

Técnicas de Interação para revisão de Cenários 3D

Bruno de Araújo

Diogo Mariano

Ricardo Jota

Alfredo Ferreira

Joaquim Jorge

Departamento de Engenharia Informática

INESC-ID/IST/Universidade Técnica de Lisboa

{brar,jota,afj,jaj}@vimmi.inesc-id.pt, diogo.mariano@ist.utl.pt

Resumo

A interacção com cenários tridimensionais usando ecrãs de grande dimensões continua um problema em aberto não apenas na academia, mas também na indústria. A nível de dispositivo continua-se à procura de uma alternativa ao rato e teclado de forma a tornar os sistemas de visualização mais interactivos e mais acessíveis aos utilizadores. As tecnologias de multi-toque e dispositivos sem fios vieram trazer novas alternativas, no entanto é necessário o redesenho das metáforas de interacção, dado não ser possível a simples adaptação das interfaces de Desktop para ecrãs de grandes dimensões. Neste trabalho propomos um conjunto de técnicas de interacção de forma a auxiliar a interacção com cenários tridimensionais com ecrãs de média e grande dimensão.

Palavras-Chave

Interfaces Multi-toque, Dispositivos Multi-sensores, Ambientes Virtuais

1 Introdução

A popularização da tecnologia de multi-toque e a evolução das interfaces lúdicas sem fios permite hoje em dia oferecer alternativas mais naturais para os utilizadores que lidam com conteúdo virtual a nível da prototipagem industrial, tal como a Arquitectura e a Industria Automóvel. Dentro das áreas de concepção e desenho assistido por computador, os modelos virtuais são uma peça essencial permitindo não só auxiliar o processo de trabalho como oferecer uma alternativa aos protótipos físicos reduzindo o tempo de concepção, permitindo antecipar vários problemas de engenharia e construção. No entanto o processo de revisão desses protótipos limita-se muitas vezes ao uso dos programas de modelação utilizados na sua concepção, sendo baseados em interfaces pouco naturais e de longa aprendizagem, tornando o modelo virtual difícil de alterar e pouco acessível a utilizadores sem experiência nessas ferramentas de desenho assistido. Várias indústrias já recorrem a realidade virtual de forma a simular e experimentar protótipos, no entanto o seu uso foca principalmente na visualização sendo limitadas a nível da edição e manipulação do conteúdo virtual.

Neste trabalho pretende-se oferecer métodos alternativos de manipulação e edição de cenários tridimensionais de forma mais natural, tirando benefício de tecnologias que tornam a visualização mais interactiva e acessível ao utilizador. Por outro lado, pretende-se nesta fase inicial avaliar a adequação dos métodos apresentados de acordo com os requisitos obtidos pela análise de tarefas, antes de prosseguir para o desenvolvimento do protótipo final. Os ecrãs de grandes dimensões são cada vez mais

acessíveis, permitindo uma manipulação mais abrangente e colaboração entre vários utilizadores frente a uma superfície de visualização. De forma a ilustrar um conjunto de técnicas que melhoram as interacções com modelos virtuais, escolhemos dois cenários aplicados a duas indústrias diferentes. Por um lado, pretendemos oferecer um ambiente e métodos de interacção que auxiliem a Arquitectura, cuja principal média de comunicação são as plantas e as maquetas físicas, recorrendo a superfícies multi-toque. Por outro lado, pretendemos melhorar o processo de revisão a nível da indústria Automóvel, onde os ecrãs de grande dimensão já são comuns, embora actualmente a interacção se limite a um operador que controla a visualização usando interfaces tradicionais *Desktop*. Nestes cenários pretendemos oferecer uma alternativa que tire partido da linguagem corporal, usando gestos com as mãos como alternativa à consola de controlo para realizar a revisão destes cenários. A abordagem proposta foi demonstrada e avaliada no âmbito do projecto Europeu MAXIMUS, permitindo a arquitectos e *designers* compor o ambiente virtual e alterar atributos dos objectos tridimensionais presentes na cena.

O artigo inicia-se com uma descrição do estado da arte relacionado com o uso de interfaces multi-toque e dispositivos 3D para interacção com cenários tridimensionais. Na secção 3 descrevemos os dois cenários realizados neste trabalho e como respondem às necessidades identificadas na revisão de protótipos virtuais em Arquitectura e na Industria Automóvel. Na secção 4 descrevemos as técnicas de interacção que foram desenvolvidas e como os dispositivos de interacção foram utilizados em ambos os cenários. Finalmente apresentamos os resulta-

dos e análise dos primeiros testes com utilizadores, assim como as limitações e o trabalho futuro que vai ser realizado de forma a melhorar a interface actualmente proposta.

