

Rato versus Joystick como dispositivo de entrada para navegação num Ambiente Virtual com um *Head-Mounted Device*

Paulo Dias
DETI/IEETA
Univ. de Aveiro
paulo.diasj@ua.pt

Paulo Santos
DETI
Univ. de Aveiro
a27638@alunos.det.ua.pt

Carlos Ferreira
DEGEI/CIO
Univ. de Aveiro
Univ. de Lisboa
carlosf@ua.pt

Beatriz Sousa
Santos
DETI/IEETA
Univ. de Aveiro
bss@ua.pt

Sumário

Este artigo apresenta uma experiência controlada realizada para comparar dois dispositivos comuns, um rato e um joystick, como dispositivos de entrada durante a navegação num Ambiente Virtual constituído por um labirinto 3D sendo o dispositivo de saída um Head-Mounted Device. Nesta experiência mediram-se o desempenho e a satisfação de 45 participantes, não se tendo observado uma diferença significativa nas duas condições experimentais, o que permite concluir que ambos os dispositivos têm uma usabilidade comparável nas condições da experiência.

Palavras-chave

Ambientes Virtuais, dispositivos de entrada, Head-Mounted Device (HMD), usabilidade

1. INTRODUÇÃO

Embora a Realidade Virtual tenha já áreas de aplicação prática, como o entretenimento, o treino ou a cultura, apresenta ainda desafios grandes a nível da Interação que terão que ser ultrapassados para que possa ser mais divulgada. Assim, é urgente a compilação de directivas que possam ajudar os projectistas a desenvolver novos sistemas que resultem usáveis [Wilson06a, 06b]. Embora, os estudos empíricos com utilizadores sejam difíceis de planejar e por em prática, são fundamentais para ajudar a produzir as referidas directivas. Este artigo apresenta um estudo com utilizadores realizado para investigar uma questão que surgiu no decurso de trabalhos anteriores em que se estudou a usabilidade de plataformas de Realidade Virtual de baixo custo [Sousa-Santos09a]. Durante as experiências realizadas nesse âmbito, foram-se registando comentários e sugestões dos utilizadores, sendo recorrente a sugestão de utilização, em tarefas de navegação num ambiente virtual 3D, de um *joystick* em vez de um rato como dispositivo de entrada de uma plataforma que inclui um *Head-Mounted Device* (HMD). Esta sugestão pareceu promissora e decidiu-se averiguar, objectivamente, como se compara o desempenho e a satisfação dos utilizadores, nas condições das experiências anteriores, quando usam um *joystick* e um rato. Neste artigo descreve-se a experiência controlada realizada com esse objectivo e as secções seguintes

apresentam as plataformas e o ambiente virtual usados, o *design* experimental e os principais resultados obtidos. Apresentam-se ainda algumas conclusões.

2. PLATAFORMAS E AMBIENTE VIRTUAL

Neste estudo utilizou-se o mesmo Ambiente Virtual em duas plataformas diferentes: um *desktop* comum e uma plataforma que inclui um *Head-Mounted Display* (HMD) com *Head Tracking* como dispositivo de saída (que se designa, a partir de agora, como plataforma HMD).

O *desktop* utilizado era um Pentium 4 a 2.5GHz com uma placa gráfica NVIDIA GeForce FX 5950 Ultra e um monitor *Wide Screen* de 19" com uma resolução de 800x600 *pixels*. A plataforma HMD incluía uns i-glasses SVGA Pro HMD com uma resolução de 800x600 *pixels*, capacidade de estereoscopia, um *field of view* (FOV) de 26°, uma *frame rate* de 60Hz ou 120Hz (correspondentes à sua utilização em mono ou em estéreo respectivamente), um sensor de orientação (*tracker*) InterTrax 2 da InterSense com três graus de liberdade (*yaw*, *pitch* e *roll*) e um PC com uma placa gráfica nVidia Quadro FXGo 1400.

Como ambiente virtual utilizou-se um jogo simples em que os utilizadores tinham que navegar num labirinto para apanhar objectos espalhados ao longo dos corredores. Optou-se por usar um jogo já que este pode incorpo-

rar várias tarefas de navegação que os utilizadores desempenham espontaneamente. Além de se tornar mais atractivo para utilizadores voluntários, um jogo pode ainda ser vantajoso em estudos de usabilidade em Realidade Virtual, pois permite aos utilizadores concentrarem-se nas suas tarefas, não necessitando de instruções frequentes do experimentador. Por outro lado, optou-se por um labirinto, já que outros autores têm usado, com vantagem, labirintos em estudos sobre navegação em Realidade Virtual [Rudle04].

