

# Escolha de uma técnica de seleção para um ambiente virtual imersivo

Danilo Duarte de Souza      Daniel Santos  
Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática  
Universidade de Aveiro

{danilo.duarte,das}@ua.pt

Paulo Dias      Beatriz Souza Santos  
IEETA \ Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática  
Universidade de Aveiro

{paulo.dias,bss}@ua.pt

---

## Sumário

*Este artigo apresenta uma plataforma para fácil configuração de ambientes virtuais imersivos (pSIVE) juntamente com um estudo com utilizadores para avaliar duas técnicas para a seleção de objetos tridimensionais. O pSIVE, sigla em inglês para “Platform for setting up interactive virtual environments”, tem como objetivo a fácil criação de ambientes virtuais por não-especialistas e a utilização dos mesmos pelo público em geral. Neste âmbito, foi realizado um estudo com o objetivo de comparar duas variações da técnica de “ray-tracing” para a seleção de objetos tridimensionais em ambientes virtuais imersivos. Na primeira variante usa-se o ponteiro laser como metáfora e o feixe de seleção tem origem na mão do utilizador e na outra o raio apontador tem origem na cabeça. Concluiu-se que a flexibilidade do sistema apresentado possibilita a fácil extensão do mesmo para aplicações de domínio específico, como no caso do teste com utilizadores. No que diz respeito ao estudo com utilizadores, os resultados mostram que a seleção a partir da cabeça permite um melhor desempenho, mas que para aqueles que iniciaram com o ponteiro laser o processo de aprendizagem foi mais intuitivo resultando em menos erros e tempos reduzidos de seleção. Mostrando, também, a flexibilidade do sistema apresentado, visto que o mesmo possibilitou a construção do ambiente utilizado nos testes de maneira simplificada.*

## Palavras-chave

*Ambientes Virtuais, Seleção, ray-tracing*

---

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de ambientes virtuais imersivos é um processo complexo e que requer uma grande demanda de tempo e recursos e requer conhecimentos específicos em linguagens de programação e computação gráfica, mesmo quando é feito uso de bibliotecas especializadas que abstraem parte dessa complexidade. Isto acaba por excluir parte dos possíveis interessados e beneficiados pelo uso de um ambiente imersivo. Tendo por objetivo superar estes problemas, é proposta uma plataforma que habilita tecnicamente qualquer pessoa a configurar um ambiente virtual interativo, que pode ser aplicado em diversas áreas e domínios, como por exemplo, visitas virtuais e formação. Dada a necessidade de interação com o ambiente para obtenção de informação nele presente, surge à partida uma necessidade de realizar um estudo comparativo visando a melhoria das formas de seleção que já estão nele implementadas e a definição de onde seria melhor aplicada cada técnica tendo em consideração ambientes

variados e com diferentes densidades de elementos, que podem prejudicar a capacidade de realizar seleções de maneira precisa.

A tarefa de seleção em ambientes virtuais tridimensionais é de grande importância, seja para extrair informação associada a um elemento virtual ou para interagir com o mesmo em ambientes que apresentam uma grande concentração de elementos passíveis de serem selecionados. Nessas situações torna-se relevante utilizar técnicas que facilitem ao utilizador alcançar o seu objetivo através de seleções mais precisas e naturais. Ao contrário do mundo real, onde uma seleção é apenas constituída de escolhas – por exemplo, se o objetivo é mover um objeto real, apenas é necessário decidir mentalmente que é aquele objeto que se quer mover e então se move o objeto. Considerando um mundo virtual, é necessário informar de alguma forma o sistema sobre qual o objeto a ser movido.

Para realizar a seleção, uma das técnicas mais simples consiste em disparar um raio (*ray-tracing*) de comprimento virtualmente infinito resultando na seleção do primeiro elemento que é interceptado por ele [Mine95]. A direção em que o feixe aponta é tipicamente controlada a partir de dispositivos de *tracking* que mapeiem pelo menos o *pitch* (movimento angular no eixo horizontal) e o *yaw* (movimento angular no eixo vertical). A localização desse dispositivo é um ponto importante para estudos, já que é possível associa-lo a qualquer parte do corpo que possa realizar movimentos de rotação, contudo é normalmente associado à mão ou à cabeça. Esta é uma técnica extensivamente utilizada e que pode facilmente ser integrada num ambiente virtual.

