

# SVR2011

XIII Symposium on Virtual  
and Augmented Reality

## Pre-Symposium



May 23-26.2011

Uberlândia - Minas Gerais - Brazil

# Realidade Virtual e Aumentada: *Aplicações e Tendências*

**SVR  
2011**

---

**XIII SIMPÓSIO DE  
REALIDADE VIRTUAL E  
AUMENTADA**

Livro do  
Pré-Simpósio

23 a 26 de maio de 2011  
Uberlândia-MG - Brasil

**Editora**  
Sociedade Brasileira de  
Computação - SBC

**Organizadores**  
Marcos Wagner S. Ribeiro  
Ezequiel Roberto Zorjal

**Realização**  
Universidade Federal de Uberlândia  
Grupo de Realidade Virtual e Aumentada

**Promoção**  
Sociedade Brasileira de Computação - SBC

© 2011 pelos editores e autores

Todos os direitos reservados pelos respectivos detentores

Figuras e citações referenciadas: direitos reservados aos respectivos detentores

*Projeto Gráfico*

Marcos Wagner de Souza Ribeiro  
Ezequiel Roberto Zorzal

***Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências***

**Marcos Wagner S. Ribeiro, Ezequiel Roberto Zorzal - organizadores. – Uberlândia - MG,  
Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Uberlândia-MG, 2011.  
“Livro do pré-simpósio, XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality”**

**Bibliografia.**

**1. Realidade Virtual, Realidade Aumentada I.  
Ribeiro, Marcos II. Zorzal, Ezequiel**

**ISSN 2177-6768**

**Índice para catálogo sistemático:**

**1. Realidade Virtual e Aumentada: Ciência da Computação 006**

Este livro foi especialmente editado, para formato eletrônico, a partir de conteúdos desenvolvidos para as palestras do pré-simpósio do *XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality*, realizado em Uberlândia, Minas Gerais de 23 a 26 de maio de 2011, promovido pela Sociedade Brasileira de Computação e organizado pelo Grupo de Realidade Virtual e Aumentada do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

# SUMÁRIO

## Capítulo 1

Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada ----- 08

## Capítulo 2

Interfaces Tangíveis: Conceitos, Arquiteturas, Ferramentas e Aplicações ----- 25

## Capítulo 3

Realidade Virtual e Aumentada em Ações de Marketing ----- 44

## Capítulo 4

Uso do FLARToolKit no E-commerce ----- 58

## Capítulo 5

Desenvolvendo aplicações de RVA para saúde: imersão, realismo e motivação ----- 81

## Capítulo 6

Como tornar aplicações de realidade virtual e aumentada, ambientes virtuais e sistemas de realidade mista mais imersivos ----- 95

## Capítulo 7

Sistemas Distribuídos de Realidade Virtual e Aumentada ----- 112

## Capítulo 8

Aplicações Adaptativas de Visualização de Informações com  
Realidade Aumentada ----- |31

## Organização



## Promoção



# PREFÁCIO

Inicialmente, o principal objetivo do Pré-Simpósio era oferecer um curso rápido e abrangente sobre os conceitos e tecnologias das áreas de Realidade Virtual e Aumentada, de tal forma a estabelecer um repertório básico que ajudasse o participante a melhor aproveitar tudo o que seria exibido e discutido ao longo dos três dias de atividades principais do SVR. Criado, desenvolvido e apresentado por professores e pesquisadores da comunidade de Realidade Virtual e Aumentada, o Pré-Simpósio oferecia aos participantes um material complementar que cobria os principais conceitos e tecnologias da área. No SVR 2010 o Pré-Simpósio deu origem a uma nova vertente, a qual considera que as informações disponíveis nos mais diversos meios de comunicação, como por exemplo, na Internet, contribuem para atrair novos pesquisadores e os auxiliam na sua formação básica. Em resumo, esta nova vertente considera que os profissionais, pesquisadores, educadores e estudantes, já chegam ao evento com uma base mínima de conhecimentos nas áreas relacionadas.

Sendo assim, com o intuito de continuar a democratização e a disseminação do conhecimento sobre Realidade Virtual e Aumentada, o tema principal do Pré-Simpósio 2011 é "Aplicações e Tendências". Os conteúdos abordam conceitos básicos e experiências práticas motivacionais e inovadoras.

Este livro foi editado com base no texto das apresentações do Pré-Simpósio e trouxe como temas:

**1 - Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada**

**2 - Interfaces Tangíveis: Conceitos, Arquiteturas, Ferramentas e Aplicações**

**3 - Realidade Virtual e Aumentada em Ações de Marketing**

**4 - Uso do FLARToolKit no E-commerce**

**5 - Desenvolvendo aplicações de RVA para saúde: imersão, realismo e motivação**

**6 - Como tornar aplicações de realidade virtual e aumentada, ambientes virtuais e sistemas de realidade mista mais imersivos**

**7 - Sistemas Distribuídos de Realidade Virtual e Aumentada**

**8 - Aplicações Adaptativas de Visualização de Informações com Realidade Aumentada**

A intenção é que este livro seja uma referência para profissionais, pesquisadores e estudantes da área, bem como iniciantes e profissionais de outras áreas do conhecimento. Aproveitem e apreciem o conteúdo deste trabalho!

Organizadores

Marcos Wagner S. Ribeiro

[marcos.wagner@yahoo.com.br](mailto:marcos.wagner@yahoo.com.br)

Ezequiel Roberto Zorزال

[ezorzal@unifesp.br](mailto:ezorzal@unifesp.br)



# *Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências*

---

# Capítulo

# 1

## Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada

Claudio Kirner e Tereza Gonçalves Kirner

### *Abstract*

*This chapter discusses the origins and evolution of virtual reality and augmented reality. Initially, basic concepts are presented on the subject, including interaction, two-dimensional and three-dimensional interfaces. Next, we present the evolution of virtual reality and augmented reality in a historical perspective. Then, the evolution of the area is presented in a technological perspective. The technologies of virtual reality and augmented reality, throughout their evolution, have contributed to the emergence of important technological innovations for the business environment and social innovations that can generate real benefits for the people, nationally and globally.*

### *Resumo*

*Este trabalho aborda as origens e a evolução da realidade virtual e da realidade aumentada. Inicialmente, são apresentados conceitos fundamentais referentes ao tema, incluindo interação, interfaces bidimensionais e tridimensionais. Em seguida, é apresentada a evolução da realidade virtual e da realidade aumentada sob uma perspectiva histórica. Depois, a evolução da área é apresentada sob uma perspectiva tecnológica. As tecnologias de realidade virtual e de realidade aumentada, ao longo de sua evolução vêm contribuindo para o surgimento de inovações tecnológicas importantes para ao ambiente empresarial e de inovações sociais capazes de gerar benefícios efetivos para a população, a nível nacional e mundial.*

### **1. Introdução**

**Realidade Virtual e Aumentada** são tecnologias dependentes de processamento em tempo real e, por isso, são influenciadas pela evolução da computação, tanto do ponto de vista do hardware quanto do software. Além disso, pelo fato de terem sido criadas há varias décadas, suas definições acabaram sendo modernizadas, em função de fatores mais recentes, como a multiplicidade de plataformas e a viabilização de

softwares capazes de tratar elementos multisensoriais. O que antes se restringia a computadores de grande porte e a aplicações de computação gráfica, foi atualmente expandido para microcomputadores, plataformas móveis e Internet, envolvendo aplicações gráficas, sonoras, gestuais e de reação de tato e força.

Neste contexto, este capítulo discute as origens e a evolução das aplicações de realidade virtual e aumentada, apresentando uma perspectiva histórica e discutindo aspectos relevantes, como fundamentos teóricos, características multisensoriais, plataformas, ferramentas de autoria, dispositivos, etc. A seção 2 aborda conceitos relativos a realidade virtual, realidade aumentada e virtualidade aumentada. A seção 3 apresenta a evolução da realidade virtual e aumentada, sob os enfoques histórico e tecnológico. Por fim, as conclusões do trabalho são destacadas na seção 4.

## 2. Conceitos

Realidade virtual, realidade aumentada e suas variações representam técnicas de interface computacional que levam em conta o espaço tridimensional. Nesse espaço, o usuário atua de forma multisensorial, explorando aspectos deste espaço por meio da visão, audição e tato. Conforme a tecnologia disponível, é possível também explorar o olfato e o paladar. Percepções corpóreas, como frio, calor e pressão, estão incluídas no tato, através da pele.

Antes do surgimento da realidade virtual e aumentada, as interfaces computacionais se restringiam ao espaço bidimensional da tela do monitor, viabilizando aplicações multimídia com textos, imagens, sons, vídeos e animações.

Apesar das diferenças dimensionais, tanto a multimídia quanto a realidade virtual e aumentada têm elementos comuns, como interações multisensoriais e processamento em tempo real.

Como a visão é o sentido preponderante nas pessoas e a evolução dos computadores privilegiou o monitor como principal elemento de renderização de informações, várias definições de interfaces avançadas enfatizaram o aspecto gráfico das aplicações, assim como as aplicações que sempre buscaram algoritmos de computação gráfica simples e eficientes.

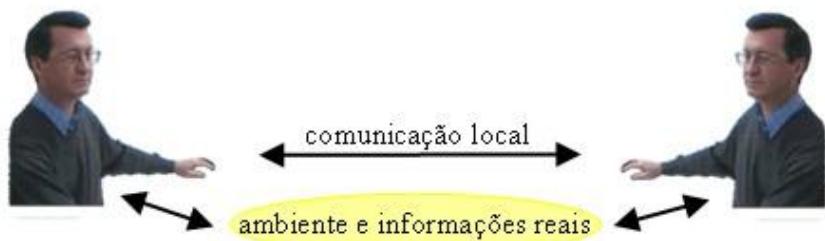
### 2.1. Interações e Interfaces do Usuário

Nos primórdios da evolução tecnológica, o homem dispunha de poucos dispositivos que o ajudavam a interagir com o mundo e com as informações de forma natural, usando seus sentidos em ações elementares como acionar uma alavanca ou apertar um botão.

Com o aparecimento dos computadores, as interações do usuário com a máquina tornaram-se complexas, exigindo o conhecimento da estrutura do computador, de seus circuitos e de seu software básico. Como os primeiros computadores eram muito lentos e limitados, o usuário emitia comandos e esperava os resultados, não havendo diálogo ou interação humano-computador em tempo real. O avanço das tecnologias de hardware e software viabilizou a produção de computadores mais complexos e potentes, exigindo conhecimento técnico especializado por parte do usuário.

Com a utilização de redes de computadores e de comunicação, os sistemas computacionais passaram a ser variados, integrados e evoluídos, permitindo a interação do usuário com o computador de qualquer lugar e de forma transparente (sem perceber sua presença) focando assim a informação.

Nesse contexto, identificam-se três fases de evolução [Kirner e Kirner 2009], sendo que a primeira aconteceu antes dos computadores, quando os recursos e alternativas eram mais simples (Figura 1).



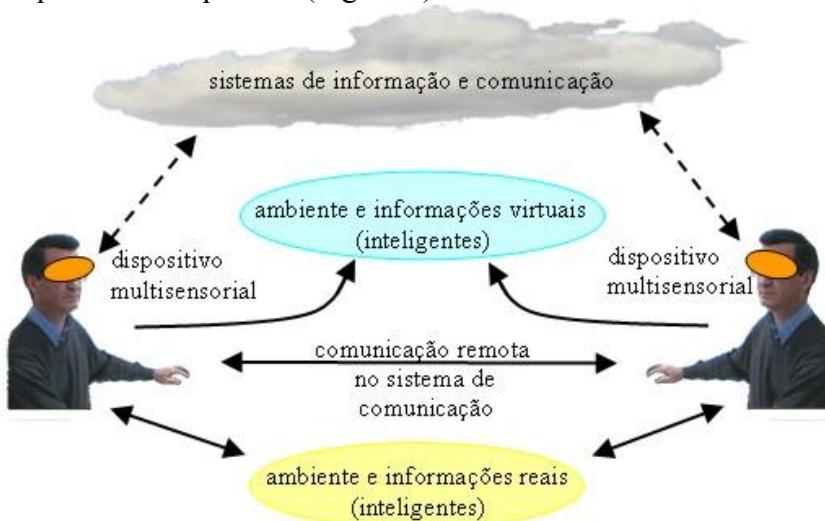
**Figura 1. A Interação do usuário sem a presença dos computadores**

A segunda fase ocorreu, quando os usuários precisavam conhecer os computadores para utilizá-los e usufruir de seus benefícios (Figura 2).



**Figura 2. A Interação do usuário com a percepção dos computadores**

A terceira fase surgiu, quando os computadores passaram a atuar nos bastidores de forma transparente e onipotente (Figura 3).



**Figura 3. A Interação do usuário sem a percepção dos computadores**

A interação humano-computador surgiu nos primeiros computadores, através de comandos digitados, constituindo interfaces baseadas em comandos de texto, como ocorreu mais tarde nos microcomputadores usando o sistema DOS. Nesse ambiente, era necessário que o usuário conhecesse a máquina e que digitasse os comandos. Em seguida, surgiram ambientes baseados em menus, que exigiam o conhecimento da máquina, mas permitiam ao usuário escolher os comandos de uma lista previamente definida, como ocorre com os sistemas baseados em janelas. O uso da multimídia passou a ocorrer nessa fase, aproveitando a maior potência dos computadores e monitores de melhor qualidade. Surgiram também, nessa fase, as tecnologias de

interação tridimensional, como a realidade virtual e a realidade aumentada que, necessitando de máquinas e dispositivos melhores, só ganharam impulso, a partir da década de 1990.

Mais recentemente, os dispositivos computacionais ligados à Internet e a outros sistemas de comunicação, associados a tecnologias de interação tridimensional e fazendo uso intensivo de inteligência artificial, estão viabilizando uma nova tecnologia de interação denominada hiper-realidade [Tiffin and Terashima 2001].

## 2.2. Interfaces no Espaço Bidimensional

As interfaces, em ambientes bidimensionais (2D), utilizam tradicionalmente o espaço do monitor ou de projeção em tela ou equivalente, para visualização, além de sons, constituindo o que se conhece por multimídia.

A interação com a aplicação ocorre com o apoio de teclado ou mouse, permitindo que o usuário atue indiretamente em pontos ou espaço da tela do monitor ou de projeção. Recentemente, as interações tangíveis aplicadas diretamente na tela do monitor ou de projeção, através da técnica *touch screen*, vêm crescendo, em função de suas facilidades e funcionalidades. As interações com o computador, por meio de diálogo verbal, ainda estão em estágio inicial, mas são promissoras para facilitar o acionamento e controle das aplicações computacionais.

Aplicações multimídia utilizam interfaces em ambientes 2D.

### 2.2.1. Multimídia

Multimídia consiste na integração, controlada por computador, de textos, gráficos, vídeos, animações, áudio e outras mídias capazes de armazenar, transmitir e processar informações de forma digital [Marshall 2001].

Incorporando a interação à definição de multimídia, tem-se que: Multimídia é a integração controlada por computador de informações, sob a forma de imagens estáticas e dinâmicas e de sons, acionadas e controladas no espaço bidimensional da tela do monitor ou da tela de projeção, usando dispositivos de acesso direto ou indireto.

Aplicações multimídia são potentes e simples de usar, mas restringem as ações do usuário à tela do monitor ou da projeção, usando uma única janela ou múltiplas janelas sobrepostas ou espalhadas.

A multimídia apresenta características como:

- utiliza informações pré-gravadas ou capturadas em tempo real;
- enfatiza a qualidade de: imagem, som, etc.;
- manipula grande quantidade de dados, exigindo processos de compressão;
- promove a atuação do usuário no espaço 2D;
- utiliza computadores com boa capacidade de processamento gráfico e sonoro;
- exige certo grau de adaptação e treinamento para familiarizar-se com a aplicação.

Ainda hoje, a grande maioria das aplicações computacionais utiliza multimídia.

## 2.3. Interfaces no Espaço Tridimensional

Para vencer a barreira da interação no espaço 2D, surgiram as tecnologias interativas tridimensionais (3D), que permitem ao usuário manipular informações em um espaço semelhante ao espaço real, vendo, ouvindo e interagindo em três dimensões.

A realidade virtual apareceu como uma primeira opção de interface 3D, propiciando ao usuário interações naturais, com o uso das mãos em ambientes virtuais renderizados na tela do monitor, em projeções em tela, ou em projeções nos olhos,

através de capacetes de realidade virtual (*Head Mounted Display – HMD*). No entanto, para que o usuário consiga interagir com o mundo virtual, é necessário o uso de dispositivos especiais multisensoriais, como luvas com rastreadores, dispositivos com reação de tato e força, mouses 3D, óculos estereoscópicos, fones de ouvido ou auto-falantes com sons espaciais, etc. [Bowman 2005].

Surgiram também outras variações e evoluções da realidade virtual como: realidade aumentada, virtualidade aumentada e hiper-realidade.

### 2.3.1. Realidade Virtual

A realidade virtual surgiu, em 1963, nos Estados Unidos, quando Ivan Sutherland desenvolveu uma aplicação denominada Sketchpad [Sutherland 1963], que permitiu a manipulação de figuras tridimensionais no monitor de um computador, em tempo real.

Uma definição de realidade virtual é: “realidade virtual é uma interface computacional avançada que envolve simulação em tempo real e interações, através de canais multisensoriais” [Burdea e Coiffet 1994]. Outra definição, mais específica é: “realidade virtual é uma interface computacional que permite ao usuário interagir em tempo real, em um espaço tridimensional gerado por computador, usando seus sentidos, através de dispositivos especiais” [Kirner 2011]. O usuário pode perceber o mundo virtual, através de uma janela constituída pela tela do monitor ou pela tela de projeção ou ser inserido no mundo virtual, através de capacete (HMD) ou de salas com multiprojeção (cavernas) e dispositivos de interação.

A realidade virtual implementada no modo janela é denominada não imersiva, enquanto que a implementação baseada em capacete (HMD) ou salas de multiprojeção e em outros dispositivos multisensoriais é denominada imersiva (Figura 4).

Desta maneira, a realidade virtual não imersiva transporta o usuário parcialmente para o domínio da aplicação, preservando seu senso de presença no mundo real, enquanto atua no mundo virtual. A realidade virtual imersiva, por sua vez, transporta o usuário totalmente para o domínio da aplicação, fazendo com que ele se sinta completamente imerso no mundo virtual, interagindo com seus objetos e sentindo suas reações, através dos dispositivos multisensoriais.



**Figura 4. Realidade virtual não imersiva e imersiva**

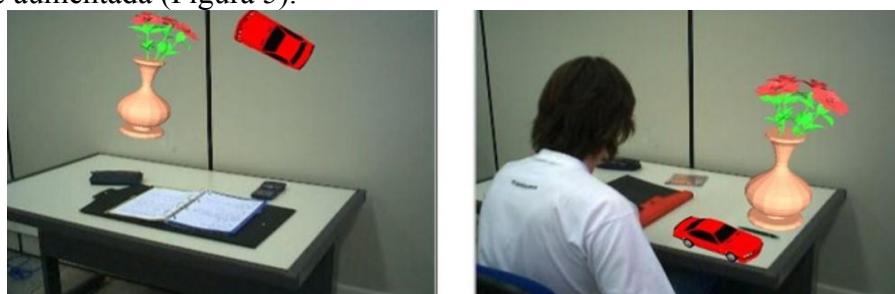
A realidade virtual apresenta características como:

- trabalha com informações multisensoriais (imagens dinâmicas, sons espaciais, reação de tato e força, etc.) produzidas e manipuladas em tempo real;
- prioriza a interação em tempo real, em detrimento da qualidade das informações, se for necessário;
- exige alta capacidade de processamento gráfico, sonoro e háptico;
- usa técnicas e recursos para processamento gráfico, sonoro e háptico em tempo real;

- promove a atuação do usuário no espaço 3D;
- utiliza dispositivos especiais para interação multisensorial;
- exige adaptação e treinamento do usuário para ajustar-se ao mundo virtual.

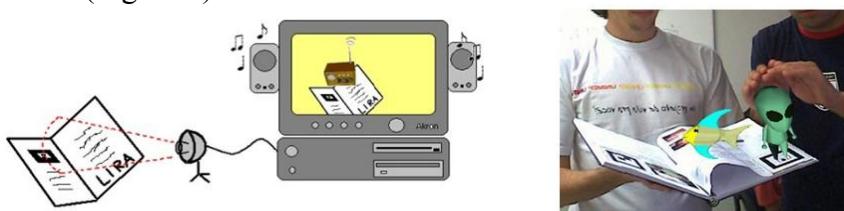
### 2.3.2. Realidade Aumentada e Virtualidade Aumentada

Embora o termo realidade misturada seja pouco utilizado, ele define uma interface baseada na sobreposição de informações virtuais geradas por computador (imagens dinâmicas, sons espaciais e sensações hapticas) com o ambiente físico do usuário, percebida através de dispositivos tecnológicos. Quando as informações virtuais são trazidas para o espaço físico do usuário, que usa suas interações naturais, tem-se a realidade aumentada (Figura 5).



**Figura 5. Posicionamento dos objetos virtuais no ambiente de realidade aumentada**

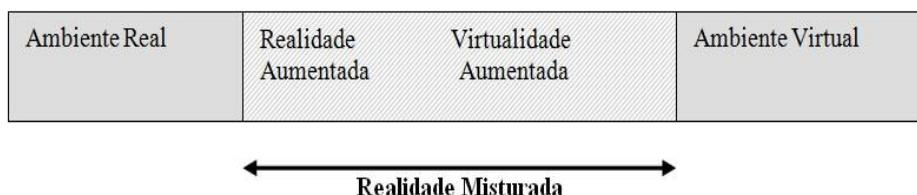
Uma maneira de trazer os objetos virtuais para o espaço físico do usuário é usando uma *webcam* que captura as imagens dinâmicas do ambiente físico, deixando que o computador introduza elementos virtuais nessas imagens e mostre o resultado para o usuário em monitores, projeções ou capacetes, gerando a sensação de realismo ao ambiente híbrido (Figura 6).



**Figura 6. A Aplicação de realidade aumentada com *webcam* e marcador**

Quando as informações reais são levadas para o mundo virtual, através de representações realistas, prevalecendo as interações virtuais, tem-se a virtualidade aumentada.

Essas duas situações podem ser vistas na Figura 7, que mostra o diagrama de Milgram, denominado *Reality-Virtuality Continuum* [Milgram 1994].