O jogo (ver Figura 1) tinha sido utilizado em estudos anteriores [Sousa-Santos09a] e foi desenvolvido usando o *Open source 3D Graphics Engine OGRE* [OGRE]. Consistia num labirinto (ambiente Maze) com corredores, muito semelhantes, em que os utilizadores tinham que navegar durante 5 minutos, tendo como objectivo recolher 21 objectos. Estes objectos flutuavam ao nível dos olhos e o utilizador apenas necessitava de lhes tocar para os apanhar, recebendo *feedback* visual (desaparecimento do objecto) quando era bem sucedido.

O ambiente Maze utilizado induz os utilizadores a realizar tarefas simples, como andar em frente e dobrar esquinas, bem como tarefas mais complexas como passar através de portas, de acordo com as recomendações de Griffiths *et al.* [Griffiths06]. Usou-se a metáfora *steering* [Bowman04] para a navegação (especificação contínua da direcção do movimento) fazendo o *tracking* da cabeça na plataforma HMD, ou através do rato no *desktop*.



Figura 1. Aspecto do Ambiente Virtual Maze.

3. DESIGN DA EXPERIÊNCIA

Esta experiência foi realizada em duas etapas, na primeira participaram 21 estudantes do ensino secundário que frequentaram a Academia de Verão da Universidade de Aveiro em Julho de 2008 e a segunda envolveu 24 estudantes, também do ensino secundário, da Escola Secundária José Estêvão de Aveiro, em Novembro de 2008. A segunda etapa foi realizada para confirmar os resultados obtidos na primeira etapa (brevemente apresentados em [Sousa-Santos09b]). O design experimental foi mantido, servindo a segunda etapa para acumular resultados com mais utilizadores. As principais características da experiência controlada foram as seguintes:

- Hipótese a testar: a mudança do dispositivo de entrada utilizado com o HMD não tem influência no desempenho dos utilizadores.

- Variável independente: dispositivo de entrada utilizado com o HMD (dois níveis - rato ou *joystick*);

- Variáveis dependentes: número de objectos apanhados, velocidade média atingida e número de colisões;

- Variáveis secundárias: ordem de utilização da plataforma, experiência com jogos e dispositivos de entrada;

- Participantes: 45 estudantes do ensino secundário voluntários (29 rapazes, 16 raparigas), organizados em dois grupos: 22 usaram o rato (grupo G1) e 23 usaram o *joystick* (grupo G2)

- Método experimental: *between groups* (i.e. os utilizadores utilizaram apenas um dos dispositivos de entrada, rato ou *joystick*, quando jogaram na plataforma HMD). Como este método tem a desvantagem de poder haver diferenças entre os perfis dos participantes nos dois grupos, e para estabelecer uma referência de desempenho, todos os utilizadores jogaram também no *desktop*.

Esta experiência envolveu várias fases. Na primeira fase, procedeu-se à explicação da experiência aos participantes. Durante a segunda fase, os utilizadores jogaram nas duas plataformas. Na terceira fase, recolheram-se dados quanto ao desempenho, satisfação, conforto, opinião e preferências. A Figura 2 ilustra estas fases, que se descrevem a seguir mais detalhadamente.

1ª fase – Explicação do jogo - informou-se também cada participante que poderia desistir quando quisesse.

2ª fase – Jogo no ambiente virtual Maze - foi usado o jogo nas mesmas condições, variando o dispositivo de entrada usado com o HMD. Nesta experiência os utilizadores jogaram nas duas plataformas, tendo um grupo jogado com rato e o outro com o *joystick* na plataforma HMD. Como referido, o desempenho dos utilizadores foi medido através do número de objectos apanhados, da velocidade média atingida e do número de colisões com as paredes que foram registados durante o jogo. Com o objectivo de compensar possíveis efeitos de aprendizagem entre as duas vezes que os utilizadores jogam, metade dos utilizadores começou por jogar no *desktop* e outra metade na plataforma HMD. Os utilizadores foram todos observados durante a experiência.

3ª fase – Questionário para estabelecer o perfil dos utilizadores, medir conforto e satisfação e registar preferências e opiniões - a caracterização dos utilizadores foi feita através de um questionário que incluía questões quanto ao género e idade, bem como experiência e frequência de utilização de computadores, jogos e dispositivos de entrada (características que foram consideradas relevantes por poderem influenciar os resultados). Questionou-se também os utilizadores quanto a efeitos adversos (enjoo, tontura e desorientação) e dificuldades (ver e apanhar os objectos, passar através de portas), que possam ter sentido durante o jogo. Colocaram-se também questões relativamente à satisfação e preferências e solicitaram-se sugestões quanto às plataformas e ao jogo.



Figura 2. Design experimental: 45 utilizadores jogaram no *desktop* e com o HMD (rato- 23, joystick- 22). Foram registadas medidas de desempenho, satisfação e conforto e foi caracterizado o perfil dos utilizadores. Os utilizadores foram observados e deram sugestões.

