

ESTUDO DA ACEITABILIDADE DE USUÁRIOS SOBRE O USO DO WIIMOTE COMO INTERFACE DE UM CURSOR 3D

Roberto Scalco¹, Shin-Ting Wu²

Abstract — *Aiming at the application of Wiimote as a 3D cursor controller for accurate spatial placements, this article presents an analysis of test results of motion tracking objects and a survey with users who used the control Wiimote of the Nintendo Wii to move a 3D cursor. The time to perform the tasks and the difference between the object position and the position of the target were used to determine the characteristics of a learning curve of the pointing and motion tracking objects with the Wiimote. The survey results allow to confirm, from the previous experience of the users, such as familiarity with the use of Wiimote, experience with 3d modeling softwares or familiarity with 3D games, the points that should be improved in the proposal of this framework.*

Index Terms — *Wiimote, 3D cursor, learning curve.*

INTRODUÇÃO

Este trabalho versa sobre o uso do controlador Wiimote do videogame Nintendo Wii como dispositivo de interações em um ambiente virtual. Possui um acelerômetro com três eixos e sensores ópticos que podem ser utilizados para rastrear a posição no espaço. Esse dispositivo foi escolhido por possuir um gerador de vibrações que permite acrescentar à experiência do usuário a sensação de segurar um objeto. Isso não seria possível se o Kinect ou o Leap Motion fossem utilizados, pois não há contato entre esses dispositivos e o usuário, embora a naturalidade dos movimentos também sirva como base para a proposta desses dispositivos.

Acoplando o Wiimote a um computador de uso pessoal, via comunicação sem fio Bluetooth, não é necessário ao usuário possuir o videogame Nintendo Wii, mas apenas o controle cujo preço é de aproximadamente US\$ 30,00.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem diversas abordagens para o controle de cursores 3D, como a de Zeleznik et al. [1] que utiliza dois *hardwares* bidimensionais para manipular o cursor no espaço, a de Wu et al. [2] utilizando um *spaceball* ou de Galyean e Hughes [3] que fazem modelagem usando um Polhemus Isotrack. Os dois primeiros necessitam de apoio sobre a mesa. O Polhemus Isotrack permite livre movimento pelo espaço, mas não possui *feedback háptico* para dar ao usuário a

sensação de estar segurando o objeto, como no Wiimote. Além desses, existem Datagloves que permitem o movimento livre e possuem *feedback háptico*, mas custam algumas centenas de dólares.

Uso do Wiimote

Este projeto consiste no uso do Wiimote como manipulador de um cursor que se movimenta em um ambiente 3D de tal maneira que a experiência visual e tátil do usuário, ao manipular objetos, possa ser comparada com o movimento da mão que está segurando o controle.

Para a movimentação do cursor 3D ser fiel em relação ao movimento da mão do usuário é necessário determinar a posição do controle no espaço utilizando a câmera integrada ao Wiimote para fazer a leitura da posição dos LEDs da Wii Bar, além de integrações numéricas da aceleração para obter os deslocamentos. Para tal, Scalco e Wu [4] apresentam um *framework* que faz a leitura dos dados enviados pelo Wiimote e posicionam o cursor no espaço virtual.

Como exemplo de aplicações do uso do controle 3D pretende-se desenvolver um ambiente virtual que permitirá aos estudantes de Física Clássica realizar experimentos em um laboratório virtual, manipulando elementos do experimento como se estivessem pegando-os na mão e realizando medições com instrumentos virtuais [5].

Curvas de Aprendizagem

Wright observou que o tempo necessário para a produção de aviões reduzia a uma taxa constante a cada vez que a produção dobrava. No caso observado, o tempo para produzir a segunda aeronave era 80% do tempo da primeira, enquanto que o tempo para produzir a quarta era 80% da segunda e assim por diante. Esse valor representa o percentual característico p da curva [6].

