

VRINMOTION: Utilização de Realidade Aumentada no sector mobiliário

Elizabeth Carvalho, Gustavo Mações, Isabel Varajão, Nuno Sousa, Paulo Brito

elizabeth.carvalho@cgg.pt, gustavo.macaes@cgg.pt, isabel.varajao@cgg.pt,
nuno.sousa@cgg.pt, paulo.brito@cgg.pt

CCG – Centro de Computação Gráfica, Campus de Azurém, Guimarães, 4800-058 - Portugal

Resumo: O VRINMOTION é uma plataforma modular configurável que utiliza como elemento principal a tecnologia de Realidade Aumentada para a visualização de objectos não existentes (modelos virtuais em 3D) em ambientes reais, sendo capaz de operar com uma aproximação com ou sem as habituais marcas. É um sistema portátil, composto por hardware e software integrados, para a utilização quer em ambiente doméstico quer em ambiente comercial/industrial. O VRINMOTION pretende proporcionar à indústria do mobiliário uma ferramenta de marketing eficaz, que permita a disponibilização de um catálogo em formato 3D, de forma a simular e visualizar, com recurso à Realidade Aumentada a aplicação de uma determinada peça de mobiliário “in loco”.

Palavras-chave: Computação Gráfica; Ambientes Imersivos; Realidade Mista; Realidade Aumentada; Usabilidade.

Abstract: The VRINMOTION is a configurable and modular platform that uses the augmented reality technology to visualize the objects (virtual 3D models) in real world environments, with or without marks. It is a portable system, composed by integrated pieces of software and hardware, to be used in a domestic, industrial or/and commercial context. The VRINMOTION aims to create a marketing tool that will allow the traditional furniture industry to show in 3D their products to the final client, simulating, positioning and visualizing them in loco via an augmented reality based approach.

Keywords: Computer Graphics; Immersive environments; Mixed Reality; Augmented Reality; Usability

1. Introdução

A Realidade Aumentada (RA) é uma área da Computação Gráfica que permite a introdução do conceito de realidade mista nas nossas vidas diárias. É obtida através da visualização em simultâneo de objectos visuais sintéticos (que são gerados com o auxílio do computador) com os reais, que se encontram ao nosso redor. Graças a esse

efeito, a RA é uma escolha natural em termos de tecnologia para suportar a visualização do design de interiores, permitindo desenvolver produtos diferenciados e inovadores na área do mobiliário.

Neste contexto, dever-se-á considerar uma análise exaustiva à Interação Humano-Computador (IHC), uma vez que esta procura implementar sistemas computacionais eficientes, produtivos, seguros, funcionais e agradáveis, bem como entender a interacção dos utilizadores com esses sistemas. A IHC apresenta, desta forma, grandes contributos que permitem a adaptação do design de tais sistemas que, neste contexto, integra a RA em dispositivos portáteis.

O VRINMOTION permite entrar num imóvel, simular e visualizar em RA, a aplicação de um conjunto de peças de mobiliário, experimentar as respectivas disposições, materiais, cores e acabamentos, de forma simples e rápida. É assim, um projecto que visa oferecer uma experiência imersiva aos utilizadores, permitindo uma pré-visualização de realidade mista da sua própria casa ou de outro espaço interior do seu interesse, inserindo móveis virtuais e diferentes tipos de elementos de decoração. Nesse cenário de utilização, o utilizador final, com o auxílio de óculos especiais (para a RA) e um dispositivo portátil capaz de algum processamento, será capaz de pré-visualizar a decoração da sua casa (enquanto caminha por ela), antes que esta seja mobilada efectivamente. Embora a RA já seja um campo de investigação com algum tempo de existência, estão em aberto muitas questões que devem ser devidamente atendidas para ser possível a criação de uma realidade mista convincente. Algumas destas questões são muito sensíveis no âmbito do projecto VRINMOTION.

Todo o trabalho apresentado insere-se no âmbito do projecto VRINMOTION, co-financiado pelo QREN – I&D em co-promoção, com o nº 13709. Este projecto tem como líder a Meticube - Sistemas de Informação, Comunicação e Multimédia Lda. e inclui como parceiros a SPI - Sociedade Portuguesa de Inovação S. A. e o CCG – Centro de Computação Gráfica.

A secção 2 sintetiza o estado-da-arte em termos de RA e SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*). Ambas as áreas compõem a base científica e técnica do projecto VRINMOTION. A secção 3 apresenta o modelo conceptual e sua descrição técnica. Finalmente, a secção 4 apresenta o resultado da implementação e conclusões alcançados até agora, enquanto a secção 5, o trabalho futuro a ser desenvolvido.

2. Base Científica

O VRINMOTION foi projectado e está a ser desenvolvido tendo em consideração duas principais áreas de visão por computador: 1) RA com marcas e 2) técnicas de SLAM. Estas duas áreas foram consideradas essenciais para alcançar o objectivo principal do VRINMOTION, que é oferecer uma experiência imersiva ao utilizador final, enquanto este visualiza a decoração de um espaço fechado, em tempo real. Esta secção resume o estado-da-arte em ambos os casos e, principalmente, os seus desafios futuros.

2.1. Realidade Aumentada

A RA (Bimber & Raskar, 2005; Lu & Smith, 2007) é uma tecnologia que tem vindo a ser aplicada com sucesso na visualização de produtos, a nível da sua comercialização,

fabricação e design. A avaliação do design de interiores do sector mobiliário envolve usualmente uma pré-visualização do resultado final como prova de conceito. Neste caso, a visualização deve demonstrar de forma convincente que o resultado de um projecto de design se encaixará perfeitamente tanto no espaço como esteticamente no ambiente destino.