2 Trabalho Relacionado

Nos últimos anos vários trabalhos apresentaram métodos de interacção utilizando dispositivos de multi-toque para manipulação de conteúdo 2D, tais como imagens e vídeos. A maioria destes trabalhos utilizam um vocabulário de gestos semelhante baseado num ou em vários dedos de forma a realizar manipulações e rotações no plano de visualização. Wobbrock [Wobbrock 09] apresenta uma compilação de 23 gestos para manipular objectos 2D. No entanto, poucos trabalhos têm focado na adequação das interfaces multi-toque para interagir com cenários tridimensionais, e só recentemente este problema tem sido investigado [Hachet 08, Declec 09, Edelmann 09, Martinet 10]. Hachet [Hachet 08] apresenta um método que permite controlar os seis graus de liberdade da câmara virtual, utilizando exclusivamente coordenadas 2D. Nesta abordagem, o utilizador selecciona o ponto de interesse, desenhando um laço à volta do objecto e, automaticamente, o sistema apresenta uma esfera 3D que permite ao utilizador colocar a câmara em relação ao objecto. Durante a interacção com este ícone 3D, uma captura do ponto de vista é apresentada e actualizada interactivamente, auxiliando a colocação da câmara e permitindo navegar pelos objectos visíveis. Decle [Declec 09] apresenta uma solução alternativa utilizando o conceito de clique e arrastar em cima de um objecto 3D, permitindo explorá-lo. No entanto esta abordagem não permite examinar o objecto de perto, tornando difícil a visualização em cenários complexos compostos por vários modelos. Edelmann et al. [Edelmann 09] apresenta uma solução de interacção para cenários 3D utilizando dois movimentos, um para rodar a câmara (*pan* e *tilt*) e outro para se deslocar ou fazer zoom.

Recentemente Martinet [Martinet 10] apresenta uma solução para controlar o posicionamento de objectos, usando um dispositivo multi-toque combinando várias vistas ortogonais à semelhança dos sistemas de CAD. Esta solução apresenta um modo de manipulação preciso, no entanto obriga à utilização de demasiado espaço na área de visualização. De forma a ultrapassar os limites do plano multi-toque para o controlo dos seis graus de liberdade, vários trabalhos optaram por considerar o volume acima das superfícies da mesa para complementar a interacção. Através da colocação de uma câmara apontada para as mãos do utilizador no cimo da mesa, Hilliges [Hilliges 09] utiliza a estimação da distância da mão à superfície de forma a agarrar e mover objectos, ultrapassando o limite da superfície. A abordagem é exemplificada utilizando a aplicação Google Earth, na qual uma mão permite mover o mapa e gestos com duas mãos permitem fazer zoom e controlar a elevação da câmara. Recorrendo a um sistema de *motion capture*, Marquardt [Marquardt 09] apresenta uma solução que não só permite interagir acima da mesa, como também combina o toque sobre a superfície,

permitindo efectuar movimentações e rotações de objectos. A maioria destes trabalhos apresentam uma interacção reduzida, focando normalmente apenas na navegação ou na manipulação de objectos. Por outro lado, nenhuma apresenta soluções dirigidas a Arquitectos, tal como sucede em cenários de interface tangíveis usando projecções de plantas [Ishii 02], ou cenários de realidade virtual usando mesas estereoscópica [Steinicke 06] ou óculos [Broll 03] para visualizar simulações de prédios virtuais.

No âmbito da interacção com grandes ecrãs, as soluções de multi-toque não são tão adequadas, em primeiro lugar devido ao problema tecnológico de escalabilidade para grandes dimensões, mas também devido à dimensão dos objectos, o que convida o utilizador a estar distante do ecrã e não em contacto directo. As primeiras abordagens optaram pela utilização de apontadores simples tais como lasers utilizando uma câmara [Lapointe 05] ou várias [Davis 02], permitindo aumentar a área de interacção. Esta solução é aplicada em vários trabalhos de larga escala apresentando o laser como uma boa alternativa ao rato [Oh 02], permitindo que vários utilizadores interajam com o ecrã [dA09a], adaptando o conceito da manipulação directa e interfaces *Desktop* [Olsen 01, Khan 04]. No entanto, o mapeamento dos 6 graus de liberdade para um dispositivo com 2 graus de liberdade continua limitado convidando ao uso de outros dispositivos. Hachet [Hachet 04] apresenta uma solução utilizando um prato circular de forma a mover e rodar objectos, mas obriga o utilizador a estar num local fixo em frente a ecrã. Reitmayr [Reitmayr 05] apresenta um dispositivo com fio de forma a controlar a rotação em ambiente de realidade aumentada, colocando um sensor com inércia dentro de uma bola. O aperto da bola permite interagir com menus circulares. Baudisch [Baudisch 06] apresenta um dispositivo sem fios semelhante a uma pequena esponja como simples alternativa ao rato. Ainda assim, torna-se necessário um dispositivo mais completo para permitir a correcta manipulação de objectos virtuais controlando os seis graus de liberdade, motivo pelo qual optámos por propor recentemente a SqueazyBall [dA09b] para interacção com ecrãs de larga escala.

3 Cenários e Dispositivos de Interacção

Este trabalho enquadra-se no Projecto Europeu Maximus que pretende explorar novos paradigmas de interacção de forma a tornar mais natural a interacção com ecrãs de média e grandes dimensões, com o objectivo de suportar a revisão de protótipos virtuais de Arquitectura e da Indústria Automóvel.

Foram desenhados dois cenários de interacção analisando a forma como os arquitectos e construtores de automóveis utilizam os modelos virtuais e físicos no seu processo de trabalho. Para tal analisou-se como os utilizadores usam actualmente as ferramentas existentes, tais como modeladores de CAD para compor cenários tridimensionais e configurar os vários graus de realismo da visualização. Esta análise combinada com o estudo do uso de modelos físicos permitiu identificar funcionalidades de



Figura 1: Ambiente de trabalho de um Arquitecto e sala de projecção de Design Automovel

manipulação de objectos, materiais, luzes e câmaras, assim como um conjunto de gestos e pistas utilizadas pelos *designers* durante o processo de revisão de um modelo virtual.