Existem alternativas e outras metáforas tais como a extensão do braço [Bowman99], o *eye tracking* [Cournia03], etc. em alternativa ao *ray-tracing*. Entretanto num ambiente onde apenas se utilizam variações de *ray-tracing*, apesar de existirem estudos, não é apontada claramente qual a melhor alternativa dentre as técnicas aqui avaliadas, como por exemplo a experiência realizada por [Sanzl11] em que se avaliam técnicas de *ray-tracing* e procura perceber de que maneira elas são afetadas pela oclusão de objetos apenas dando indicações de como minimizar este problema em específico. Este artigo apresenta a comparação direta de duas aproximações distintas para a utilização de *ray-tracing*, que se diferenciam principalmente pelo local de origem do feixe, que também o controla. Como será visto, a experiência realizada apresenta uma configuração que revisita a experiência realizada por Bowman [Bowman99] em que voluntários realizavam a seleção, com diferentes técnicas, de um objeto realçado dentre uma grade com nove cubos e deveriam manipulá-lo de maneira a colocá-lo em determinada zona. Entretanto esta avaliação propõe-se apenas considerar a etapa de seleção.

## 2. PLATAFORMA PARA CONFIGURAÇÃO DE AMBIENTES VIRTUAIS INTERATIVOS

Quando se pretende criar um Ambiente Virtual, alguns pontos-chave devem ser considerados, tais como o tratamento de diferentes dispositivos de entrada e saída de dados (sensores, *head mounted displays*, projetores, etc), a renderização das imagens e as formas de interagir com o sistema. Estas tarefas não são triviais e consomem muito tempo e recursos. De modo a facilitar a criação para os desenvolvedores, ferramentas como o VR Juggler [Bierbaum01], Vizard [WorldViz12] e inVRs [Anthes06] têm surgido e desenvolvido de maneira a acompanhar a evolução da tecnologia ligada a ambientes virtuais. Tais ferramentas abstraem aspectos relacionados com o *hardware*, que comumente requerem muito tempo por parte daqueles que querem criar o ambiente virtual deixando-os livres para se concentrar na parte gráfica e as suas interações.

Essas ferramentas, na sua maioria, são direcionadas para um público especialista, que domina técnicas de programação e de computação gráfica, excluindo uma grande parte de possíveis utilizadores que poderiam vir a beneficiar da utilização de um ambiente virtual para simulações, visitas virtuais ou mesmo formação. Para possibilitar a criação de ambientes flexíveis, que permitam a exibição de informação genérica e interação seja com informação

ou com elementos tridimensionais, os autores têm desenvolvido o pSIVE ou *Platform for setting up Interactive Virtual Environments* (Plataforma para a Configuração de Ambientes Virtuais Interativos).

O pSIVE foi criado a partir da integração de diversas bibliotecas e *frameworks* de realidade virtual, oferecendo uma camada de abstração entre o utilizador e os aspectos técnicos do ambiente virtual, deixando-o livre para criar e configurar ambientes virtuais de maneira rápida e prática sem a necessidade de possuir conhecimentos de programação ou de realidade virtual. Para a seleção das bibliotecas a serem utilizadas foi realizada uma pesquisa bibliográfica comparativa, com o intuito de apontar que ferramentas correspondiam às necessidades do pSIVE:

1. Ser flexível do ponto de vista de *hardware* – disponibilidade de receber input de diversos dispositivos;
2. Ter baixo custo, preferencialmente ser livre e de código aberto;
3. Possibilidade de carregar diversos formatos tridimensionais (obj, 3dmax, sketchup, etc.).

Entre as ferramentas estudadas a combinação que satisfaz melhor os requisitos foi o VR Juggler para a gestão de dispositivos de entrada e saída juntamente com o VRPN [II01] e tendo como motor gráfico o OpenSceneGraph [Wang10]. Vê-se na Figura 1 a arquitetura do pSIVE.