	PRÓS	CONTRAS
<p><i>PORTÁTIL E ULTRA PORTÁTIL PC</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de processamento • Capacidades Gráficas • Baseado em janelas • Resolução de ecrã 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso e tamanho • Preço elevado • Consumo de energia
<p><i>PDA/SMARTPHONE</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande mercado • Poder computacional vs tamanho • Conectividade 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de visualização reduzida • Resolução da saída de vídeo
<p><i>CONSOLAS DE JOGO</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades gráficas • Peso & tamanho 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento proprietário • Plataformas fechadas
<p><i>DISPOSITIVOS MULTIMÉDIA</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso & tamanho • Conectividade • Capacidades multimédia 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de visualização reduzida • Desenvolvimento proprietário

Figura 1. Prós e contras dos dispositivos de processamento (Izkara, Pérez, Basogain & Borro, 2007)

De acordo com Ma & Choi (2007) um sistema em RA é normalmente constituído por um grupo de dispositivos de hardware com funcionalidades complementares, ligadas e integradas através de uma plataforma de software. Do ponto de vista do hardware os três principais elementos do sistema são: 1) O dispositivo de processamento; 2) O dispositivo de visualização; 3) O dispositivo de posicionamento. Diferentes situações podem ser atendidas, dependendo do dispositivo de processamento que seja considerado. A figura 1 ilustra a comparação entre alguns dos dispositivos existentes no mercado e que podem ser utilizados.

Para Jonietz (2007) a RA é um meio natural e eficaz para expor o resultado esperado de um determinado projecto de design de interiores, pois permite que seja visualizado no seu contexto e inserido no mundo real. É possível apresentar de forma clara as relações existentes entre os objectos de design e o mundo real. Com a utilização de dispositivos de RA, o utilizador final pode interagir com os objectos de uma forma natural, bem como perceber e compreender facilmente as características do design e avaliar o impacto visual final. Com uma aplicação em RA portátil, o utilizador final pode caminhar pela sua casa ou outro espaço afim e visualizar em simultâneo as peças de mobiliário. O aproveitamento do corpo humano para uma interacção mais natural é, obviamente, um desafio e uma “ferramenta” inovadora. Veja-se que o simples acto de caminhar para os seres humanos é um mecanismo poderoso para auxiliar a percepção tridimensional (Messing & Durgin, 2005).

Autores como Schmalstieg & Wagner (2007) referem que a utilização de marcas visuais é a forma mais trivial de aplicação de RA. A detecção das marcas exige que seja executado constantemente o rastreamento e análise da imagem, além do cálculo estimado do enquadramento da câmara virtual. A aproximação com marcas (figura 2) encontra-se numa situação bastante estável, sendo relativamente simples a geração de RA desta forma.

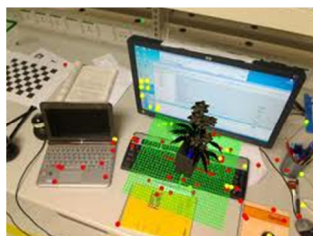
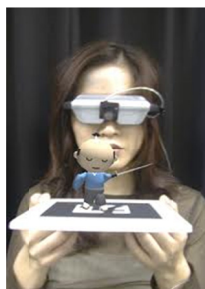


Figura 2. RA com marcas (ARToolkit, 2007) Figura 3. RA sem marcas (Li Yang, 2010)

Outra abordagem menos utilizada para criar visualizações em RA é a sem marcas (figura 3). O objectivo principal neste caso é a obtenção de um método para estimar a posição, orientação e movimento tridimensional de uma câmara virtual a partir das imagens capturadas, utilizando para isso, uma ou mais câmaras de vídeo calibradas, sem a adição de marcas à cena. O sistema de posicionamento é baseado nas imagens capturadas e no reconhecimento e tratamento dessas imagens. Neste processo, há duas tarefas principais: 1) a primeira é a estimativa do enquadramento inicial em que o sistema deve reconhecer a cena e o cálculo da posição da câmara virtual; 2) a segunda é a actualização da posição da câmara virtual e o respectivo enquadramento conforme a câmara de vídeo se move no mundo real. Esta última abordagem pode levar ao uso de técnicas avançadas, designadas por SLAM, que serão discutidas na secção 2.2.

Ao longo dos últimos anos tem crescido de forma significativa o interesse na tecnologia de RA em ambientes desktop. Muitas plataformas têm sido desenvolvidas com diferentes arquitecturas, incluindo a AMIRE (Haller, Stauder, & Zauner, 2004), a Arvika (Friedrich, 2004), a StudierStube (Wagner & Schmalstieg, 2010), a DART (MacIntyre et al., 2003), a DWARF (Sandor & Klinker, 2005) bem como diversas ferramentas de software estão também disponíveis: NyARToolkit (ARToolworks, 2008), ARToolkitPlus (Wagner & Schmalstieg, 2006), SLARToolkit (Schulte, 2010), ATOMIC (Sologicolibre, 2008), IrrAR, OSGART (Looser, Grasset, Seichter & Billinghurst, 2006), etc. Algumas soluções do tipo chave na mão também começam cada vez mais a surgir, embora o custo ainda seja razoavelmente elevado: METAIO (Pentenrieder, Bade, Doil & Meier, 2007), LinceoVR, Total Immersion ou ainda o Layar (Ricketts, 2010).