No âmbito da Arquitectura, a revisão de modelos envolve vários documentos, tais como plantas de edifícios, modelos virtuais renderizados com realismo e maquetes físicas, permitindo a vários utilizadores discutir as opções de desenho. No processo conceptual de desenho, o uso de modelos tridimensionais é limitado à produção de imagens e visitas virtuais. Quanto às discussões entre arquitectos, ocorrem normalmente em frente a plantas em tamanho A0 com um conjunto de imagens ou documentos apresentando informação adicional sobre o projecto (Figura 1 esquerda). Em relação aos modelos físicos, são custosos e estáticos e as maquetes são normalmente utilizadas para apresentação do projecto, podendo também servir para experimentar um conceito, tendo pouco peso no processo de desenho. As ferramentas de CAD propõem poucas alternativas para auxiliar a revisão, no entanto são necessárias para transpor as alterações no modelo virtual.

Ao contrário da Arquitectura, a Indústria Automóvel, tal como a Aeronáutica, foram pioneiras na utilização de ambientes virtuais no seu processo de desenho, assim como no uso de ecrãs de grandes dimensões. Hoje em dia é comum o uso de *showrooms* (Figura 1 direita) para a visualização de modelos virtuais de um protótipo utilizando ecrã de larga escala, o que permite ver automóveis à escala de um para um com grande realismo. A utilização de modelos virtuais permite avaliar o desenho e a estética reduzindo a necessidade de recorrer a modelos físicos de alto custo tanto a nível económico como temporal. No entanto durante as sessões de revisão, as interações para navegação e alteração de desenho são

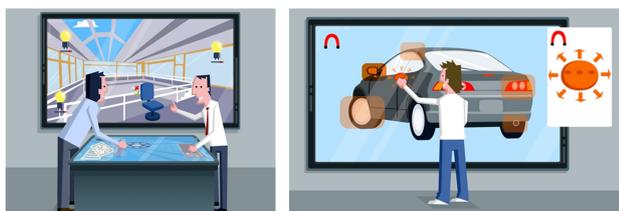


Figura 2: Cenários de interacção com ecrã de média e grande dimensão

limitadas e normalmente restritas a um operador que controla a visualização seguindo as instruções dos *designers*. As próximas secções apresentam os dois cenários desenvolvidos assim como os dispositivos utilizados, propondo uma solução alternativa a revisão de protótipos virtuais.

3.1 Cenário para Arquitectura

O cenário dos Arquitectos centra-se no uso de dois dispositivos: uma mesa multi-toque para interacção e visualização de plantas e um ecrã de projecção mostrando uma renderização de alta qualidade (Figura 2 esquerda). A mesa multi-toque foi construída recorrendo a três espelhos para encurtar a projecção e oferecer um tamanho A0 de visualização, respondendo ao requisito dos arquitectos que desejavam um tamanho semelhante ao das suas plantas.

O suporte multi-toque foi inserido seguindo a abordagem *Lazer Light Plan* apresentada pelo grupo NuiGroup¹, onde são usados lasers de luz infra-vermelha dispostos sobre a superfície, que com a ajuda de um gerador de linha criam um plano de luz infra-vermelha sobre a mesma. Quando o utilizador toca na superfície, esse plano é perturbado e uma câmara localizada no interior da mesa capta essa alteração. Utilizando a ferramenta TBeta do NuiGroup são determinados as posições onde ocorrem os toques. Com esta abordagem é possível que vários utilizadores interajam em simultâneo sem existirem limitações quanto ao número de toques suportados, quando comparado a outros suporte físicos de multi-toque. Quanto ao ecrã de projecção adicional permite visualizar renderizações realistas do mundo virtual e apresentar visitas virtuais para complementar a interacção com a planta. A Figura 3 mostra a realização do cenário de interacção para auxiliar os Arquitectos nas tarefas de revisão. Com este cenário pretende-se que seja possível aos arquitectos manipular as plantas na mesa multi-toque, num ambiente colaborativo, e que as alterações que eles realizam sejam visíveis no ecrã de larga escala sem necessitar recorrer a outro sistema.

¹[http://wiki.nuigroup.com/Lazer_Light_Plane_Illumination_\(LLP\)](http://wiki.nuigroup.com/Lazer_Light_Plane_Illumination_(LLP))



Figura 3: Dois utilizadores visualizando uma planta na mesa multi-toque e um vista de uma divisão de uma casa



Figura 4: Utilizador inspeccionando o modelo de um automóvel usando a SqueezyBall

3.2 Cenário para Industria Automóvel

Para a indústria Automóvel, o cenário desenhado foca no uso de um dispositivo multi-sensor sem fios chamado SqueezyBall [dA09b] para interagir com um ecrã de larga escala (Figura 2 direita). Este dispositivo pretende ser de fácil utilização complementando os *showrooms* existentes. O formato de uma bola, permite ao utilizador abstrair-se do estado do dispositivo e largá-lo ou partilhá-lo sem preocupação. Além disso, a bola incentiva o uso de gestos naturais tais como a selecção de objectos, o controlo de orientações e de intensidades das luzes virtuais rodando a bola. Para activar elementos e opções óptimos pelo gesto de apertar utilizando um sensor de pressão dentro da bola. Por outro lado, o uso de acelerómetros e um giroscópio permite reconhecer gestos efectuados pelo utilizador assim como a orientação da própria bola. Utilizando um sistema de *motion capture* é possível determinar qual a posição do dispositivo enquanto o utilizador agarra a bola.

