes, toda mecânica e lógica do jogo já se encontram desenvolvidas. Atualmente estão sendo realizados testes e monitoramento do desempenho tanto do programa quanto do paciente com o auxílio de um fisioterapeuta.

Já a partir da análise do profissional quanto ao programa, podemos destacar que novas trajetórias serão adicionadas, por exemplo na diagonal. Pois, identificou-se nos testes que os movimentos determinados na segunda etapa da metodologia, para os objetos estimulam assimetricamente grupos musculares dos membros. Não sendo pretendido tal comportamento, diferentes níveis de dificuldade serão implementados onde as trajetórias serão ajustadas para estimular uniformemente o membro.

Analisando os dados de trabalhos semelhantes, como descrito em (SILVA; MARCHESI, 2015), foi evidenciado que a abordagem da utilização de jogos eletrônicos na reabilitação, principalmente de crianças, não só traz melhora significativa como estimula o paciente. Como forma de demonstrar os testes realizados com o *software*, capturamos imagens da utilização do mesmo, demonstradas na figura 6.

Figura 6 – Testes do *software*



Organização



Promoção





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, R. I. et al. Perfil dos pacientes com lesões traumáticas do membro superior atendidos pela fisioterapia em hospital do nível terciário. *Acta Fisiátr.*, v. 20, n. 1, 2013.

FILKOV, R. *Unity with MS-SDK*. 2013. Disponível em: <https://rfilekov.com/2013/12/16/kinect-with-ms-sdk/>.

HUNICKE, V. C. R. Ai for dynamic difficulty adjustment in games. *Proceedings of the Challenges in Game AI Workshop, Nineteenth National Conference on Artificial Intelligence.*, 2004.

MARQUES, A. P. *Manual de goniometria*. São Paulo: [s.n.], 2003. v. 2. 11-21 p.

MATHWORKS. *MatLab*. 1970. Disponível em: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.

NINTENDO. Wii. 2006. Disponível em: [www.nintendo.com](http://www.nintendo.com).

PINA, L.; LOUREIRO, A. O gmfm e sua aplicação na avaliação motora de crianças com paralisia cerebral. *Fisioterapia em movimento*, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 91–100, 2006.

SILVA, L. et al. Sistema de reabilitação fisioterapêutica baseado em jogos com interfaces naturais. *XI SBGames*, Brasília, v. 2, n. 4, 2012.

SILVA, R.; MARCHESE, C. Uso da realidade virtual na reabilitação motora de uma criança com paralisia cerebral atáxica: estudo de caso. *Comitê de Ética de Pesquisas do Centro Universitário Padre Anchieta*, São Paulo, 2015.

UNITY. *Unity Game Engine*. 2015. Disponível em: <https://unity3d.com/pt>.

## SOFTWARE DEVELOPMENT FOR MOTOR REHABILITATION OF UPPER LIMBS

**Abstract:** *The application of motion capture technology presents itself as a promising tool in the rehabilitation of patients, as allied to the environment of an electronic game, stimulates the patient to execute the movements of its members. Thus, this work proposes the development of a software that stimulates the movements of patients with upper limb injuries. Using the Kinect sensor for motion capture, the proposed software while entertaining the user with its gameplay, gathers important information to the professional responsible for the treatment. It also adapts the challenge to the patient's performance, so that there is continuous stimulation on the part of the patient.*

**Keywords:** *Rehabilitation, Kinect, Program, Upper Limbs*

Organização



Promoção