2.2. Técnicas de Localização e Mapeamento Simultâneos

A técnica de Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM) é uma aproximação bastante difundida (T Bailey & Durrant-Whyte, 2006; Durrant-Whyte T Bailey &, 2006) na área de robótica, sendo utilizada para permitir que os robôs, com o auxílio da visão por computador, sejam capazes de detectar e reconhecer objectos à sua frente.

Como é necessário ainda um grande desenvolvimento e aperfeiçoamento nesta área, os algoritmos em SLAM continuam a ser alvo de intensa pesquisa e consequente aproveitamento na área de RA.

A maioria das aplicações em RA utiliza marcas predefinidas (Chekhlov, Gee, Calway & Mayol-Cuevas, 2007) ou modelos que simplifiquem os algoritmos necessários para o posicionamento e criação de visualizações aumentadas. Essas aplicações impõem restrições sobre as áreas de operação e a própria interactividade. Para um grande número de aplicações em RA, o objectivo é de pré-visualizar objectos físicos. Isto exige sistemas com uma elevada precisão, robustez e interactividade que, em conjunto, podem detectar posições e orientações de ponto de vista, sem nenhum conhecimento prévio. As técnicas de SLAM são técnicas que podem ajudar muito a colmatar esses desafios.

Embora os problemas fundamentais do SLAM estejam a ser intensamente pesquisados em termos de complexidade computacional, no que diz respeito à representação do mapa do espaço visual e à associação dos dados visualizados (T Bailey & Durrant-Whyte, 2006, T. Bailey, 2006) muitas questões ainda permanecem por responder. O desafio mais importante ainda é o desenvolvimento de algoritmos que consigam lidar com a visualização de espaços complexos, amplos e pouco estruturados (Andreasson, Duckett, & Lilienthal, 2007). As dificuldades incluem erros de linearização e detecção devido à pouca estruturação do espaço em si (muitos anteparos, não linearidade da luz, etc.).

Muhammad, Fofi e Ainouz (2009) apresentaram uma extensa classificação do estado-da-arte da visão baseada em técnicas de SLAM em termos de (i) sistemas de imagem utilizados para executar o SLAM, que incluem câmaras individuais, pares estéreo, câmara com múltiplas plataformas e sensores catadióptricos, (ii) características extraídas do ambiente a fim de realizar o SLAM, que incluem informação geométrica, (iii) a inicialização de marcos, que pode ser com ou sem atraso, (iv) técnicas de SLAM utilizadas, que incluem extensões às técnicas de filtragem de Kalman (Yan, Guorong, Shenghua & Lian, 2009), a técnicas inspiradas na biologia como a de RatSLAM, e outras como a de Local Bundle Adjustment, e (v) a utilização de odometria.

Estudos extensos sobre os métodos de SLAM e investigação científica relacionada são apresentados por T Bailey & Durrant-Whyte (2006^a) e T Bailey (2006). Estes autores descreveram os problemas essenciais do SLAM, bem como os recentes avanços em métodos computacionais e em novas formulações do problema de SLAM em grande escala e em ambientes mais complexos. Finalmente, em termos de plataformas, já existem algumas soluções disponíveis, embora em número significativamente menor em comparação com a RA com marcas, sendo a maioria delas, na verdade, bibliotecas que podem ser incluídas no código. Alguns exemplos são dados por: PTAM (Nuetzi, Weiss, Scaramuzza & Siegwart, 2010, Isis Innovation, 2008) SceneLib (Davison, Andrew and Smith, Paul, 2003), Bayes ++ ou FastSLAM 2.0 (Zhang, Meng, & Chen, 2009) para Matlab.

3. Modelo Conceptual e Descrição Técnica

A arquitectura do sistema VRINMOTION irá ser constituída por um módulo de edição (Backoffice) que permitirá a preparação do conjunto de objectos 3D de mobiliário e a sua possível associação com marcas. Por conseguinte, o editor gera um ficheiro XML com essa informação e um módulo de visualização (Rendering/Tracking) que consumirá esse mesmo ficheiro XML, de forma a colocar artificialmente, esses mesmos objectos 3D, no sinal de vídeo de uma câmara incorporada em óculos especiais para RA. Para dar suporte aos módulos de edição e visualização, irá existir uma base de dados que irá guardar objectos 3d, marcas, texturas, parâmetros do sistema e informação de calibração. A figura 4 ilustra a arquitectura do sistema.

Numa primeira abordagem, utilizamos marcas para identificar onde as peças de mobiliário ou decoração devem aparecer no mundo real. Estamos, entretanto, evoluindo para uma aproximação sem marcas, de forma a permitir uma maior flexibilidade na sua utilização. Isto será possível graças à adopção de técnicas de SLAM para identificar adequadamente o espaço e reconstruir um modelo 3D do mesmo.

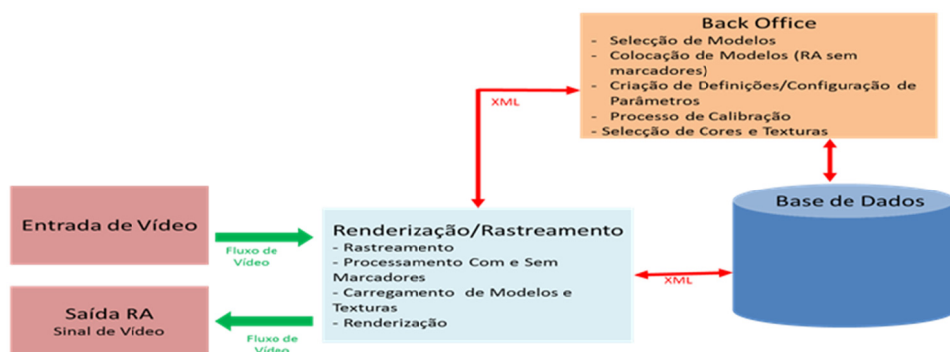


Figura 4. Arquitectura do Sistema VRINMOTION.