A partir dessas observações, Wright propôs um modelo potencial, em 1936, e tornou-se referência para os outros modelos de curvas de aprendizagem de trabalhadores que realizam tarefas repetidas vezes, dado pela equação (1):

$$y = C_1 \cdot x^b \quad (1)$$

Sendo y o tempo ou custo médio por unidade para a produção de x unidades. A constante C_1 é o tempo ou custo

¹ Roberto Scalco, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1, sala G-02, 09580-900, São Caetano do Sul, SP, Brasil, roberto.scalco@maua.br.

² Wu, Shin-Ting, Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação – Universidade Estadual de Campinas, P.O.Box 6101, 13083-970, Campinas, SP, Brasil, ting@dca.fee.unicamp.br.

para a produção da primeira unidade, enquanto que o parâmetro **b** (declividade da curva de aprendizado) [7] representa a taxa de aprendizado média de trabalhadores que realizam determinada tarefa repetidas vezes e seu valor pertence ao intervalo $[-1; 0]$. Quanto mais distante de zero, mais elevado é o percentual **p** de aprendizado da tarefa. A declividade da curva pode ser obtida utilizando técnicas de regressão a partir dos dados observados e está relacionada com o percentual característico como mostra a equação (2).

$$b = \frac{\ln(p)}{\ln(2)} = \lg(p) \quad (2)$$

Isso permite determinar a velocidade que os usuários terão em aprender a controlar o cursor 3D com o Wiimote.

METODOLOGIA

Foram consideradas as seguintes hipóteses que podem influenciar nos resultados dos testes de movimentação dos objetos utilizando o cursor 3D com o Wiimote:

- **H1:** desenvolvimento da habilidade de visualização espacial;
- **H2:** desenvolvimento da habilidade de coordenação motora fina;
- **H3:** familiaridade com o uso de videogames com interação gestual;
- **H4:** familiaridade com o uso aplicativos gráficos 3D.

As hipóteses **H1** e **H2** são habilidades que todas as pessoas possuem em grau mais ou menos desenvolvido, quanto mais desenvolvidas as habilidades, maior será a facilidade do usuário para mover o cursor 3D.

As hipóteses **H3** e **H4** envolvem uma combinação das habilidades **H1** e **H2** que foram desenvolvidas em um ambiente (*software* e *hardware*) semelhante ao ambiente dos testes. No caso da hipótese **H3**, o usuário realiza tarefas repetitivas desenvolvam a habilidade da coordenação motora fina para controlar um ator no ambiente 3D do jogo.

A hipótese **H4** exige mais da visualização espacial do usuário, independente da aplicação, seja por lazer ou a confecção de um projeto arquitetônico ou de Design.

Testes com usuários

Antes de iniciar os testes é dado ao usuário um período de familiarização com o dispositivo, podendo mover o cursor livremente pela cena. Assim que o usuário se declarar apto, são iniciados os testes que consistem na movimentação de cubos espalhados pela cena até alvos indicados por um cubo da mesma cor, em *wireframe*.

Em alguns testes o usuário deve fazer o movimento de um objeto sobre uma linha de referência, destacadas sobre o plano na figura 1. Os elementos possuem uma linha vertical até o plano $z=0$ que auxilia o usuário no posicionamento dos objetos.

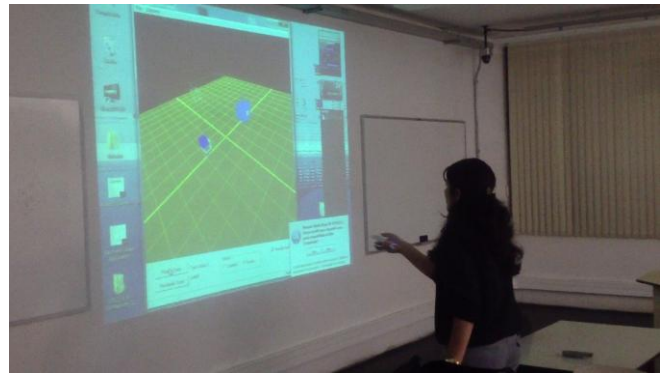


FIGURA 1
AMBIENTE PARA TESTES DE MOVIMENTAÇÃO DE OBJETOS.