A SqueezyBall foi desenvolvida recorrendo ao uso de uma plataforma multi-sensores da empresa Plux², permitindo incluir vários sensores apresentados em [dA09b]. Desta forma foi possível responder aos requisitos dos utilizadores que desejavam ter a possibilidade de agarrar objectos apertando o dispositivo, definir rotações rodando o dispositivo, movimentar objectos virtuais e realizar gestos movimentando a bola no espaço ou accionar certas opções do sistema utilizando botões. A SqueezyBall utiliza o protocolo de comunicação *Bluetooth* e inclui uma bateria para alimentar os vários sensores localizados no interior da bola. Desta forma é possível uma interacção no espaço sem restrições de fios, estando todos os sensores escondidos no interior da bola. A detecção da posição é efectuada de forma transparente para o utilizador, dado a bola ser revestida de material reflector ao infra-vermelho. Utilizando um sistema de câmaras é possível de forma não intrusiva seguir a bola sendo esta vista como uma marca ou um conjunto de marcas tridimensionais agregadas, de forma a calcular a sua posição no espaço. Sabendo a posição da bola é possível saber onde a mão do utilizador se encontra em relação ao ecrã de grandes dimensões e in-

²<http://www.plux.info>

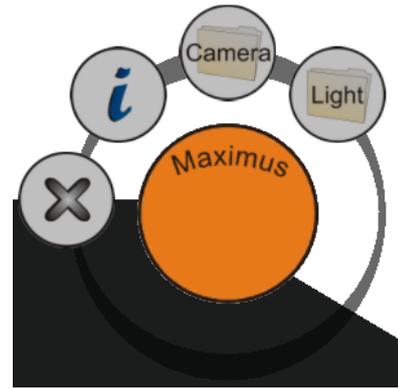


Figura 5: Menu principal da Aplicação em formato de disco.

teragir com este sem necessitar outro dispositivo. A bola pode ser partilhada por vários utilizadores durante uma sessão de revisão de um protótipo virtual sem necessidade de intervenção de um operador para auxiliar a visualização exemplificada na Figura 4.

4 Técnicas de Interação

Os dois cenários apresentados na secção anterior foram concretizados utilizando o mesmo protótipo, de forma a permitir ao utilizador manipular entidades de um cenário tridimensional e configurar atributos da visualização tais como materiais de objectos, características das luzes e posicionamento de câmaras pelo cenário virtual. De seguida apresentamos a interface de utilizador e as técnicas de interacção para cada cenário. No primeiro cenário focámos a interface para a mesa multi-toque e de seguida introduzimos as técnicas de interacção com um ecrã de larga escala utilizando a SqueezyBall.

4.1 Interface Utilizador

A Interface Utilizador da aplicação Maximus é constituída por dois tipos de menus, que permitem ao utilizador interagir com a aplicação e manipular propriedades dos objectos, alterando o estado global do sistema. O menu principal da aplicação encontra-se sempre visível e menus contextuais podem ser abertos consoante o objecto, de forma a configurar seus atributos. Optámos por utilizar menus circulares semi-transparentes apresentando um número limitado de opções e recorrendo no máximo a uma hierarquia de dois níveis. O segundo nível pode ser activado seleccionado a respectiva opção no primeiro nível. A semi-transparência permite ver os objectos da cena localizados por trás do menu e a disposição circular permite reduzir a distância entre as opções.

O menu principal, apresentado na Figura 5, permite aceder a qualquer luz ou câmara mesmo quando esta não se encontra visível. A parte central circular permite seleccionar o menu podendo ser movimentado, escalado ou rodado caso o utilizador o deseje. O menu tem um aspecto semelhante a um disco, permitindo no futuro incluir comportamentos físico para uma interacção mais natural sobre a mesa multi-toque.

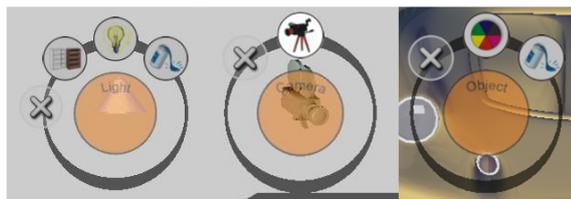


Figura 6: Menus contextuais da aplicação: para a configuração de luzes, activação de câmara e configuração de objectos

Relativo aos menus contextuais, estes apresentam o mesmo visual que menu principal, no entanto só apresentam opções relacionadas com a selecção por parte do utilizador de um dado tipo de objecto. A Figura 6 apresenta os três tipos de menus contextuais existentes. No menu contextual de luzes é possível activar ou desactivar, mudar a intensidade ou a cor da luz. O menu de câmara permite activar uma dada câmara. Quanto ao menu dos objectos, este permite esconder, apagar ou alterar o material de um dado modelo através de uma paleta de cores.