Numa fase seguinte, está prevista a detecção dos limites do espaço (da sala ou quarto), sendo esta informação utilizada para identificar o espaço que condiciona o posicionamento de modelos 3D. Para cada elemento do mobiliário ou decoração, deverão ser também identificadas caixas delimitadoras para controlo de sobreposição e oclusão. O visualizador em RA permitirá que o utilizador, de forma interactiva, posicione os modelos no espaço visível, controlando esse posicionamento com base nos limites previamente detectados.

Outro aspecto importante é o realismo visual. A visualização em RA deve representar os objectos tanto mais real quanto possível. Inicialmente foram utilizados os *shaders* da biblioteca gráfica para fazer com que os objectos parecessem mais realistas. No entanto, outras soluções também estão a ser avaliadas, o que inclui ajuste em tempo real do modelo de luz de forma interactiva pelo utilizador ou automaticamente pelo sistema. O uso de sensores de luz seria uma mais-valia em termos de precisão, tendo assim uma calibração mais realista dos *shaders* e da iluminação e sombras. A Figura 5 ilustra a utilização de uma fase experimental do VRINMOTION (com marcas) por um

utilizador final. O utilizador coloca no chão ou numa parede uma marca, que consiste numa figura específica impressa em papel ou numa placa construída para o efeito. Através da câmara de vídeo, a aplicação reconhece essa figura, e determina a posição e orientação em que se encontra relativamente ao utilizador. A partir dessa informação, e com a selecção do objecto por parte do utilizador, a aplicação gera um modelo virtual desse objecto com renderização hiper-realista. O modelo é projectado na superfície dos óculos de forma ao utilizador visualizar o objecto como se ele estivesse realmente na posição em que se encontra a marca. O utilizador ao movimentar-se, irá sempre ver o objecto virtual no mesmo local e com a mesma orientação, definida pela marca. Se desejar mover o objecto virtual, basta-lhe mover a marca.



Figura 5. VRINMOTION. Protótipo inicial de visualização em RA com marcas.

Com o intuito de ser altamente flexível, o VRINMOTION além de incluir o visualizador em RA, inclui também um editor de montagem para RA. Este editor permite a inserção ou exclusão de modelos 3D e de marcas, a associação entre estes e ainda a montagem interactiva de modelos 3D sobre uma foto do espaço do imóvel.

As funcionalidades já disponíveis para o utilizador final dos protótipos do editor e do visualizador são os seguintes: (1) Importação e visualização da imagem do espaço interior; (2) Associação interactiva entre marcas e modelos 3D de mobiliário e decoração; (3) Base de dados para modelos 3D e respectiva visualização e gestão; (4) Base de dados para marcas e respectiva visualização e gestão; (5) Configuração interactiva da cena em RA: área de identificação, número de modelos para mapear, etc; (6) Pré-visualização da cena em RA, através da utilização de imagens capturadas *in loco*.

Esta interface inicial resultou da avaliação dos requisitos. Neste sentido, chegamos à conclusão que o editor deverá ter uma base de dados para marcas e outra para modelos. Também deverá existir uma forma de fazer a associação entre os dois tipos de elementos.

Na base de dados de modelos, os utilizadores poderão carregar modelos OBJ referentes ao mobiliário que pretendam visualizar posteriormente no seu imóvel, a partir de um catálogo. O catálogo estará acessível aos utilizadores via internet (em ficheiro ZIP ou Rar, com uma estrutura bem definida), em formato DVD/CD-ROM ou ainda outro método à escolha. Para este efeito, o editor fornecerá mecanismos de importação e exportação. No entanto, no editor já estarão contemplados alguns exemplos de modelos de mobiliário para utilização imediata.

Na base de dados de marcas existirá uma lista pré-definida de marcas que poderá ser mais flexível, nomeadamente acrescentar outras marcas. O número de marcas pré-definidas será em número suficiente para ser possível criar cenas com vários elementos de mobiliário (número máximo elementos mobiliário = número marcas disponíveis). Uma cena corresponderá a uma lista de associações entre uma marca e um modelo, conforme se pode ver na figura 6 (coluna mais à direita). No final, o visualizador RA irá usar como input um XML, representando esta lista e apresentará todos os modelos de mobiliário associados, quando as respectivas marcas forem detectadas nas imagens capturadas, através do dispositivo de entrada de vídeo disponível nos óculos de RA.