Para cada um dos testes são armazenados: a duração, o tamanho dos objetos e as distâncias entre seus centros e os centros dos respectivos alvos. Os testes possuem as seguintes características:

- **T1:** mover um objeto até o alvo. Objeto e alvo sobre a linha de referência;
- **T2:** mover dois objetos, de cores e tamanhos diferentes, até os respectivos alvos. Todos os elementos estão sobre a linha de referência;
- **T3:** mover um objeto até o alvo. Os dois elementos estão dispostos aleatoriamente na cena;
- **T4:** mover dois objetos até os respectivos alvos. Todos os elementos estão dispostos aleatoriamente na cena;
- **T5:** semelhante ao **T1**, sem a linha vertical;
- **T6:** semelhante ao **T4**, sem a linha vertical.

Pesquisa com usuários

Após realizar os seis testes, o aplicativo abre o navegador com um formulário de pesquisa, hospedado no Google Drive. Esse formulário solicita ao usuário que expresse suas opiniões em relação à sua familiaridade com *softwares* e *hardwares* 3D, bem como a avaliação das funcionalidades oferecidas e dificuldades sentidas ao manipular os elementos.

RESULTADOS

Nesta seção os resultados da pesquisa dos usuários serão apresentados e analisados, bem como os dados do desempenho do usuário durante a realização dos testes.

Quantização dos Dados

A partir das respostas sobre a experiência anterior do usuário, foi criado um índice a partir da média aritmética das respostas e da familiaridade com o Wiimote. O valor, entre 1 e 5, foi quantificado em três subintervalos de mesmo tamanho, que geraram categorias que representam se o usuário possui “Pouca”, “Alguma” ou “Muita” experiência.

Perfil demográfico dos usuários

Foram submetidas aos testes 32 pessoas, sendo 27 homens e 5 mulheres. O perfil profissional desses usuários foi constituído de 68,75% de estudantes e 31,25% de professores da graduação do curso de Engenharia. A média de idade desses usuários é de 23 anos.

Praticamente metade dos usuários informou que possuem pouca ou nenhuma familiaridade com o uso do Wiimote, como mostra a distribuição na figura 2.

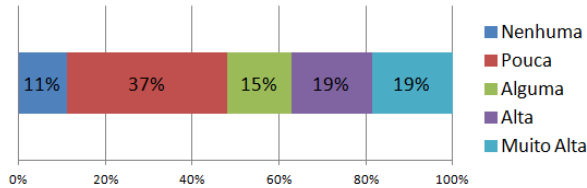


FIGURA 2
FAMILIARIDADE COM WIIMOTE.

A partir das hipóteses **H1**, **H2**, **H3** e **H4** foram elaboradas quatro perguntas para caracterizar os usuários segundo suas habilidades. A lista a seguir apresenta as hipóteses consideradas para cada uma das perguntas:

- **H1** e **H2**: Qual sua familiaridade com dispositivos de interação 3D (Spaceball, mouse 3D, luva 3D, SpaceNavigator etc)?
- **H1**, **H2** e **H3**: Qual sua familiaridade com dispositivos de interação por movimento (Kinect, Smart TV etc)?
- **H1** e **H3**: Qual sua familiaridade com jogos 3D?
- **H1**, **H2** e **H4**: Qual sua familiaridade com aplicativos 3D de modelagem de sólidos ou superfícies (SolidWorks, SolidEdge, Catia, Rhinoceros, Revit etc)?