4.2 Interface Multi-toque

A interacção no cenário dos arquitectos é feita com a ajuda da superfície multi-toque. A ideia base centra-se na possibilidade de efectuar um conjunto de diferentes gestos sobre qualquer entidade manipulável existente na planta de forma a movimentar, rodar ou escalá-la. O dicionário de gestos foi definido baseando-se na linguagem comum disponível em vários ecrãs multi-toque ou dispositivos móveis, simplificando a criação de modelos mentais de interacção por parte dos utilizadores.

Dado que os menus utilizam a mesma linguagem gestual, é possível a vários utilizadores estarem dispostos em torno da mesa, a utilizar a aplicação movendo, escalando e orientando os menus de acordo com a sua posição. A interface gestual de manipulação de objectos é composta por cinco gestos ilustrados na Figura 7. Utilizando um dedo é possível transladar objectos por manipulação directa. Usando dois dedos é possível rodar um objecto no eixo perpendicular à superfície, ou nos outros eixos utilizando dois dedos próximos semelhante a um gesto de *scroll*. Afastando ou aproximando dois dedos é possível escalar o objecto de forma uniforme. Finalmente, os menus contextuais são instanciados mantendo o dedo sobre um objecto durante dois segundos. Este princípio também foi utilizado como primeira abordagem para a selecção de opções de menu. O reconhecimento é efectuado aglomerando os dedos por proximidade e usando as propriedades geométricas do gesto comparado ao estado anterior.

4.3 Interface SqueezyBall

Para a interacção com ecrãs de largas dimensões, o volume onde se situa o utilizador é obtido usando um sistema de *motion capture* para capturar a posição tridimensional da SqueezyBall em relação ao ecrã. A SqueezyBall age como um cursor visível para o utilizador projectando a posição

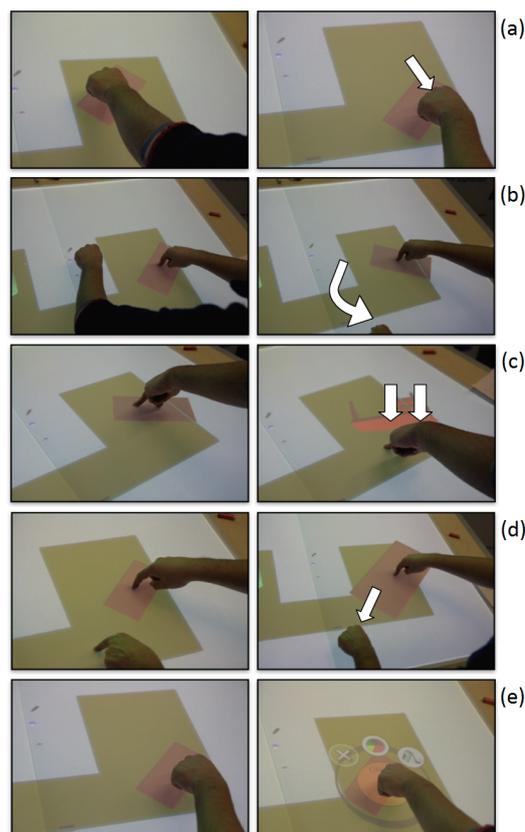


Figura 7: Linguagem gestual utilizada pela interface Multi-toque: a) movimentação de objecto, b) rotação no eixo perpendicular a mesa, c) rotação nos outros eixos, d) escalonamento e e) abertura de menu contextual

da bola de forma ortogonal na área de visualização. O cursor é utilizado de forma a informar qual o estado do dispositivo permitindo distinguir entre movimentações e mudanças de orientação de objectos. O utilizador pode manipular qualquer entidade apresentada no ecrã, podendo corresponder a um objecto da cena tal como um carro no cenário da Industria Automóvel, uma luz ou uma câmara do mundo virtual. Por outro lado o dispositivo pode ser utilizado para interagir com menus e aceder a funcionalidades adicionais de cada entidade.

Para manipular um dado objecto tridimensional, o utilizador simplesmente coloca o cursor sobre o objecto pretendido deslocando a SqueezyBall livremente no ar e selecciona-o apertando a bola. O sensor de pressão da bola permite detectar quando é que um objecto está a ser manipulado. Para deslocar um objecto basta seleccionar apertando a bola, movimentar e relaxar a bola, colocando o objecto na nova posição. Este processo é semelhante à interacção física com objectos reais seguindo a analogia conhecida do *Drag and Drop*. Quando movimentos são efectuados em profundidade, é possível deslocar o objecto nessa direcção. Esta medida é calculada de forma relativa referenciando a profundidade de origem do objecto. Este tipo de deslocamento na cena foi mapeado num espaço de um metro permitindo ao utilizador facilmente