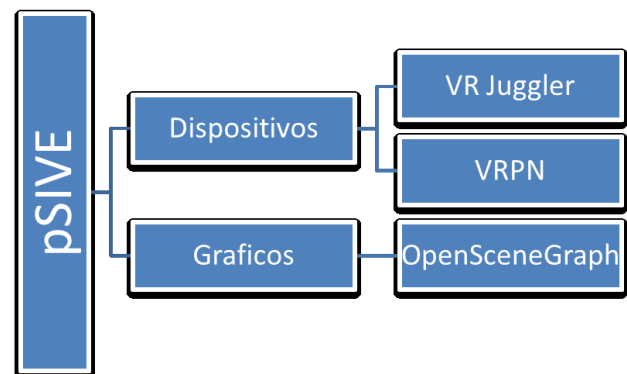


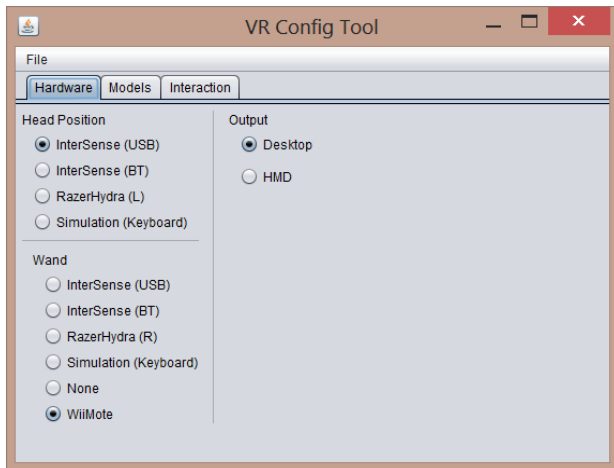
Figura 1 Arquitetura do pSIVE

### 2.1 Sistema Desenvolvido

A Plataforma para Configuração de Ambientes Virtuais Interativos foi desenvolvida com o propósito de possibilitar a utilizadores inexperientes configurarem rápida e facilmente ambientes virtuais com o auxílio de uma interface de configuração, permitindo adicionar elementos individualmente a partir de modelos tridimensionais e associar-lhes informação ou comportamentos que possam ser acedidos durante a navegação no ambiente virtual.

Além disso, a partir da sua interface de configuração (Figura 2) é possível gerir vários aspectos, tais como quais dispositivos de entrada e saída serão utilizados, e de que maneira o utilizador deseja interagir com os conteúdos. Ficando a cargo do pSIVE a gestão dos componentes gráficos e a construção do mundo virtual, esta flexibilidade foi alcançada graças à combinação entre VR Juggler e

o OpenSceneGraph. A interface de configuração foi projetada para apresentar apenas a informação necessária, resultando numa interface de configuração simples, porém, por se apoiar no VR Juggler, pode ser facilmente expandir a outros sensores e ambientes virtuais mais complexos.



**Figura 2 Interface de Configuração do pSIVE**

No que toca à importação de elementos para o mundo virtual, recomenda-se a utilização da ferramenta Google Sketchup, na sua versão gratuita, juntamente com o *plugin* “SketchUp to OSG”<sup>1</sup> que exporta elementos para o formato reconhecido nativamente pelo OpenSceneGraph (.OSG ou .IVE) mantendo informações como posicionamento e rotações de elementos individuais, sendo assim uma ferramenta gráfica que possibilita a construção de mundos que podem ser explorados a partir do pSIVE. A estes modelos exportados é possível associar conteúdos, sejam eles documentos de texto, vídeos, imagens ou outros modelos tridimensionais a serem visualizados ou sobrepostos ao modelo original. Os conteúdos são mostrados num menu 2D e são ativados a partir do comando selecionado pelo utilizador no momento da configuração. Observa-se na Figura 3 um exemplo de um ambiente configurado a partir do pSIVE, usando o *Google Sketchup 8* para a modelação, onde o utilizador está realizando uma interação com um objeto (um frigorífico) e pode consultar o seu manual (PDF), uma lista com o seu conteúdo (Informação Textual) ou um vídeo demonstrativo (Vídeo e som).

<sup>1</sup> <https://github.com/rpavlik/sketchupToOSG>



**Figura 3 Exemplo de interação com informação associada à elementos de um ambiente criado com o pSIVE**

## 2.2 Dispositivos Suportados

A lista de dispositivos atualmente integrados no pSIVE é vista na Tabela 1.

Dispositivo	Imagem
Intersense Intertrax2 – Tracker de 3 graus de liberdade (GDL) USB	
Intersense InertiaCube3 – Tracker de 3GDL USB	
Intersense InertiaCube BT – Tracker de 3GDL Bluetooth	
Nintendo Wii Remote – Controlador Bluetooth com acelerômetro	
Razer Hydra – Dois controladores e trackers de 6GDL	
Virtual Realities VR2000 – Head Mounted Display com Tracker de 3GDL interno.	