**Figura 7. Transição entre realidade e virtualidade [Milgram 1994]**

- **Realidade Aumentada**

As bases da realidade aumentada surgiram na década de 1960, com o pesquisador Ivan Sutherland, que prestou duas contribuições principais: a) escreveu um artigo, vislumbrando a evolução da realidade virtual e seus reflexos no mundo real [Sutherland 1965]; b) desenvolveu um capacete de visão ótica direta rastreado para visualização de objetos 3D no ambiente real [Sutherland 1968].

No entanto, só na década de 1980 é que surgiu o primeiro projeto de realidade aumentada, desenvolvido pela Força Aérea Americana, consistindo em um simulador de *cockpit* de avião, com visão ótica direta, misturando elementos virtuais com o ambiente físico do usuário [Kirner 2008].

Diferentemente da realidade virtual, que procura transportar o usuário para o ambiente virtual, a realidade aumentada mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, por meio de algum dispositivo tecnológico. Assim, a interação do usuário com os elementos virtuais ocorre de maneira natural e intuitiva, sem necessidade de adaptação ou treinamento.

Azuma (1997) definiu realidade aumentada como um sistema que apresenta três características: combina o real com o virtual; é interativa em tempo real; e ajusta os objetos virtuais no ambiente 3D.

De outra maneira, realidade aumentada pode ser definida como o enriquecimento do mundo real com informações virtuais (imagens dinâmicas, sons espaciais, sensações hapticas) geradas por computador em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, percebidas através de dispositivos tecnológicos [Kirner 2011].

**A realidade aumentada combina recursos de multimídia e realidade virtual, para apresentar elementos misturados de boa qualidade e prover interação em tempo real.**

Como a realidade aumentada mantém o senso de presença do usuário no mundo real, há uma forte tendência em usar recursos tecnológicos invisíveis ao usuário para deixá-lo livre em seu ambiente. Recursos como rastreamento ótico, projeções, interações multimodais, etc., estão sendo usados cada vez mais em aplicações de realidade aumentada.

- **Virtualidade Aumentada**

A virtualidade aumentada ocorre quando o mundo virtual é enriquecido com representações de elementos reais pré-capturados em tempo real, que podem ser manipuladas ou interagir no mundo virtual, através dos dispositivos multisensoriais. Essas representações de elementos reais podem refletir objetos estáticos, como móveis, edifícios, etc., ou avatares referentes a pessoas, mãos, animais, etc. Nesse caso, os avatares são obtidos por processos de escaneamento 3D e reconstrução em tempo real, preservando os movimentos, e levados ao mundo virtual, onde ocorre a interação. Trabalhos como 3D Live [Prince 2002], Mãos Colaborativas [Kirner 2004], Teleconferência com Virtualidade Aumentada [Siscouto 2004] e Magicbook [Billinghurst, Kato and Poupyrev 2001], permitem a inserção de avatares e a imersão em mundos virtuais com o objetivo de realizar visitas e interações.

A virtualidade aumentada apresenta grande potencial de uso, na medida em que permite a inserção de avatares humanóides realistas no mundo virtual, permitindo que as pessoas possam realizar encontros, trocar idéias, trabalhar em conjunto, fazer compras, estudar, interagir de várias formas, como ocorre no sistema Second Life [Linden Research 2009].

- **Hiper-Realidade**

A evolução das tecnologias interativas 3D, combinando o mundo real com mundos virtuais, vem incorporando novos elementos virtuais, comportamentos e reações, visando otimizar a interação do usuário com os recursos que ele necessita no seu dia a dia. Essas interfaces no espaço 3D, incorporando objetos virtuais inteligentes ao ambiente real, são denominadas hiper-realidade.

Hiper-realidade [Tiffin and Terashima 2001] é definida como a capacidade tecnológica de combinar realidade virtual, realidade física, inteligência artificial e humana, integrando-as de forma natural para servir de interface do usuário no acesso a aplicações avançadas.

A incorporação de recursos avançados no ambiente de realidade aumentada resulta em uma potencialização do ambiente físico com aplicações de fácil utilização, explorando interações multimodais como voz, gestos, ações tangíveis, etc.

O avanço tecnológico já vem naturalmente agregando alguns desses recursos em dispositivos como telefones celulares e *tablets PCs*, além de estar popularizando a visualização 3D, fazendo com que a hiper-realidade se desenvolva gradualmente com a integração de várias dessas soluções, em ambientes de realidade aumentada.

Para atender diversos usuários, os sistemas de hiper-realidade deverão privilegiar a adaptação e o atendimento personalizado, permitindo que cada usuário seja reconhecido individualmente e que os elementos virtuais inteligentes reajam distintamente às ações individuais. Assim, cada usuário atuará nesse ambiente de realidade aumentada inteligente e multimodal, interagindo de forma personalizada e recebendo e enviando informações de seu interesse específico, na forma mais natural possível, dentro de um contexto coletivo.

### **3. Evolução da Realidade Virtual e Aumentada**

#### **3.1. Abordagem Cronológica**

Embora a Realidade Virtual seja uma tecnologia que firmou-se na década de 1990, ela tem suas origens na década de 1950, com experiências multimodais baseadas em técnicas cinematográficas. Nesse sentido, Morton Heilig iniciou, em 1956, a construção do Sensorama, uma máquina que permitia ao usuário fazer um passeio pré-gravado de motocicleta por Manhattan. O usuário podia ver o trajeto, através da projeção de um filme, e sentir sensações sincronizadas com o passeio, como: sons, aromas, vibrações e vento.

Em 1961, os engenheiros da Philco, Comeau e Bryan, criaram um capacete (HMD), cujo movimento controlava uma vídeo-câmera remota, permitindo a implementação de telepresença por vídeo.

Apesar de já existirem gráficos desenhados por computador no monitor (*computer graphics*), Ivan Sutherland, em janeiro de 1963, apresentou sua tese de doutorado no MIT, intitulada *Sketchpad, a Man-Machine Graphical Communication System* [Sutherland 1963], usando pela primeira vez a computação gráfica interativa, que constituiu-se no marco da criação da Realidade Virtual. Para isto, foi usada uma caneta óptica para realizar interações de seleção e desenho de figuras no monitor, complementando ações do teclado. Neste trabalho, Sutherland fixou a maior parte das palavras-chaves da definição de Realidade Virtual, envolvendo: representações virtuais geradas por computador (gráficos no monitor), interação em tempo real (gráficos interativos) e dispositivos especiais (caneta óptica).

Em 1965, Sutherland publicou o trabalho *The Ultimate Display* [Sutherland 1965], no qual estabeleceu os conceitos de um *display* que poderia ser usado para o

usuário ver e interagir com objetos em um mundo virtual, com aparência de real, envolvendo estímulos visuais, sonoros e táticos, de forma a atuar de forma intuitiva e realista.

Em 1968, Sutherland finalmente publicou o artigo *A Head-Mounted Three Dimensional Display* [Sutherland 1968], descrevendo o desenvolvimento de um capacete (HMD) estereoscópico e rastreável, na Universidade de Harvard. Este capacete era baseado em dois mini-displays *CRT*, que serviam para projetar as imagens diretamente nos olhos do usuário, e usava uma interface para rastreadores de cabeça mecânicos e ultra-sônicos. Este foi outro marco da história da Realidade Virtual, que estabeleceu o conceito de imersão.

Cabe destacar que o capacete interativo por vídeo, criado pelos engenheiros da Philco, juntamente com o capacete interativo por computação gráfica de Sutherland, ambos rastreáveis, estabeleceram as bases da Realidade Aumentada. Depois de décadas de vídeo, rastreamento e computação gráfica integrados, interagindo em tempo real, tais recursos permitiriam o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada.

Depois disso, é interessante mencionar algumas ocorrências na evolução da Realidade Virtual e Aumentada, destacadas a seguir.

- **1977:** a luva *Dataglove* é desenvolvida, contribuindo para os aspectos multisensoriais da Realidade Virtual. A luva transformou-se em um produto comercial somente em 1985, lançada pela empresa VPL Research.
- **1981:** O simulador *Super Cockpit*, da Força Aérea Americana, passou a operar com um capacete de visão óptica, que possibilitava ao piloto uma visão aumentada com informações do avião, como a indicação visual dos mísseis disponíveis para disparo instalados nas asas. Um visor acrílico permitia a visão direta da cena misturada com a projeção sobreposta das imagens geradas por um *display CRT* acoplado ao capacete. O custo desse projeto estava na faixa de milhões de dólares. Este é um dos primeiros registros de projetos de Realidade Aumentada.
- **1989a:** A empresa Mattel introduziu a luva *Powerglove* e um sistema de rastreamento para o videogame Nintendo. Esses produtos não fizeram sucesso no ramo de videogame, mas foram adaptados para os primeiros sistemas populares de Realidade Virtual, baseados em microcomputadores PC.
- **1989b:** Jaron Lanier, um artista e cientista da computação, cunhou o termo “Realidade Virtual”, como alternativa a termos semelhantes como “mundo virtual” e “realidade artificial”.
- **1990:** O Prof. Thomas Caudell, da Universidade do Novo México, em uma visita à empresa Boeing, cunhou o termo “Realidade Aumentada”, em referência a um dispositivo de Realidade Virtual, que apoiava funcionários na montagem de equipamentos eletrônicos de aeronaves.
- **1991a:** O primeiro periódico comercial para a comunidade de Realidade Virtual “CyberEdge Journal” foi publicado.
- **1991b:** Foi criado o Rend386, um software livre (gratuito e de código aberto), voltado para o desenvolvimento de aplicações populares de Realidade Virtual, de autoria de Bernie Roehl e Dave Stampe, da Universidade de Waterloo.
- **1992a:** Surgiu a Realidade Virtual por projeção, implementada em ambiente de caverna, como alternativa para o uso de capacete. O projeto foi desenvolvido por

Carolina Cruz-Neira, na Universidade de Illinois, em Chicago, e demonstrado no evento SIGGRAPH'92.

- **1992b:** A empresa Sense8 Co. passou a comercializar o software para desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual “*WorldToolKit*”, constituído por uma biblioteca de funções C próprias para Realidade Virtual, aumentando a produtividade e a qualidade das aplicações.
- **1992c:** A empresa Silicon Graphics Inc. lançou o Iris Inventor, uma ferramenta de software em C++, para modelagem e visualização 3D, que, mais tarde, forneceu as bases estruturais da linguagem VRML.
- **1992d:** Iniciam-se, no Brasil, as primeiras iniciativas na área de realidade virtual, envolvendo estudos no exterior, criação de grupos de pesquisa e publicações.
- **1993a:** Surgiram duas conferências acadêmicas sobre Realidade Virtual: VRAIS'93, realizada em Seattle, e *Research Frontiers in Virtual Reality IEEE Workshop*, realizada em San Jose. Em 1995, as duas conferências se juntaram, dando origem ao evento IEEE VRAIS, que depois foi denominado IEEE VR.
- **1993b:** Foi realizado o *Workshop on Augmented Reality and Ubiquitous Computing*, no MIT, com a presença de vários pesquisadores, dentre os quais: Ronald Azuma, Steve Feiner, Paul Milgram, Myron Krueger, Pierre Welner, Wendy MacKay e Rich Gold. Logo em seguida, em julho de 1993, é publicada uma edição especial da revista *Communications of the ACM* sobre Realidade Aumentada, com o título: *Computer-Augmented Environments: Back to the Real World* [Wellner, Mackay and Gold 1993], chamando a atenção para a área.
- **1994a:** A linguagem VRML, elaborada por especialistas da área acadêmica e de empresas, foi liberada com especificação aberta para uso público. Esta foi uma das principais ferramentas para a disseminação da Realidade Virtual na Web.
- **1994b:** Paul Milgram et. al. publicaram o artigo *Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum*, discutindo a Realidade Misturada, abrangendo a Realidade Aumentada e a Virtualidade Aumentada [Milgram 1994].
- **1995:** Intensificam-se, no Brasil, as ações na área de realidade virtual, envolvendo publicações, criação de grupos de pesquisa, obtenção de projetos financiados, estabelecimento de convênios internacionais, apresentação de tutoriais e mini-cursos, realização de eventos locais e ciclos de palestras, além de se iniciarem as defesas de mestrado e doutorado em realidade virtual.
- **1997a:** Ronald Azuma publicou o artigo *A Survey of Augmented Reality* [Azuma 1997 conferir], disseminando os conceitos e aplicações de Realidade Aumentada.
- **1997b:** Realização do primeiro evento brasileiro na área de Realidade Virtual – o I Workshop de Realidade Virtual (WRV 97), em São Carlos, SP, sob a coordenação do Prof. Claudio Kirner. Esse evento deu origem ao atual *Symposium on Virtual and Augmented Reality* (SVR).
- **1998:** Foi realizado o *First International Workshop on Augmented Reality: placing artificial objects in real scenes* (IWAR 98), em São Francisco, EUA, que, mais tarde, associado ao ISMR, deu origem ao evento *International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (ISMAR).

- **1999a:** O software livre ARToolKit, uma biblioteca escrita em C e baseada em rastreamento por vídeo [Lamb 2007], foi liberada para uso, despertando o interesse mundial pela área de Realidade Aumentada.
- **1999b:** Foi iniciada a especificação da linguagem X3D, pelo Consórcio Web3D, tendo como base a estrutura do XML e visando definir a sucessora do VRML.
- **2000a:** O software de criação de conteúdo 3D SketchUp foi desenvolvido, sendo adquirido pela empresa Google em 2006, que montou um dos maiores repositórios de objetos 3D gratuitos.
- **2000b:** Houve a criação da Comissão Especial de Realidade Virtual (CERV), no âmbito da SBC, tendo como primeiro coordenador o Prof. Claudio Kirner [SBC 2011].
- **2001:** Foi publicado o livro de autoria de John Tiffin e Nobuyoshi Terashima, intitulado *HyperReality: Paradigm for the Third Millennium*, fixando as bases da evolução da Realidade Aumentada com a incorporação de recursos de Inteligência Artificial [Tiffin and Terashima 2001].
- **2004:** Foi realizado o primeiro evento brasileiro na área de realidade aumentada – o I Workshop de Realidade Aumentada (WRA 2004), em Piracicaba, SP, sob a coordenação do Prof. Claudio Kirner. Esse evento, em conjunção com o Workshop de Aplicações de Realidade Virtual (WARV), ocorrido inicialmente em Uberlândia, MG, em 2005, resultou, em 2007, no atual Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA).
- **2008:** O software livre FlarToolkit - ARToolKit portado para a plataforma Flash [Saquoosha 2008], foi liberado para uso, passando a ser usado pelos desenvolvedores Flash e profissionais de publicidade, o que deu grande visibilidade e popularidade à área de realidade aumentada.

Depois disso, surgiram diversos sistemas e ferramentas, mas é importante salientar a tendência de se facilitar o acesso aos recursos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada com maior oferta de software livre, como o sistema Flux Studio, que evoluiu para o Vivaty, voltado para autoria visual de aplicações de Realidade Virtual com VRML e X3D. Nesse sentido, também ocorreu a flexibilização de acesso a recursos mais avançados, como o sistema Vizard, que, na versão profissional, tem um custo da ordem de vários mil dólares, mas cuja versão *light*, com quase todas as funcionalidades da ferramenta, pode ser usada para teste por 90 dias ou adquirida por algumas dezenas de dólares. A ferramenta TrueSpace, da Caligari, por sua vez, teve todo o seu material disponibilizado gratuitamente na Internet.

Existem vários levantamentos das ocorrências importantes que definiram a história da realidade virtual e realidade aumentada, abordando os pesquisadores pioneiros, projetos, publicações, equipamentos, software, empresas, eventos, paradigmas, etc. Sherman e Craig (2003), por exemplo, apresentam um bom levantamento cronológico da história de realidade virtual. Por outro lado, Kirner (2008) apresenta uma abordagem cronológica da evolução da realidade virtual e aumentada, acompanhada de uma análise das ocorrências tecnológicas, cujo conteúdo atualizado é apresentado a seguir.

### 3.2. Abordagem Tecnológica

Na abordagem tecnológica, a evolução da Realidade Virtual e Aumentada é tratada sob o ponto de vista de vários parâmetros, envolvendo: sistemas; interfaces; inteligência; tipos de interação e tempo.

O diagrama original de Milgram, conforme a Figura 7, mostrando a transição do real para o virtual, é uma abordagem conceitual, embora tenha sido introduzido no contexto de uma discussão de *displays* de realidade aumentada, na década de 1990. Do ponto de vista do que aparece nos *displays*, Milgram argumentou que poderiam ocorrer três situações: ambientes compostos apenas de objetos reais (realidade); ambientes compostos apenas de objetos virtuais (virtualidade); e ambientes compostos de objetos reais e virtuais (realidade misturada).

No âmbito da realidade aumentada, existem dois tipos extremos de ambientes – os de realidade aumentada, próximos do real, e os de virtualidade aumentada, próximos do virtual. Embora não fique claro como ocorre a transição da realidade aumentada para a virtualidade aumentada, análises mais recentes [Kirner 2011; Kirner and Kirner 2007] mostraram que o tipo de interação no ambiente de realidade misturada é que define se o ambiente é de realidade aumentada ou de virtualidade aumentada, independente da quantidade de objetos reais e virtuais presentes no ambiente. Se o usuário interagir com os objetos virtuais da mesma maneira que interage com os objetos reais, ele estará em um ambiente de realidade aumentada. Por outro lado, se o usuário interagir com objetos reais e virtuais, usando os dispositivos de realidade virtual, ele estará em um ambiente de virtualidade aumentada. Nessa situação, a transição da realidade aumentada para a virtualidade aumentada (e vice-versa) não será contínua e sim abrupta, em função da troca do tipo de interação no ambiente, independente da quantidade de objetos reais e virtuais existentes, conforme a Figura 8, adaptada de Milgram.

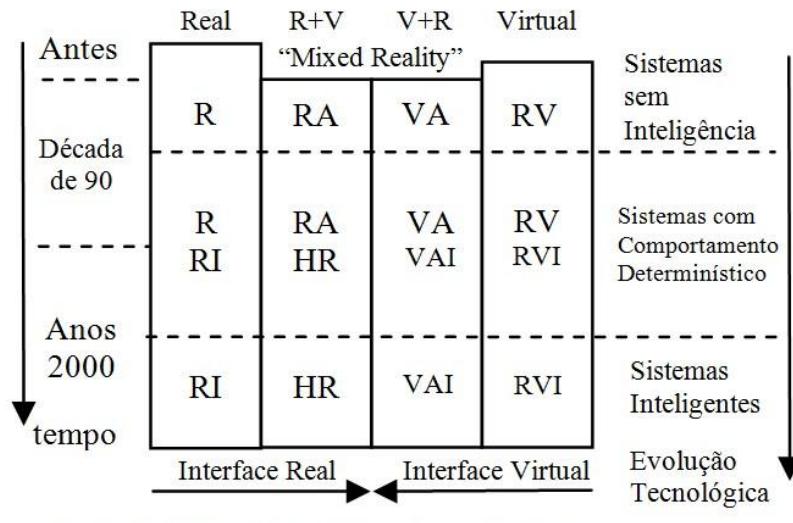


**Figura 8. Diagrama de Milgram adaptado para considerar as interações do usuário**

Desdobrando-se o diagrama linear de Milgram (adaptado), ao longo do eixo vertical, e levando-se em conta o tempo e o grau de inteligência existente nos sistemas envolvidos, tem-se o diagrama planar de evolução de sistemas reais, misturados e virtuais, como mostra a Figura 9.

Nesse diagrama, estão sintetizadas as influências da evolução tecnológica nas denominações dos sistemas reais, misturados e virtuais, considerando-se o grau de inteligência neles incorporado, em cada época. As épocas foram divididas em três fases, mostrando as raízes históricas (antes da década de 1990), a fase da realidade virtual (década de 1990) e a fase da realidade aumentada e seus desdobramentos (anos 2000). Como houve sobreposição de tecnologia, ao longo do tempo, as fases não têm uma delimitação exata, sendo consideradas em um contexto aproximado.

Portanto, a análise da evolução dos sistemas reais, virtuais e misturados, do ponto de vista tecnológico, depende de cada época, do grau de inteligência incorporado nos sistemas e do tipo de interação envolvido.



**Figura 9. Evolução da transição do real para o virtual, em função do tempo e da tecnologia a presença do computador**

Até o início da década de 1990, a tecnologia integrada ao ambiente real e computacional propiciava interações previsíveis, decorrentes da eletrônica e da computação, mas ainda apresentava pouca inteligência, envolvida na interação com o usuário. Nesse sentido, os sistemas, de maneira geral, eram relativamente simples.

Durante a década de 1990, os avanços tecnológico, computacional e de telecomunicações permitiram a convergência de fatores para o aparecimento de sistemas com comportamento não determinístico e interação multimodal. Muitos dispositivos tecnológicos tornaram-se inteligentes, apresentando interfaces mais interativas e amigáveis, e os sistemas computacionais ficaram mais presentes e transparentes aos usuários. Isto resultou do uso mais intensivo de: computação ubíqua, sistemas distribuídos, interações multimodais, processamento massivamente paralelo, inteligência artificial, etc.

É nesse contexto que a Realidade Virtual apresenta suas principais variações, de acordo com a Figura 9, mostrando a evolução dos sistemas reais e virtuais, em função de tecnologias, envolvendo inteligência, interfaces, interações e tipos de sistema.

Até o início da década de 1990, o ambiente real usava pouca ou nenhuma tecnologia avançada. Os sistemas de Realidade Virtual eram simples e pouco interativos e a tecnologia de rastreamento do usuário era baseada em elementos mecânicos, magnéticos, e ultra-sônicos.

Durante a década de 1990, o avanço tecnológico permitiu o desenvolvimento de dispositivos interativos mais avançados, com comportamento determinístico. O rastreamento óptico passou a ser usado, em função dos avanços na área de visão computacional. A Realidade Misturada, abrangendo a Realidade Aumentada e a Virtualidade Aumentada, tornou-se objeto de estudo e desenvolvimento mais intenso.

Por volta dos anos 2000, técnicas de inteligência artificial e interação multimodal, aliadas à computação ubíqua, contribuíram para o desenvolvimento de dispositivos mais avançados e de sistemas de Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Virtualidade Aumentada com algum grau de inteligência e comportamentos não determinísticos. Começaram a aparecer os objetos reais inteligentes e os sistemas

virtuais inteligentes, que interagem com os usuários de maneira não determinística, reagindo diferentemente, em função de situações variadas.