4. RESULTADOS

Apresentam-se os principais resultados obtidos na experiência. A análise estatística dos dados correspondentes às medidas de desempenho registadas durante o jogo foi efectuada utilizando Análise Exploratória de Dados (EDA) [Hoaglin83] e testes não paramétricos [Conover99] (devido à não normalidade da distribuição das amostras) e realizados com o software Statistica [Statistica].

Para efeito da análise de dados os utilizadores foram organizados em dois grupos:

G1 - grupo que utilizou a plataforma HMD com um rato como dispositivo de entrada;

G2 - grupo que utilizou a plataforma HMD com um joystick como dispositivo de entrada.

Ambos os grupos jogaram no *desktop*, pelo que se apresentam os resultados da seguinte forma:

G1_m - resultados do grupo G1 com o HMD e o rato;

G1_d - resultados do grupo G1 no *desktop*;

G2_j - resultados do grupo G2 com o HMD e o joystick;

G2_d - resultados do grupo G2 no *desktop*.

As figuras 3 e 4 mostram as caixas de bigodes correspondentes ao número de objectos apanhados e à velocidade mediana atingida para cada grupo.

Na figura 3 pode observar-se que os utilizadores de ambos os grupos (G1 e G2) apanharam um maior número de objectos quando usaram o *desktop* em relação ao

número apanhado quando usaram o HMD; esta observação foi confirmada pelo teste de Wilcoxon - caso emparelhado - ($p=0.002$, $p=0.00006$ para o G1 e o G2 respectivamente). Como tínhamos dois grupos de utilizadores diferentes, testou-se também, através do teste de Mann-Whitney, se a diferença entre o desempenho dos dois grupos (G1_d e G2_d) no *desktop* era significativa, tendo-se verificado que não era ($p=0.86$). Ou seja, os utilizadores apanharam um número de objectos não significativamente diferente entre os dois grupos quando usaram o *desktop* e apanharam significativamente menos objectos quando usaram a plataforma HMD (com o rato e o joystick respectivamente). Também não é significativa a diferença entre o número de objectos apanhados pelos dois grupos quando usaram a plataforma HMD (com o rato e o joystick, G1_m e G1_j) ($p=0.18$).

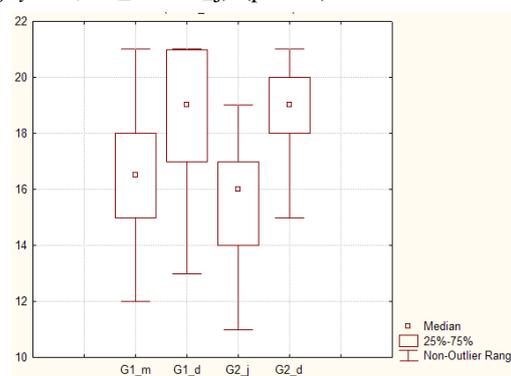


Figura 3. Número de objectos apanhados pelos dois grupos de utilizadores (G1 e G2) ao utilizarem o rato e o joystick com o HMD (G1_m, G2_j, respectivamente) e o *desktop* (G1_d e G2_d).

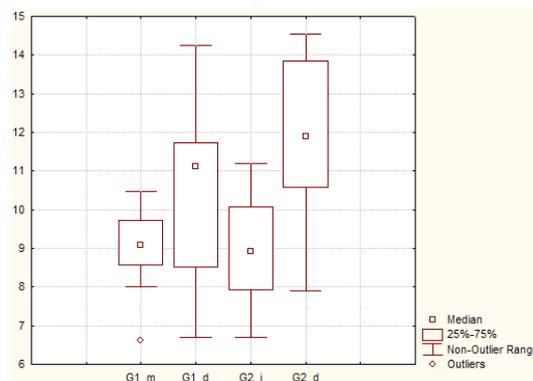


Figura 4. Velocidade média atingida pelos utilizadores dos dois grupos ao utilizarem o *desktop* G1_d, G2_d e a plataforma com o HMD (G1_m e G2_j).

A figura 4 mostra os resultados de velocidade média obtidos, que foram análogos aos obtidos para o número de objectos apanhados: os utilizadores atingiram maiores velocidades com o *desktop*, não se observando diferença significativa entre a velocidade atingida com o rato e o joystick (G1_m e G2_j), nem tão-pouco entre os dois grupos quando usaram o *desktop* (G1_d e G2_d); no entanto a diferença de velocidade atingida no *desktop* e

na plataforma HMD (com qualquer dos dois dispositivos) foi considerada significativa pelo mesmo tipo de teste ($p=0.0036$, $p=0.00004$ para o G1 e o G2 respectivamente).

Estes resultados implicam a aceitação da hipótese nula estabelecida: não se observou diferença significativa entre o desempenho dos utilizadores quando utilizaram a plataforma HMD usando um rato ou um *joystick*.