Tabela 1 Lista de dispositivos suportados pelo pSIVE

Todavia, a lista limita-se aos equipamentos disponíveis no nosso laboratório, mas pode ser facilmente estendida. Qualquer dispositivo suportado pelo VR Juggler ou passível de ser integrado como um *tracker* genérico através da VRPN pode ser utilizado na plataforma. Porém é necessário adicioná-los à ferramenta de configuração para que os mesmos possam ser interpretados como elementos genéricos pelo pSIVE.

## 3. AVALIAÇÃO DAS TÉCNICAS DE SELEÇÃO

Para avaliar quais as melhores técnicas de seleção a disponibilizar na plataforma foi realizada uma avaliação com utilizadores. Esta experiência foi uma adaptação do que foi apresentado por Bowman [Bowman99], diferindo nos estilos de seleção comparados, mas levando em consideração a classificação por ele proposta, que divide a

tarefa de seleção em várias subtarefas, presente no diagrama da Figura 4. Nesta experiência foram comparadas técnicas de “Apontar” no momento de indicação do objeto, através de *ray-tracing*.



Figura 4 Classificação das tarefas de Seleção [Bowman99]

O ambiente de testes foi configurado usando o pSIVE como base, apenas estendendo as funcionalidades para recolher dados e realizar medições; os dispositivos de interação utilizados nesta avaliação poderiam ser qualquer combinação de dispositivos suportados pelo pSIVE. O Razer Hydra foi o escolhido pela sua facilidade de utilização e por ser um dispositivo 6DOF permitindo facilmente criar uma metáfora do apontar com a mão. Uma vez que é composto por dois controladores, um deles foi instalado na parte de trás da cabeça do utilizador, para fornecer o mapeamento da cabeça para o mundo virtual, juntamente com o *Head Mounted Display* VR2000; além de apenas *tracking* os controladores possuem 6 botões digitais e um gatilho analógico, possibilitando assim a entrada de dados para o sistema, como ativação/desativação do teste e a indicação para a realização da seleção. Para realizar isto, foi utilizado o outro controlador para que o utilizador tivesse sua mão mapeada (ponteiro laser) e pudesse interagir com o sistema. Os métodos de seleção avaliados nesta experiência consistiram em duas variações de *ray-tracing* para realizar a seleção de um determinado objeto pertencente à um grupo de objetos. Como mostrado na Figura 5, é apresentada ao utilizador uma grelha de cubos, com 55cm de altura cada, sendo-lhe solicitado que selecione o cubo verde. Neste trabalho não será levado em consideração o problema de oclusão, já que todos os objetos são bem visíveis e não se sobrepõem na imagem.



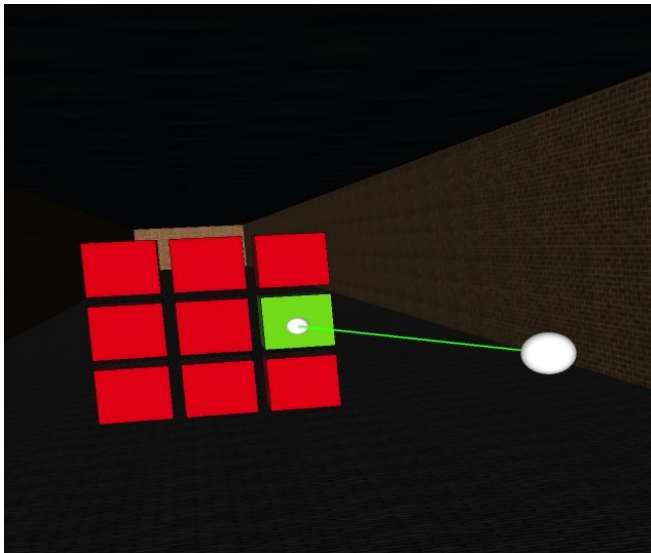


Figura 5 Ambiente da Avaliação das técnicas de seleção usando *ray-tracing*

### 3.1 Hipóteses

Quanto às técnicas, duas variantes do *ray-tracing* foram escolhidas, tal como mencionado anteriormente. Estas variações foram amplamente discutidas por Mine [Mine95] e classificadas como seleção por ponteiro laser (*Laser Pointer*) e seleção através do olhar (*Gaze Selection*). O conceito é o mesmo, para selecionar basta apontar para o objeto, entretanto na seleção pelo olhar, como o próprio nome diz, a indicação do objeto a ser selecionado é feita com a orientação da cabeça ou dos olhos, no Ponteiro Laser (PL) é feita com as mãos, como se o utilizador segurasse um ponteiro laser e apontasse o raio para o objeto. Desde há alguns anos a seleção pelo olhar é maioritariamente utilizada para denominar seleções executadas com o auxílio de dispositivos de *tracking* dos olhos [Cournia03], [Jimenez08]. Para evitar ambiguidades, esta variação será referida como Seleção pela Orientação da Cabeça (SOC), que é uma das técnicas avaliadas nesta experiência.