O diagrama da Figura 9 apresenta também a influência do tipo de interface/interação na classificação dos tipos de sistemas virtuais [Kirner 2008]. Nesses sistemas, o uso de interfaces/interações do ambiente real define os ambientes de Realidade Aumentada e de Hiper-realidade. O uso de interfaces/interações do ambiente virtual define os ambientes de Realidade Virtual e de Virtualidade Aumentada inteligentes e sem inteligência.

No final dos anos 2000, os sistemas passaram a explorar intensivamente a Internet e incorporaram mais inteligência, em função dos avanços tecnológicos em todas as áreas. Isso contribuiu para que as interfaces e aplicações baseadas em realidade virtual e realidade aumentada rompessem a barreira da dificuldade de acesso e de uso, tornando-se mais populares. Surgem, assim, aplicações de realidade aumentada de baixo custo, com alta disponibilidade (na Internet), de fácil customização (independentes de programação), fáceis de usar (intuitivas) e com execução em plataformas computacionais comuns, que iniciam efetivamente o avanço no uso popular das interfaces, até então estagnadas na era das janelas. Assim, a era das interfaces tangíveis multimodais começa a ganhar força, com tendência de inclusão de grande número de usuários.

#### **4. Conclusões**

Este trabalho apresentou a evolução da realidade virtual e aumentada, sob os pontos de vista histórico e tecnológico, enfocando conceitos, definições, tecnologias, interfaces, interações e aplicações.

A evolução tecnológica abordou, principalmente, o grau de inteligência incorporado nos sistemas, em cada época.

O diagrama linear de Milgram foi discutido, mostrando a abordagem contínua do real ao virtual, passando pela realidade aumentada e virtualidade aumentada. A partir disso, foi discutido o desdobramento do diagrama linear em planar, com elementos adicionais influenciando os sistemas reais, virtuais e misturados.

Percebe-se, nas abordagens histórica e tecnológica apresentadas, a aceleração da realidade virtual, da realidade aumentada e variações, abrangendo plataformas, ferramentas de software e aplicações.

Além disso, destaca-se que, conforme os sistemas de realidade virtual e aumentada vão se tornando mais potentes e complexos, maiores são as chances de desenvolvimento de produtos mais amigáveis aos usuários, com características como: alta disponibilidade, facilidade de uso, e facilidade de adaptação e personalização das aplicações. Tais características contribuem para tornar a realidade virtual e aumentada mais populares.

Neste contexto, a realidade virtual e a realidade aumentada estão firmando-se como interfaces efetivas, na medida em que a evolução tecnológica viabiliza interações tangíveis e multimodais, vencendo a barreira das interfaces baseadas em janelas.

O resultado dessas mudanças é promissor, devendo as tecnologias de realidade virtual e realidade aumentada contribuírem para a implementação de inovações tecnológicas importantes, para a competitividade das organizações, e de inovações sociais importantes para gerar benefícios, principalmente para a população menos favorecida.

## Referências

- Azuma, R. (1997) "A Survey of Augmented Reality", *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v .6, n.4, August 1997, p. 355-385.
- Billinghurst, M., Kato, H. and Poupyrev, I. (2001) "The MagicBook - Moving Seamlessly between Reality and Virtuality". *Computer Graphics and Applications*, vol. 21, number 3, p. 2-4.
- Bowman, D. et al., *3D User Interfaces: Theory and Practice*, Addison-Wesley, 2005.
- Burdea, G. and Coiffet, P., *Virtual RealityTechnology*, John Wiley & Sons, 1994.
- Kirner, C. Realidade Virtual e Aumentada, Acesso em Março 20111, Disponível em <<http://www.realidadevirtual.com.br>>.
- Kirner, C.(2004) Mão Colaborativas em Ambientes de Realidade Misturada. In: Anais do 1º Workshop de Realidade Aumentada, Piracicaba, SP, p. 1-4.
- Kirner, C. (2008) "Evolução da Realidade Virtual no Brasil". In: X Symposium on Virtual and Augmented Reality, João Pessoa, PB, SBC, p. 1-11. Acesso em Março 2011, Disponível em: <<http://www.ckirner.com/historia-rv/historiarv.htm>>.
- Kirner C. and Kirner, T.G. "Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization", In A.A.R El Sheikh, A. Al Ajeeli and E.M.O. Abu-Taieh, (Editors), *Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications*. 1 ed. Hershey-NY: IGI Publishing, Hershey, PA, 2007, p. 391-419.
- Kirner, C. e Kirner, T.G. (2009), "Realidade Virtual e Realidade Aumentada Potencializando as Ações do Usuário no Mundo Real", *Diálogo* (Canoas), p. 1-20.
- Lamb, P. (2007) ArtoolKit. Acesso em Março 2011, Disponível em: <[www.hitl.washington.edu/artoolkit/](http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/)>.
- Linden Research, Inc. Second Life. Acesso em Março 2011, Disponível em: <<http://secondlife.com>>.
- Marshall, D. (2001) What is Multimedia? Acesso em Março 2011, Disponível em: <<http://www.cs.cf.ac.uk/Dave/Multimedia/node10.html>>.
- Milgram, P. et. al. (1994) "Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum". *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE, p. 282-292.
- Prince, S. et. al. (2002) "3D Live: Real Time Captured Content for Mixed Reality", In: Proc. of the IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR'02, IEEE/ACM, p. 7-13.
- Saquoosha, T.K.A. FlarToolKit. Acesso em Março 2011, Disponível em: <<http://saquoosha.net/en/flartoolkit/start-up-guide/>>.
- SBC. Página da CERV, Acesso em Março 2011, Disponível em <<http://www.sbc.org.br/cerv>>.
- Siscoutto, R. et al. (2004) "Augmented Virtuality Tele-conferencing", In: Proc. of VII Symposium on Virtual Reality, São Paulo, SP, p. 124-136.
- Sherman, W.R. and Craig, A.B. *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*, Morgan Kaufmann Pub., 2003.

Sutherland, I.E. (1963) Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System, PhD Thesis, MIT. Technical Report No. 574, University of Cambridge, UCAM-CL-TR-574.

Sutherland, I.E. (1965) "The Ultimate Display", In Proceedings of IFIPS Congress, New York City, NY, vol. 2, p. 506-508.

Sutherland, I.E. (1968) "A Head-mounted Three-dimensional Display," In: Fall Joint Computer Conference, AFIPS Conference Proceedings, vol. 33, p. 757-764.

Tiffin, J. and Terashima, N. (Editors), "Hyper-reality: Paradigm for the Third Millennium", Routledge, 2001.

Wellner, P., Mackay, W. and Gold, R. (1993) "Computer Augmented Environments: Back to the Real World", Communications of the ACM, vol. 37, number 7, p. 24–26.

## Autores

**Claudio Kirner** - é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1973), mestre em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1978) , doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1986) e pós-doutor pela University of Colorado at Colorado Springs - UCCS (1993-1995) . Atualmente é Professor Adjunto na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Tem experiência em Realidade Virtual e Realidade Aumentada, Interação Humano-Computador, Ambientes Colaborativos e Educação à Distância. Coordenou o I Workshop de Realidade Virtual, em 1997, e o I Workshop de Realidade Aumentada, em 2004, e outros subseqüentes. Orientou 28 alunos de mestrado e 8 de doutorado; coordenou Projetos CNPq, FAPESP, RHAE e FAPEMIG, num montante aproximado de 900.000 Reais; publicou cerca de 230 artigos científicos e 40 livros e capítulos. Contato: [ckirner@gmail.com](mailto:ckirner@gmail.com) | [ckirner@unifei.edu.br](mailto:ckirner@unifei.edu.br)

**Tereza G. Kirner** – é graduada pela Universidade Federal de São Carlos (1979), mestre pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1980) e doutora pela Universidade de São Paulo 1990), com pós doutorado no Center for Systems and Software Engineering (Colorado Springs - UCCS, 1993-1995). Atualmente é Professora na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Tem experiência em Engenharia de Software, Interação Humano-Computador, Aplicações Educacionais e de Realidade Virtual e Aumentada. Orientou cerca de 50 alunos, com bolsas de iniciação científica, mestrado e desenvolvimento técnico e industrial. Publicou cerca de 200 trabalhos científicos, nacionais e internacionais, incluindo artigos em periódicos, anais de congressos e capítulos de livros. Contato: [tgkirner@gmail.com](mailto:tgkirner@gmail.com)

# Capítulo

# 2

## Interfaces Tangíveis: Conceitos, Arquiteturas, Ferramentas e Aplicações

Augusto L. P. Nunes, Adriel O. Radicchi e Leonardo C. Botega

### *Abstract*

*Computer systems are employed in various tasks and areas of human knowledge. To interact with these systems, interaction techniques provide different ways to manipulate and retrieve digital information. The Tangible User Interfaces (TUI) represents the class of systems that recognizes interactions performed on physical artifacts, and applies them in the context of its software, a feature that allows the emergence of real-time systems in areas not yet fully exploited by Graphical User Interaction (GUI) systems.*

### *Resumo*

*Sistemas computacionais são empregados em diversas tarefas e áreas do conhecimento humano. Para interagir com tais sistemas, técnicas de interação proporcionam diferentes maneiras de se manipular e obter informação digital. As Interfaces Tangíveis (TUI) representam a classe de sistemas que reconhecem interações executadas sobre artefatos físicos, e as aplica no contexto de seu software, característica que permite o surgimento de sistemas de tempo real em áreas ainda não exploradas plenamente por sistemas de Interface Gráfica (GUI).*

### **1. Introdução**

O desenvolvimento de sistemas computacionais é uma atividade complexa e que procura atender às necessidades de vários campos da atuação humana. Para orientar tal processo, os frameworks conceituais representam a organização dos requisitos para que se possa atender com plenitude a demanda por um sistema computacional. Porém, para que se possa interagir com um sistema computacional, é necessário considerar particularidades técnicas do próprio sistema, e em função da maneira adotada para receber estímulos de um usuário e responder ao mesmo de forma que possa compreender a informação digital, o que impede que um modelo genérico de construção

de software possa ser empregado para todos os tipos de implementações de interfaces de comunicação com tais sistemas [Yuan et al, 2007].

Para cada tipo de interface, encontram-se requisitos específicos que necessitam ser considerados no desenvolvimento de um sistema.

Interfaces Tangíveis (TUI) podem ser definidas como aquelas que compreendem interações realizadas em artefatos físicos, como estímulos para interferir no contexto e representações de informação digital. Para esta classe de interface, modelos de arquitetura de software usualmente empregados em sistemas de Interface Gráfica, não atendem os requisitos [Fishkin, 2004] [Ishii e Ullmer, 1997].

A capacidade das TUI em reconhecer interações aplicadas sobre objetos e aplicá-las no contexto de um sistema computacional, abre possibilidade de tornar interações com computadores, mais próximas das interações com processos do mundo real, e para alguns campos de atuação de sistemas, tal característica pode significar melhor desempenho ou maior satisfação de requisitos sistêmicos. No campo de gerenciamento de emergências, por exemplo, informações em tempo real da situação num local de uma ocorrência, com a possibilidade de interagir de forma mais natural com o ambiente retratado num mapa, representa atendimento com melhor desempenho, o que pode reduzir danos e prejuízos. Esta característica é comum em ambientes de processos críticos, onde ainda além da rápida compreensão por parte do usuário da situação atual para que possa realizar a tomada de decisão estratégica, também é desejável que vários usuários possam cooperar na execução de uma mesma tarefa, ampliando assim o atendimento à demanda [Radicchi et al, 2010].

## 2. Interfaces Computacionais

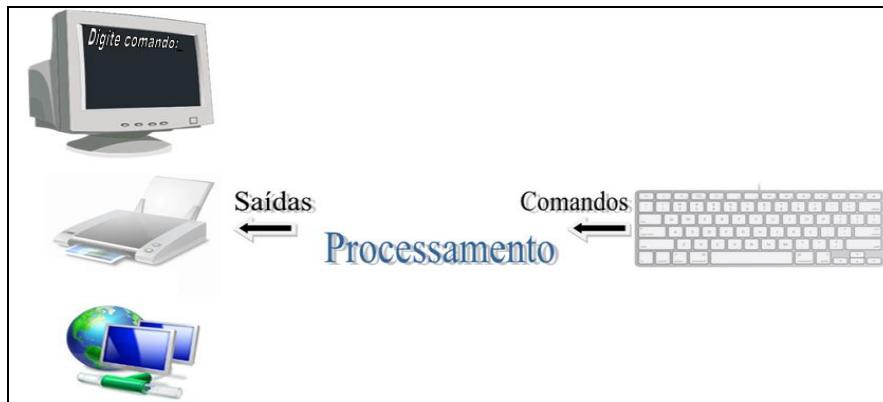
A reunião de todos os aspectos que afetam o uso de um sistema compõe uma definição geral de interface [Smith, 1982]. Em sistemas baseados em computador as interfaces são direcionadas para o tratamento da informação digital e manipulação pelo usuário.

A necessidade de se criar métodos de tradução das linguagens naturais humanas para linguagens que possam ser entendidas por dispositivos computacionais, e vice-versa, impulsionou o surgimento de um vasto campo de estudos. As pesquisas desenvolvidas pela área de Interface Humano-Computador (IHC) tornaram a realização das atividades junto a um dispositivo computacional, mais intuitivas e afastadas de detalhes técnicos ou operacionais. Em resumo a IHC defende que as atividades de um usuário com um computador, devem ser enxergadas pelo usuário em alto nível, ou seja, sua preocupação deve estar apenas no campo do seu problema e não no processo ou capacidade computacional.

A palavra Interação é definida como “Influência recíproca de dois ou mais elementos” [Priberam, 2010]. As interações envolvendo um usuário e um computador, compõem a classe estudada pela IHC.

Ao longo da recente história da IHC foram sugeridas várias maneiras de se interagir com dispositivos computacionais, geralmente expressados através de um paradigma atrelado a novos dispositivos de interface e inovações nas soluções de software. Um dos primeiros meios a serem adotados era constituído de sequências de chaves eletro-mecânica como entrada de dados, e uma sequência de lâmpadas enfileiradas como saída de dados. Mais tarde surgiu o paradigma de linha de comando, que consiste em textos enviados ao computador através de um teclado, que são interpretados e então executados. Este tipo de interface se consolidou rapidamente em razão de sua eficiência e precisão, o usuário envia ao computador um comando, que é executado em seguida. Ainda hoje são encontrados sistemas ou programas que utilizam

este conceito, como por exemplo, terminais Linux ou Unix [Campos, 2006]. Porém as interfaces baseadas em linha de comando exigem certo grau de conhecimento do usuário, é necessário que o mesmo saiba sintaxes e atributos dos comandos, o que dificulta o seu uso. Foram realizadas pesquisas para aperfeiçoar o uso deste tipo de interface, chegando a alguns consensos, como por exemplo, o de que o nome do comando deve ser o mais fácil de lembrar em função de seu propósito [Myers, 1988]. A Figura 1 demonstra o fluxo da interação através da interface baseada em linha de comando.



**Figura 1- Fluxo da interação da interface por linha de comando**

Na década de 1970 começou-se a aplicar representações gráficas para serem projetadas nos monitores, atribuindo a elas valores e funções para os programas executarem suas tarefas.

No início havia apenas caixas de diálogo mostradas aos usuários, que as controlava ainda através do teclado. Pesquisas realizadas com essas novas tendências, principalmente pelos laboratórios Stanford Research Institute (SRI) e Massachusetts Institute of Technology (MIT) levaram ao surgimento de um novo paradigma de interfaces, denominado WIMP (acrônimo das palavras: janela, ícone, menu e ponteiro), que mais tarde ficou conhecido como GUI (Interface Gráfica de Usuário), e foi usado pela Xerox (XEROX, 2010) para desenvolver um editor de textos chamado BRAVO, que dada a evolução do hardware e software da época, poderia ter mais de uma janela aberta ao mesmo tempo no sistema operacional, juntamente com um novo dispositivo de hardware para a interação com o computador chamado mouse, que complementava as interações providas pelo teclado. O editor BRAVO foi inicialmente acoplado ao projeto ALTO da Xerox, mas a popularidade das interfaces gráficas ganhou impulso quando em 1982 a Xerox agregou os conceitos WIMP e o editor BRAVO no seu projeto Xerox Star, e criou o conceito de metáfora de Desktop, que era a primeira tela mostrada para seus usuários, onde representações gráficas chamadas ícones simbolizavam arquivos e funcionalidades do sistema [Card et al, 1978]. Com este conjunto, foi então difundido o conceito de WYSTWYG (acrônimos da frase “o que você vê, é o que você obtém”).

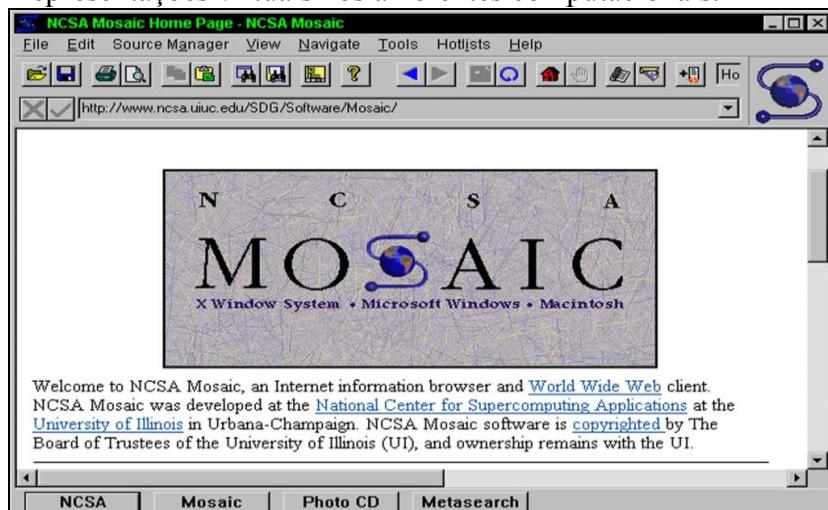
Em seguida a Apple apresentou seu projeto Lisa em 1983 já com as implementações das novas interfaces, e em 1984 também no Macintosh. Outra significante contribuição dos desenvolvedores da Xerox foi a criação de um mecanismo de impressão que era fiel a imagem projetada na tela do computador, era possível imprimir imagens. O Xerox Star popularizou a metáfora de desktop, e através das GUI, propiciou novas experiências aos usuários, com representações virtuais sugestivas como ícones, caixas de diálogo, barras de rolagem, janelas, que davam ao usuário boa fluidez

entre suas atividades que então poderiam ser controladas simultaneamente [Pew, 2003]. A Figura 2 representa o fluxo da interação numa interface gráfica convencional.



**Figura 2- Fluxo de interação da interface gráfica.**

No início da década de noventa havia um grande crescimento das redes de computadores, com padronizações bem difundidas no mercado. Neste período foi proposto um conjunto formado pela linguagem de formatação HTML, redes e URLs (Uniform Resource Locators) que juntamente com bancos de dados distribuídos, formavam o embrião da World Wide Web (WWW), inicialmente um conceito com o nome de Mesh [Berners-lee, 1989]. A implementação de um navegador para a WWW provocou uma grande popularização da rede e deste conceito. O MOSAIC foi o primeiro navegador a atuar na WWW. Esta ferramenta foi criada em 1993 e seus conceitos ainda são tomados como padrão por navegadores atuais [Pew, 2003]. A Figura 3 mostra uma visualização de uma página através do MOSAIC. As páginas oferecidas na WWW cada vez mais continham tecnologias de interface não convencionais como recursos multimídia, interfaces por comando de voz, interfaces por reconhecimento de gestos e escrita, interfaces de toque. [Shneiderman, 1998] [Fishkin et al., 2000] [Bouchet e Nigay, 2004] [Cohen et al, 2004]. Estas tecnologias de interface com o usuário têm raízes na Realidade Virtual (RV), para enriquecer a experiência do usuário com representações virtuais nos ambientes computacionais.



**Figura 3- Visualização do navegador MOSAIC para WWW [NCSA, 2010].**

A RV é um conceito de interfaces gráficas avançadas que permite aplicações computacionais, na qual haja uma interação em tempo real com usuários, em ambientes tridimensionais sintéticos, utilizando dispositivos multisensoriais [KIRNER et al, 1995].

Os dispositivos que captam a interação do usuário podem ser convencionais (teclado, mouse) ou não convencionais (luva de dados, etc). Essa característica provoca no usuário uma imersão no mundo virtual, como mostra a Figura 4.



**Figura 4- Usuário interagindo com mundo virtual [VRCIM, 2010].**

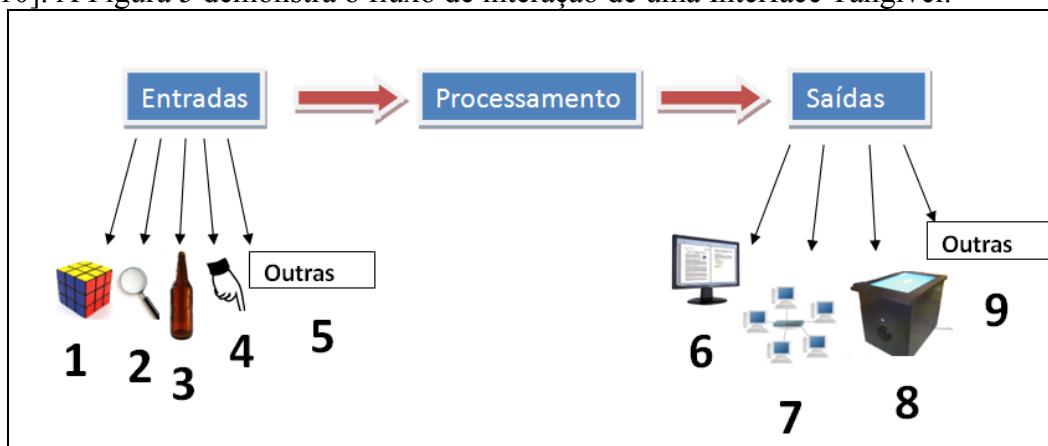
Finalmente, as Interfaces Tangíveis (TUI) acrescentam novas capacidades e elementos à detecção da interação com o usuário. Este tipo de interface reconhece interações feitas em objetos reais que estão fortemente ligados a representações virtuais num sistema, podendo assim interpretar qualquer objeto cotidiano como um dispositivo de entrada, e de acordo com suas características e atributos, refletir na representação virtual e produzir as saídas correspondentes. Desta maneira as TUI tornam a imersão e a interação mais significativas, aproximando as maneiras de um usuário interferir no mundo virtual das maneiras usadas para se relacionar com o mundo real, ou seja, torna a interação mais natural. O contexto do sistema é atualizado em tempo real assim que um objeto que está sendo rastreado sofre uma interação [Ishii e Ullmer, 1997] [Fishkin, 2004] [Rogers e Lindley, 2004].

