

## ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE JOGOS APLICADOS AO TREINAMENTO DE ATLETAS PARALÍMPICOS

Renan Alves Franco de Moraes, [renan\\_afm@yahoo.com.br](mailto:renan_afm@yahoo.com.br)<sup>1</sup>  
Rogério Sales Gonçalves, [rsgoncalves@mecanica.ufu.br](mailto:rsgoncalves@mecanica.ufu.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Automação e Robótica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica – Bloco 1M – Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia – MG – CEP 38408-902

**Resumo:** Neste trabalho é apresentado um jogo em desenvolvimento para o treinamento de atletas paralímpicos, partindo das modalidades de tiro esportivo e tiro com arco paralímpicas. O objetivo deste trabalho é no futuro servir de treinamento para os atletas paralímpicos e nos processos de reabilitação, permitindo quantificar a evolução do treinamento. Para simular estas modalidades, é proposto neste trabalho, a utilização da webcam como instrumento para detecção da posição do equipamento de tiro e, em seguida, apresentada a ideia da utilização de sensores de distância para a obtenção das coordenadas espaciais.

**Palavras-chave:** processamento de imagens, reabilitação, jogos sérios, parolímpica.

### 1. INTRODUÇÃO

O processo de reabilitação de pessoas com deficiência física exerce uma função não apenas de restauração de parte da coordenação motora ou de desenvolvimento de novas habilidades, mostrando-se também essencial como uma ferramenta de reintegração destas pessoas a sociedade.

Como forma de auxiliar na reabilitação e treinamento de atletas paralímpicos e pessoas com deficiência, estão sendo desenvolvidos softwares computacionais no formato de jogos, que forneçam uma alternativa simples e de baixo custo em relação à utilização dos equipamentos profissionais.

Os jogos sempre foram tratados como um elemento binário em nossa cultura, possuindo ora destaque para seus aspectos ruins, ora para seus aspectos bons (Abreu, 2003).

Leitão (2008) destaca o fato de que alguns jogos exigem reações mentais e movimentos motores quase que automáticos, tornando-se elementos capazes de ofuscar a reflexão e o ato consciente do jogador. E complementa sua linha de pensamento ao afirmar que os jogos eletrônicos mecanizam e retiram a individualidade do ser humano.

Porém, Gomes e Carvalho (2008) preferem aderir à outra linha de pensamento, que diz que os jogos merecem uma atenção especial dos educadores, pois facilitam a imersão no mundo virtual e criam ambientes envolventes e estimulantes, possibilitando com que os jogadores consigam interagir entre si, aprendendo e colaborando uns com os outros para que um objetivo comum possa ser atingido.

No final de 2006, a Nintendo apresentou ao mundo o primeiro videogame controlado por movimentos o “Nintendo Wii”. O console funciona com dois controles que se adaptam as mãos do jogador, utilizando sensores para ler os movimentos e a posição de ambas. Esta inovação fez com que este se tornasse o videogame mais vendido de sua geração e o seu jogo de lançamento, chamado “Wii Sports”, um dos jogos mais vendidos da história. O grande sucesso dos jogos controlados por movimento fez com que as demais empresas adaptassem seus respectivos consoles a nova tendência criada no mercado.

Em pouco tempo, as demais empresas se adaptaram a nova tendência do mercado, inserindo outros sistemas. A Sony seguiu a mesma linha inserindo controles assistidos de uma câmera para ler os movimentos das mãos. A Microsoft investiu em um sistema de leitura corporal inteira, lendo diversos pontos do corpo e possibilitando jogar sem o auxílio de um controle físico.

Esta mistura entre os *games* e os exercícios físicos recebeu o nome de *exergames*, representando um novo gênero de jogos que permitem com que o jogador simule os movimentos de alguns esportes ao interagir com um controle ou outros acessórios. Existe uma infinidade de modalidades esportivas já presentes nos videogames, como por exemplo, baseball, tênis, boxe e futebol, permitindo o desenvolvimento das habilidades físicas dos jogadores.