O principal objetivo é a comparação direta de PL e SOC e a adequação de ambas a várias situações. Liang e Green [Liang94] foram um dos primeiros a implementar a seleção como uma analogia a um ponteiro laser e ressaltam um problema conhecido desta técnica que é a dificuldade em selecionar objetos distantes e pequenos, uma vez que é necessária uma precisão angular muito grande. Assim espera-se que a avaliação apresente resultados piores para alvos distantes, mas ainda falta a comparação direta com os SOC.

A literatura mostra, também, que diversos autores realizaram testes de maneira exaustiva com o intuito de comparar diferentes técnicas de seleção baseadas em *ray-tracing*, entretanto não mostram comparações que envolvam o controlo do raio feito a partir da orientação da cabeça e tendo origem na mesma. Ao invés disso, mostram técnicas que apesar de colocarem o raio com origem na

cabeça mantêm a orientação controlada pela mão, como mostra [Sanz11]. Porém estas técnicas são menos comuns, já que grande parte das comparações é realizada entre o ponteiro laser e a seleção feita a partir do *tracking* dos olhos.

A partir da interpretação dos resultados dos trabalhos relacionados e os aspectos teóricos as seguintes hipóteses foram formuladas sobre esta experiência:

- H01 - Menos erros de longo e médio alcance (35m+) para SOC, em comparação com o PL.
- H02 - Maior tempo médio de seleção para PL em comparação com SOC durante as primeiras seleções (entre 5 e 30m) devido o tempo necessário para o utilizador situar-se e posicionar a mão de maneira confortável.
- H03 - O método inicial não vai influenciar os resultados.

### 3.2 Método

Diferentes variáveis são usadas na experiência, a primeira é a posição do elemento de interesse (cubo verde) na grelha, decidida de forma aleatória em cada passo da experiência. A segunda variável é a distância a que a grelha é colocada em relação ao utilizador (limitada a 70 metros). Sendo a primeira posição a uma distância de 5 metros do utilizador a distância é incrementada em 5 metros até à posição final de 70 metros. Estas distâncias foram escolhidas de forma a fornecer um *feedback* para diversos cenários, sendo o primeiro correspondente à seleção de objetos bastante próximos do utilizador e representando a última posição uma situação em que os objetos ficam bastante pequenos dificultando em muito a seleção.

As diferentes combinações de ambas as variáveis, a posição do elemento e distância da grelha, permitem avaliar várias situações, por exemplo, se é mais fácil selecionar um objeto na parte inferior, quando a grelha está próxima ou afastada.

A variável de saída (ou dependente) considerada, foi o desempenho do utilizador com cada uma das técnicas, medido basicamente através de número de erros e tempos. Outra informação que pode ser interessante é o efeito de aprendizagem para o utilizador de acordo com o método inicial (SOC ou PL), sendo esta uma variável secundária importante.

Várias medidas foram gravadas automaticamente pela aplicação, correspondendo à caracterização do desempenho do utilizador: número de erros (sendo um erro uma seleção feita no objeto incorreto), o tempo entre o utilizador ativar o teste e realizar a seleção, tendo sido também gravadas a distância a que a grelha se encontra do utilizador e qual a posição do elemento correto dentro da grelha a cada passo. Registou-se também qual foi o método inicial de cada utilizador (PL ou SOC).

Além dos aspectos quantitativos, qualquer informação adicional relevante fornecida pelos participantes durante

a realização da experiência foi seguida por um observador. Como comentários pessoais entre uma seleção e outra, problemas e sugestões, um questionário foi apresentado no final da experiência questionando sobre o perfil do participante, as suas opiniões sobre os diferentes aspectos de interação com a aplicação (fácil de orientar, agradável, etc...), o índice de satisfação para cada método, o favorito pessoal e comentários em relação a dificuldade sentida ou qualquer outro assunto relacionado com o teste.