### 3. Interfaces Tangíveis

As Interfaces Tangíveis (TUI) podem ser definidas como qualquer interface onde o usuário interfere no sistema digital através de dispositivos físicos [Ishii, 2008]. Também chamadas de interfaces “agarráveis”, “encorpadas” ou ainda “manipuláveis”, este paradigma pretende através de um sistema computacional rastrear as manipulações de um objeto real feitas por um usuário e produzir saídas correspondentes [Fishkin, 2004].

Dispositivos capazes de receber as interações “agarráveis” do usuário com as aplicações computacionais, implementam conceitos de TUI e correspondem a uma solução para as limitações naturais das Interfaces Gráficas de Usuário (GUI), como por exemplo, a impossibilidade de se controlar um objeto da interface gráfica que não esteja visível no display, ou ainda as dificuldades em se tornar uma tarefa colaborativa num mesmo dispositivo, em termos de interação, já que as GUI permitem que se dê apenas uma ordem por vez ao computador. O paradigma TUI define que objetos reais podem ser interpretados como entradas para o sistema, atrelados a objetos virtuais, e através desta ligação modificar a situação do sistema mediante seu contexto, desta forma, as interações do usuário com o objeto real fornecem dados para a interface, caracterizando a manipulação da informação digital. Em essência, dispositivos desta natureza, misturam interações de artefatos físicos e virtuais, procurando manter uma combinação

harmoniosa em tempo real [Fitzmaurice et al, 1995] [Ullmer, 1997] [Radicchi et AL, 2010]. A Figura 5 demonstra o fluxo de interação de uma Interface Tangível.



**Figura 5- Representação das interações Tangíveis considerando:** 1, 2, 3: como objetos de uso cotidiano rastreados pelo sistema; 4: toques em superfícies sensíveis; 5: toda a variedade de objetos reais que podem ser interpretados como entradas para o sistema; 6: displays, monitores; 7: ambientes colaborativos; 8: Mesas multi-toque; 9: toda a variedade de dispositivos de saída que podem receber as respostas do sistema [Radicchi et al, 2010].

### 3.1. Classificações de Interfaces Tangíveis

Existem duas classes de Interfaces Tangíveis, definidas por dois parâmetros principais: metáfora e personificação da interação [Fishkin, 2004]. A metáfora de interface explora a relação entre o objeto tangível utilizado na interação, com algum objeto cotidiano, verificando as características e potencial para compor esta relação, visando tornar a interação mais natural para o usuário. Por outro lado, a personificação estuda a distância entre as entradas da interface e as saídas produzidas, quanto ao dispositivo que capta as entradas e o que exibe as saídas.

A personificação pode ser subdividida em:

- Personificação completa: A interface de entrada é a mesma da saída, ou seja, a saídas produzidas são exibidas no próprio dispositivo que captou as entradas.
- Personificação próxima: A interface de entrada é próxima a de saída, porém as duas mantêm-se separadas.
- Personificação ambiente: As saídas produzidas são exibidas pelo ambiente onde o usuário se encontra, se valendo dos sentidos do usuário, em forma de sons, luzes, etc.
- Personificação distante: A interface de saída encontra-se distante da usada para reconhecer as entradas.

A metáfora de interface também pode ser subdividida em:

- Metáfora de nome: O objeto usado para reconhecer as entradas assemelha-se ao objeto virtual quanto a sua forma ou cor, porém a ação que provocamos sobre tal objeto é diferente da refletida pelo objeto virtual.
- Metáfora de verbo: A ação sofrida pelo objeto real assemelha-se à ação refletida no objeto virtual, desconsiderando sua aparência [Levin, 1999].
- Metáfora completa: Diferentemente das duas acima citadas, onde ainda existem diferenças entre o objeto físico e o virtual, esta modalidade estabelece uma forte

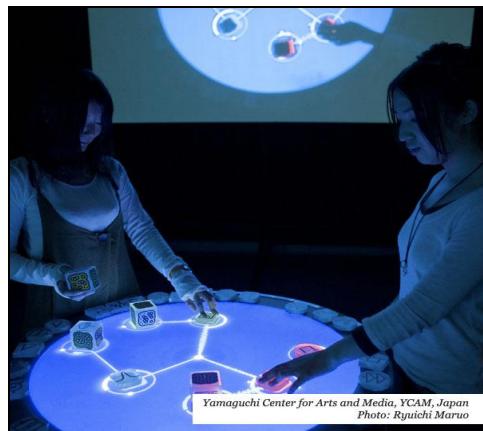
relação entre ambos os objetos, onde são dispensadas analogias para a compreensão da função ou como utilizá-los [Fishkin et al, 2000].

- Ausência de metáfora: Onde o objeto virtual em nada se assemelha ao objeto físico, configurando a forma mais básica de interação.

### 3.2. Sistemas TUI

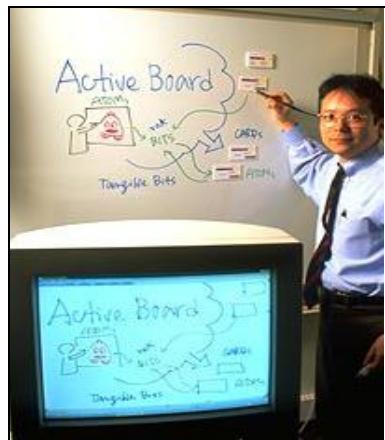
Sistemas TUI podem ser encontrados desde em dispositivos móveis, até plataformas colaborativas espalhadas geograficamente.

As Mesas multi-toque, por exemplo, são em geral caracterizadas pela Personificação Completa ou Próxima. Concentram interações com objetos posicionados em sua superfície, modificando seu ambiente virtual em função das entradas fornecidas pelo mesmo. A Figura 6 demonstra um exemplo chamado ReacTable Experience [Reactable Experience, 2010], onde usuários interagem com objetos rastreados pela Mesa multi-toque.



**Figura 6- Dois usuários interagindo na ReacTable Experience [Reactable experience, 2010].**

As Lousas Inteligentes representam outra classe de dispositivos Tangíveis. Em geral suportam atividades colaborativas em ambientes compartilhados remotamente, o acesso pode ser distribuído. A Figura 7 mostra a transBOARD [Transboard, 2010], uma implementação desta classe que contempla a capacidade de receber acessos distribuídos, e exibir as saídas das interações dos usuários em tempo real. Este sistema pode reconhecer marcadores colocados na lousa, e atribuir uma representação virtual para os mesmos, dentro do contexto da aplicação. Os chamados phicons, são exatamente estes marcadores especiais.

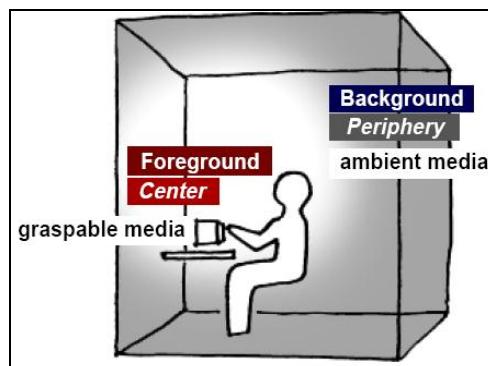


**Figura 7- Demonstração de interação com uma Lousa Inteligente [Ishii e Ullmer, 1997].**

Os Ambientes Interativos são mais uma instância de dispositivos que implementam TUI. São caracterizados pela Personificação Ambiente. As respostas do sistema podem ser dadas visando alcançar os sentidos do usuário, buscando atingir sua atenção, como mostra a Figura 8 na ambientROOM [Ambientroom 2010], um exemplo deste tipo de sistema. A Figura 9 representa o fluxo de interação desta modalidade.



**Figura 8- O ambiente como saída de dados [Ishii e Ullmer 1997].**



**Figura 9- Interação com o ambiente [Ishii e Ullmer, 1997].**

Vários dispositivos têm agregado conceitos TUI para interface com os usuários. A lista é extensa e vai de carros e celulares à notebooks, pois os dispositivos Multi-toque se tornaram comuns nos nossos dias. A Figura 10 mostra o iPAD [Apple, 2010] que é um exemplo de dispositivo desta classe, com características de uma Mesa Multi-toque, porém móvel. Além das interações captadas pelos toques no display, também são reconhecidos alguns movimentos com o próprio dispositivo.



**Figura 10- Interações em superfície multi-toque móvel [Apple, 2010].**

### 3.3. Aplicações TUI

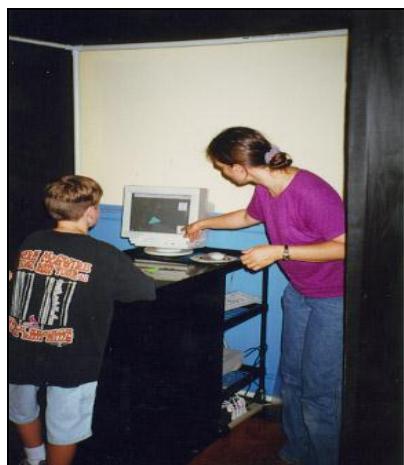
Várias áreas de aplicação de soluções computacionais têm utilizado os benefícios providos pelas Interfaces Tangíveis.

No contexto de auxílio à aprendizagem, as TUI têm sido aplicadas em experiências com crianças, para estender a absorção de conceitos matemáticos e científicos. O uso didático de sistemas Tangíveis é aplicado, por exemplo, na Reactable Experience, onde crianças usam o dispositivo que através de som e indicações no display, mediante interações com objetos, exploram a capacidade intuitiva. A Figura 11 ilustra a utilização didática de um dispositivo Tangível.



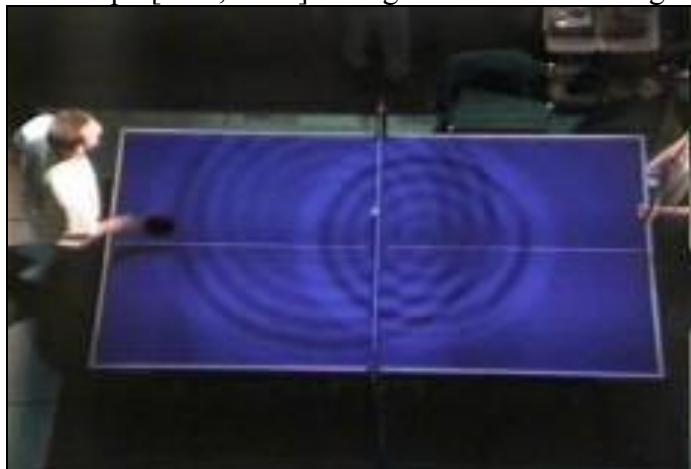
**Figura 11- Uso didático de dispositivos tangíveis [Reactable experience, 2010].**

Conhecidas como Interfaces Tangíveis para Ambientes de Aprendizagem (TICLE - *Tangible Interfaces for Collaborative Learning Environments*), estas aplicações estão voltadas para ajudar crianças a resolver problemas, mediante manipulação de ambiente físico, como por exemplo, a resolução de um quebra cabeças. A TICLE Table, mostrada na Figura 12, rastreia as atividades de um usuário na superfície, e um monitor ao lado mostra sugestões para resolver o problema de um quebra cabeças, por exemplo. O usuário pode escolher a opção mostrada através de um toque no display a sua frente, e realizar a jogada na mesa [Scarlato, 2002].



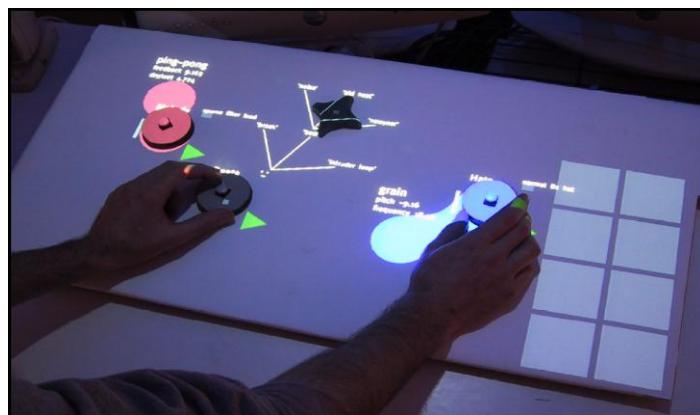
**Figura 12- Usuário resolvendo problemas na TICLE Table [Scarlato, 2002].**

O grande potencial das TUI para aplicações em entretenimento tem desencadeado várias instâncias de dispositivos Tangíveis para jogos. Um dos primeiros exemplos deste tipo de sistema é o PingPongPlus [Pingpongplus, 1998]. Trata-se de um jogo de ‘ping-pong’ onde a mesa do jogo possui um projetor sob si, onde de acordo com os toques da bola durante o jogo, exibe modificações no campo através de sombras, criando ‘buracos’, ou apagando uma parte do campo, ou ainda provocando efeito semelhante a toques em superfície aquática, além de produzir sons característicos quando a bola toca o campo [Ishii, 1999]. A Figura 13 mostra o PingPogPlus.



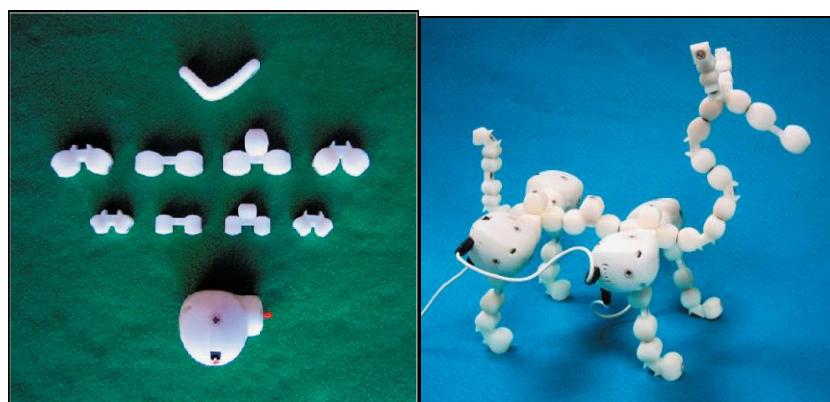
**Figura 13- Usuários disputando uma partida no PingPongPlus [Ishii, 1999].**

Também encontramos sistemas tangíveis para edição e criação de sons, como é caso do AudioPAD [Audiodad, 2001], uma aplicação que rastreia os movimentos dos objetos colocados numa superfície tangível e transforma-os em som, permitindo total controle da execução do conjunto formado por todas as interações, como ilustra a Figura 14.



**Figura 14- Plataforma para criação e edição de sons [Patten et al, 2001].**

Ainda na classe de entretenimento, o Topobo [Topobo, 2003] é um componente de montagem com capacidade de memorização e reprodução de movimentos. O conjunto de Topobos é formado conectando um ao outro, e quando o usuário manipula-o, provocando movimentos, o Topobo reproduz o movimento sucessivamente [Raffle et al, 2004]. A Figura 15 demonstra o sistema Topobo.



**Figura 15- Sistema Topobo (a) e a criação de um animal (b) [Raffle et al, 2004].**

Os sistemas Tangíveis também são usados para suporte a gestão de processos, e tomada de decisões em ambientes críticos. No auxílio à visualização de fluxo de uma cadeia produtiva empresarial, o Suplly Chain Visualization [MIT, 2002] é uma plataforma para gestores interagirem fisicamente com o fluxo de seus produtos entre fornecedores e clientes, tendo uma visão global e atualizada em tempo real, permitindo simulações complexas. Uma superfície sensível rastreia objetos que representam tipos de empresas, armazéns, etc. Em conjunto, uma projeção exibi as relações criadas pelo usuário entre estas entidades, dando o feedback em tempo real. A Figura 16 mostra este sistema.



**Figura 16- Suporte a tomada de decisão em cadeias produtivas [MIT, 2002].**

Também no campo de suporte a tomada de decisão, os sistemas Tangíveis têm sido empregados para auxiliar no Gerenciamento de Emergência, dando visualização em tempo real para resolução de situações críticas. A Diamond Tangible Table é uma plataforma para contribuição neste tipo de atividade, onde usuários interagem em conjunto para tomada de decisão quanto a uma emergência [Hofstra et al, 2008]. A Figura 17 demonstra usuários interagindo em torno de uma situação do tipo neste sistema.



**Figura 17- uso do dispositivo numa simulação de emergência [Hofstra et al, 2008].**

### 3.4. Ferramentas para construção de aplicações TUI

Uma Interface de Programação de Aplicação (API) é definida por Inácio Jr. (2007) como “especificação em linguagem de programação de um módulo de software onde outros módulos podem ou não depender”. Dentre as características de uma API, as principais são:

- Ocultar informações: capacidade de restringir o acesso à lógica interna de programação;
- Interoperabilidade: capacidade de agir como ponto de ligação entre sistemas distintos, mesmo se escritos em linguagens diferentes;
- Estabilidade: uma API trata especificamente de um módulo de um software, e este módulo é em geral bem testado, e desenvolvido em compatibilidade com versões e sistemas que o utilizam.

Geralmente uma API é fornecida num Kit de Desenvolvimento de Software (SDK) de uma linguagem de programação. Algumas APIs são protegidas por suas companhias detentoras, ao passo que outras podem ser usadas livremente.

### 3.4.1. TUO

Trata-se de um protocolo de domínio público que define uma API própria para reconhecimento de interações em superfícies tangíveis. Este protocolo permite a descrição abstrata de uma superfície interativa, monitorando eventos ou objetos tangíveis, formando um cenário atualizado em tempo real. Os dados captados por câmeras são tratados e decodificados, e exibidos no display, e a estrutura deste protocolo permite que aplicações Tangíveis sejam distribuídas, ou seja, disponibilizar a aplicação em rede e dedicar um computador apenas para detecção da interação, outro apenas para atualização do cenário da aplicação, etc. O TUO foi usado no desenvolvimento da Reactable [Kaltenbrunner et al, 2005]. A Figura 18 mostra como atua o TUO.

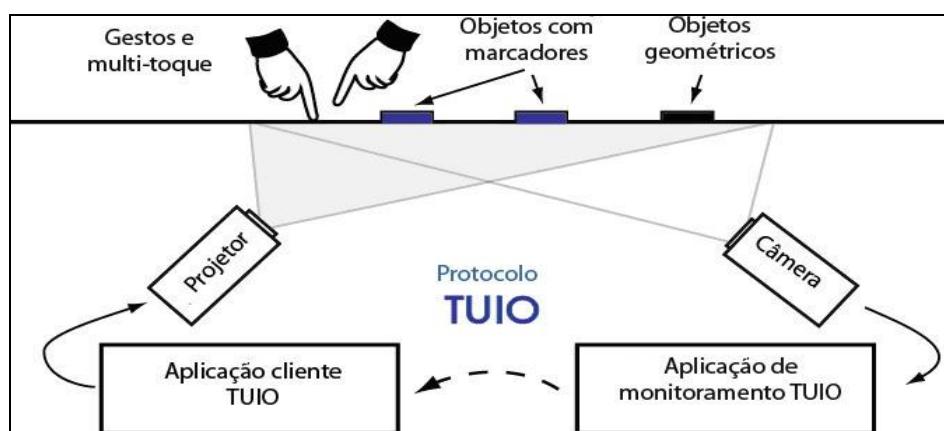
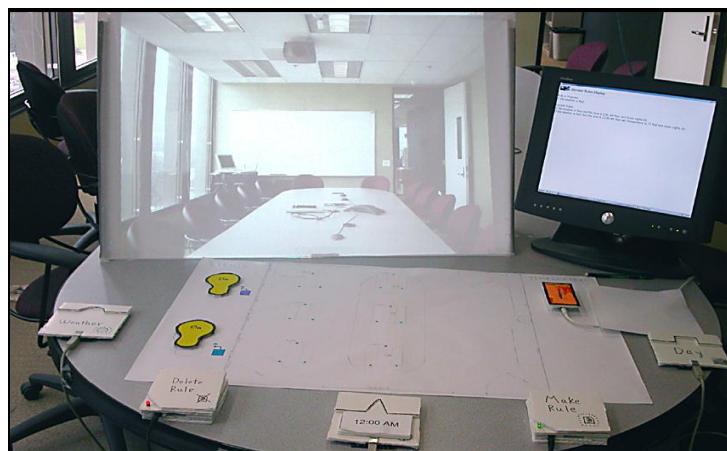


Figura 18- Diagrama de funcionamento TUO [TUO, 2010].

### 3.4.2. Papier Mâchié

O Papier Mâchié é um Toolkit que tem o objetivo de diminuir o esforço do programador em detectar as entradas da interação do usuário numa plataforma tangível. A premissa desta ferramenta se baseia no fato de que, para as interfaces gráficas um programador pode usar ferramentas que construam as interfaces gráficas para ele, não necessitando possuir todo o conhecimento necessário para se programar as interfaces, ficando mais concentrado no tratamento da informação. Do mesmo modo, o Papier Mâchié pretende facilitar as maneiras de reconhecimento da interação, através de várias maneiras como: visão computacional, sistemas de arquivo, códigos de barra, RFID (Identificação por Rádio Frequêncial) [Klemmer et al, 2004]. A Figura 19 demonstra uma aplicação desenvolvida com esta tecnologia.