Em paralelo a estes eventos, com o avanço da tecnologia na reabilitação dos movimentos do corpo humano, diversos equipamentos robóticos foram desenvolvidos para auxiliar na realização dos exercícios necessários para a recuperação. Associado a estes equipamentos, alguns jogos básicos foram desenvolvidos para tornar as atividades de recuperação menos monótonas.

Existem duas técnicas para reabilitação dos movimentos: na primeira técnica o paciente é passivo e o profissional da saúde (ou equipamento para reabilitação) manipula o membro com deficiência para promover seu movimento. O movimento e as cargas aplicadas devem ser bem controlados neste modo para evitar novas lesões. Na segunda técnica o paciente faz os movimentos ativamente.

O uso de jogos no processo de reabilitação para diversos casos é um tópico frequente nas pesquisas atuais (Bresciani e Conto, 2012; Silva *et al.*, 2012; Alvarez e Grogan, 2012; Huang *et al.*, 2011). Os tratamentos mais notáveis consistem na recuperação de pacientes que tiveram um acidente vascular cerebral, pois existe a perda parcial da capacidade de movimentação de pelo menos um dos membros em 66% dos sobreviventes de derrame (Burke *et al.*, 2009).

Os estudos realizados em torno da utilização de videogames mostraram que o potencial dos jogos virtuais na área terapêutica é expressivo, sendo capazes de criar um ambiente menos monótono e com um *feedback* imediato para o paciente. Em vista destes benefícios, a criação de novos jogos e equipamentos de tratamento, que vão além do que pode ser oferecido pelos consoles atuais, vem ganhando destaque.

Desta forma este trabalho explora a utilização de jogos para treinamento de atletas paralímpicos.

As modalidades paralímpicas selecionadas foram o tiro esportivo e o tiro com arco, por serem esportes individuais e necessitarem de equipamentos de dimensões não muito grandes, facilitando o desenvolvimento do ambiente de simulação.

O principal desafio na criação destes jogos está na localização espacial da mira da arma (pistola/arco) e, portanto, este será o assunto em destaque neste trabalho.

Para realizar a localização da mira, foi inicialmente utilizada a webcam como ferramenta de coleta de imagens e um software desenvolvido em flash para a realização do processamento destes dados. Posteriormente foi desenvolvida a ideia da utilização de sensores de medição de distância para encontrar as coordenadas espaciais do equipamento de tiro.

## 2. RASTREAMENTO POR WEBCAM

A simulação da modalidade de tiro esportivo com pistola será feita a partir da criação de um jogo virtual que represente as características e normas deste esporte.

O jogo foi desenvolvido em flash a partir do Macromedia Flash 8.

As características do jogo, tais como as dimensões e distâncias dos alvos, as medidas dos estandes de tiro e as regras sobre o tiro esportivo, serão baseadas nos regulamentos estabelecidos pela CBTE (Confederação Brasileira de Tiro Esportivo), pela ISSF (*International Shooting Sport Federation*) e pelos outros órgãos competentes.

A Figura 1 apresenta a tela do jogo desenvolvido.

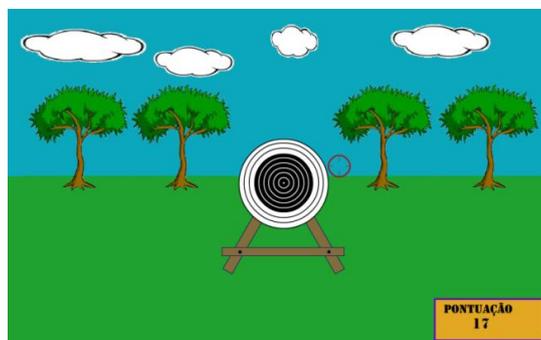


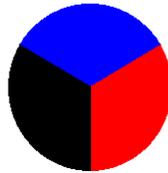
Figura 1. Tela com o alvo e mira.

A interação com o jogo vai ser feita a partir de uma pistola. Ao ser apontada para a tela, a mira do jogo irá acompanhar o movimento da pistola, e os tiros serão realizados ao ser pressionado o gatilho da pistola.