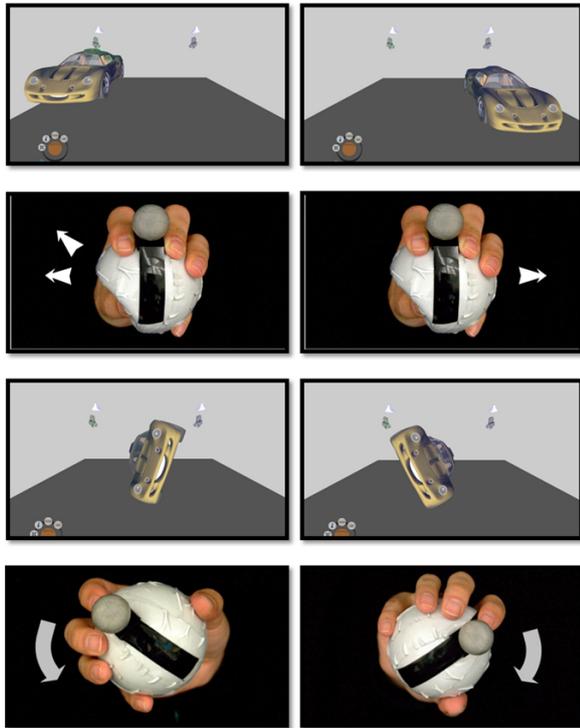


Figura 8: Exemplos de manipulações utilizando a SqueezyBall: Movimentação e Rotação de Objectos

alterar a profundidade do objecto a partir da sua posição. A interacção com menus efectua-se da mesma forma, colocando o cursor através da posição da bola. Para seleccionar uma opção, basta colocar o cursor sobre a opção e pressionar o botão da SqueezyBall. Esta interacção é válida para o menu global e para os menus contextuais correspondentes a cada objecto. Para abrir o menu contextual de um objecto, basta colocar a SqueezyBall sobre este e pressionar o botão duas vezes.

Para rodar um objecto, o utilizador selecciona-o apertando a bola duas vezes seguidas. O cursor informa o utilizador que a bola se encontra em modo de rotação, permitindo-lhe rodar o objecto rodando a bola. A rotação é calculada utilizando os acelerómetros e o giroscópio da Squeezy-Ball e é feita de forma directa mapeando a orientação relativa da bola na orientação do objecto. A rotação é finalizada largando a bola. Através da utilização do apertar (Figura 8), da posição e orientação da SqueezyBall assim como do botão localizado na bola, é possível sem necessidade de outro dispositivo aceder a todas as funcionalidades da aplicação e controlar os vários objectos do cenário tridimensional.

5 Avaliação Preliminar

De modo a validar a abordagem seguida, foi realizada uma avaliação experimental do protótipo envolvendo utilizadores reais. Nesta avaliação pretendia-se verificar também se os requisitos da análise de tarefas estavam a ser cumpridos de acordo com as expectativas dos utilizadores. Tendo em consideração que o protótipo avaliado consistia numa versão preliminar, os principais objectivos dos testes

com utilizadores foram a apresentação a utilizadores reais da versão actual do protótipo e a recolha de informação que permitisse identificar o caminho a seguir na fase seguinte de desenvolvimento. De realçar que o protótipo final, desenvolvido a partir da versão avaliada de acordo com a informação reunida na avaliação preliminar, será sujeito a uma avaliação final, planeada para o final do ano com mais arquitectos e designers de automóveis.

5.1 Testes com Utilizadores

Nesta avaliação do protótipo foram envolvidos sete utilizadores, dos quais seis eram do sexo masculino. Este grupo incluía um designer de automóveis e dois arquitectos avaliando nesta fase preliminar a adequação dos métodos apresentados em relação aos requisitos dos utilizadores. Os utilizadores tinham entre 25 a 34 anos e todos possuíam experiência com ferramentas de modelação. No entanto, a grande maioria dos utilizadores (seis) tinham uma fraca experiência com ecrã multi-toque. Os utilizadores afirmaram, ter uma média experiência com dispositivos apontadores tais como o Wiimote. Para a realização dos testes foram preparados dois cenários distintos. Um cenário dedicado ao contexto dos designers de automóveis e outro ao dos arquitectos. Estes cenários foram criados em salas separadas. A sala dedicada ao cenário automóvel continha um projector HD e um sistema de tracking, de forma a seguir a Squeezy Ball. Na outra sala simulava-se o cenário de arquitectura utilizando a mesa multi-toque e um ecrã vertical retro-projectado para uma vista adicional da cena. Parte da realização da avaliação consiste em convidar o utilizador a realizar uma sequência de tarefas varrendo as várias funcionalidades e as metáforas de interacção propostas pelo protótipo.

O teste iniciou-se com a apresentação do protótipo numa sessão em que todos os utilizadores participaram. Em simultâneo, foi distribuído um manual da aplicação, onde eram apresentados os paradigmas de interacção e descritas de forma sucinta as funcionalidades oferecidas pela aplicação. Cada utilizador teve então oportunidade de se ambientar com o protótipo, experimentando-o livremente. De seguida foram realizadas as sessões de testes formais do protótipo. Estas consistiam na realização de uma sequência de dois conjuntos de tarefas de dificuldade variável. Um conjunto de oito tarefas no contexto do desenho automóvel e um conjunto de nove tarefas no cenário da arquitectura. As tarefas consistiam na movimentação e orientação de objectos do cenário assim como da alteração de atributos tais como a intensidade das luzes ou os materiais dos objectos. Por outro lado, eram pedidas alterações da vista de forma a ver detalhes específicos do modelo tridimensional tal como acontece em sessões de revisão de projecto. Durante essas sessões, os observadores mediram o tempo de execução e erros efectuados pelos utilizadores. Adicionalmente, as várias sessões foram gravadas em vídeo. Na sequência de cada sessão, os utilizadores foram convidados a responder a um inquérito de forma a recolher mais informação sobre a interface.