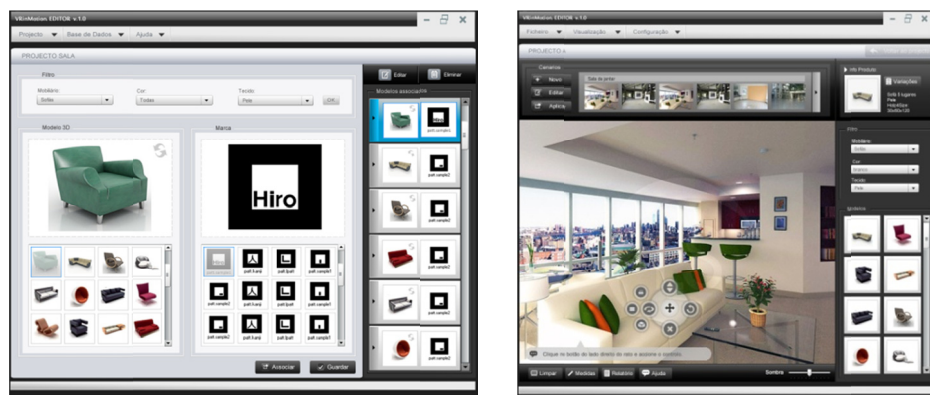


Figura 6. Ecrãs ilustrativos do design da interface gráfica inicial do editor VRINMOTION

Através do editor, o utilizador poderá criar diferentes tipos de cenas, conforme queira visualizar o mobiliário de uma sala, cozinha, quarto, etc, tendo imediatamente uma noção se o mobiliário se integra no espaço a ser visualizado, podendo fazer uma apreciação qualitativa do resultado. O utilizador também pode testar várias alternativas de decoração, criando para isso várias cenas.

3.1. Processo e estudo de Usabilidade

A RA, pela sua complexidade na criação de um ambiente imersivo, apresenta novos desafio à IHC (Interação Humano-Computador) no que respeita à manipulação, selecção e adequação das técnicas para a RA em dispositivos portáteis. Assume-se, deste modo, um novo paradigma no design de interacção, que passa pela evidente valorização e aproveitamento de todo o corpo humano para realizar acções com um sistema (Saffer, 2009), quer seja através do movimento do corpo, quer através do toque e mesmo dos gestos. O design de interacção (Heo, Sahyun & Song, 2007) pretende assim fornecer um suporte às actividades das pessoas, seja no lar ou no trabalho, e criar experiências que melhorem e estendam a maneira como as pessoas trabalham, se comunicam e interagem (Preece, Roger, Sharp & Wiley, 2002).

É neste contexto, que a usabilidade, como uma das principais componentes de estudo IHC, foi um aspecto considerado no projecto VRINMOTION, uma vez que se pretende oferecer ao sector do mobiliário um produto que integre objectos virtuais com o mundo real, usando dispositivos portáteis e fornecendo um alto nível de imersão e realismo.

O sucesso deste projecto depende em grande parte da interacção dos utilizadores finais (designers de interiores, arquitectos, decoradores, cidadão comum, com interesse na decoração, entre outros do ramo mobiliário) de maneira eficiente, eficaz e satisfatória (ISO, 1998) com os dispositivos e conteúdos integrados, permitindo a exploração do ambiente virtual e a modificação dos objectos de forma rápida e fácil.

No âmbito deste projecto, a nível das medidas de usabilidade acima referidas, procura-se responder às seguintes questões: i) Os utilizadores conseguem executar as tarefas e as acções no ambiente real, sendo estas reproduzidas no ambiente virtual, de forma a alcançar os objectivos estabelecidos? (Eficácia: a precisão e completude com que os utilizadores atingem objectivos especificados.); ii) Que esforço é que os utilizadores necessitam para atingir os objectivos definidos? (Eficiência: os recursos gastos em relação à exactidão e integridade com que os utilizadores alcançaram as metas); iii) O que é que os utilizadores pensam sobre a facilidade do uso do produto? (Satisfação: O conforto a aceitabilidade do uso). A figura 7 ilustra a estrutura de usabilidade da ISO 9241 enquadrada neste projecto.



Figura 7. Estrutura da usabilidade. International Organization for Standardization ISO 9241.

A integração da componente de usabilidade neste projecto, coloca os utilizadores no centro do design (user-centered design) do produto e do ciclo de vida do desenvolvimento, apresentando-se também como participantes activos no processo de desenvolvimento. O processo de design para sistemas interactivos, baseia-se na ISO 13407 standard (ISO, 1999), tendo adoptadas cinco fases: 1) Análise: Perceber e o contexto de uso e especificar os utilizadores e as necessidades individuais e organizacionais; 2) Design: Desenvolver o design conceptual e criar protótipos de baixa e alta-fidelidade; 3) Implementação; Implementar uma avaliação heurística e/ou testes empíricos de usabilidade, bem como executar o design de interacção para corrigir problemas; 5) Avaliação: Obter feedback e padrões de uso por parte dos utilizadores finais, assim como monitorizar e controlar a utilização no contexto real de uso.

A primeira fase de análise do projecto contou com um total de 35 participantes (potenciais utilizadores), tendo sido elaborados 3 tipos de guiões, direccionados para cada uma das tipologias: (1) Vendedores/distribuidores; (2) Influenciadores; (3)

Utilizador/consumidor. Os guiões apresentavam entrevistas semi-estruturadas, de respostas abertas, permitindo decompor de forma sistemática as dificuldades, expectativas e necessidades dos entrevistados, e reflectiram a definição dos requisitos do produto. Obteve-se desta forma uma lista de 19 requisitos, posteriormente submetidos a análise do modelo de Kano (Heo, Park, & Song, 2007). Para efeito, foi elaborado o questionário (Kano), de modo a obter uma adequada categorização dos requisitos seleccionados. Neste sentido, os inquiridos foram convidados a classificar cada um dos requisitos segundo uma escala qualitativa (1. Gosto; 2. Tem de ser; 3. Neutral; 4. Posso tolerar; 5. Não gosto), revelando posteriormente como se sentiriam face à ausência e presença de cada um destes requisitos (análise funcional e disfuncional). Os resultados do questionário permitiram a classificação de cada um dos requisitos dentro de uma das seguintes 5 categorias possíveis: Obrigatório, Unidimensional, Atraente, Indiferente ou Questionável.