O primeiro passo para o desenvolvimento do jogo para treinamento de atletas paralímpicos e ou aplicações de reabilitações é a localização da mira (arma/arco) na tela que simula o alvo. Neste trabalho será focado o jogo para a modalidade tiro esportivo.

A localização da mira na tela é feita pelas coordenadas  $x$  e  $y$ . A determinação das coordenadas  $x$  e  $y$  da arma foram feitas utilizando-se de um marcador com três cores, Fig. 2, impresso e fixado na arma e uma webcam (a própria webcam presente em notebooks ou instalada em um microcomputador).

O marcador é formado pelas cores preto, azul e vermelho, Fig. 2. Estas cores foram escolhidas devido ao fato de serem mais facilmente representadas pelo sistema RGB (*red, green, blue*) de cores, facilitando a sua identificação pelo software.



**Figura 2. Marcador de três cores.**

Ao se colocar o marcador de frente a webcam, um programa desenvolvido em flash inicia o escaneamento da imagem em busca do ponto central do marcador, correspondente à interseção das três cores. Durante o escaneamento os pixels da tela são analisados, sendo identificadas suas cores a partir da análise dos valores de RGB (Vermelho, Verde, Azul).

Para detectar o pixel da interseção, basicamente o programa de escaneamento busca o pixel que possui, em suas proximidades, um pixel azul acima, um pixel preto à sua esquerda e um pixel vermelho à sua direita. Após ser encontrado este pixel, o desenho da mira passa a assumir as coordenadas  $x$  e  $y$  deste pixel.

### 2.1. Representação em RGB das cores dos pixels

O programa em flash, responsável por escanear e processar as imagens produzidas pela webcam, consegue retirar os valores de RGB de cada pixel das imagens. Basta então estabelecer a relação entre quais combinações de RGB correspondem às cores azul, vermelho e preto do marcador da pistola.

Após testar diferentes valores de RGB, foi possível achar uma representação para as três cores do marcador a partir dos parâmetros R, G e B, que variam de 0 a 255.

Um pixel pode ser considerado vermelho quando todas as condições da Eq. (1) forem satisfeitas:

$$R > 60; G \leq 0.65xR; B \leq 0.65xR \quad (1)$$

Um pixel pode ser considerado azul quando todas as condições da Eq. (2) forem satisfeitas:

$$\begin{aligned} R > 60; G \leq 0.65xR; B \leq 0.65xR \\ B > 60; G \leq B; R/B < 0.6 \end{aligned} \quad (2)$$

Finalmente, um pixel pode ser considerado preto quando todas as condições da Eq. 3 forem satisfeitas:

$$\begin{aligned} (R+G+B) < 450; R/G > 0.8; R/B > 0.8; \\ G/R > 0.8; G/B > 0.8; B/R > 0.8; B/G > 0.8; \\ \text{ou } (R+G+B) < 20. \end{aligned} \quad (3)$$

Deve-se destacar que estes valores de RGB de identificação de cada uma das três cores, foram definidos com maior tolerância para diferentes tonalidades e, portanto, eliminando a interferência da iluminação ambiente.

### 2.2. Escaneamento das imagens da webcam

Ao ser executado, o programa em flash realiza a comunicação com a webcam e salva cada frame no formato *BitmapData*, que permite extrair as propriedades de RGB de cada pixel.

A tela do programa funciona em uma resolução de 1300x700 pixels, e a ideia inicial seria escanear e analisar o RGB de cada um desses pixels. A webcam utilizada trabalha com uma média de 12 frames por segundo e, portanto, seriam analisados quase 11 milhões ( $12 \times 1300 \times 700$ ) de pixels a cada segundo. Isto demandaria uma grande quantidade de processamento, que não poderia ser suprida por um computador convencional.

Para diminuir a quantidade de pixels analisados, sem que houvesse a redução da eficiência do programa, foram desenvolvidas quatro estratégias de otimização: redução da imagem analisada, amostragem de pixels, divisão da imagem em regiões, e escaneamento com memória da última posição localizada.