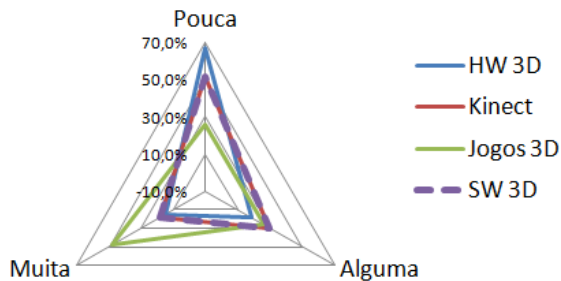


FIGURA 3
HABILIDADES E EXPERIÊNCIAS COM TECNOLOGIA.

O gráfico da figura 3 mostra os resultados da pesquisa, agrupando as respostas de acordo com a familiaridade do usuário pelas tecnologias. Destaca-se que a grande maioria das pessoas possui pouca familiaridade com interfaces tridimensionais (curva HW 3D).

Verifica-se ainda que praticamente metade dos entrevistados alegue não possuir familiaridade com

dispositivos de interação por movimento, nem ser usuário de aplicativos de modelagem 3D. Entretanto, pelo fato de 68,75% dos voluntários serem estudantes, a maioria das pessoas dentro desse espaço de amostragem possui familiaridade com jogos tridimensionais.

Precisão nos Movimentos

Para medir o desempenho dos usuários nos testes foi considerada a distância relativa entre os centros dos objetos e respectivos alvos, bem como o tempo total de cada teste.

Deve-se destacar que o alvo realçava suas linhas e cores quando o objeto estava em seu interior. Isso acontecia quando as distâncias entre os centros do objeto e do alvo eram inferiores a 80% do tamanho do objeto. Coube ao usuário julgar a precisão do posicionamento.

A partir dos resultados dos seis testes uma métrica com base no cálculo da média dos tamanhos dos objetos divididos pelas respectivas distâncias entre os centros, como mostra a equação (3) foi obtida. O resultado é um valor pertencente ao intervalo $[0,0; 0,8]$, indicando a proximidade entre os centros, independente do tamanho dos objetos.

$$\overline{\text{dist}} = \frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1}^6 \frac{\text{Tamanho}_i}{\sqrt{(x_{\text{obj}} - x_{\text{alvo}})^2 + (y_{\text{obj}} - y_{\text{alvo}})^2 + (z_{\text{obj}} - z_{\text{alvo}})^2}} \quad (3)$$

O gráfico da figura 4 mostra o valor médio e erro padrão das distâncias relativas de cada grupo de usuários, separados pelo grau de experiência.

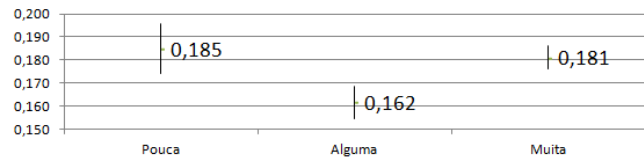


FIGURA 4
DISTÂNCIAS RELATIVAS ENTRE OBJETOS E ALVOS EM FUNÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO.

A partir das distâncias relativas foi realizado um teste estatístico de análise de variância (ANOVA), obtendo-se p-valor = 0,5346. Esse resultado mostra que não existe diferença significativa entre as médias das distâncias relativas entre os objetos e os alvos.

Desempenho

O tempo necessário para realizar os testes foi registrado e realizado o teste ANOVA, obtendo-se p-valor = 0,7596. Esse resultado mostra que não existe diferença significativa entre as médias dos tempos para os grupos de usuários, independente do nível de experiência, embora o gráfico da figura 5 mostra que haja uma tendência de que, quanto maior a experiência do usuário, menor será o tempo necessário para realizar as tarefas propostas.