4. Resultados e Conclusões Relevantes

A primeira versão do protótipo foi implementada em C++ e com IrrAR (Nightsoft company, 2008), biblioteca de código aberto. O editor foi desenvolvido com o Microsoft Visual Studio 2010, tendo como linguagem base C# e utiliza a Framework XNA 4.0. Os modelos estão em formato OBJ, embora possam utilizados outros. Alguns dos modelos foram melhorados (inseridas texturas) no Maya 8.0. As texturas devem ter a mesma resolução (número de *pixels*) para a largura e a altura, sendo evitadas grandes dimensões. Este pormenor é relevante uma vez que a aplicação deve de ser capaz de correr em máquinas com menor poder de processamento e memória. A aplicação está a ser testada em um laptop Toshiba Satellite 500, Intel Core i5-430M (2.26GHz/2.53 Turbo GHz), TFT 13,3 TB "WXGA, 4GB DDR3 1.066MHz, 500GB, NVidia GeForce GT 310M. Para a visualização recorreremos aos óculos para RA, nomeadamente iWear920 da Vuzzix.

Os resultados da avaliação dos requisitos estruturados por categorias (figura 8) contribuíram para a coordenação do design, nomeadamente para a estruturação do conceito base da interface.

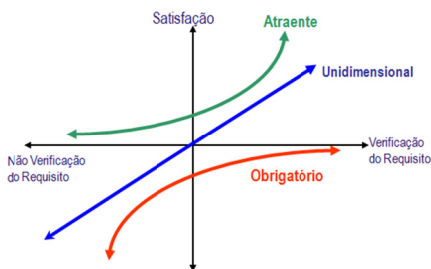


Figura 8. Categorias de requisitos.

Os resultados indicam que o produto VRINMOTION deverá predominantemente: (1) Ser competitivo nos requisitos *Unidimensionais* (requisitos que quanto mais presentes estiverem, maior satisfação geram nos clientes) (2) Permitir “encantar” os clientes,

apostando no preenchimento de alguns dos requisitos *Atraentes* (aqueles que permitirão alcançar diferenciação do novo produto no mercado).

No cruzamento da classificação dos requisitos com a respectiva avaliação de importância, foi possível chegar a um conjunto de requisitos prioritários, listados na figura 10.

Os requisitos prioritários considerados foram: 1) Ser fácil de utilizar; 2) Permitir personalizar/manipular os objectos/mobiliário no momento de apresentação ao cliente; 3) Ser leve e portátil; 4) Permitir alertar algumas dimensões do mobiliário/objectos em tempo real; 5) Conseguir transmitir os pormenores de acabamento; 6) Ser compatível com o software mais utilizado na área; 7) Ter alta qualidade de visualização – foto realismo; 8) Apresentar a escala real dos objectos e dos espaços; 9) Projectar catálogos virtualmente; 10) Permitir visualização simultânea pelo utilizador e técnico de apoio; 11) Permitir simular iluminações, sombras e reflexos; 12) Não ter fios.

Destacamos alguns aspectos relevantes quanto às expectativas dos potenciais utilizadores, nomeadamente a facilidade e simplicidade do sistema VRINMOTION, a interacção com os objectos sintéticos do mobiliário. Outro aspecto a realçar é a necessidade da ergonomia do sistema, visto que segundo os participantes, este deverá ser compacto, leve e portátil, não comprometendo, desta forma, o desempenho do mesmo.

Requisito	Categorias de requisitos/Nº de respostas					Categoria predominante
	Atraente	Obrigatório	Unidimensional	Questionável	Indiferente	
Permitir personalizar/manipular os objectos/mobiliário no momento de apresentação ao cliente (ex: rodar/movimentar objectos, mudar cor/material)	5	9	20		1	Unidimensional
Permitir simular iluminações(tipo, localização, etc), sombras e reflexos	14	4	11	1	5	Atraente
Ter como interface um dispositivo táctil (ex: tablet iPad ou semelhante)	10	2	10		13	Indiferente
Ser fácil de utilizar	3	7	18		7	Unidimensional
Ser leve e portátil	8	3	13	2	9	Unidimensional
Conseguir transmitir os pormenores de acabamento	6	4	16	1	8	Unidimensional
Ser compatível com os softwares mais utilizados na área (autodesk, solidworks, adobe)	5	5	17		8	Unidimensional
Simular a funcionalidade e interior dos objectos/mobiliário	15	1	16		3	Unidimen. Atraente
Ter alta qualidade de visualização - fotorealismo	7	4	19		5	Unidimensional
Não ter fios	13	3	9	1	9	Atraente
Ser de funcionamento imediato	10	4	13		8	Unidimensional
Permitir visualizar um objecto a 360º	10	6	16		3	Unidimensional
Ser de processamento rápido	8	6	16		5	Unidimensional
Armazenar histórico de visualizações de cada utilizador (produtos visualizados)	8	1	11		15	Indiferente
Apresentar informações complementares e técnicas (ex.: designação produto, cor, preço, tipo material)	13	2	9		11	Atraente Indifer.
Apresentar a escala real dos objectos/mobiliário e dos espaços	5		18	8	4	Unidimensional
Permitir visualização simultânea pelo utilizador e técnico de apoio	12	4	10		9	Atraente Unidim.
Projectar catálogos virtualmente (apresentação sequencial de produtos à escala real em 3D)	16	4	10		5	Atraente
Permitir alterar algumas dimensões do mobiliário/objectos em tempo real (altura, largura, profundidade)	10	9	12	1	3	Unidim. Atraent

Figura 10. Resultados da avaliação de requisitos do projecto VRINMOTION.