Na estratégia de redução da imagem, a imagem inicial (1300x700) foi reduzida em 10 vezes em cada dimensão, passando a ser representada por 130x70 pixels. Desta maneira, basta multiplicar por 10 as coordenadas em  $x$  e  $y$  obtidas para a mira para se obter sua posição correta.

Anteriormente, todos os pixels da imagem eram analisados, o que resultavam em uma grande quantidade de dados para serem processados. A Figura 3 mostra uma região com todos os pixels para serem analisados. Com a implementação da amostragem de pixels, eles passaram a ser analisados em grupos, de 5 pixels, igualmente espaçados, como pode ser visto na Fig. 4. O espaçamento horizontal dos grupos de pixels foi definido por  $W/25$ , e o espaçamento vertical definido por  $H/11$ , onde  $W$  e  $H$  são, respectivamente, a largura e a altura, em pixels, da imagem. Com uma

imagem de dimensões 130x70, o espaçamento horizontal seria de  $130/25 \cong 5$  e o espaçamento vertical seria de  $70/11 \cong 6$ .

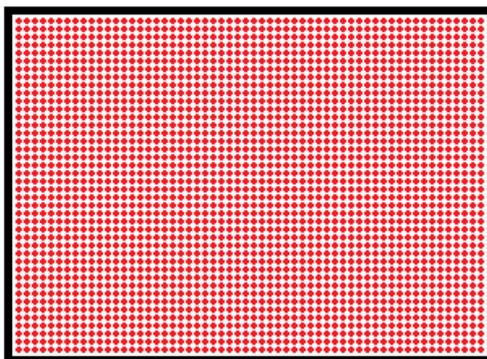


Figura 3. Visualização de uma imagem com todos seus pixels.

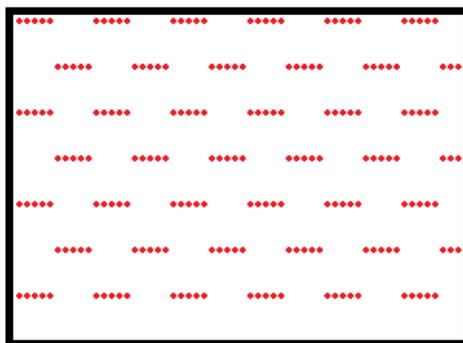


Figura 4. Imagem com uma amostragem de seus pixels.

Foi previsto que, na maioria das vezes, a mira da arma estaria localizada nas regiões centrais da tela (localização do alvo) sendo, portanto, mais conveniente iniciar a análise dos pixels por estas regiões. Para isto, foi realizada a divisão da imagem em 12 áreas, conforme Fig. 5.

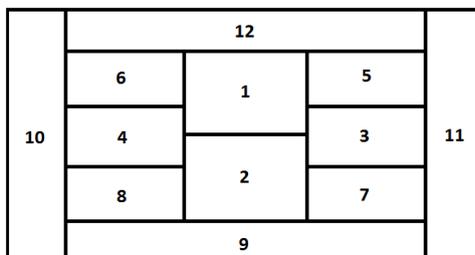


Figura 5. Imagem dividida em regiões.

A ordem de análise dos pixels é do topo-esquerdo de cada região até a base-direita, sendo iniciada na região 1 e prosseguindo na ordem crescente de numeração de cada região caso a mira não se encontre localizada na região atual. Cada região é analisada seguindo o princípio da amostragem de pixels, Fig. 4.

A última estratégia consiste na criação de uma nova região em torno da ultima posição encontrada para a mira.

A análise dos pixels de um frame é feita e, caso seja encontrada a posição da mira neste frame, a análise do próximo frame será feita em uma região próxima da localização da mira do frame anterior. Desta forma, caso a pessoa não realize movimentos bruscos com a pistola, é garantido que apenas uma região será analisada para cada frame.

O método proposto neste trabalho será em trabalhos futuros comparado com outras estratégias como a biblioteca ARTToolKit, a biblioteca OpenCV e bibliotecas do software MatLab para comparar o seu desempenho.