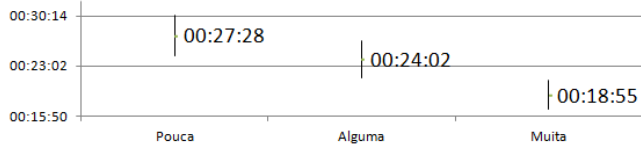


FIGURA 5

TEMPOS TOTAIS DA REALIZAÇÃO DOS TESTES EM FUNÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO.

Além da análise do tempo total dos testes, foi verificado o tempo necessário para a realização de cada uma das tarefas. O gráfico da figura 6 mostra o tempo médio de cada um dos testes, bem como os respectivos erros padrão.

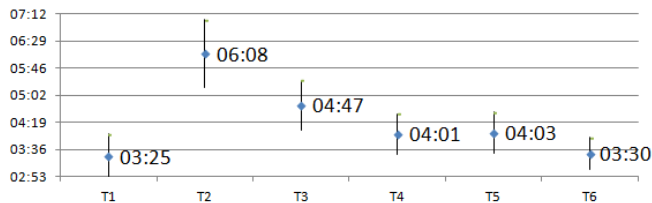


FIGURA 6

TEMPOS MÉDIO DE CADA UM DOS TESTES.

Pode-se verificar que o tempo médio do teste **T2** é, aproximadamente, o dobro do teste **T1**, uma vez que o usuário teria que fazer o dobro de tarefas do primeiro, sob as mesmas condições. Entretanto, os testes **T4** e **T6** possuem tempo médio inferior aos seus pares com um único objeto, mostrando a evolução do aprendizado ao longo do tempo.

Considerando as médias dos tempos a partir do teste **T2** foi determinada por regressão não linear a equação de uma curva, seguindo o modelo potencial de Wright descrito anteriormente, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9684$, que descreve o comportamento do aprendizado do usuário teste após teste.

$$T(n) = 368 \cdot n^{-0,335} \quad (4)$$

A equação (4) permite determinar o tempo médio T , em segundos, para o $n^{\text{ésimo}}$ teste de movimentação de blocos até os respectivos alvos. A constante $C_1 = 368$ s, que representa 6 minutos e 8 segundos, consiste no tempo do primeiro teste analisado. Além disso, a declividade da curva de aprendizado $b = -0,335$ permite obter a porcentagem $p = 0,79278$ característica da curva utilizando a equação (2). Desta maneira, pode-se dizer que a curva de aprendizagem dos testes é de, aproximadamente, 80%.

Avaliações subjetivas

A pesquisa solicitou que os usuários indicassem o grau de dificuldade, de 1 a 5, para realizar movimentos do Wiimote na direção horizontal, vertical ou profundidade em relação à imagem da tela. Ao realizar o teste ANOVA foram

obtidos os valores $p\text{-valor}_H = 0,526$, $p\text{-valor}_V = 0,6374$ e $p\text{-valor}_P = 0,8964$, indicando que a dificuldade existente para cada uma das direções não possui diferença significativa entre os usuários dos três grupos.

Pode-se observar na figura 7 que o grau de dificuldade nos movimentos horizontais e verticais é o mesmo para todos os usuários.

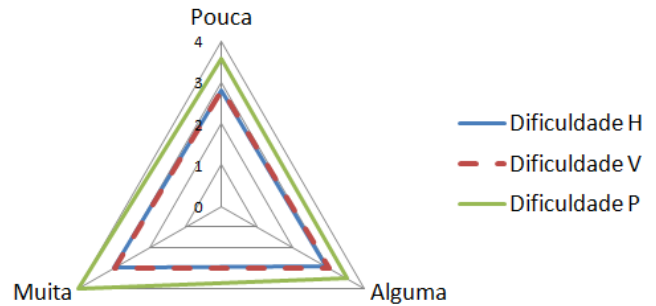


FIGURA 7

DIFICULDADE DE MOVIMENTO NAS DIREÇÕES HORIZONTAL, VERTICAL E PROFUNDIDADE EM FUNÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO.