Os participantes eram, na sua maioria alunos de graduação e pós-graduação da Universidade de Aveiro, de cursos relacionados a Computadores e Sistemas de Informação. No total, a experiência teve a participação de 16 voluntários (14 homens e 2 mulheres) com idades entre 19 e 26 anos, sem nenhuma experiência com sistemas de realidade virtual mas, em 4 casos, com experiência com jogos de computadores (nomeadamente jogos em primeira pessoa “*First Person Shooter*”). Sendo que metade destes participantes começou com o PL e a outra metade com SOC, entretanto todos fizeram uso de ambos os métodos, o que corresponde à utilização de um design experimental do tipo dentro-de-grupos [DIX03]. Todos os participantes assistiram a uma breve apresentação e realizaram dois ciclos (de 5 a 70 metros) de treino, cada um antes do ciclo de avaliação, o que totaliza quatro ciclos por utilizador, metade dos ciclos com PL e metade com SOC, totalizando 56 seleções por participante. Ficou também a cargo dos voluntários a ativação dos testes a cada passo, dando-lhes tempo para colocar questões ou expressar comentários sem interferir nas medidas adquiridas.

### 3.3 Resultados

É importante ressaltar que dois participantes não foram capazes de realizar todas as seleções, o primeiro foi devido a um problema técnico durante a fase de treino que guardou equivocadamente os dados, e o segundo foi devido à impossibilidade de utilizar o *Head Mounted Display* mantendo os seus óculos e como possuía miopia preferiu não concluir todo ciclo de SOC.

Quanto aos resultados obtidos, a primeira comparação parece confirmar H01; como mostra o gráfico da Figura 6 para praticamente todas as distâncias (exceto uma) SOC mantém menos erros de acordo com H01. Porém é de realçar o fato que, apesar de serem próximos, o PL teve melhores resultados dentro da gama de 5 a 30 metros e que ambas as técnicas apresentam um número crescente de erros com a distância como já era de esperar.

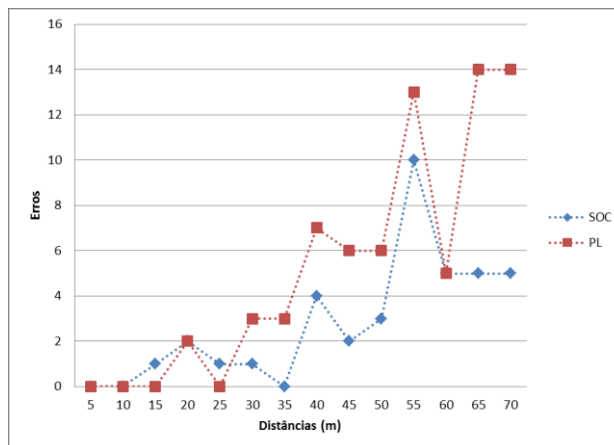


Figura 6 Soma dos erros para cada distância

Quanto ao tempo médio decorrido para realizar a seleção em cada distância, a Figura 7 mostra que a seleção com PL apresenta, na maior parte das situações, os maiores tempos e tempos maiores ainda (em comparação com SOC) nas primeiras e nas últimas interações. Porém, a diferença inicial tende a atenuar-se, no intervalo de 10 a 25 metros. Como previsto por H02, o efeito do aumento do tempo de início foi confirmado e também explicado pelo fato de os utilizadores levarem algum tempo para encontrar uma posição confortável para a mão antes de iniciar a seleção, isto foi uma das preocupações exteriorizadas por 8 dos 16 voluntários durante a realização do teste.