### 2.3. Análise dos pixels das imagens da webcam

A forma como os pixels são analisados pode ser representado no fluxograma da Fig. 6.



princípio de funcionamento do GPS (Correia, 2003). O uso destes sensores visa determinar a possível inclinação da pistola, pois o processo de escaneamento apresentado no item 2, implica no marcador estar paralelo a tela do jogo.

Na pistola, são colocados dois emissores, que realizam a comunicação com outros quatro receptores localizados próximos à tela do jogo, conforme Fig. 8.

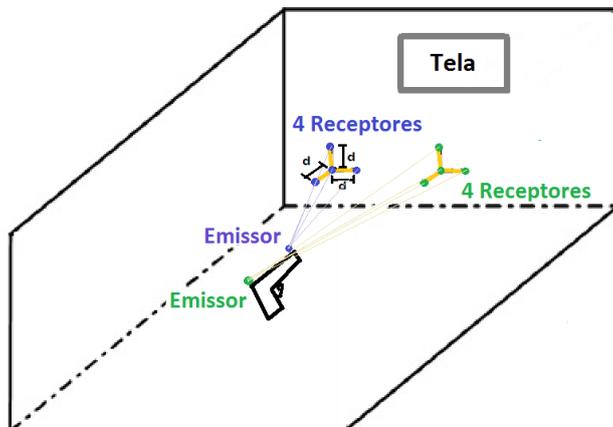


Figura 8. Posicionamento dos conjuntos de emissores/receptores.

A comunicação entre cada par constituído de um emissor e um receptor fornece a distância entre eles.

Esta distância entre o emissor e o receptor fornece uma esfera centrada no receptor, indicando que o emissor pode estar localizado em qualquer ponto da casca esférica. Com a utilização de quatro receptores, tem-se a formação de quatro esferas, cujos raios são obtidos pela mensuração da distância até o emissor. Na Figura 9, pode-se visualizar como seria a interseção de três esferas, tendo-se como resultado a obtenção de dois pontos de interseção. Com mais uma esfera nesta interseção, teríamos apenas um ponto resultante, sendo possível localizar as coordenadas X,Y,Z de cada emissor.

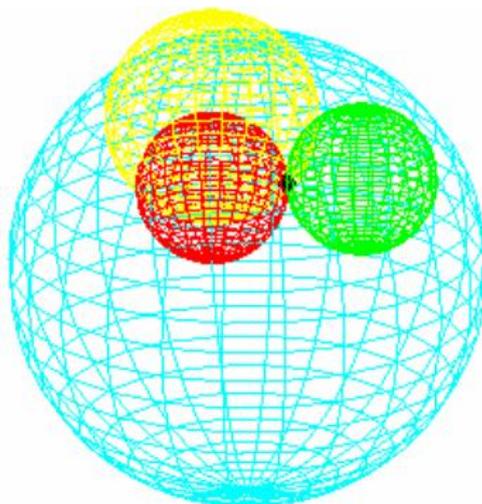


Figura 9. Interseção de três esferas (Chamone, 2008).

Matematicamente a posição de um emissor (X, Y, Z) pode ser encontrada utilizando-se as equações de quatro esferas (Chamone, 2008):

$$X^2 + Y^2 + Z^2 = r_1^2 \tag{4}$$

$$(X - d)^2 + Y^2 + Z^2 = r_2^2 \tag{5}$$

$$X^2 + (Y - d)^2 + Z^2 = r_3^2 \tag{6}$$

$$X^2 + Y^2 + (Z - d)^2 = r_4^2 \tag{7}$$

Onde,

$r_1$ : distância entre o emissor e o receptor 1

$r_2$ : distância entre o emissor e o receptor 2

$r_3$ : distância entre o emissor e o receptor 3

$r_4$ : distância entre o emissor e o receptor 4

$d$ : distância entre os receptores 2,3,4 em relação ao receptor de origem 1, Fig. 8.