5. Trabalho Futuro

O trabalho futuro contempla a geração de RA no visualizador utilizando a abordagem sem marcas, a implementação das demais funcionalidades pendentes no editor e a melhoria das interfaces com o utilizador final, como um todo. Essa melhoria será baseada nos resultados obtidos a partir da avaliação do estudo de usabilidade, inserido em todas as fases de desenvolvimento do produto.

Nesta fase do projecto, após a avaliação dos resultados da primeira etapa de análise, que reflectiu o desenvolvimento conceptual e criação dos protótipos iniciais, segue-se a implementação de uma avaliação heurística (inspecção da interface com especialista da área) e testes empíricos de usabilidade (com potenciais utilizadores finais), de forma a se avançar com a execução do design de interacção para corrigir possíveis problemas detectados.

A nível de tecnologia, pretende-se avaliar a utilização do VRINMOTION em plataformas com características técnicas bem distintas – óculos de RA e Pads.

Alguns dos principais desafios futuros incluem a representação gráfica com razoável realismo, dos objectos a serem inseridos na imagem captada do mundo real. Como a iluminação no mundo real não pode ser totalmente controlada ou prevista, o modelo sintético é processado de acordo com um modelo fixo de iluminação, que pode não coincidir com o que realmente existe no mundo real (posição das fontes de luz, intensidade, orientação, cor, etc.). Outra questão sensível é que o factor de escala do modelo sintético que deve ser processado de acordo com a posição e distância do ponto de vista do utilizador final e proporcional ao tamanho dos objectos reais que estejam próximos. Estes aspectos devem ser devidamente controlados. A oclusão das marcas pode causar efeitos indesejáveis e a capacidade de processamento do hardware pode trazer graves impactos no desempenho global do sistema (cintilação da imagem e instabilidade), especialmente quando o objecto sintético apresenta um elevado grau de detalhe.

Em termos de RA sem marcas, muitos outros desafios ainda podem ser adicionados. Como o reconhecimento de formas e/ou posições deve ocorrer de forma automática, a exigência e complexidade algorítmica ainda constitui uma grande limitação técnica.

Referências

- Andreasson, H, T Duckett, and A Lilienthal. (2007). Mini-SLAM: Minimalistic Visual SLAM in Large-Scale Environments Based on a New Interpretation of Image Similarity. In *Robotics and Automation 2007 IEEE International Conference on*, no. April: 4096-4101. doi:10.1109/ROBOT.2007.364108.
- ARToolworks (2008). NyARToolkit. ARToolKit Class Library for Java/C#/Android. Disponível em: <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki/index.php?FrontPage.en>. Acedido a 27-5-2011.
- ARToolkit (2007). ARToolkit. Disponível em <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>. Acedido a 30-5-2011.
- Bailey, T, and H. Durrant-Whyte. (2006). Simultaneous localization and mapping (SLAM): part II. Ed. Bruno Siciliano and Oussama Khatib. *IEEE Robotics Automation Magazine* 13, no. 3: 108-117. doi:10.1109/MRA.2006.1678144.
- Bailey, Tim. (2006) FastSLAM. Disponível em: http://www-personal.acfr.usyd.edu.au/tbailey/software/slam_simulations.htm. Acedido a 7-9-2010.
- Bimber, Oliver, and Ramesh Raskar. (2005). Spatial augmented reality: Merging real and virtual worlds. *Scientist*. Vol. 6. AK Peters Ltd. doi:10.1260/147807708784640126.
- Chekhlov, Denis, Andrew P Gee, Andrew Calway, and Walterio Mayol-Cuevas. (2007). Ninja on a Plane: Automatic Discovery of Physical Planes for Augmented Reality Using Visual SLAM. 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality: 1-4. doi:10.1109/ISMAR.2007.4538840.