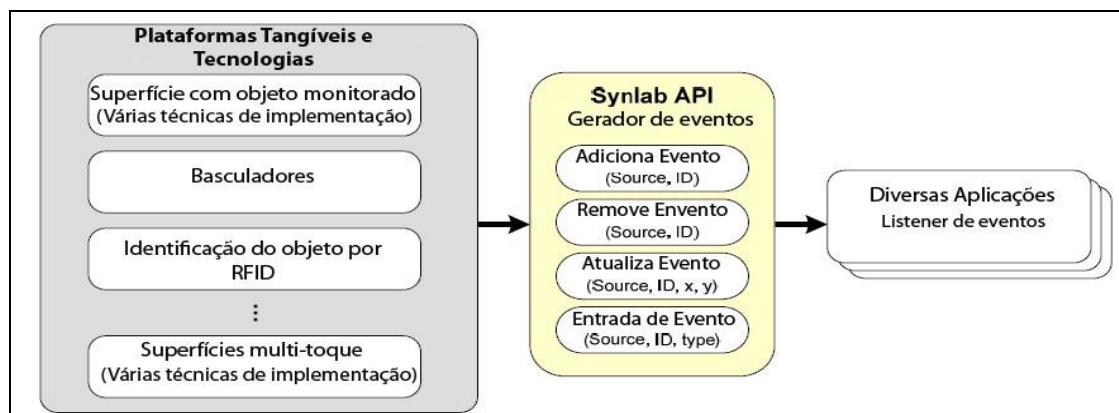


**Figura 19- a) cenário monitorado e controlado pelos ícones físicos sobre a mesa; b) ícones físicos para controle do sistema [Klemmer et al, 2004].**

### 3.4.3. Synlab API

Esta API é baseada no Papier Mâchié, porém adicionando reconhecimento de toques em superfícies e objetos através de rastreamento acústico [Mazalek, 2005]

Implementada no Synaesthetic Media Lab do Georgia Institute of Technology, esta API foi usada no desenvolvimento do projeto TVViews, onde o potencial de múltiplas formas de reconhecimento de interação desta API foi usado para solucionar problemas de alocação de artefatos na plataforma Tangível. A Synlab API é baseada na atualização do contexto disparada por eventos, como mostra a figura 20.

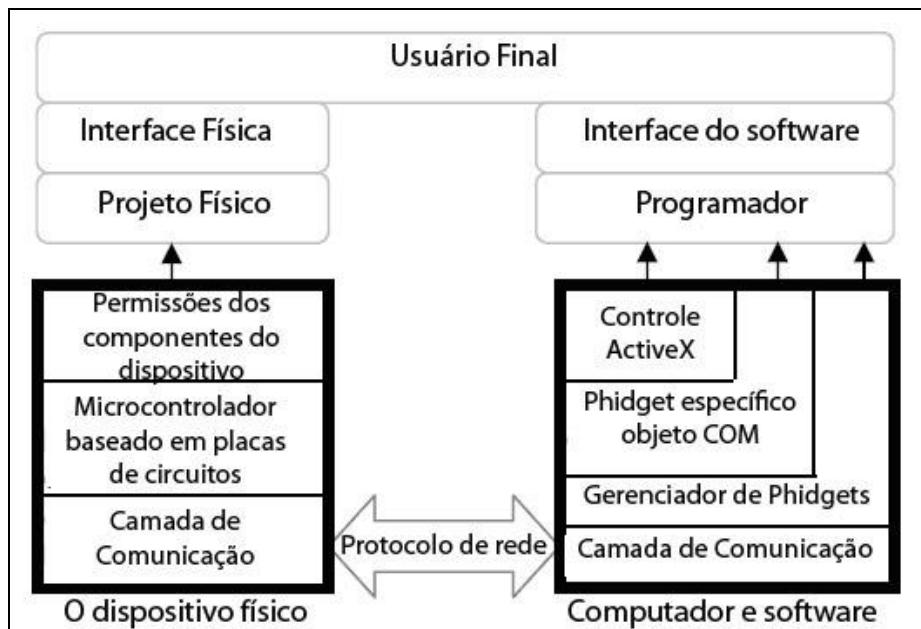


**Figura 20- Diagrama de funcionamento baseado em eventos Tangíveis [Mazalek, 2006].**

### 3.4.4. Phidgets

Foi o primeiro Toolkit para desenvolvimento de aplicações tangíveis, proposta por Greenberg (2001). Trata-se de blocos físicos de construção para interface com o mundo virtual, com uma extensa biblioteca que pode ser usado em muitas aplicações e em conjunto com outros Toolkits. O módulos são plug and play e não necessitam de soldas de componentes eletrônicos. [Moussette, 2007].

Uma das premissas da Phidgets é que todo objeto físico participante do contexto deve possuir uma representação virtual. Os objetos são rastreados através de RFID, monitorando assim os eventos no dispositivo Tangível. A Figura 21 ilustra arquitetura Phidget, de acordo com Greenberg e Fitchett(2001).



**Figura 21- Arquitetura Phidget [Greenberg e Fitchett, 2001].**

### 3.4.5. Touchlib

Esta é uma biblioteca específica para criação de aplicações para superfícies multi-toque. Seu funcionamento é baseado na detecção de eventos de toque na superfície através do monitoramento de manchas produzidas por estes toques, e captadas por uma câmera infravermelha. A superfície é iluminada com LEDs infravermelho, que correm por toda sua extensão, e no momento em que algo toca a superfície, a direção da luz é alterada, causando as manchas que captadas pela câmera de monitoramento, são interpretadas como interações de um usuário com o dispositivo.. Desta forma a Touchlib fornece ao programador a detecção dos toques na superfície, disparando eventos para a aplicação. Atualmente esta biblioteca é especificada apenas para plataforma Windows, mas existem alguns esforços para torná-la portável para outras plataformas [Nuigroup, 2010]. A Figura 22 mostra a imagem captada pela câmera e monitorada pela Touchlib.



**Figura 22- Detecção da interação por monitoramento de imagem em infravermelho [Nuigroup, 2010].**

## Referências

- AMBIENTROOM, Official Specification, Disponível em: <<http://tangible.media.mit.edu/projects/ambientroom/>>. Acesso em 11/2010.
- APPLE, iPad Official Specification, Disponível em: <<http://www.apple.com/ipad/specs/>>. Acesso em: 11/2010.
- AUDIOPAD, AudioPAD Official Specification, Disponível em: <<http://tangible.media.mit.edu/projects/audiopad/>>. Acesso em: 11/2010
- BOUCHET, J., e NIGAY, L. ICARE: a component-based approach for the design and development of multimodal interfaces. Proceedings of CHI'04, 2004, (pp. 1325-1328).
- BURBECK S., "Application Programming in Smalltalk-80: How to use Model-View-Controller (MVC)."University of Illinois in Urbana-Champaign (UIUC) Smalltalk Archive. 1992, Disponível em: <[www.cs.uiuc.edu/users/smarch/st-docs/mvc.html](http://www.cs.uiuc.edu/users/smarch/st-docs/mvc.html)>. Acesso em: 11/2010.
- CAMPOS, Augusto, O que é Linux, BR-Linux, Florianópolis, 2006. Disponível em <<http://br-linux.org/faq-linux>>. Acesso em 04/2010.
- CARD, S. K., English, W. K., and Burr, B. J. Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys, and text keys for text selection on a CRT, Ergonomics 21, 1978, 601-613.
- COHEN, M., GIANGOLA, J., e BALOGH, J. Voice User Interface Design. Harlow, Essex: Addison-Wesley, 2004.
- FISHKIN, K. P.. A taxonomy for and analysis of tangible interfaces. Proceedings at Pers Ubiqui Computer. 8, pp. 347-358. London: Springer-Verlag London Limited, 2004.
- FISHKIN, K., GUJAR, A., HARRISON, B., MORAN, P., e WANT, R. (2000). Embodied user interfaces for really direct manipulation. Commun , 2000, ACM, 43, pp. 74-80.
- FITZMAURICE, G. W., ISHII, H., BUXTON, W. A., “Bricks: Laying the Foundations for Graspable User Interfaces”, Conference on Human Factors in Computing Systems, New York: ACM Press, 1995, pp. 442-449.
- GREENBERG, S., Enhancing creativity with groupware toolkits. Groupware: Design, Implementation, and Use. Springer. 2003. pp. 1-9.
- GREENBERG, S., FITCHETT, C., “Phidgets: Easy development of physical interfaces through physical widgets”, Proceedings of the ACM UIST 2001 Symposium on User Interface Software and Technology, November 11-14, Orlando, Florida. ACM Press. [www.cpsc.ucalgary.ca/grouplab/papers/](http://www.cpsc.ucalgary.ca/grouplab/papers/).

HOFSTRA, H., SCHOLTEN, H., ZLATANOVA, S., SOTTA, A., “Remote Sensing and GIS Technologies for Monitoring and Prediction of Disasters”, *Remote Sensing and GIS Technologies for Monitoring and Prediction of Disasters*, Springer, p. 264 – 272, 2008.

ISHII, H. Tangible bits: beyond pixels. In Proceedings of the 2nd international Conference on Tangible and Embedded interaction (Bonn, Germany, February 18 - 20, 2008). TEI '08. ACM, New York, 2008.

ISHII, H., e ULLMER, B.. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. Proceeding CHI'97 (pp. 234-241). New York: ACM Press, 1997.

ISHII, H., PingPongPlus: Design of an Athletic-Tangible Interface for Computer-Supported Cooperative Play, 1999.

KALTENBRUNNER, M., BOVERMAN, T., BENCINA, R., CONSTANZA, E., “TUOI: A protocol for table-top tangible user interfaces.”, In Proc. of the The 6th Int'l Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation. 2005.

KIRNER, C., DERIGGI, F., KUBO, M. M., SEMENTILLE, A. C., BREGA,, J. F., SANTOS, S., “Virtual Environments for Shared Interactive Visualization”, Workshop of the german-brazilian cooperative program in informatics, Berlin – Alemanha, 1995.

KLEMMER, S. R., LI, J., LIN, J., LANDAY, J. A., “Papier-Mâché: Toolkit Support for Tangible Input”, CHI 2004, April 24-29, 2004, Vienna, Austria.

LEVIN, G., Bringing sketching tools to keychain computers with an acceleration-based interface. Extended abstracts of the CHI'99 conference on human factors in computing systems (pp. 268269). Pittsburgh: CHI'99, 1999.

MAZALEK, A., “Media Tables: An extensible method for developing multi-user media interaction platforms for shared spaces”, PhD. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2005.

MICROSOFT, Windows XP Home Page, 2010, Disponível em <<http://www.microsoft.com/windows/windows-xp/default.aspx>>. Acesso em: 11/2010.

MIT, Supply Chain Visualization Official Specification, 2002, Disponível em: <<http://tangible.media.mit.edu/projects/scvis/>>. Acesso em 11/2010

MYERS, B. Window interfaces: a taxonomy of window manager user interfaces. IEEE Computer Graphics and Applications (8), 1988, 65-84.

MOUSSETTE, C., “Tangible interaction toolkits for designers”, Scandinavian Student Interaction Design Research Conference, 2007.

NSCA, National Center Supercomputing Applications, University of Illinois, Disponível em: <<http://gladiator.ncsa.illinois.edu/Images/press-images/mosaic.gif>>. Acesso em: 11/2010.

NUIGROUP, Touchlib Home Page, 2010, Disponível em:  
<<http://www.whitenoiseaudio.com/touchlib/>>. Acesso em: 08/2010.

OLSEN, D. R., Evaluating user interface systems research. In Proc. UIST'07, 2007, pp. 251-258.

PATTEN, J., ISHII, H., HINES, J., PANGARO, G., SENSETABLE: A Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces, in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '01), (Seattle, Washington, USA, March 31 - April 5, 2001), ACM Press, pp.253-260

PEW, W, Richard, "Interaction from memex to bluetooht and beyond", The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Envolving Technologies and Emerging Applications, Lawrence Erlbaum Associates, Inc , 2003, p. 09 - 12.

PINGPONGPLUS, PingPongPlus Official Specification, Disponível em:  
<<http://tangible.media.mit.edu/projects/pingpongplus/>>. Acesso em: 11/2010

PRIBERAM, Dicionário Online, 2010, Disponível em <<http://www.priberam.pt/>>. Acesso em 06/2010.

RADICCHI, A. O., NUNES, A. L. P., BOTEGA, L. C "Proposta de Desenvolvimento de Interface Tangível para Aplicações de Gerenciamento de Emergência", XII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, 2010.

RAFFLE, H. S., PARKERS, A. J., ISHII, H., "Topobo: A Constructive Assembly System with Kinetic Memory", CHI 2004 Conference on Human Factors in Computing Systems, Vienna, Austria, April 24 - April 29 2004, p 01 – 04.

REACTABLE EXPERIENCE, Reactable Official Specification, Disponível em:  
<[http://www.reactable.com/products/reactable\\_experience/](http://www.reactable.com/products/reactable_experience/)>. Acesso em 11/2010.

ROGERS, Y., e LINDLEY, S. Collaborating around vertical and horizontal displays: witch way is best? Interacting With Computers, 16, pp. 33-52, 2004.

SCARLATOS, L.L.. TICLE: Using Multimedia Multimodal Guidance to Enhance Learning, Information Sciences 140, 2002, 85-103.

SHNEIDERMAN, B. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction (3rd Edition ed.). Reading, MA: Addison-Wesley, 1998

SMITH, 1982, Smith, S. L. "User-system interface". Human Factors Society Bulletin, 1982, 25(3), 1.

TOPOBO, Official Specification, 2003, disponível em:  
<<http://tangible.media.mit.edu/projects/topobo/>>. Acesso em: 11/2010

TRANSBOARD, Official Specification, Disponível em:  
<<http://tangible.media.mit.edu/projects/transboard/>>. Acesso em 11/2010

TUIO, Project Home Page, 2010, Disponível em <<http://www.tuio.org/>>. Acesso em 11/2010.

ULLMER, B. A., “Models and Mechanisms for Tangible User Interfaces” , Thesis (M.S.) Massachusetts Institute of Technology, Program in Media Arts e Sciences, 1997.

VRCIM, Virtual Reality and Computer Integrated Manufacturing Laboratory, Washington State University, Disponível em: <<http://vrcim.wsu.edu/pages/gallery/>>. Acesso em: 11/2010.

XEROX, Home Page, 2010, Disponível em: <<http://www.xerox.com/about-xerox/enus.html>>. Acesso em: 11/2010.

## Autores

**Augusto Luengo Pereira Nunes** - Possui graduação em Bacharel em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Eurípedes de Marília (2010). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Processamento Gráfico (Graphics), atuando principalmente nos seguintes temas: realidade virtual, interfaces tangíveis e técnicas de interação. Contato: [gutolpn@gmail.com](mailto:gutolpn@gmail.com)

**Adriel de Oliveira Radicchi** - Atualmente é estagiário - Gerencia Regional Trabalho e Emprego, atuando principalmente nos seguintes temas: tangible user interface - tui, gerenciamento de emergência. Contato: [adrielradicchi@terra.com.br](mailto:adrielradicchi@terra.com.br)

**Leonardo Castro Botega** - Professor Assistente do Centro Universitário Eurípedes de Marília - UNIVEM. Bacharel em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Eurípedes de Marília - UNIVEM (2005), Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos- DC/UFSCar (2008) e Doutorando em Ciência da Computação - DC/UFSCar. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Processamento Gráfico (Graphics), atuando principalmente nos seguintes temas: Interfaces Computacionais Avançadas, Computação Gráfica e Processamento de Imagens. Contato: [leonardo\\_botega@dc.ufscar.br](mailto:leonardo_botega@dc.ufscar.br)

# Capítulo

# 3

## Realidade Virtual e Aumentada em Ações de Marketing

Ildeberto Aparecido Rodello e José Remo Ferreira Brega

### *Abstract*

*This chapter discusses the use of Virtual and Augmented Reality in Marketing actions. It presents a background of increasing use of Virtual and Augmented Reality in the Business area, providing a foundation for understanding the importance of Marketing in this scenario and how the Virtual and Augmented Reality can aid the strategic plan in Marketing. The chapter also presents some examples of how this technology can be used, aim at discussing the advantages and disadvantages of each solution.*

### *Resumo*

*Este capítulo aborda a utilização da Realidade Virtual e Aumentada em ações de Marketing. É apresentada uma contextualização do crescente uso da Realidade Virtual e Aumentada na área de Negócios, fornecendo um embasamento para se compreender a importância do Marketing nesse cenário e apontar como a Realidade Virtual e Aumentada pode contribuir sendo uma peça estratégica dentro da ação global de Marketing. São apresentados alguns exemplos de como essa tecnologia pode ser utilizada, discutindo-se vantagens e desvantagens de cada solução.*

### **1. Contextualização**

Depois de aproximadamente 80 anos, desde que Edward Link apresentou um primeiro protótipo de simulador em 1929 (Zhao, 2009), a Realidade Virtual e Aumentada (RVA) vive um momento de popularização e intensificação de sua aplicação em diversas áreas do conhecimento.

Considerando o cenário brasileiro, o desenvolvimento da RVA reflete o esforço principalmente de pesquisadores que data de 1997, quando houve a realização do primeiro Workshop de Realidade Virtual e, desde então, já foram 13 edições (considerando 2011) do evento que procura congregar pesquisadores, estudantes e

Empresas interessados em desenvolver e aplicar os conceitos dessa tecnologia (Cerv, 2011).

Todo esse esforço reflete, como mencionado previamente, na popularização e intensificação na aplicação dos conceitos e técnicas de RVA em diversas áreas do conhecimento, resultando no que pode ser observado com a grande demanda por televisores 3D, pelo aprimoramento das técnicas de simulação em jogos digitais e, sobretudo, pelo crescente uso da RVA pelas Empresas.

Não obstante a utilização mais notável da RVA em diversas áreas do conhecimento tais como Saúde, Engenharia e Educação, entre outros, com mais diversas finalidades, a área de Negócios também direciona atenções para sua aplicação principalmente na tentativa de agregar valor a seus produtos e buscar um diferencial competitivo na suas ações estratégicas.

Quando se menciona a área de Negócios, entende-se aquela que envolve principalmente Empresas e suas ações para alcançar determinadas metas estratégicas e competitivas. Observa-se que a RVA, mais especificamente a Realidade Aumentada (RA) tem ganhado espaço como peça componente das ações de Marketing.

Nesse contexto, o principal objetivo desse Capítulo é apresentar e discutir como a RVA tem sido utilizada em ações de Marketing, procurando-se discutir e estabelecer vantagens e desvantagens. Procurou-se mesclar tanto casos utilizados no Brasil quanto no exterior, não objetivando uma discussão exaustiva do assunto, mas sim, instigar o leitor em elaborar soluções derivadas.

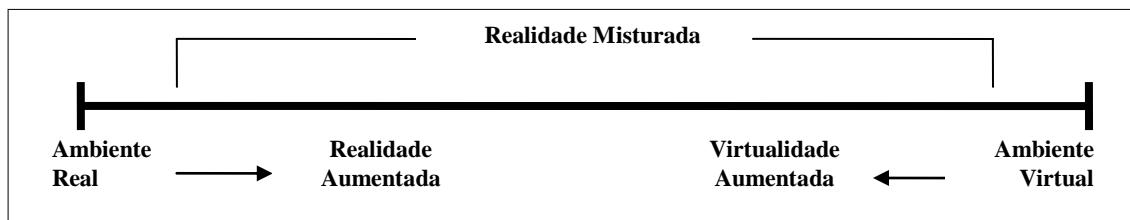
Para a exposição do assunto, a seção 1.2 apresenta um cenário de evolução do conceito de RVA, com o aparecimento do termo Realidade Misturada (RM) e suas derivações. Na seção 1.3 é descrito um panorama de interesse pelo tema. O escopo do Marketing, envolvendo definição e sua inserção dentro de uma organização, é apresentado na seção 1.4. As vantagens e desvantagens da utilização da RVA no Marketing são discutidas na seção 1.5. Por fim, a seção 1.6 apresenta alguns exemplos de uso. Todo esse contexto embasa as considerações finais (seção 1.7).

## 2. A Evolução do Conceito “Realidade Virtual”

Concomitantemente ao processo evolutivo dos equipamentos e dispositivos de RVA, o termo também “evoluiu”. Historicamente atribui-se o termo “Realidade Virtual” (RV) a Jaron Lanier, cientista da computação, artista visual e compositor, que no final da década de 80 sugeriu a junção de dois conceitos antagônicos para a criação dessa emergente área de pesquisas que busca unir o real com o virtual.

A RV pode ser interpretada como a interface mais natural, poderosa e avançada de interação entre homem-máquina, que permite interação, navegação e imersão em um ambiente sintético tridimensional de forma natural e intuitiva, em tempo real, utilizando canais multisensoriais tais como a visão, a audição, o tato e o olfato (Burdea e Coiffet, 1994). (Pinho; Kirner, 1997) (Tori e Kirner, 2006).

Desde então, vários pesquisadores tentam caracterizar diferenciações entre a proporção de real e virtual presentes em um determinado ambiente, além de cunhar termos para tanto. Uma dessas caracterizações refere-se ao *continuum* de virtualidade proposto por Milgram et al. (1994). Pela Figura 1 é possível observar que nas extremidades são caracterizados os ambientes reais e virtuais. Quando há predominância do virtual sobre o real, denomina-se Virtualidade Aumentada (VA) e, ao contrário, Realidade Aumentada (RA). Ao conjunto, tanto VA quanto RA, caracteriza-se por RM.

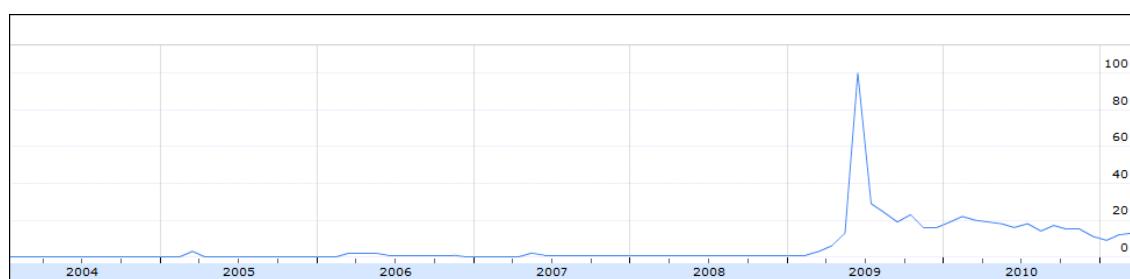


**Figura 1. Continuum de Virtualidade. Adaptado de Milgram et al. (1994)**

Por ambiente virtual entende-se aquele ambiente totalmente gerado por computador, podendo ou não representar um ambiente já existente. Por ambiente real considera-se aquele ambiente palpável, que existe na realidade.

### 3. O interesse pela Realidade Virtual e Aumentada

Há um bom tempo a RVA já é pesquisada pela comunidade científica Nacional. No entanto, o interesse sobre o tema aumentou bastante somente a partir de 2009. A Figura 2 exibe um gráfico gerado pela ferramenta Google Insights (<http://www.google.com/insights/search/#>), com a palavra-chave “realidade aumentada”.