Subtraindo a Eq. (4) das Eqs. (5) à (7) tem-se:

$$[(X^2 - 2dX + d^2) + Y^2 + Z^2] - [X^2 + Y^2 + Z^2] = r_2^2 - r_1^2 \quad (8)$$

$$[X^2 + (Y^2 - 2dY + d^2) + Z^2] - [X^2 + Y^2 + Z^2] = r_3^2 - r_1^2 \quad (9)$$

$$[X^2 + Y^2 + (Z^2 - 2dZ + d^2)] - [X^2 + Y^2 + Z^2] = r_4^2 - r_1^2 \quad (10)$$

Então:

$$-2dX + d^2 = r_2^2 - r_1^2 \quad (11)$$

$$-2dY + d^2 = r_3^2 - r_1^2 \quad (12)$$

$$-2dZ + d^2 = r_4^2 - r_1^2 \quad (13)$$

Logo as coordenadas de um emissor são:

$$X = \frac{d^2 - r_2^2 + r_1^2}{2d} = \frac{d}{2} + \frac{r_1^2 - r_2^2}{2d} \quad (14)$$

$$Y = \frac{d^2 - r_3^2 + r_1^2}{2d} = \frac{d}{2} + \frac{r_1^2 - r_3^2}{2d} \quad (15)$$

$$Z = \frac{d^2 - r_4^2 + r_1^2}{2d} = \frac{d}{2} + \frac{r_1^2 - r_4^2}{2d} \quad (16)$$

Depois de serem obtidas as coordenadas  $X, Y, Z$  de dois pontos da arma, denominados  $A(X_1, Y_1, Z_1)$  e  $B(X, Y, Z)$  é possível determinar a equação tridimensional da reta  $AB$  que passa por estes pontos, e prever onde será atingido o tiro.

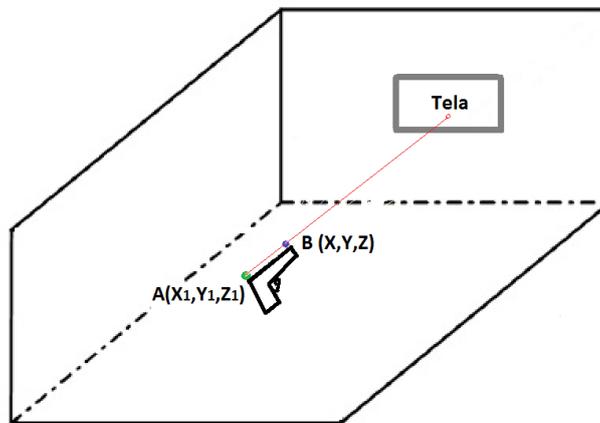


Figura 10. Cálculo da posição da mira na tela.

A reta  $AB$  pode ser vista como a multiplicação de seu vetor diretor  $V(a, b, c)$  por  $m$  (Selhorst, 2013).

$$\overline{AB} = m \cdot V$$

$$B - A = m \cdot V$$

$$(X, Y, Z) - (X_1, Y_1, Z_1) = m \cdot (a, b, c) \quad (17)$$

A equação paramétrica da reta é representada pela Eq. 18:

$$X = X_1 + a \cdot m$$

$$Y = Y_1 + b \cdot m$$

$$Z = Z_1 + c \cdot m \quad (18)$$

Se for considerada a tela na profundidade  $z = 0$ , tem-se que  $c.m = -Z_1$ , e que o valor de  $m$  é:

$$m = \frac{-z_1}{c} \quad (19)$$

Desta forma, as coordenadas da mira na tela são representadas a seguir:

$$X = X_1 - \frac{z_1 \cdot a}{c} \quad (20)$$

$$Y = Y_1 - \frac{z_1 \cdot b}{c} \quad (21)$$

$$Z = 0 \quad (22)$$

#### 4. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou o desenvolvimento de um jogo para ser aplicado ao treinamento de atletas paralímpicos e reabilitação de pessoas com deficiência utilizando-se de softwares computacionais e uma webcam.

A utilização de jogos constitui uma ferramenta moderna e de baixo custo que pode ser utilizada além do entretenimento, para reabilitação dos movimentos do corpo humano e no caso deste trabalho, no futuro, auxiliarem no treinamento de atletas paralímpicos.