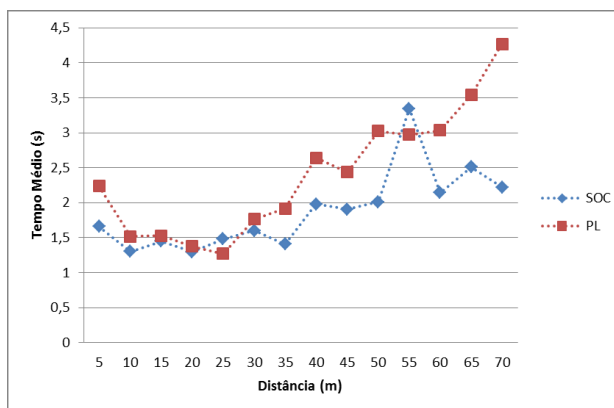
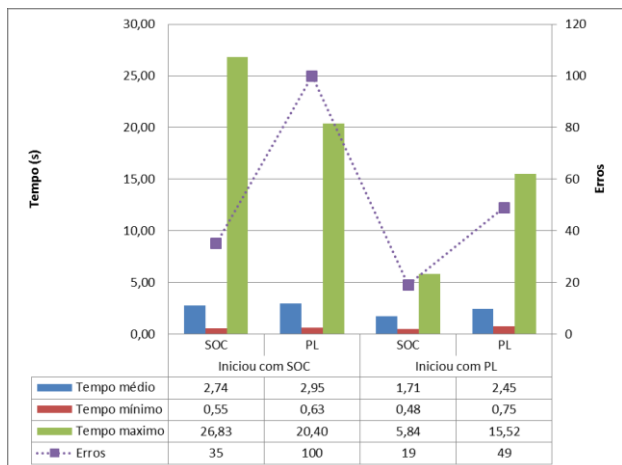


Figura 7 Tempos médios por distância

Em contraste com o que foi suposto por H03, nota-se uma sensível diferença tanto nos tempos quanto na quantidade de erros registrados para aqueles que começaram por utilizar o método PL. Analisando os resultados apresentados na Figura 8, é possível notar também que o número de erros cometidos pelos participantes que começaram com SOC quando utilizaram o PL foi aproximadamente duas vezes maior do que os que começaram com PL e estavam usando a mesma técnica. Uma explicação possível é o fato de que ambas as técnicas requerem movimentos pequenos e precisos, que são mais facilmente obtidos quando se controla o feixe com a cabeça. A mudança do movimento fino (com a cabeça) para o movimento mais

largo (mão) ou vice-versa reflete-se na aprendizagem do utilizador de maneira que aqueles que começam com PL são submetidos ao controlo que requer mais treino para ser usado, segundo os utilizadores (vide Tabela 2), acabando por focarem-se mais para entender como interagir com o sistema, o que resulta num desempenho melhor ainda quando utilizam SOC. Os participantes indicaram também que, para além de habituar-se ao dispositivo, também necessitam de algum tempo para perceber o que se deve fazer e como fazê-lo.



**Figura 8** Tempos e erros de acordo com método inicial

Comparativamente, nota-se que a técnica PL foi pior, em termos de resultado, do que SOC independente do método inicial. Estes resultados são vistos também nas opiniões deixadas pelos voluntários. Em uma escala de 1 a 5, onde 1 significa que discorda totalmente e 5 concorda totalmente, vê-se na Tabela 2 que, apesar do fato de que ambas técnicas serem agradáveis, PL apresenta características irritantes e requer mais treino que SOC.

	SOC	PL
Facilidade em orientar-se	4	4
Agradável	4	4
Características irritantes	2	4
Intuitivo	4	4
Precisa de Treino	3	4
Útil para objetos próximos	5	4
Útil para objetos distantes	4	3
Satisfeito	4	3

**Tabela 2** Resultado dos questionários (mediana de cada índice)

É visível também que SOC foi a técnica preferida pelos utilizadores e os dados quantitativos mostram também que foi mais eficiente independentemente da posição do objeto. Adicionalmente, é válido ressaltar que o fato de que alguns participantes possuem experiência com jogos não demonstrou influenciar os resultados, já que entre os que não jogavam e os que jogavam os não foram observadas diferenças relevantes.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos reforçam o fato de que o tamanho do objeto e a distância a que o mesmo se encontra do utilizador influenciam o desempenho da seleção e se apresenta como uma das maiores limitações do *ray-tracing* [Sanz11], porém, várias técnicas podem ser aplicadas para melhorá-lo. Por exemplo, trabalhando a lei de Fitts e alterando o tamanho do objeto ou distorcendo-o com a distância [Balakrishnan04], [Sanz11], [Teather11].

Os resultados obtidos apontam para que as técnicas estudadas tanto nos resultados quantitativos quanto na opinião pessoal dos participantes, a seleção pela orientação da cabeça (SOC) foi mais eficaz, uma vez que apresenta uma menor taxa de erro durante a maior parte do experimento (a exceção de distâncias menores que 25 metros); no entanto os resultados foram bastante próximos, e a aprendizagem proporcionada pela seleção com ponteiro laser mostrou-se relevante e requer maior investigação para melhor compreensão do ocorrido.