**Figura 2 – Gráfico de buscas do termo “realidade aumentada” somente no Brasil.**

**Fonte: Google Insights (2011)**

Os números no gráfico refletem quantas pesquisas foram feitas por um termo específico em relação ao número total de pesquisas feitas no buscador Google ao longo do tempo. Eles não representam os números do volume de pesquisas absoluto, pois os dados são normalizados e apresentados em uma escala de 0 a 100. Cada ponto no gráfico é dividido pelo ponto mais alto, ou seja, 100. Quando não se tem dados suficientes, 0 é exibido.

A justificativa por esse aumento remete especificamente para 11 de junho de 2009 (ponto mais alto do gráfico) quando uma reportagem foi exibida pela Rede Globo de televisão, no noticiário Jornal da Globo, cujo tema foi Realidade Aumentada (Realidade Aumentada, 2009). Desde então é possível observar um relativo aumento, principalmente se houver a comparação entre 2008 e 2010.

Se o termo utilizado para pesquisa for “realidade virtual”, desde 2006 observa-se certa estabilidade no resultado da busca. O maior interesse ligado ao termo “realidade virtual”, segundo o Google Insights, é a ligação com jogos. A realidade aumentada, por sua vez, tem o seu *download* como maior interesse, ou seja, as buscas referem-se ao interesse na utilização dos recursos e ferramentas de suporte para RA. Talvez isso justifique o interesse do Marketing, ou seja, uma aparente facilidade na instalação e utilização.

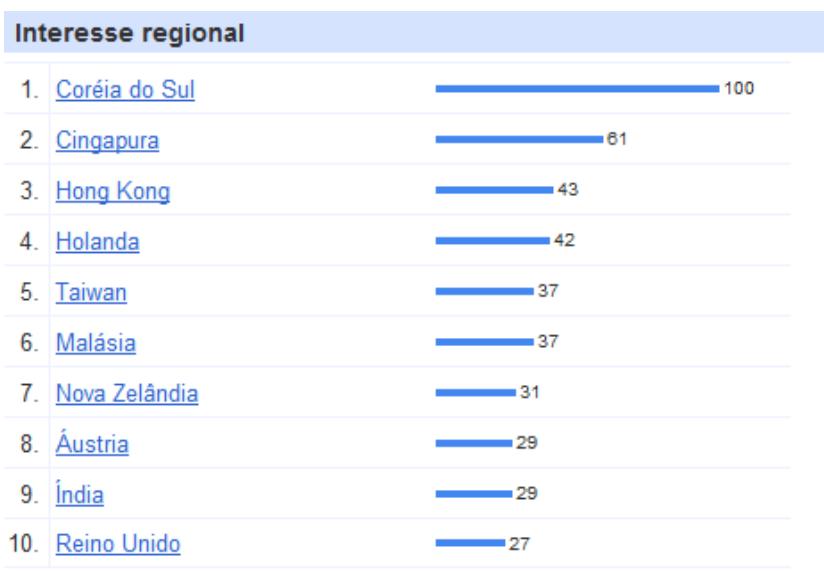
No cenário mundial, observa-se maior interesse pelo assunto, ao menos no que diz respeito a número de acessos em procura, como é possível observar na Figura 3.



**Figura 3 – Gráfico de buscas do termo “augmented reality” no mundo.**

**Fonte:** Google Insights (2011)

Ainda segundo o Google Insights, é possível relacionar aqueles países que tem maior interesse pelo tema. A Coréia do Sul é o país com mais interesse pelo tema, seguido de Cingapura e Hong Kong. O gráfico da Figura 4 destaca os 10 países com maior interesse por buscas com o termo “augmented reality”.



**Figura 4 – Interesse regional de buscas do termo “augmented reality” no mundo.**

**Fonte:** Google Insights (2011)

De maneira geral é interessante observar que o interesse pelo tema “realidade aumentada” está crescendo não somente no Brasil, mas no mundo. Apesar de o crescimento de buscas ter se estabilizado, a tendência é que o interesse continue e que mais aplicações apareçam como consequência da “popularização”..

#### 4. O Escopo do Marketing

Segundo Kotler e Keller (2006), em uma definição ampla, o Marketing “envolve a identificação e a satisfação das necessidades humanas e sociais”. Essa definição tem duas perspectivas: social e gerencial. Na perspectiva social, o Marketing visa entender as necessidades dos clientes e oferecer bens e serviços que os atendam plenamente. Na ótica gerencial, por sua vez, ele é entendido como a “arte de vender produtos”, ou seja,

como uma organização pode vender mais bens ou serviços e, consequentemente, obter mais lucro.

Por organização, entende-se:

“(...) é uma coletividade com uma fronteira relativamente identificável, uma ordem normativa (regras), níveis de autoridade (hierarquia), sistemas de comunicação e sistemas de coordenação dos membros (procedimentos); essa coletividade existe em uma base relativamente contínua, está inserida em um ambiente e toma parte de atividades que normalmente se encontram relacionadas a um conjunto de metas; as atividades acarretam consequências para os membros da organização, para a própria organização e para a sociedade” (Hall, 2004).

Nessa definição destaca-se a palavra coletividade, que apresenta uma Organização como um conjunto de indivíduos, seguindo regras e uma hierarquia. A forma de organização mais comum dessa coletividade é a funcional, onde se agrupa por áreas de especialização em áreas funcionais distintas, ou seja, são agrupados por departamentos num primeiro nível: Marketing, Produção, Informática, Financeiro, etc.

Assim, é possível situar o Marketing nesse contexto da coletividade organizacional e estabelecer seus relacionamentos com os demais departamentos. Uma ação de Marketing não implica somente na atuação do departamento isoladamente, mas também de outros departamentos como co-responsáveis.

Para a *American Marketing Association* (apud Kotler e Keller, 2006), “o Marketing é uma função organizacional e um conjunto de processos que envolvem a criação, a comunicação e a entrega de valor para os clientes, bem como a administração do relacionamento com eles, de modo que beneficie a organização e seu público interessado.” Nesse cenário, a RM pode atuar como uma peça de uma ação de Marketing com potencial para auxiliar a criação, a comunicação e a entrega de valor para os clientes.

## 5. Interatividade e Marketing

No escopo de uma organização, a RVA pode ser usada para diversos fins, tais como: treinamento, demonstração e apresentação de produtos e comunicação de informações corporativas, entre outros. Ela tem um grande valor para muitas Organizações, principalmente relacionada a capacidade de interação oferecida.

Especificamente na área de Marketing, a RVA, mais especificamente a RA compõe uma das peças de uma campanha. Há algumas vantagens e desvantagens relacionadas ao seu uso que são destacadas adiante.

### 5.1. Vantagens

O uso da RVA dentro do escopo do Marketing apresenta algumas vantagens. Apesar de ter 10 anos, aquelas apresentadas por Ryan (2001) ainda tem pertinência no cenário atual, a saber.

A RVA apresenta a capacidade de dar ao usuário a verdadeira experiência de propriedade do produto, sem a necessidade de envio de amostras mesmo. Isso acontece quando, por exemplo, o usuário pode interagir com a modelagem de um produto, observando detalhes externos e de funcionamento. Isso permite ao cliente conhecer melhor as características de um produto antes de comprá-lo. Para a Empresa, a expectativa é a diminuição de custos com a produção e envio de protótipos ou amostras.

Outra vantagem é a habilidade para demonstrar os produtos em tempo real, utilizando os parâmetros definidos pelo usuário. Pessoas diferentes possuem diferentes

perspectivas e anseios sobre um determinado produto. Permitir que ela possa simular a utilização para a finalidade desejada é importante para que o usuário decida-se. Além disso, explicar como equipamentos industriais ou produtos complexos operam pode ser complicado. A RV é uma excelente ferramenta para demonstrar as operações e as capacidades de um produto ou máquina

A RVA é, por definição, multisensorial. Assim, a capacidade para envolver o usuário emocionalmente com o produto (por meio de imersão sensorial.) produz um importante diferencial. Dessa forma, é aconselhável uma apresentação rica em termos de interação.

Para a criação de novos produtos, a RVA caracteriza-se pela capacidade e facilidade para implementação de protótipos e realização de testes e simulações, gerando economia de custos e tempo, além de melhorar a tomada de decisão. Uma Empresa fabricante de aviões pode, por exemplo, criar vários protótipos de um determinado avião e realizar simulações para eliminar o máximo possível de erros antes da produção de protótipo físico.

Pela característica da imersão, a RVA permite uma associação mais estreita entre os meios e as mensagens, uma vez que os usuários entram no canal de mídia e se tornam uma parte dela.

Além disso, há um grande aumento no potencial de mercado uma vez que a sua experiência com o produto pode ser compartilhado por qualquer pessoa no mundo que tem o hardware necessário / software. Nesse contexto a internet tem papel fundamental.

Por fim, apresenta a possibilidade de se usar todos os quatro elementos do paradigma de novas comunicações (entreter, informar, persuadir e interagir), proporcionando uma riqueza de opções a serem exploradas.

## 5.2. Desvantagens

Ainda segundo Ryan (2001), não é somente de vantagens que há no uso da RVA. Dentre as desvantagens é possível observar que:

Não é apropriado para determinados produtos. RVA funciona melhor com os produtos que requerem uma grande interação do usuário. Produtos que dependem do tato e do olfato apresentam grandes dificuldades para as soluções em RVA.

Mesmo com a diminuição de preço de equipamentos, a RVA ainda será uma ferramenta de Marketing cara. Necessita ainda que o usuário, em alguns casos, possua um dispositivo não convencional para interagir ou visualizar.

O processo de criação da RVA é, e será, um processo complexo, que depende de recursos humanos, software e hardware especializados.

Por fim, para algumas soluções há certo inconveniente em ter que fazer o *download* e instalação do aplicativo. A velocidade da conexão e os requisitos necessários para instalação podem ser fatores complicadores.

## 6. Exemplos de Utilização da Realidade Virtual e Aumentada em Ações de Marketing

Nessa seção são apresentados alguns exemplos de utilização da RVA, mais especificamente RA, com os mais diversos objetivos do ponto de vista do Marketing. O objetivo não é esgotar todos os casos, mas apresentar uma visão geral dos que são considerados principais para os autores.

### 6.1. Aplicativo de localização para iPhone

Com o objetivo de tornar tangível o conceito de presença, foi lançado em outubro de 2009 pela agência Insula Comunicação

(<http://www.insulacomunicacao.com.br>), um aplicativo para iPhone encomendado pelo Banco Bradesco.

O funcionamento do aplicativo consiste na utilização da câmera do aparelho. Ao apontá-la para o horizonte, o aplicativo mostra no visor, sobreposta a imagem do local, as agências e caixas eletrônicos que existem nessa região. Conforme a movimentação da câmera, os ícones referentes às agências e caixas eletrônicos se deslocam sobre a imagem que está no visor. O aplicativo ainda informa a distância que o usuário está do estabelecimento, conforme pode ser observado na Figura 5.

De forma similar, em novembro de 2009, o Banco Itaú, com aplicativo desenvolvido pela Finger Tips (<http://ftips.com.br/>), mostra em tempo real a direção e distância das agências, caixas eletrônicos e *dispensers* de talões de cheques.

Também em novembro a Petrobras lançou seu aplicativo para localização de postos de combustível, que permite localizar postos da bandeira cadastrados. Inicialmente o usuário tinha a sua disposição mais de 6 mil postos. Não se limitando somente a RA, ele também conta com recurso de planejamento de viagem, onde ele indica postos de acordo com seu tipo de combustível: (gasolina, álcool, diesel ou gás natural).

A fidelização do cliente e a relação da marca com uma imagem de modernidade, inovação e tecnologia podem ser entendidas como objetivos do ponto de vista do Marketing. Além disso, ambos apostam na crescente utilização de aparelhos celulares para melhorar o relacionamento com seus clientes. Nesse contexto, a ação procurou agregar valor com um serviço oferecido ao cliente.



**Figura 5. Screenshot do aplicativo iPhone para o Bradesco**

**Fonte:** Mobilepedia (2009)

No caso do Bradesco e do Itaú, as características da RVA casaram bem com slogans de campanha. No caso do Bradesco o tema de estar sempre “presente” na vida de seus clientes e no Itaú pelo slogan “feito para sonhar”.

## 6.2. Tour Virtual em 3D

Além da utilização dos recursos de RA, o Banco Itaú também lançou uma campanha com recursos de estereoscopia. Em junho de 2010 o Banco veiculou um anúncio impresso com óculos que possibilitam visualizar todos os ambientes das novas agências disponíveis na internet.

Outro vídeo 3D do Banco foi veiculado em sala de cinema 3D das principais capitais brasileiras. Na animação da Itaú Seguros, cadeiras, pipocas, extintores e hidrantes ganham vida em um vídeo 3D e advertem quanto aos equipamentos e procedimentos de segurança que o estabelecimento oferece (Figura 6).



**Figura 6. Screenshot da animação exibida nos cinemas.**

**Fonte:** Revista Exame (2010)

## 6.3. Demonstrações de Produtos

Para produtos como roupas e acessórios, um dos principais obstáculos para a efetivação de compras na Internet é o fato do cliente ter receio se o produto servirá ou lhe agradará. Nesse contexto, a Ray-Ban lançou em 2009 um site denominado *Ray-Ban Virtual Mirror* (<http://www.ray-ban.com/USA/>) onde, por meio de recursos de RA sem marcadores (*markless*), é possível experimentar virtualmente diversos modelos de óculos de sol. A Figura 7 exibe a chamada para utilização do aplicativo.



**Figura 7. Anúncio do Ray-Ban Virtual Mirror**

**Fonte:** Ray Ban (2011)

Os pontos fortes da solução apontam para a utilização de que não requer nenhum marcador especial, para a possibilidade do usuário provar qualquer par de óculos de sol de uma coleção atual, ou seja, elimina a possibilidade de que o produto desejado esteja fora de estoque e para o grande potencial de interatividade proporcionado.

Os pontos fracos que podem ser apontados, remetem para a necessidade de se fazer *download* do aplicativo, o que pode demandar certo tempo dependendo do tamanho do arquivo e da conexão, requer sistema operacional Windows e computador atualizado.

Com a utilização de marcadores, diversas peças de Marketing para demonstração de produtos tem sido elaboradas. Por exemplo, a Tissot, fabricante de relógios, criou em Londres uma vitrine virtual (Figura 8).

São distribuídos marcadores em formato de relógio que são colocados no pulso. A imagem é gerada em um monitor sensível ao toque, que permite ainda mudar estilo, cor e tamanho da peça, além de exibir algumas funcionalidades reais tais como horário e cronometro.

É possível também acessar o aplicativo via internet (<http://www.tissot.ch/reality/>). É disponibilizado um arquivo com o relógio marcador para ser impresso e posteriormente recortado. A intenção dessa ação da Tissot é tentar quebrar a imagem inacessível que algumas pessoas tem de seus produtos e aproxima-los.

Assim como a solução da Ray Ban, o acesso via internet requer o *download* e instalação do aplicativo. Apesar de alguns inconvenientes de *download* (o arquivo da Tissot tem 82 Mbytes) e instalação que possam acontecer, as soluções são relativamente baratas e tem bom alcance, uma vez que é grande o número de pessoas que acessam internet e tem uma *webcam* instalada.



**Figura 8. Vitrine Virtual em Londres**

Para provar roupas, a agência A Bendita (<http://www.abendita.com.br>), criou um aplicativo utilizado por diversas campanhas como da Globo News, que possibilita experimentar camisas da seleção brasileira de futebol ou roupas da loja Maria Filó. O aplicativo pode ser acessado via internet e usa marcadores.

O aplicativo é similar ao da Empresa Zugara (<http://www.zugara.com>) que também apresenta um provador virtual baseado em marcadores e captura de movimentos (Figura 9).



**Figura 9. Provador de Roupas Virtual**

**Fonte:** Zugara (2011)

Sem dúvidas, o mais explorado potencial da RA está na demonstração de produtos. Seja na aproximação de clientes, ou para aumentar a taxa de conversão em sites de comércio eletrônico, há diversos aplicativos de várias e grandes Empresas.

#### 6.4. Jogos e Outros

A RA também pode ser utilizada para provocar aumento na venda de produtos. Campanhas como da Nestlé, Doritos e Lego demonstram isso.

A Nestlé encomendou a Zugara um jogo de RA, denominado *Nesquik Factory*, onde o usuário é instruído a encher as garrafas de Nesquik o mais rápido possível e trabalhar o sistema virtual de transporte do produto. Para acessar o jogo, é necessário ter uma embalagem de Nesquik (Figura 10).

O jogo está baseado na captura de movimentos com realidade aumentada. A solução desenvolvida pela Zugara também é aplicada em outros jogos. Dessa forma, o usuário não precisa de nenhum marcador ou dispositivo especial. A interação é feita com as mãos.



**Figura 10. Nesquik Factory**

**Fonte:** Zugara (2011)

Em outra ação, agora em parceria com a Dassault Systèmes (<http://www.3ds.com/>), o cliente é instigado a comprar uma caixa de cereal. Por meio de um marcador de RA localizado atrás da embalagem, é possível experimentar um jogo inspirado no filme “Arthur and the Revenge of Maltazard”, conforme Figura 11.

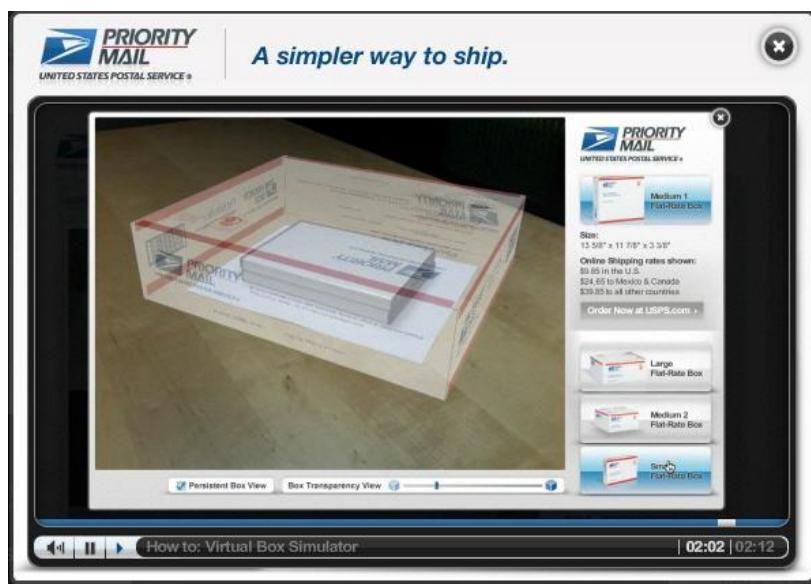


**Figura 11. Realidade Aumentada na Caixa de Cereal**

**Fonte:** Dassault Systèmes (2011)

A Pepsico, fabricante do salgadinho Doritos, também lançou uma campanha utilizando RA. No verso de cada embalagem do sabor Sweet Chili há um símbolo de RA, que ao ser ativado no site da marca libera um monstro em 3D chamado *Doritos Lover*. Os personagens podem fazer parte do perfil do usuário no Orkut. Foram criadas mais de 200 mil combinações dos monstros.

Por fim, a USPS (*United States Postal Services*) disponibiliza um aplicativo de RA denominado *Virtual Box Simulator* (<https://www.prioritymail.com/simulator.asp>) que permite ao usuário dimensionar e escolher a caixa apropriada para sua encomenda (Figura 12).



**Figura 12. Screenshot Virtual Box Simulator**

**Fonte: USPS (2011)**

## 7. Considerações Finais

Este Capítulo abordou o uso da RVA em ações de Marketing. Dentro de uma organização, o Marketing tem um importante papel e a utilização da RVA como uma peça associada a uma determinada ação de Marketing pode contribuir de forma auxiliar tanto na criação, quanto na comunicação e também como uma forma de agregar valor ao cliente.

A intenção desse trabalho não foi esgotar o assunto ou mesmo explorar todas as possibilidades de uso da RVA dentro do contexto do Marketing. Foi estabelecer perspectivas reais de utilização para que discussões possam ser iniciadas e novas ações possam ser derivadas dos casos apresentados.

É interessante destacar que a RA tem se apresentado como preferência de uso nas ações. O que se observar é da menor demanda em termos de requisitos de equipamentos para a utilização da RA face a RV. Com uma câmera e acesso a internet, cada vez mais comuns para as pessoas atualmente, é possível criar uma peça com RA. O público atingido é obviamente maior quando se compara a RV que necessita de equipamentos especiais (óculos estereoscópicos e computador com placa gráfica, por exemplo).

A facilidade de interação proporcionada pela RA, que não requer nenhum dispositivo especial, bem como algumas vezes utiliza o próprio corpo, é também um dos pontos fortes. Com a RV o uso de dispositivos se faz necessário em diversas vezes.

O que se observa é uma tendência de uso cada vez maior da RA como peça das ações de Marketing. Isso é muito benéfico para a Comunidade de RVA que pode cada vez mais buscar recursos para aplicação de suas pesquisas e desenvolvimento de seus produtos. Por outro lado, as Organizações tem ao seu alcance uma tecnologia atual e com potencial de retenção de atenção e interação muito grande.

## Referências

- Burdea, G. e Coiffet, P. (1994). “Virtual Reality Technology”. John Wiley & Sons, New York, N.Y.
- Cerv (2011). “Comissão Especial de Realidade Virtual.” Sociedade Brasileira de Computação. Disponível em <<http://comissoes.sbc.org.br/ce-rv/home/>>. Acesso em Abril de 2011.
- Dassault Systèmes (2011). Disponível em <<http://minimoys.3ds.com/press/3DVIA-Nestle.html>>. Acesso Abril 2011.
- Google Insights. (2011). Disponível em: <<http://www.google.com/insights/search/#>>. Acesso em março de 2011.
- Kotler, P. e Keller, K. L. (2006) “Administração de Marketing”, 12 ed., Pearson Prentice Hall.
- Milgram, P.; Takemura, h.; Utsumi A.; Kishino, F; (1994) “Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum”, Telemanipulator and Telepresence Technologies, Vol. 2351, p. 282-292.
- Mobilepedia (2009). “iPhone + Realidade Aumentada = Bradesco (Mobile Marketing)”. Disponível em <<http://www.mobilepedia.com.br/cases/iphone-realidade-aumentada-bradesco-mobile-Marketing>>. Acesso em março de 2011.
- Pinho, M.S.; Kirner, C., (1997) “Uma Introdução à Realidade Virtual.” In: X Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, SIBGRAPI'97: Minicurso.
- Ray Ban (2011). “The Ray Ban Virtual Mirror”. Disponível em <<http://www.ray-ban.com/usa/science/virtual-mirror>>. Acesso em março 2011.
- Realidade Aumentada. Jornal da Globo. Rio de Janeiro, Globo, 11 de junho de 2009. Programa de TV.
- Revista Exame. (2010). “Itaú Seguros veicula campanha em 3D”. Disponível em <<http://exame.abril.com.br/Marketing/noticias/itau-seguros-aposta-3d-549914>>. Acesso em março 2011.
- Ryan, C. (2001). “Virtual Reality In Marketing”. Disponível em: <http://www.allbusiness.com/technology/internet-technology/788154-1.html>. Acesso em março de 2011.
- Tori, R., Kirner, C. (2006). “Fundamentos de Realidade Virtual.” In: VIII Simpósio de Realidade Virtual, Livro do Pré-Simpósio: Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada, ISBN 857669068-3.
- USPS (2011). “Virtual Box Simulator”. Disponível em <<https://www.prioritymail.com/simulator.asp>>. Acesso em Abril 2011.
- Zhao, Q. (2009). “A Survey on Virtual Reality”. Science in China Series F: Information Sciences. Science China Press, co-published with Springer. V52(3). pp. 348-400.
- Zugara (2011). “Augmented Reality Software.” Disponível em <<http://www.zugara.com/augmented-reality/software>>. Acesso em março de 2011.