Entretanto, nota-se que o grau de dificuldade para realizar movimentos perpendiculares à imagem do aplicativo exibido em frente ao usuário também é equivalente aos grupos, entretanto, maior do que a dificuldade para realizar outros movimentos. Essa observação foi comprovada estatisticamente ao realizar um teste t nos valores referentes às dificuldades nas três direções, duas a duas, obtendo-se $p\text{-valor}_{HV} = 0,7457$, $p\text{-valor}_{HP} = 0,0015$ e $p\text{-valor}_{VP} = 0,0067$.

Os usuários responderam algumas questões sobre a dificuldade na realização das tarefas propostas pelos testes. Foram objetos da pesquisa o movimento livre, sem nenhum bloco, antes do primeiro teste; a dificuldade em mover o cursor até se aproximar do objeto; o fato de mover o objeto, segurando-o e a dificuldade em posicionar o objeto no alvo.

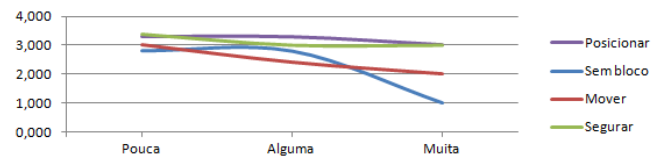


FIGURA 8

DIFICULDADE EM REALIZAR TAREFAS DO TESTE EM FUNÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO.

No gráfico da figura 8 observa-se de maneira geral que a dificuldade nos movimentos sentida pelos usuários reduz à medida que aumenta o grau de experiência. Além disso, verifica-se que a dificuldade no movimento para posicionar até o alvo é equivalente ao ato de segurar o objeto durante o movimento. Um fato que chama a atenção consiste em que indivíduos com muita experiência sentiram pouca dificuldade durante a tentativa antes do primeiro teste.

Por fim, a pesquisa solicitou ao usuário que expressasse sua opinião com relação à resposta háptica do Wiimote durante as situações em que os objetos da cena estavam sendo segurados e movidos pelo espaço.

A figura 9 mostra que o fato de existir uma vibração do Wiimote durante o ato de segurar os objetos da cena contribui para o usuário como uma maneira adicional da percepção de estar segurando os objetos, uma vez que 63% dos usuários sinalizaram positivamente esse recurso.

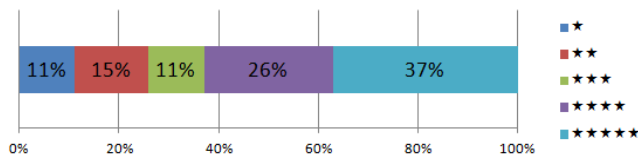


FIGURA 9

REAÇÃO HÁPTICA COMO *FEEDBACK* DE SELEÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE OBJETOS.

Observa-se na figura 10 que o *feedback* háptico auxilia na percepção do movimento com maior intensidade nos usuários com menos experiência.

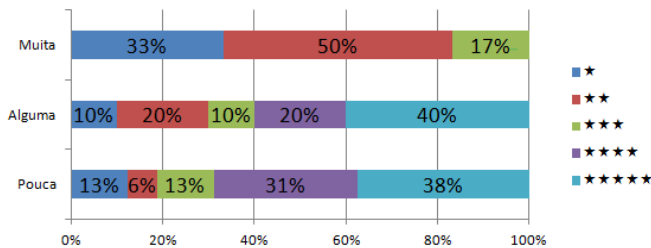


FIGURA 10

REAÇÃO HÁPTICA COMO *FEEDBACK* DE SELEÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE OBJETOS EM FUNÇÃO DA EXPERIÊNCIA.