Para o pSIVE a técnica primária será a seleção pela orientação da cabeça, já que foi mais precisa e mais agradável aos participantes. Entretanto quando se pensa em manipular elementos tridimensionais, poderia ser utilizada uma combinação de ambas as técnicas; por exemplo, para a manipulação de um objeto ou documento no ambiente virtual a seleção inicial seria feita via SOC e qualquer interação originada seria controlada através do ponteiro laser permitindo interação com 6DOF.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo programa COMPETE e pela fundação para a ciência e a Tecnologia no âmbito do projecto FCOMP-01-0124-FEDER-022682 (FCT reference PEst-C/EEI/UI0127/2011 and Incentivo/EEI/UI0127/2013). Parte do trabalho também resultou numa colaboração no âmbito do projecto PRODUTECH-PTI: Novos Processos e Tecnologias Inovadoras para a Fileira das Tecnologias de Produção.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [Anthes06]Anthes, Christoph, and Jens Volkert, "inVRs—A Framework for Building Interactive Networked Virtual Reality Systems," *High Performance Computing and Communications*, 2006, 894–904 <<http://www.springerlink.com/index/33827N4429815N27.pdf>>
- [Balakrishnan04]Balakrishnan, Ravin, "'Beating' Fitts' Law: Virtual Enhancements for Pointing Facilitation," *International Journal of Human-Computer Studies*, 61 (2004), 857–874 <doi: 10.1016/j.ijhcs.2004.09.002>
- [Bierbaum01]Bierbaum, A., C. Just, P. Hartling, K. Meinert, A. Baker, and C. Cruz-Neira, "VR Juggler: a Virtual Platform for Virtual Reality Application Development," *Proceedings IEEE Virtual Reality 2001*, 2001, 89–96 <doi: 10.1109/VR.2001.913774>

- [Bowman99]Bowman, Doug A, Donald B Johnson, and Larry F Hodges, “Testbed Evaluation of Virtual Environment Interaction Techniques,” in *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology - VRST '99* (New York, New York, USA: ACM Press, 1999), pp. 26–33 <doi:10.1145/323663.323667>
- [Cournia03]Cournia, Nathan, John D. Smith, and Andrew T. Duchowski, “Gaze- Vs. Hand-based Pointing in Virtual Environments,” in *CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI '03* (New York, New York, USA: ACM Press, 2003), p. 772 <doi:10.1145/765891.765982>
- [DIX03]Dix, Alan, Janet E. Finlay, Gregory D. Abowd, and Russell Beale. 2003. 834 *Human-Computer Interaction (3rd Edition)*. Prentice Hall.
- [II01]II, RM Taylor, TC Hudson, and Adam Seeger, “VRPN: a Device-independent, Network-transparent VR Peripheral System,” *ACM Symposium on Virtual Reality Software & Technology*, 2001 <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=505019>>
- [Jimenez08]Jimenez, Jorge, Diego Gutierrez, and Pedro Latorre, “Gaze-based Interaction for Virtual Environments,” *J. UCS*, 14 (2008), 3085–3098
- [Liang94]Liang, Jiandong, and Mark Green, “JDCAD: A Highly Interactive 3D Modeling System,” *Computers & Graphics*, 18 (1994), 499–506 <doi:10.1016/0097-8493(94)90062-0>
- [Mine95]Mine, M, “Virtual Environment Interaction Techniques,” *UNC Chapel Hill computer science technical report*, 1995 <[http://lsc.univ-evry.fr/~davesne/ens/pub/virtual\\_environment\\_interaction\\_techniqu\\_129302.pdf](http://lsc.univ-evry.fr/~davesne/ens/pub/virtual_environment_interaction_techniqu_129302.pdf)>
- [Sans11]Sanz, Fernando Argelaguet, *Pointing Facilitation Techniques for 3d Object Selection on Virtual Environments*, 2011 <<http://www.tdx.cat/handle/10803/33383>>
- [Teather11]Teather, Robert J., and Wolfgang Stuerzlinger, “Pointing at 3D Targets in a Stereo Head-tracked Virtual Environment,” *2011 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, 2011, 87–94 <doi:10.1109/3DUI.2011.5759222>
- [Wang10]Wang, R, and X Qian, *Openscenegraph 3.0: Beginner's Guide* (Birmingham, UK: Packt Publishing, 2010)
- [WorldViz12]WorldViz, “Vizard VR Software Toolkit”, 2012 <<http://www.worldviz.com/products/vizard>> [Consultado em 16 de Novembro de 2012]