5.2 Inquéritos e Entrevistas

Neste inquérito foram utilizados questionários de usabilidade seguindo a norma ISO 9241, parte 10. Esta norma baseia-se na avaliação de sete factores: adequação do sistema à tarefa, auto-descritividade da interface, controlabilidade do sistema, conformidade a expectativa do utilizador, tolerância a erros, adequação as necessidades do utilizador e facilidade de aprendizagem. A segunda parte dos questionários tinha por objectivo quantificar os benefícios do protótipo e a sua facilidade a nível criativo. Para complementar a realização das tarefas e a resposta aos questionários, foi realizada uma sessão de entrevistas com os utilizadores, depois dos testes. Desta forma conseguimos recolher comentários e sugestões que poderiam não ter sido transmitidas durante os inquéritos. Conseguimos assim, com base nas respostas aos questionários recolher informação sobre atributos relacionado com hardware, software e o ambiente apresentado que contribuem para a usabilidade e os seus princípios ergonómicos.

5.3 Análise de Resultados

No cenário da mesa, cada utilizador executou sete tarefas com dificuldade variável. A realização das tarefas mostrou que uma das limitações é a falta de re-alimentação dos gestos efectuados por parte da interface actual, com excepção da não alteração da posição e orientação dos modelos manipulados, não houve qualquer outra re-alimentação, em particular quando um toque era reconhecido pelo sistema. Este ponto sugere que não só deve ser oferecida informação sobre a presença de toque na mesa, como também deve ser dada por parte do sistema informação sobre o gesto que está a ser reconhecido mesmo durante uma manipulação directa. Isso aumentaria a aprendizagem do utilizador permitindo maior controlo das manipulações, evitando, por outro lado, movimentações involuntárias. Verificamos que as operações relacionadas com a manipulação de pequenos objectos demoram mais tempo devido a dificuldade de selecção obrigando a recorrer ao zoom para certos objectos. Por um lado a manipulação e orientação de objectos revelou-se fácil, mas o controlo de câmara não pareceu suficientemente natural, sendo necessária outra analogia tal como a manipulação do ponto de foco em vez da rotação livre da câmara. Por outro lado a não restrição dos graus de liberdades na rotação, levou muitas vezes a orientações incoerentes para o utilizador, sendo necessário um melhor controlo dos graus de liberdade da rotação. Relativo a interacção com os menus, a sua usabilidade deve ser melhorada a nível da selecção de forma a evitar o uso de tempo de espera para a activação de opções. O número reduzido de opções e níveis de menu tornou-se benéfico assim como a sua fácil movimentação e redimensionamento quando necessário. Em relação aos objectos, a manipulação de menus pareceu mais natural por ser um entidade de duas dimensões.

Quanto à utilização da SqueezyBall, os utilizadores encontraram dificuldades na execução da acção de double click do botão para a abertura dos menus contextuais e do apertar

duplo para activar a rotação dos modelos. As acções duplas (clique do botão ou apertar) requerem que sejam executadas num espaço de tempo demasiado restritivo para ser considerado como uma acção atómica dupla. A sensibilidade do reconhecimento de acções duplas deve ser configurada e adaptada pelo utilizador. Por outro lado, quando o utilizador executa um duplo apertar da bola, a Squeezy Ball é lenta a recuperar o seu estado original devido ao fluxo de ar no seu interior, o que provoca tempos mortos na sua utilização caso o utilizador aperte demais a bola. Por esse motivo as acções duplas tornam-se difíceis e a solução actual de escape de ar deve ser revista de forma a oferecer um apertar mais natural ao utilizador. Quanto às funcionalidades oferecidas pelo sistema, para além dos problemas na manipulação de objectos, a manipulação das câmaras revelou-se pouco natural. De facto, metade dos utilizadores movimentavam o carro em vez da câmara. A representação de vistas adicionais das câmaras, não permitiu evitar esse problema sendo necessário melhorar a funcionalidade de navegação de forma a evitar movimentações de objectos indesejadas. Quanto à rotação de elementos geométricos verificamos que nem sempre o mapeamento directo é natural para o utilizador. Alguns utilizadores tentavam efectuar um gesto de rotação com a mão deslocando o cursor em vez de rodar a própria bola. Este problema alerta para a necessidade de uma representação gráfica da rotação que deve ser apresentado de forma a facilitar a sua percepção e auxiliar o utilizador a recuperar de uma rotação indesejada.

6 Conclusão

Este trabalho propôs duas metáforas de interacção para a revisão de cenário tridimensionais utilizando ecrãs de média e grandes dimensões. A primeira, direccionada à Arquitectura, mostrou a viabilidade e a mais valia para os utilizadores de uma interface multi-toque combinada com uma projecção adicional para interagir com plantas, auxiliando a revisão de projectos. No segundo mostrámos a vantagem do uso de dispositivo multi-sensores de forma a interagir com um ecrã de grandes dimensões. Como trabalho futuro pretendemos ultrapassar algumas limitações relacionadas com a falta de re-alimentação das interfaces gestuais e permitir mais funcionalidades tais como a visualização de secções e definição de caminhos de câmara. Por outro lado pretendemos incluir suporte para anotações. Igualmente desejamos considerar restrições de graus de liberdade tanto a nível do multi-toque como da SqueezyBall, dado que a interacção livre nem sempre oferece a precisão necessária. Num futuro próximo planeamos realizar novos testes de forma a avaliar o desempenho destas abordagens comparado aos métodos tradicionais.