# Autores

**Ildeberto A. Rodello** - Possui graduação em Tecnologia em Processamento de Dados pela Universidade Estadual de Campinas (1994), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (1998) e doutorado em Física Computacional pela Universidade de São Paulo (2003). Atualmente é professor doutor na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP). Tem experiência na área de Ciência da Computação e Sistemas de Informação com ênfase na aplicação de técnicas de Realidade Virtual em sistemas de Ensino/Aprendizagem. É Bolsista de Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 2 É membro eleito da Comissão especial de Realidade Virtual e Aumentada (CERV) da Sociedade Brasileira de Computação - SBC. Contato: [rodello@fearp.usp.br](mailto:rodello@fearp.usp.br)

**José Remo Ferreira Brega** - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1986), graduação em Tecnologia Em Processamento de Dados pela Universidade Federal de São Carlos (1987), mestrado em Geotecnologia pela Universidade de São Paulo (1991), doutorado em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo (1997) e livre docente em Interfaces Avançadas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2010). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp Bauru) junto ao Departamento de Computação da Faculdade de Ciências. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Realidade Virtual. É docente credenciado junto ao programa de Pós-graduação em Ciência da Computação da Unesp. É membro eleito da Comissão Especial de Realidade Virtual e Aumentada (CERV) da Sociedade Brasileira de Computação – SBC. Contato: [remo@fc.unesp.br](mailto:remo@fc.unesp.br)

# Capítulo

# 4

## Uso do FLARToolKit no E-commerce

Antonio S. Veloso, Carlos A. Costa Ramos, Elizângela dos S. Moreno,  
Jullyandry Coutinho V. dos Santos, Pedro Ivo L. de Souza e Wender A.  
Silva

### *Abstract*

*This work discusses the use of "FLARToolkit" in e-commerce, demonstrating the applicability of the API on the Web, demonstrating the steps required to prepare a site with applications that use augmented reality to outline the products offered by a company or organization, promoting such products through this technology that uses Flash as the main part of the application, being responsible for the links between libraries that are used by the API. The prospect has as objective to apply the use of FLARToolkit in e-commerce to promote products and specifically demonstrate the operation and construction of an application using this API for e-commerce.*

### *Resumo*

*Este trabalho versa sobre o uso do "Flartoolkit" no e-commerce, mostrando a aplicabilidade da API na Web, demonstrando os passos necessários para elaboração de um sitio com aplicativos que utilizam a Realidade Aumentada para esboçar os produtos oferecidos por uma empresa ou organização, promovendo tais produtos por meio desta tecnologia que utiliza o Flash como principal parte da aplicação, sendo o responsável pelas ligações entre as bibliotecas que são utilizadas pela API. Diante dessa perspectiva tem-se como objetivo aplicar o uso do FLARToolKit no e-commerce para promoção de produtos e, especificamente, demonstrar o funcionamento e a construção de uma aplicação com uso desta API para e-commerce.*

### **1. Introdução**

O mercado nunca deixará de ser competitivo, ganha quem aposta em novas tecnologias e se torna diferente na hora de competir. Usar ferramentas de Tecnologia da

Informação (TI) como diferencial para as decorrentes tomadas de decisões torna-se mais freqüente no mercado, e usá-las de forma eficiente pode gerar um diferencial que agrega valor ao produto e/ou serviço, garantindo melhor desempenho na competitividade.

Tendo em vista estes aspectos, propõe-se a responder a seguinte questão: Como promover um produto de e-commerce com uso do FLARToolKit?

Abordando o problema em foco, definiu-se como objetivo geral, aplicar o uso do FLARToolKit no e-commerce para promoção de produtos e, especificamente, demonstrar o funcionamento e a construção de uma aplicação com uso do FLARToolKit, onde em virtude destas perspectivas, justifica-se a criação de um modelo para construção das aplicações com uso desta biblioteca.

Para tanto iremos ver alguns conceitos e pesquisas relacionados com Realidade Virtual, marketing, merchandising, promoção e suas estratégias, como está o e-commerce no mundo e no Brasil.

Mostrar como exemplo, algumas empresas que usam a Realidade Virtual e Aumentada para promoção de seus produtos, mostrar por meio de referências o potencial do País nas vendas por meio do e-commerce e posteriormente dar continuidade ao desenvolvimento da aplicação.

Cientificamente, a pesquisa contribui com os estudos na área de realidade virtual e aumentada, analisada no contexto de sua associação com estratégias de marketing, de promoção, em especial, as técnicas de merchandising. Guardadas as limitações do estudo, futuros pesquisadores poderão partir das premissas aqui apresentadas para desenvolver outros estudos nas já citadas áreas.

## **2. Realidade Virtual: Histórico, Conceitos e Dispositivos**

### **2.1 Histórico**

A RV consiste na representação de objetos virtuais computadorizados, na abstração de elementos reais, possibilitando que o usuário interaja com os mesmos, por meio de respostas a seus estímulos.

A tecnologia surgiu com o pesquisador Ivan E. Sutherland, que desenvolveu o primeiro sistema gráfico interativo, o qual interpreta desenhos com dados de entrada e realiza associações com topologias conhecidas, gerando novos desenhos [Sutherland *apud* Botega e Cruvinel 2009, p. 8].

Conforme [Krueger, Bolt, Lanier *apud* Botega e Cruvinel 2009, p. 8-9] devido a necessidade de uma definição para diferenciar as simulações computacionais tradicionais dos mundos digitais, em meados dos anos 70 surgiu o termo Realidade Virtual (RV) nascendo a interface de terceira geração, com interações produzidas sobre situações geradas com comandos não convencionais, diferenciando-se das interfaces dotadas apenas de reprodução multimídia, mantidas até então por interfaces bidimensionais de primeira e segunda geração.

### **2.2 Conceitos**

Segundo [Pimentel *apud* Botega e Cruvinel 2009], a RV é uma forma de interação do usuário com a tecnologia, causando-lhe a sensação de estar em outra realidade. De fato, RV refere-se a uma experiência interativa e imersiva baseada em imagens gráficas tridimensionais geradas em tempo real por computador.

“O principal objetivo desta nova tecnologia é fazer com que o participante desfrute de uma sensação de presença no mundo virtual [Jacobson *apud* Botega e Cruvinel 2009, p. 9]”.

Para [Kirner et al *apud* Botega e Cruvinel 2009, p. 8], a RV baseia-se em uma interface avançada de terceira geração para aplicações computacionais, na qual o

usuário interage em tempo real, em um ambiente 3D sintetizado, utilizando dispositivos multisensoriais. Realidade Virtual pode ser descrita como um conjunto de tecnologias que permite criar ambientes gráficos que simulam a realidade existente ou a realidade projetada [Freitas *apud* Souza e Lamounier 2009, p. 91].

Realidade Aumentada é a integração de objetos tridimensionais (3D) com o ambiente real em tempo real, se tratando de uma variação de Realidade Virtual, em que o usuário interage somente com o mundo virtual sem ter contato visual com o mundo real [Azuma *apud* Sementille et al 2008, p.133].

O termo Realidade Aumentada é definido por [Milgram e Kishino 1994 *apud* Sementille et al 2008] como sendo o subconjunto de Realidade Misturada (RM) e pode ser realizado dentro de um continuum de virtualidade, onde um dos extremos encontra-se o ambiente real e no outro Ambiente Virtual (AV).

A Realidade Virtual possibilita que o usuário interaja no espaço virtual experimentando a sensação de locomoção em três dimensões, percebendo e manipulando figuras e objetos gráficos [Cardoso e Lamounier *apud* Souza e Lamounier 2009, p. 91].

### **3. Dispositivos**

Para propiciar esta sensação de presença os sistemas RV integram sofisticados dispositivos, os quais podem ser aplicados em ferramentas das mais diversas áreas, contribuindo para a análise e manipulação de representações virtuais. [Jacobson *apud* Botega e Cruvinel 2009, p. 9].

#### **3.1 Dispositivos de saída de dados**

A maioria das aplicações de RV é baseada no isolamento dos sentidos, principalmente a visão. Assim, cabe ao hardware de RV de saída de dados estimular tais sentidos. A saída dos sistemas de RV, seja ele imersivo (HMD's – Head Mounted Displays) ou parcialmente imersivo (monitores), tem como preocupação principal, gerar imagem estereoscópica, seja ela passiva como a polarização, anaglifos e difração de luz, ou ativa, como os óculos obturadores. [Gattas et al *apud* Botega e Cruvinel 2009, p. 14].

##### **3.1.1 Dispositivos convencionais de saída de dados**

De acordo com [Botega e Cruvinel 2009] os dispositivos convencionais de saída de dados são periféricos de comum utilização, destinados à visualização e análise de sistemas de propósito geral. São eles: monitor de vídeo, impressoras, alto-falantes, etc. Envoltando sistemas de Realidade Virtual, os dispositivos convencionais de saída de dados podem contribuir para o desenvolvimento de ambiente interativo e semi-imersivo, porém, não são capazes de prover realismo e o envolvimento tal qual fornecidos por sistemas virtuais dotados de dispositivos não convencionais.

##### **3.1.2 Dispositivos não convencionais de saída de dados**

De acordo com [Botega e Cruvinel 2009] estes dispositivos são responsáveis em fornecer grande parte do efeito imersivo ao sistema de RV. De modo que são implementados sob interfaces intuitivas, e se tornam capazes de transpor o usuário à cena sintética, tornando real sua experiência.

Para [Botega e Cruvinel 2009] os dispositivos de RV englobam controles em 3D interativos de processos computacionais, sendo que o usuário entra no espaço virtual das aplicações, visualizando, manipulando e explorando os dados da aplicação em

tempo real através de seus sentidos, onde a vantagem é transportar o usuário do mundo físico para o mundo virtual.

### **3.2 Dispositivos de Entrada de Dados**

De acordo com [Botega e Cruvinel 2009] através do sistema de RV, o usuário sente-se imergido num ambiente sintético por meio de dispositivos de saída de dados. Com relação aos dispositivos de entrada, este permite o envolvimento do usuário e sua interação com o ambiente.

[Pimentel *apud* Botega e Cruvinel 1995, p.22] separa os dispositivos de entrada em duas categorias: dispositivos de interação e de trajetória. O de interação permite ao usuário a movimentação e manipulação de objetos no mundo virtual (mouse, teclado, joysticks). Os dispositivos de trajetória monitoram partes do corpo do usuário, detectando seus movimentos e criando a sensação de presença no mundo virtual (dispositivos de rastreamento).

#### **3.2.1 Dispositivos convencionais de entrada de dados**

Conforme [Botega e Cruvinel 2009] estes dispositivos são periféricos de usabilidade comum, destinado aos usuários comuns e sistemas de propósito gerais, como: teclado, mouse, trackballs, digitalizadores de mesa (scanners), canetas digitais e microfones. No âmbito de sistemas de RV, os dispositivos não convencionais de entrada de dados podem contribuir para o desenvolvimento de ambientes interativos e semi imersivos, porém não provêem o realismo e o envolvimento tal qual fornecidos por sistemas virtuais dotados de dispositivos não convencionais.

#### **3.2.2 Dispositivos não convencionais de entrada de dados: rastreadores e luvas digitais**

De acordo com [Resources *apud* Botega e Cruvinel 2009] os rastreadores são periféricos não-convencionais de entrada de dados para sistemas de RV, onde o usuário interage com os objetos da cena virtual por meio de comportamentos interativos de manipulação diretas (behaviors), onde se busca a interação natural do usuário com o ambiente virtual.

O modo como os participantes interagem com o sistema de RV influencia enormemente em suas experiências, afetando a facilidade de uso do sistema, a sensação de imersão do usuário e a variedade de ações que o usuário pode tomar dentro do ambiente de RV. [Gattass et al *apud* Botega e Cruvinel 2009, p. 22].

Para [Botega e Cruvinel 2009], as luvas digitais possuem dispositivo de rastreamento, funcionando como apoio a vários sensores, mecânicos, óticos, acústicos, inerciais e magnéticos, usados para capturar a posição e a orientação espacial de um objeto, com complexidade variável.

Percebe-se uma gama de dispositivos que podem interagir em uma aplicação que utilize a Realidade Virtual ou Aumentada, para tanto, existem possibilidades de aplicabilidade desta tecnologia em ambientes educacional, empresarial e até mesmo doméstico. Sendo assim, poderemos tentar usar tal tecnologia na exposição dos produtos de uma empresa ou organização e assim realizar o que chamamos de “*Marketing*” e “*Merchandising*” do produto ofertado, fazendo com que esta tecnologia

impulsionar e conquistar novos compradores pela novidade e versatilidade na demonstração de produtos.

#### **4. Marketing, Merchandising e Promoção de Vendas: conceitos e estratégias**

##### **4.1 Marketing**

Processo de planejamento, execução, preço, comunicação e distribuição de idéias, bens e serviços de modo a criar trocas (comércio) que satisfaçam aos objetivos individuais e organizacionais. A ação de marketing é mais ou menos ampla, conforme o enfoque de cada empresa [Blessa 2007, p. 1].

Segundo [Kotler 1996] Marketing é um conjunto de atividades de uma empresa que tem como objetivo satisfazer as necessidades e desejos de mercado, por meio de oferta de produtos e serviços, possibilitando um processo de troca. Já para [Rocha e Christensen 1999] Marketing é uma função gerencial que trata de ajustar a oferta da empresa, as demandas específicas do mercado, usando um conjunto de princípios e técnicas como ferramentas. Também se trata de um processo social, onde são ajustadas a oferta e a demanda de bens e serviços para satisfazer as necessidades sociais. É ainda uma orientação da administração, que reconhece que a tarefa principal da empresa é satisfazer o seu cliente, atendendo as suas necessidades, respeitando seu bem estar e suas exigências.

No processo competitivo, cada empresa está permanentemente buscando o melhor ajustamento entre o produto específico que ela oferece e algum grupo de consumidores no mercado. Nisto reside à essência da concorrência entre as empresas, e ao marketing cabe a tarefa de realizar este ajustamento. Como o mercado é dinâmico, tal ajuste se deve realizar de forma permanente, já que toda empresa está constantemente ameaçada de perder sua posição por: mudanças no meio ambiente, mudanças nos comportamentos dos consumidores, mudanças nas ações dos concorrentes [Rocha, Christensen 1999, p. 15].

O mercado atual exige que as empresas obtenham uma quantidade maior de informações, e com maior qualidade, para que tenham condições de competir. A análise mercadológica busca informações para constituir um plano de negócio, e o Composto de Marketing torna possível a análise de constituir um novo empreendimento.

Em se tratando da força de vendas, a utilização da promoção de vendas pode estar ligada ao alcance de um apoio maior para os produtos atuais ou os que estão por vir. Outro objetivo diz respeito a fazer com que vendedores e consumidores fiquem mais voltados para negócios. Chegando-se a uma conclusão que a Web Marketing é uma das opções.

Com a evolução da Tecnologia da Informação e da Comunicação, especialmente a Internet, o marketing interativo evoluiu para o chamado marketing digital ou Web Marketing, conceito que expressa o conjunto de ações de marketing intermediadas por canais eletrônicos como a Internet, em que o cliente controla a quantidade e o tipo da informação recebida [Machline et al 2004, p.8].

A Web marketing é uma das técnicas mais modernas e inovadoras do merchandising, que busca principalmente chamar a atenção dos consumidores mais exigentes, que estão constantemente buscando novidades, estimulados pelos atributos promocionais.

## 4.2 Merchandising

Merchandising é o conjunto de atividades de marketing e comunicação destinadas a identificar, controlar, ambientar e promover marcas, produtos e serviços nos pontos-de-vendas. É responsável pela apresentação destacada de produtos na loja, criando espaço e visibilidade, de maneira tal que acelere sua rotatividade [Blessa 2007, p. 2].

Merchandising segundo [Blessa 2007] é uma técnica, ação ou material promocional usado em pontos-de-venda, que informe e dê visibilidade ao consumidor, a fim de motivar na sua decisão de compra de produtos, marcas ou serviços e afirma que o merchandising no local de venda é o canal de informação mais rápido e eficaz, destinados a identificar, controlar, ambientar e promover marcas, produtos e serviços nos pontos de vendas.

[Costa e Crescitelli 2003] afirmam que a promoção de vendas e o merchandising oferecem características próprias mais abrangentes, eficientes e de múltipla aplicação em toda a área de marketing. Elas passaram a ter maior destaque como estratégia, ocupando um maior espaço no planejamento de marketing e de comunicação, recebendo mais verba para a execução de seus planos e ainda serem efetuadas com maior seriedade por profissionais e empresas.

Com o passar do tempo e o avanço da tecnologia, muitas empresas passaram a adotar a Internet como maneira de exibir seus produtos para uma maior quantidade de consumidores, em qualquer ponto do planeta. Dessa maneira, o merchandising na internet vem ganhando cada vez mais espaço tanto com as empresas, assim como vem conquistando a confiança para uso e compra e curiosidade dos consumidores.

## 4.3 Promoção

O processo pelo qual consumidores adquirem um produto ou serviço inicia com reconhecimento de uma necessidade, depois de identificada a necessidade o mesmo busca meios que as satisfaçam, buscando fontes que possam levá-lo ao produto, os consumidores geralmente buscam os produtos que são conhecidos dentre os grupos, família amigos e que possui qualidade diante desse público. Dessa forma a empresa que divulga seus produtos e o torna conhecido, oferecendo um diferencial e disponibilizando meios para que o consumidor identifique sua marca, qualidade e o valor que esse produto agrupa, possui maiores chance de satisfazer as necessidades de seus consumidores ou de fidelizar novos consumidores a sua marca, produto ou serviços.

A Promoção, segundo [Cobra 1997], é toda atividade desempenhada pela empresa para divulgar e promover seus produtos ao mercado-alvo, tornando-o conhecido para que atenda as necessidades dos consumidores. Inclui-se nela, o composto ou mix de comunicação formado pela propaganda, promoção de vendas, assessoria de imprensa, relações públicas, merchandising, força de vendas, marketing direto e on-line.

“O elemento Promoção, ou comunicação, refere-se a como os profissionais de marketing informam, convencem e lembram os clientes sobre os produtos e serviços”. [Churchill; Peter 2005, p. 20].

Demonstra-se por meio das afirmações citadas que estabelecer requisitos promocionais é uma forma de estreitar a relação entre a empresa e cliente, expondo os produtos de forma a transmitir suas informações e garantir o interesse do cliente pelo

produto e influenciá-lo em todos os estágios do processo de compra, onde uma empresa antes de colocar seu produto para o consumidor é necessário que esta estipule as estratégias e ferramentas adotadas para estreitar esse relacionamento de troca.

#### **4.3.1 Estratégias de Promoção**

As estratégias de promoção de produtos são vistas como a forma que uma empresa irá comportar-se e comunicar-se com seus consumidores, funciona como fator determinante para posicionar um produto perante o mercado, pois com base nessas estratégias de promoção pode-se identificar uma marca, verificar se o produto que está sendo oferecido é necessário pelo consumidor, vindo dessa forma mostrar os valores agregados ao produto ou serviço que estará sendo oferecido, verificando qual o diferencial do produto com relação aos concorrentes, permitindo que uma empresa adquira bagagem para promover sua marca, produtos ou serviços, assim buscando criar um vínculo entre empresa e consumidor.

Para [Urdan 2006], a estratégia de promoção é utilizada como forma de comunicação entre a empresa e seu mercado-alvo, tendo como objetivo informar, persuadir e influenciar à compra, através de ferramentas promocionais, tais como: propaganda, marketing direto, venda pessoal, promoções de venda e relações públicas.

Perante essa indagação, utilizam-se diversas estratégias para promover um produto, sendo as principais: Merchandising, realização de eventos, relações públicas, publicidade e propaganda. Segundo [Churchill e Peter 2005], a propaganda tem função de informar o cliente sobre um produto, expondo de forma esclarecedora suas informações, a fim de estimular o cliente a adquiri-lo, dando-lhe a oportunidade de conhecer melhor o produto, podendo assim levá-lo a uma fidelização. Afirma ainda que, a propaganda tem o poder de persuadir o consumidor, sendo um anúncio ou mensagem vinculada aos meios de comunicação de massa, podendo ocorrer em um determinado período, em espaços doados ou pagos.

Outra estratégia utilizada para promover um produto ou serviço é a publicidade atua como uma forma de comunicação vista como não paga, que permite observar as informações sobre a empresa seus produtos, veiculadas pela mídia na forma de notícias. Assim como a propaganda a publicidade deve ser planejada, implementada e controlada como parte do esforço complementar de comunicação de marketing.