CONCLUSÕES

Foi avaliada neste trabalho a aceitação do público ao fato de utilizar o controle Wiimote como interface com aplicativos 3D, adotando o paradigma de controle proposto em [4]. Para tal, os usuários realizaram alguns testes e responderam a um questionário que permitiu verificar suas opiniões e sentimentos no que toca aos pontos de melhoria e dificuldades sentidas com a realização das tarefas propostas nos testes. Os resultados dos indivíduos foram agrupados pelas semelhanças quanto às habilidades naturais e experiência prévia com tecnologias semelhantes. Poucas pessoas expressaram ter familiaridade com *hardwares* de interação gestual ou tridimensional, entretanto, o público pesquisado mostrou ter familiaridade com jogos 3D.

A partir dos resultados dos seis testes de movimentação dos objetos pode-se determinar a curva de aprendizado do uso do Wiimote para controlar o cursor 3D, mostrando que a contínua repetição das tarefas tem o tempo melhorado a

razão de 80% a cada vez que se dobra o número da realização da tarefa.

Verificou-se que a precisão nos movimentos independe da experiência do usuário, entretanto, aqueles que possuem maior experiência realizam as tarefas em menos tempo.

A proposta de utilizar o gerador de vibração do Wiimote para dar ao usuário a sensação de estar segurando os objetos mostrou-se efetiva para os usuários com pouca ou alguma experiência, entretanto, desnecessária para os que têm familiaridade com ferramentas de interação e aplicativos 3D.

Até a presente fase do desenvolvimento do projeto, verificou-se que é possível utilizar o Wiimote como interface para um cursor 3D. A seguir, pretende-se desenvolver um ambiente para que o usuário possa manipular os elementos de experimentos de um laboratório de Física Clássica com o cursor 3D.

A pesquisa revelou um fator que deveria ser melhorado no projeto: o movimento do cursor para frente e para trás, perpendicular à imagem vista pelo usuário. Para resolver esse problema, será necessário aplicar um fator de escala diferenciado na aceleração do eixo da profundidade para gerar um movimento mais homogêneo nas três direções.

AGRADECIMENTO

Aos alunos e professores do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia por terem participado dos testes e respondido a pesquisa e ao suporte financeiro do CNPq e Fapesp (Processo nº 2011/02351-0).

REFERÊNCIAS

- [1] ZELEZNIK, R. C., FORSBURG, A. S., STRAUSS, P. S., "Two pointer input for 3d interaction", *Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D graphics, ser. 13D '97*. New York, NY, USA: ACM, 1997, pp. 115–120.
- [2] WU, S.-T., ABRANTES, M., TOST, D., BATAGELLO, H. C., "Picking and snapping for 3d input devices", *Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*, 2003, pp. 140–147.
- [3] GALYEAN, T. A., Hughes, J. F., "Sculpting: An Interactive Volumetric Modeling Technique", *Computer Graphics*, v. 25, n. 4, p. 267-274, jul 1991.
- [4] SCALCO, R., WU, S.-T. "Desenvolvimento de um *framework* para uso do Wiimote como dispositivo de interações em ambientes tridimensionais aplicado a um laboratório virtual de Física", *Workshop of Works in Progress (WIP) in SIBGRAPI 2013 (XXVI Conference on Graphics, Patterns and Images)*, FRERY, A. C., MUSSE, S. Ed., Arequipa, Peru, 2013.
- [5] SCALCO, R., WU, S.-T. "Elementos de um laboratório virtual de física controlados por Wiimote", *Workshop of Works in Progress (WIP) in SIBGRAPI 2012 (XXV Conference on Graphics, Patterns and Images)*, GULIATO, T. V. D. Ed., Ouro Preto, MG, Brasil, 2012.
- [6] ANZANELLO, M. J., FOGLIATTO, F. S. "Curvas de aprendizado: estado da arte e perspectivas de pesquisa", *Gestão da Produção*, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 109-123, jan.-abr. 2007.
- [7] CHASE, R. B., JACOBS, F. R., AQUILANO, N. J. "Administração da produção e operações para vantagens competitivas". McGraw Hill, 11 ed., 2006, 620 p.