Quanto à satisfação e preferências demonstradas pelos utilizadores, todos gostaram de jogar em ambas as plataformas; 35 dos 45 preferiram jogar na plataforma HMD, eventualmente devido à novidade, e 10 preferiram o *desktop*, eventualmente devido à experiência que têm com este tipo de plataforma.

Também não se observaram diferenças expressivas nem de preferências nem de satisfação entre os utilizadores que usaram diferentes dispositivos de entrada na plataforma HMD.

5. CONCLUSÕES

Apresentou-se uma experiência controlada realizada para averiguar uma questão muito específica referente à usabilidade de uma plataforma com um HMD na execução de um conjunto de tarefas de navegação num ambiente virtual, em relação à qual não foi possível encontrar directivas que permitissem antecipar a resposta. Os resultados obtidos com 45 estudantes do ensino secundário permitiram concluir que, ao contrário do que se podia esperar com base em opiniões de utilizadores em estudos anteriores, não se observou diferença significativa entre o desempenho dos grupos que utilizaram dispositivos de entrada diferentes (rato e o *joystick*). Também quanto a preferências e satisfação, não se verificou diferença expressiva entre os dois grupos.

Apesar das condições particulares da experiência, quanto às tarefas a realizar, e do número não muito elevado de participantes, estamos convencidos que o resultado obtido é generalizável a outras tarefas de navegação em ambientes 3D com um HMD, já que os participantes estão numa faixa etária em que a utilização do *joystick* é muito frequente, o que lhes dá, à partida, vantagem na sua utilização em relação a outros utilizadores.

Esta experiência serviu ainda para confirmar resultados de experiências anteriores, em que se verificou que os utilizadores têm melhor desempenho, em tarefas de navegação num ambiente virtual 3D, quando utilizam o *desktop* em relação à plataforma HMD, o que pode ser eventualmente causado pela experiência com a primeira plataforma. Contudo, exprimem maioritariamente preferência pela plataforma HMD, talvez pela novidade.

Finalmente, este trabalho ilustra um caso em que se respondeu objectivamente a uma questão específica utilizando um método (experiências controladas com utilizado-

res) que, em nossa opinião, poderá ser eficaz na produção das tão necessárias directivas para o desenvolvimento de sistemas de Realidade Virtual mais usáveis.

6. AGRADECIMENTOS

A todos os participantes pela sua paciência e empenho e ao Dr. José Alberto Costa, professor da Escola Secundária José Estêvão de Aveiro, o convite para a participação no Dia da Ciência e Tecnologia, no âmbito do qual foi realizada a segunda etapa da experiência, bem como o apoio prestado e o entusiasmo que transmitiu aos alunos.

7. REFERÊNCIAS

[Bowman04] D. Bowman, Kruijff E., LaViola Jr J. and Poupyrev I. *3D User Interfaces: Theory and practice*. Addison Wesley, (2004).

[Conover99] W. J. Conover, *Practical non-parametric Statistics*, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, (1999).

[Griffiths06] G. Griffiths, S. Sharples, J. Wilson. Performance of new participants in virtual environments: The Nottingham tool for assessment of interaction in virtual environments (NAÏVE). *Int. J. Human-Computer Studies*, 64 (2006) 240-250.

[Hoaglin83] D., Hoaglin, F. Mosteller, J. Tukey, *Understanding Robust and Exploratory Data Analysis*, John Wiley & Sons, (1983).

[OGRE] *OGRE: Open source 3D Graphics Engine*, <http://www.ogre3d.org/> (visitado em Maio de 2010)

[Ruddle04] R. Ruddle, P. Péruch. Effects of proprioceptive feedback and environmental characteristics on special learning in virtual environments. *Int. J. Human-Computer Studies*, 60 (2004) 299-326.

[Sousa-Santos09a] B. Sousa Santos, P. Dias, A. Pimentel, J. W. Baggerman, C. Ferreira, S. Silva, J. Madeira. Head Mounted Display versus desktop for 3D Navigation in Virtual Reality: A User Study. *Multimedia Tools and Applications*, 41, 1 (2009) 161-181.

[Sousa-Santos09b] B. Sousa Santos, P. Dias, P. Santos, S. Silva, C. Ferreira, Usability evaluation in Virtual Environments through empirical studies involving users. *ACM-CHI 2009 Workshop Challenges Evaluating Usability and User Experience in Reality Based Interaction*, Boston, USA, (2009), 28-31.

[Statistica] Statistica, http://www.statsoftiberica.com/pt/solucoes/produtos/pacstat_base.html (Maio de 2010)

[Wilson06a] J. Wilson. Interaction with Virtual environments. *Int. J. Human-Comp. Studies*, 64 (2006) 157

[Wilson06b] Wilson, J, D'Cruz, M. Virtual and interactive environments for work of the future, *Int. J. Human-Computer Studies*, 64 (2006) 158-169.