7 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente patrocinado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (SFRH/BD/31020/2006 e 17574/2004) e pelo projecto MAXIMUS (IST-2007-1-217039) parte do FP7 da Comunidade Europeia.

Referências

- [Baudisch 06] P. Baudisch, M. Sinclair, e A. Wilson. SOAP: a pointing device that works in mid-air. Em *19th ACM Symp. on User Interface Software and Technology*, p. 43–46, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [Broll 03] W. Broll, M. Stoerring, e C. Mottran. The augmented round table - a new interface to urban planning and architectural design. Em *INTERACT '03: IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction*. IOS Press, 2003.
- [dA09a] B. de Araújo, R. Jota, L. Bruno, J. A. Madeiras Pereira, e J. A. Jorge. Immiview - a multi-user solution for design review in real-time. *Journal of Real-Time Image Processing: Special Issue on Improving Display and Rendering Technology*, 2009.
- [dA09b] B. de Araújo, R. Jota, J. Fernandes, A. Ferreira, e J. Madeiras Pereira. Dispositivo de interação para ecrã de grandes dimensões. Em *Poster no 17º Encontro Português de Computação Gráfica*, 2009.
- [Davis 02] J. Davis e X. Chen. Lumipoint: Multi-user laser-based interaction on large tiled displays. *Displays*, 2002.
- [Declec 09] F. Declec, M. Hachet, e P. Guitton. Technote: Scruticam: Camera manipulation technique for 3d objects inspection. *3D User Interfaces*, 0:19–22, 2009.
- [Edelmann 09] J. Edelmann, A. Schilling, e S. Fleck. The dabr: A multitouch system for intuitive 3d scene navigation. Em *3DTV09*, p. 1–4, 2009.
- [Hachet 04] M. Hachet, P. Guitton, P. Reuter, e F. Tyndiuk. The CAT for efficient 2d and 3d interaction as an alternative to mouse adaptations. *ACM Trans. Graph.*, 23(3):731–731, 2004.
- [Hachet 08] M. Hachet, F. Decle, S. Knodel, e P. Guitton. Navidget for easy 3d camera positioning from 2d inputs. Em *3DUI '08: IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, p. 83–89, Washington, DC, USA, 2008. IEEE Computer Society.
- [Hilliges 09] O. Hilliges, S. Izadi, A. D. Wilson, S. Hodges, A. Garcia-Mendoza, e A. Butz. Interactions in the air: adding further depth to interactive tabletops. Em *UIST '09: Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology*, p. 139–148, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [Ishii 02] H. Ishii, E. Ben-Joseph, J. Underkoffler, L. Yeung, D. Chak, Z. Kanji, e B. Piper. Augmented urban planning workbench: Overlaying drawings, physical models and digital simulation. *Mixed and Augmented Reality, IEEE / ACM International Symposium on*, 0:203, 2002.
- [Khan 04] A. Khan, G. Fitzmaurice, D. Almeida, N. Burtnyk, e G. Kurtenbach. A remote control interface for large displays. Em *UIST '04: ACM symposium on User interface software and technology*, p. 127–136, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [Lapointe 05] J. Lapointe e G. Godin. On-screen laser spot detection for large display interaction. *HAVE*, 2005.
- [Marquardt 09] N. Marquardt, R. Jota, S. Greenberg, e J. Jorge. The continuous interaction space: Integrating gestures above a surface with direct touch. Relatório Técnico 2009-925-04, Department of Computer Science, University of Calgary, Canada, April 2009.
- [Martinet 10] A. Martinet, G. Casiez, e L. Grisoni. The design and evaluation of 3d positioning techniques for multi-touch displays. Em *3D User Interfaces (3DUI), 2010 IEEE Symposium on*, p. 115 –118, 2010.
- [Oh 02] J. Oh e W. Stuerzlinger. Laser pointers as collaborative pointing devices. *CHI*, 2002.
- [Olsen 01] D. R. Olsen e T. Nielsen. Laser pointer interaction. *SIGCHI*, 2001.
- [Reitmayr 05] G. Reitmayr, C. Chiu, A. Kusternig, M. Kusternig, e H. Witzmann. iorb - unifying command and 3d input for mobile augmented reality. Em *IEEE VR 2005 Workshop on New Directions in 3D User Interfaces*, 2005.
- [Steinicke 06] F. Steinicke, T. Ropinski, K. H. Hinrichs, e J. Mensmann. Urban city planning in semi-immersive virtual reality. Em *Proceedings of the International Conference on Computer Graphics Theory and Applications (GRAPP2006)*, p. 192–199, Setúbal, 2006.
- [Wobbrock 09] J. Wobbrock, M. R. Morris, e Andrew D. Wilson. User-defined gestures for surface computing. Em *CHI '09: Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, p. 1083–1092, New York, NY, USA, 2009. ACM.