Com a utilização de apenas uma webcam foi possível realizar a movimentação da mira do equipamento de tiro, utilizando-se de um programa desenvolvido em flash. A mira consegue acompanhar, em tempo real, a movimentação do marcador, em função das estratégias de otimização implementadas, que reduziram o esforço computacional necessário para executar o programa.

Buscando-se atingir uma precisão ainda maior foi apresentado o desenvolvido de um sistema de localização das coordenadas espaciais da mira, utilizando-se de dispositivos de medição de distância presentes na arma e nas proximidades da tela, baseado no princípio de funcionamento do GPS.

As estratégias apresentadas permitem o armazenamento das coordenadas dos disparos no alvo (tela) e o tratamento estatísticos destes dados o que permitirá melhorar o rendimento dos atletas paralímpicos ou quantificar a evolução nos tratamentos de reabilitação das pessoas com deficiência.

Como etapas futuras estão previstos testes com os sensores e com pacientes.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFU/FEMEC, FAPEMIG, CAPES e ao CNPq pelo auxílio parcial para execução deste projeto.

#### 6. REFERÊNCIAS

- Abreu, A., 2003. "Videogame: um bem ou um mal? Um breve panorama da influência dos jogos eletrônicos na cultura individual e coletiva". São Paulo.
- Alvarez, M. e Grogan, P., 2012. "Connecting with Kinect to improve motor and gait function in Parkinson Disease".
- Bresciani, T.A. e Conto, S. M., 2012. "O Impacto da Tecnologia Nintendo Wii no Tratamento Fisioterapêutico e na Satisfação de Pacientes em uma Clínica do Vale do Taquari". Revista Destaques Acadêmicos, Vol.4, N. 1.
- Burke, J. W., McNeill, M. D. J., Charles, D. K., Morrow P. J., 2009. "Serious Games for Upper Limb Rehabilitation Following Stroke". Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications.
- Chamone, L. C., 2008. "A Matemática e o GPS: Coordenadas geográficas".
- Correia, C., 2003 Sistema GPS. Em: <<http://paginas.fe.up.pt/~hmiranda/st2/galileu.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2013.
- Gomes, T. S. L. e Carvalho, A. A. A., 2008. "Jogos Como Ferramenta Educativa: de que forma os jogos online podem trazer importantes contribuições para a aprendizagem". In N. Zagalo & R. Prada (Eds.) Actas do Zon Digital Games 2008.
- Huang, J. D. et al., 2012. "Kinerehab: a kinect-based system for physical rehabilitation: a pilot study for young adults with motor disabilities".
- Leitão, S. F., 2008. "Querem dominar você...." Anuário da Produção Acadêmica Docente. São Paulo: Anhanguera Educacional.
- Selhorst, M. "Geometria Analítica no Espaço".
- Silva, J. B. et al., 2012. "Estudo controlado cego randomizado sobre os efeitos do tratamento fisioterapêutico utilizando os exercícios da série de Cawthorne-Cooksey associados à simulação virtual por meio do videogame Nintendo Wii em sujeitos com distúrbios vestibulares". Revista Fisioterapia em Evidência, Ano 3º, n. 5.

## 7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

### **STUDY AND DEVELOPMENT OF GAMES APPLIED TO TRAINING PARALYMPICS ATHLETES**

**Renan Alves Franco de Moraes, [renan\\_afm@yahoo.com.br](mailto:renan_afm@yahoo.com.br)<sup>1</sup>**

**Rogério Sales Gonçalves, [rsgoncalves@mecanica.ufu.br](mailto:rsgoncalves@mecanica.ufu.br)<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Automação e Robótica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica – Bloco 1M – Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia – MG – CEP 38408-902

**Abstract.** *This paper presents a game in development for the training of Paralympics' athletes, from the modalities of shooting and Paralympics archery. The objective of this work is in the future serve as training for the Paralympics athletes and rehabilitation processes, allowing to quantify the evolution of training. To simulate these sports, is proposed in this paper, to use the webcam as a tool for detecting the position of shooting equipment and then presented the idea of using distance sensors for obtaining the spatial coordinates.*

**Keywords:** *image processing, rehabilitation, serious games, Paralympics.*