- Davison, Andrew and Smith, Paul (2003). SceneLib: C++ library for SLAM. Disponível em: <http://www.doc.ic.ac.uk/~ajd/Scene/>. Acedido a 27-5-2011.
- Durrant-Whyte, H, and T Bailey. (2006.) Simultaneous localization and mapping: part I. IEEE Robotics Automation Magazine 13, no. 2: 99-110. doi:10.1109/MRA.2006.1638022.
- Friedrich, W. (2004). ARVIKA: Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service. VCH.
- Haller, Michael, Erwin Stauder, and Juergen Zauner. (2004). AMIRE-ES: Authoring Mixed Reality once, run it anywhere. Virtual Reality.
- Heo, Jeongyun, Sanhyun Park, and Chiwon Song. (2007). A Study on the Improving Product Usability Applying the Kano's Model of Customer Satisfaction. In Human-Computer Interaction, 4550:482-489. Springer.
- International Organization for Standardization. (1998). ISO 9241-11:1998 - Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on Usability.
-
- _____. (1999). ISO 13407:1999 - Human-centred design processes for interactive systems. Disponível em http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=21197. Acedido a 14-02-2011.
- Isis Innovation (2008).PTAM: Parallel Tracking and Mapping. Disponível em: <http://www.robots.ox.ac.uk/~gk/PTAM/>. Acedido a 7-9-2010.
- Jonietz, Erika. (2007). Special Reports: 10 Emerging Technologies, MIT Technology Review. Disponível em: http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?ch=specialsections&sc=emerging&id=18291. Acedido a 02-04-2009.
- José Luis Izgara, Juan Pérez, Xabier Basogain and Diego Borro. (2007). Mobile augmented reality, an advanced tool for the construction sector. Proceedings of the 24th W78 Conference, Maribor, Slovenia, pp. 190-202.
- Li Yang (2010). Augmented Reality and Human Computer Interaction, <http://www.cad.zju.edu.cn/home/liyang/AR&HCI.html>. Acedido a 27-5-2011.
- Looser, J., Grasset, R., Seichter, H., Billinghurst, M. (2006) OSGART - A Pragmatic Approach to MR. Santa Barbara, CA, USA: 5th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 06): Industrial Workshop, 22-25 Oct 2006. <http://hdl.handle.net/10092/2370>, Acedido a 27-5-2011.
- Lu, Yuzhu, and Shana Smith. (2007). Augmented Reality E-Commerce Assistant System: Trying While Shopping. In Human-Computer Interaction, 4551:643-652. Springer.
- Ma, Jung Yeon, and Jong Soo Choi. (2007). The Virtuality and Reality of Augmented Reality. Journal of Multimedia 2, no. 1: 32-37. doi:10.4304/jmm.2.1.32-37.

- MacIntyre, B, M Gandy, J Bolter, S Dow, and B Hannigan. (2003). DART: the Designer's Augmented Reality Toolkit. In The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2003 Proceedings, 329-330. IEEE Comput. Soc. doi:10.1109/ISMAR.2003.1240744.
- Messing, Ross, and Frank H Durgin. (2005). Distance Perception and the Visual Horizon in Head-Mounted Displays. *ACM Transactions on Applied Perception* 2, no. 3: 234-250. doi:10.1145/1077399.1077403.
- Muhammad, Naveed, David Fofi, and Samia Ainouz. (2009). Current state of the art of vision based SLAM. *Proceedings of SPIE* 7251: 72510F-72510F-12. doi:10.1117/12.805839.
- Nielsen, J. (2005). Ten Usability Heuristics. Disponível em: http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html. Acedido a 26-12-2007
- Nighsoft company (2008). IrrAR: Irrlicht & Augmented Reality. Disponível em: <http://www.irrlicht3d.org/pivot/entry.php?id=814>. Acedido a 8-9-2010.
- Nuetzi, Gabriel, Stephan Weiss, Davide Scaramuzza, and Roland Siegwart. (2010). Fusion of IMU and Vision for Absolute Scale Estimation in Monocular SLAM. In *Journal of Intelligent Robotic Systems*, 61:287-299. doi:10.1007/s10846-010-9490-z.
- Pentenrieder, Katharina, Christian Bade, Fabian Doil, and Peter Meier. (2007). Augmented Reality-based factory planning - an application tailored to industrial needs. 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality: 1-9. doi:10.1109/ISMAR.2007.4538822.
- Preece, J, Yvonne Roger, Helen Sharp, and N J John Wiley. (2002). Book review of *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. *Human-Computer Interaction*: 264-266.
- Ricketts, Camille. (2010). Layar to bring its augmented reality to one-third of global smartphones. *VentureBeat*. Disponível em: <http://venturebeat.com/2010/06/18/layars-augmented-reality-footprint-grows-to-one-third-of-global-smartphones/>. Acedido a 14-01-2011.
- Saffer, D. (2009). *Designing Gestural Interfaces. Introducing Interactive Gestures*. CA: O'Reilly Media, Inc. Disponível em: http://www.designinggesturalinterfaces.com/samples/interactivegestures_ch1.pdf. Acedido a 03-01-2010.
- Sandor, Christian, and Gudrun Klinker. (2005). A rapid prototyping software infrastructure for user interfaces in ubiquitous augmented reality. *Personal and Ubiquitous Computing* 9, no. 3: 169-185. doi:10.1007/s00779-004-0328-1.
- Schmalstieg, Dieter, and Daniel Wagner. (2007). Experiences with Handheld Augmented Reality. 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality 07pp, no. -16: 1-13. doi:10.1109/ISMAR.2007.4538819.
- Schulte, René. (2010). SLARtoolkit. Silverlight Augmented Reality Toolkit. Disponível em: <http://slartoolkit.codeplex.com>. Visitado a 27-5-2011.

- Sologicolibre org. (2008). ATOMIC Authoring Tool. Disponível em: <http://www.sologicolibre.org/projects/atomic/en/>. Visitado a 27-5-2011.
- Wagner, Daniel, and Dieter Schmalstieg. (2006). ARToolkit Plus. Disponível em http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/artoolkitplus.php. Acedido a 21-03-2010.
- Yan, Jiang, Liu Guorong, Luo Shenghua, and Zhou Lian. (2009). A Review on Localization and Mapping Algorithm Based on Extended Kalman Filtering. 2009 International Forum on Information Technology and Applications 2: 435-440. doi:10.1109/IFITA.2009.284.
- Zhang, Liang, Xu-Jiong Meng, and Yao-Wu Chen. (2009). Convergence and consistency analysis for FastSLAM. In 2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 447-452. IEEE. doi:10.1109/IVS.2009.5164319.