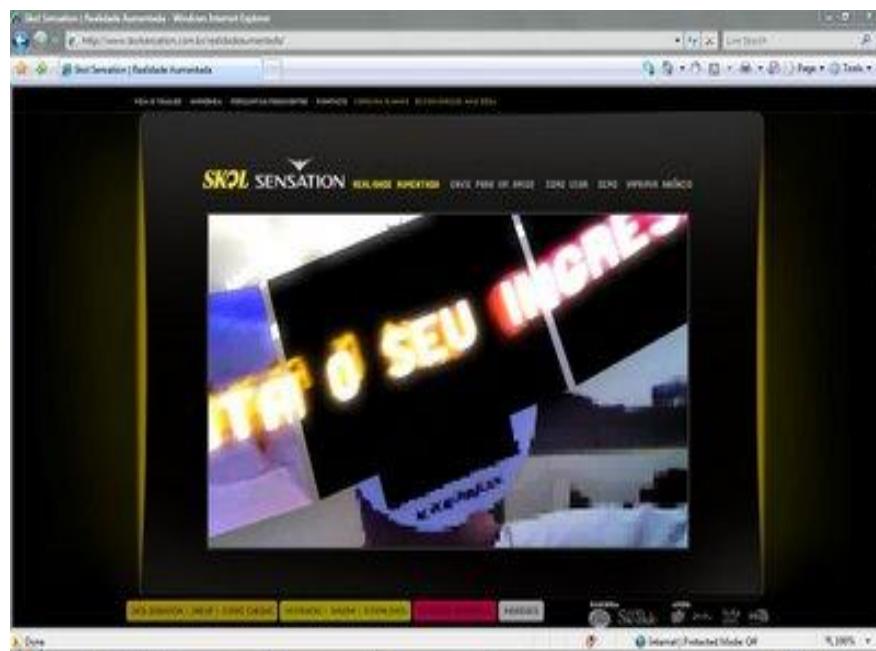
A RV possibilita utilizar dispositivos especiais para manipulação de objetos tridimensionais, auxiliando os profissionais de marketing em uma nova forma de estratégia para expor produtos, sem ter necessidade de custo para construção física do produto.

O software mostra o produto em três dimensões, ilustra como ele irá funcionar e demonstra como mudanças no projeto do produto afetam o desempenho. Esse processo ajuda as organizações a encontrar desejos não atendidos dos clientes [Churchill; Peter 2005].

### **5. Empresas que fizeram uso da tecnologia para expor seus produtos**

Com a competitividade cada vez maior no mercado, [Messa 2009] afirma que a Realidade Aumentada surge como uma nova proposta de publicidade interativa. Este é um conceito "creating time", onde o objetivo é ampliar o tempo de interação com a marca.

A Skol lançou a “Skol Sensation”, onde o anúncio convida o leitor a visitar o hot site do evento e posicionar o logo da marca em frente a webcam. Feito isso, aparece na tela uma animação sobre a logomarca, vejam na Figura 1.



**Figura 1. Hot site do Skol Sensation**

O reality show Big Brother Brasil edição 2010, lançou um aplicativo de RA que ajudou na divulgação do programa, onde permitia que usuários interagissem em seus computadores com os participantes da casa, por meio da webcam.

[Veloso 2010] afirma que esta é a primeira vez que se vê em um programa da TV brasileira de grande abrangência, o uso da Realidade Aumentada. A partir desta inovação aguarda-se uma resposta positiva de como os usuários farão uso desta tecnologia e se ela será empregada em produções futuras.

Para o acesso a este aplicativo, era necessário acessar uma página especial e baixar um marcador que era identificado pela câmera do computador. Em seguida, o usuário deveria baixar o aplicativo de cada um dos participantes do reality show. Exemplo mostrado na Figura 2.



**Figura 2. Hot site do Big Brother Brasil 10**

## 6. Realidade Virtual aplicada ao e-commerce

### 6.1 E-commerce, E-business e outras definições

Atualmente há muitos difusores ao acesso da internet, por diferentes motivos, pela sua agilidade, eficiência da maneira pela qual as pessoas se comunicam, buscam informações e adquirem novos conhecimentos. Por este mecanismo as empresas aderiram a esta nova realidade de negócio e tem agregado valores às novas tendências e à um novo canal de comercialização conhecido por e-commerce.

Conceituam comércio eletrônico (e-commerce) como “processo de compra, venda, transferência ou troca de produtos, serviços ou informações via redes de computadores, incluindo a internet”; e negócio eletrônico (e-business) como sendo “não apenas a compra e venda de bens e serviços, mas também o atendimento a clientes, colaboração com parceiros empresariais, realização de transações eletrônicas dentro de uma organização” [Turban; Rainer; Porter *apud* Perini 2009, p. 129].

Assim, [Ima, 2000 *apud* Faria e Muller, 2006, p. 3] afirma que o "e-commerce são transações e pós-transações de atividades desempenhadas por compradores e vendedores por meio da Internet, em que há uma clara intenção de comprar e vender".

Segundo [Perini 2009 p. 129] as transações utilizando o comércio eletrônico podem ser feitas entre diversas partes. Os mais comuns são:

- a) Bussiness-to-bussiness (B2B): transações onde os vendedores e compradores são empresas;
- b) Bussiness-to-consumer (B2C): transações onde os vendedores são empresas e os compradores são indivíduos (pessoa física); também conhecida como e-tailing;
- c) Consumer-to-Bussiness (C2B): transação onde os consumidores tornam conhecida uma necessidade específica por um produto ou serviço, e os fornecedores competem para fornecer o produto ou serviço aos consumidores;

d) Consumer-to-consumer (C2C): transações na qual um indivíduo vende seus produtos/serviços a outros indivíduos;

e) Comércio colaborativo (C-Commerce): os parceiros empresariais colaboram (em vez de comprar e vender) eletronicamente. Ele implica comunicação, compartilhamento de informações e colaboração feitas eletronicamente por ferramentas especialmente projetadas para isso;

f) Comércio móvel (M-Commerce): é qualquer e-commerce realizado em um ambiente sem fio, como ao usar telefones celulares para acessar a Internet e realizar compras;

g) Comércio Interbusiness (B2E-Business-to-employee): nesse tipo de transação de comércio eletrônico, uma organização oferece produtos ou serviços a seus funcionários;

h) Business-to-management (B2M ou E-government): modalidade que cobre as transações entre empresas e organizações governamentais;

i) Customer-to-managent (C2M): comprehende todo tipo de transação eletrônica entre pessoas físicas ou jurídicas com departamento do governo.

Percebe-se que ao novo ramo de comercialização aparece conjuntamente o serviço de E-business, que revela novas formas de interação com clientes, fornecedores, processo de *Feedback* e *Network*, que possibilita a obtenção de informações de uma forma mais rápida, flexível e dinâmica para mesclar a relação entre os processos administrativos existentes.

O e-business é uma atividade que pode trazer grandes benefícios para as empresas que o considerarem nas suas estratégias, partindo-se da reação em cadeia aos sistemas de preços, estoques, logística, crédito e distribuição, e as demais atividades relacionadas à cadeia do abastecimento que este relacionamento provoca [Zilber *apud* Faria; Muller 2006, p. 3].

Exprimir que a estratégia de negócio por meio de aplicações da Tecnologia de Informação, usando a internet como meio, proporciona a disseminação de informações em um âmbito global. As novas ferramentas de interações, nos novos processos de comercialização, se difundem e interagem nos processos gerenciais existentes, trazendo aplicações inovadoras e revolucionárias que objetiva a redução de custos, o aumento de receita, a organização de nova logística, marketing e interação com seus clientes.

## 6.2 E-commerce B2C no mundo

Por meio da rede mundial, o e-commerce ganha força rapidamente, devido à crescente informatização empresarial e doméstica, que têm despertado os interesses de grandes investidores, pois estamos diante de um mercado em potencial crescimento com diversas vantagens ou facilidades para o consumidor.

O comércio eletrônico passou a ser difundido na medida em que a “rede” começou a se alastrar mundo afora, trazendo na seqüência o surgimento das “lojas” e “shoppings” virtuais, uma elevada gama de ofertas apresentadas para a aquisição de bens e/ou serviços, pode ser visitada no mundo inteiro pelos consumidores, que de dentro de seus escritórios e/ou residências, comprar através da Internet, pode proporcionar ao consumidor comodidade, escolha e em alguns casos bons preços. Através do computador, em local mais útil e cômodo para si, o consumidor poderá

através, com um simples click, adquirir bens e/ou serviços, 24 (vinte e quatro) horas por dia, quase em todo o mundo. [Bruno 2001].

Segundo [Guasti 2009], os clientes que utilizam a internet como ferramenta para realizar compras está mais familiarizada com as ferramentas gerenciadoras de pagamentos online e de prevenção de fraudes, e estas ferramentas garantem que a comercialização virtual seja segura tanto aos clientes quanto aos lojistas, expandindo-se as oportunidades das lojas virtuais de pequeno e médio porte. Portanto nessa dinâmica se compõe o ciclo de vida do B2C, tendo a geração da informação pela busca de produtos, a negociação (os acordos de transação), e a resolução de resulta no pagamento e entrega do produto; com segurança o cliente usufrui o ambiente digital e os produtos do varejista eletrônico tornam-se uma opção segura de compra.

Dados estatísticos recentes publicados na 20<sup>a</sup> edição da Web Shoppers, comprovam a crescente expansão desta modalidade de negócios no Brasil.

Foram movimentados R\$ 4,8 bilhões neste primeiro semestre, um aumento de 27% em relação ao mesmo período de 2008, de acordo com a 20<sup>a</sup> edição do Web Shoppers. Outros fatores que motivaram este bom momento para o e-commerce foram a maior confiança e satisfação do consumidor com os serviços oferecidos pelas lojas virtuais. Atualmente, mais de 15 milhões de pessoas já tiveram pelo menos uma experiência de compra pela internet. Em um mercado tão dinâmico e competitivo como este, as pessoas buscam e optam pelas melhores ofertas, condições de pagamento e nível de serviço. [Guasti 2009].

Segundo [Felipini 2006], o e-commerce representa novas oportunidades de contagiar os clientes com o atrativo de preço, agilidade e rapidez, beneficiando ao cliente e ao negócio eletrônico. Nos últimos quatro anos o faturamento cresceu 319%, aliado ao crescimento dos usuários da internet, e estipula-se que no país mais de 20 milhões de brasileiros têm acesso regular à internet. Nos EUA (Estados Unidos da América), onde o faturamento das empresas de e-commerce ultrapassa mais de uma centena de bilhões de dólares, empresas de renome como a de Jeff Bezos, o CEO da Amazon.com, estima-se que o comércio eletrônico deve atingir entre 10% a 15% do comércio americano nos próximos 10 anos, concretizando tais cálculos, o faturamento anual do setor deve ultrapassar de meio trilhão de dólares, somente nos EUA.

Vendo essa crescente conquista, os investimentos e ferramentas são cada vez mais utilizados na elaboração de transações B2C. O Google lançou no final de 2009 um serviço de busca voltado especialmente aos grandes sites de comércio eletrônico, o Google Commerce Search.

A ferramenta será vendida a partir de 50.000 dólares por ano e será destinada aos principais varejistas digitais de cada país onde o Google opera. Trata-se de um serviço hospedado e integrado ao Centro de Atendimento e Pesquisa da companhia de internet. Com o Google Merchant Center (formalmente chamado Google Base), os varejistas online enviam seus dados de catálogo para serem rastreados na internet. Uma vez encontradas, as mercadorias aparecem no site de busca de produtos do Google. Esta ferramenta é uma reação da empresa a sites como Shopping.com e Shopzilla.com. O Google montou um site que mostra a nova ferramenta de pesquisa em tempo real: [www.googlestore.com](http://www.googlestore.com). O novo serviço não substitui o servidor de uma empresa comercial, apenas a parte de pesquisa [Bort 2009].

Esclarece-se que a utilização do business-to-customer proporciona um alcance global e facilita o mercado na propagação de seus produtos, facilitando ao cliente na

diferenciação de escolha, na disponibilidade do acesso. E aos investidores oferece um leque de oportunidades, independente do tamanho do negócio, seja de pequeno, médio ou grande porte, e assim fortalecendo o modelo de negócio.

[Gondim 2009] relata que hoje em dia, a variedade de produtos à venda na Web é extraordinária, onde atuam profissionais autônomos, de pequenas e grandes empresas, governos, ONGs etc. Inclui desde indústrias de automóvel, redes de supermercados, até cursos de educação à distância.

Dessa forma, o termo e-commerce ficou conhecido pela forma fácil de fazer compras pela web, usando protocolos de alta segurança, com pagamentos feitos de forma eletrônica, como o cartão de crédito.

### **6.3 E-commerce no Brasil**

Na economia global que o país está inserido, de acordo com [Ciashop 2008], o e-commerce é hoje mais que um processo de vendas on-line, é um canal de comercialização complementar às estratégias de mix de marketing das empresas, envolvendo as diferentes áreas como marketing, logística, infra-estrutura, tecnologia e administração. É um novo desafio para atender o cliente de forma rápida e eficiente.

Segundo [Brien 2007], o e-commerce foi uma grande revolução nos negócios, sendo um fator de atuação que opera na concorrência, rapidez, atuação e na forma de liderar uma empresa, dispondo-se de meios que facilitem a interação entre consumidor, empresa e produtos e serviços oferecidos, provocando assim algumas discussões e iniciativas sobre o tema.

Com as novas formas de negócios e a dimensão do comércio eletrônico, surgiram iniciativas para organizar, promover e legislar sobre este setor no Brasil. Dentre as organizações governamentais e não governamentais destaca-se o Comitê Executivo de Comércio Eletrônico.

#### **6.3.1 Comitê Executivo de Comércio Eletrônico**

Segundo [Campos 2007], este comitê é composto por representante público, Ministérios da Fazenda, das Relações Exteriores, das Comunicações, além da Anatel e do setor privado, vinte e seis confederações da Indústria (CNI), do Comércio (CNC) e dos Transportes (CNT), Federação de Bancos (FEBRABAN), e as Associações de Software (ABES e ASSESPRO). O Comitê conta ainda com um representante da comunidade científica (UFRJ). Integram ainda, o Comitê as confederações da Agricultura (CNA), dos dirigentes lojistas (CNLD), dos exportadores (AEB) e a sociedade BRISA, ambos trabalham visando o desenvolvimento do comércio eletrônico no Brasil.

Descreve-se que esta intermediação se dá da seguinte maneira: o comitê é composto por seis subcomitês que são responsáveis por formular e trazer discussões das entidades que estão representando, para serem discutidas no comitê. Dessas discussões são elaborados projetos e levados aos órgãos competentes, resultando em aperfeiçoamento de normas e da legislação, além de manifestar-se sobre as proposições do público em geral. Outra empresa voltada para estes propósitos é Câmara Brasileira de Comércio Eletrônico.

#### **6.3.2 Câmara Brasileira de Comércio Eletrônico**

De acordo com a [Camara-e.net 2001], a câmara é formada por empresas, pessoas físicas, associações, instituições, firmas individuais, companhias, sociedades simples ou empresárias, ou qualquer outro tipo de entidade nacional ou estrangeira interessada em incrementar o Comércio Eletrônico.

A entidade tem como missão capacitar indivíduos e organizações para a prática segura dos negócios eletrônicos, por meio da geração e difusão de conhecimento de vanguarda, bem como defendendo posições de consenso frente aos principais agentes públicos e privados, nacionais e internacionais.

Para [Campos 2007], observando as iniciativas, nota-se que comércio eletrônico é tratado no Brasil como fator estratégico de desenvolvimento econômico, sobretudo no ambiente de acirrada competitividade que se observa no cenário globalizado contemporâneo.

### 6.3.3 Potencial do E-commerce no Brasil

A disseminação do e-commerce no Brasil está em constante dinamicidade, segundo [E-commerce 2008]. Vejamos a tabela 1.

**Tabela 1. Os 20 países com maior número de usuários da internet**

#	País ou Região	Usuários	Adoção da Internet	% de usuários	População (2008)	Crescimento dos Usuários (2000 - 2008)
1	China	253,000,000	19.0 %	17.3 %	1,330,044,605	1,024.4 %
2	Estados Unidos	220,141,969	72.5 %	15.0 %	303,824,646	130.9 %
3	Japão	94,000,000	73.8 %	6.4 %	127,288,419	99.7 %
4	Índia	60,000,000	5.2 %	4.1 %	1,147,995,898	1,100.0 %
5	Alemanha	52,533,914	63.8 %	3.6 %	82,369,548	118.9 %
6	Brasil	50,000,000	26.1 %	3.4 %	191,908,598	900.0 %
7	Reino Unido	41,817,847	68.6 %	2.9 %	60,943,912	171.5 %
8	França	36,153,327	58.1 %	2.5 %	62,177,676	325.3 %
9	Korea do Sul	34,820,000	70.7 %	2.4 %	49,232,844	82.9 %
10	Itália	34,708,144	59.7 %	2.4 %	58,145,321	162.9 %
11	Rússia	32,700,000	23.2 %	2.2 %	140,702,094	954.8 %
12	Canadá	28,000,000	84.3 %	1.9 %	33,212,696	120.5 %
13	Turquia	26,500,000	36.9 %	1.8 %	71,892,807	1,225.0 %
14	Espanha	25,623,329	63.3 %	1.8 %	40,491,051	375.6 %
15	Indonésia	25,000,000	10.5 %	1.7 %	237,512,355	1,150.0 %
16	México	23,700,000	21.6 %	1.6 %	109,955,400	773.8 %
17	Irã	23,000,000	34.9 %	1.6 %	65,875,223	9,100.0 %
18	Vietnã	20,159,615	23.4 %	1.4 %	86,116,559	9,979.8 %
19	Paquistão	17,500,000	10.4 %	1.2 %	167,762,040	12,969.5 %
20	Austrália	16,355,388	79.4 %	1.1 %	20,600,856	147.8 %
Os 20 Mais		1,115,713,572	25.4 %	76.2 %	4,388,052,548	284.5 %
Resto do Mundo		347,918,789	15.2 %	23.8 %	2,288,067,740	391.2 %
Total - Usuários Mundo		1,463,632,361	21.9 %	100.0 %	6,676,120,288	305.5 %

Examina-se que em conformidade aos dados da tabela acima, o Brasil no ano de 2000 a 2008, vem crescendo consideravelmente em quantidade de usuários de internet comparados a países como Alemanha, tendo quase 50% de sua população inserida na classe de usuários de internet.

Segundo [E-commerce 2008], dados estatísticos mostram a dimensão da expansão do faturamento no e-commerce comparado há anos anteriores, com previsões

de um grande crescimento para o ano de 2009, conforme tabela 2 e na 3 os produtos mais vendidos no Brasil.

**Tabela 2. Vendas no Comércio Eletrônico – Brasil**

Ano	Faturamento	Variação
2009 (previsão)	R\$ 10 bilhões	22%
2008	R\$ 8,20 bilhões	30%
2007	R\$ 6,30 bilhões	43%
2006	R\$ 4,40 bilhões	76%
2005	R\$ 2,50 bilhões	43%
2004	R\$ 1,75 bilhão	48%
2003	R\$ 1,18 bilhão	39%
2002	R\$ 0,85 bilhão	55%
2001	R\$ 0,54 bilhão	-

**Tabela 3. Produtos mais vendidos no varejo on-line do Brasil**

Produtos mais Vendidos	% em 2007
Livros, Revistas, Jornais	17%
Saúde e Beleza	12%
Informática	11%
Eletrônicos	9%
Eletrodomésticos	6%

Analisa-se que o Brasil está subindo em expectativas de venda e em liderança no ranking dos países atuantes em comércio eletrônico, revelando um salto em relação aos anos anteriores e com tendências relativamente boas, aonde o mercado brasileiro de Internet vem apresentando taxas positivas de desenvolvimento e crescimento constantes nos últimos anos e com isso, despertou a atenção e o interesse de muitas empresas que não atuavam no mercado virtual. Dados estatísticos recentes, publicados na 20a edição do Web Shoppers, comprovam a crescente expansão desta modalidade de negócios no Brasil. Segundo o relatório do “primeiro semestre” do ano de 2009, o faturamento com e-commerce no Brasil foi de 4,8 bilhões, o que significa um crescimento de 27% em relação ao ano de 2008. Trata-se, sem dúvida, de um excelente resultado para um mercado tão recente.

Partindo da perspectiva em que até o presente momento somente abordamos conceitos acerca do que é a Realidade Virtual, o Marketing, Merchandising, a colocação do Brasil no ranking do potencial de vendas pela internet (e-commerce) e os produtos mais vendidos, iremos abordar as tecnologias que iremos utilizar para construção de uma aplicação para e-commerce.

#### (a) O que é o FLARToolKit

Segundo [Cabana, 2009], o FLARToolKit é uma biblioteca que possui várias classes. Seu desenvolvimento é dado em código Action Script 3 (AS), possibilitando o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada (RA), em conjunto com a biblioteca PaperVision 3D. Seu processo ocorre por meio de aplicações utilizando o FLARToolKit, onde o cliente deve instalar no navegador o Flash Player versão 10 ou superior e permitir o acesso do plugin à webcam. Desta forma o cliente poderá ter acesso ao produto, possibilitando sua visualização e interação. A aplicação que utiliza o FLARToolKit disponibiliza um arquivo “swf”, que poderá ser executado no navegador web com um plugin Flash Player instalado, possibilitando assim a visualização da aplicação em RA.

## 7. Tecnologias de apoio

Para criação dos objetos virtuais será utilizado o software de modelagem e animação gráfica Blender3D, que “cria a partir de simples pontos, linhas ou planos e malhas muito complexas”. [Brito, 2008]. Para a edição de imagens vetoriais com animação, som e interatividade será usado o Adobe Flash CS3, que possibilita a criação de efeitos avançados em arquivos bastante pequenos [Adobe, 2010], com uso de bibliotecas como o FLARToolKit, que tem seu desenvolvimento em código Action Script (AS), que possibilitam o desenvolvimento de aplicações de RA juntamente com outra biblioteca (PaperVision3D), que realiza o tratamento automático de colisão e geram mundos virtuais com maior detalhamento. Seu processo ocorre por meio de aplicações que usam o FLARToolKit, onde o cliente apenas necessita instalar no navegador (Internet Explorer, Firefox, etc) o plugin do Flash Player versão 10 ou superior e depois permitir o acesso do plugin à webcam possibilitando a visualização da aplicação em Realidade Aumentada. [Cabana, 2009].

## 8. Construindo a aplicação

Para construção da aplicação é necessário o emprego de ferramentas que auxiliem na criação (modelagem, exportação e ajustes) do produto.

### 8.1 Bibliotecas FLARToolKit

Primeiramente efetue o download do FLARToolKit, API desenvolvida pelo japonês Saqoosha direto no site (<http://saqoosha.net/category/flash/FLARToolKit/>) ou baixe neste site ([http://www.cabanacriacao.com/tutorialW/tutorial\\_FLARToolKit.zip](http://www.cabanacriacao.com/tutorialW/tutorial_FLARToolKit.zip)) pois o FLARToolKit já está com scripts prontos de exemplos para testar e após o download, descompacte-o na raiz do seu site “/”. Após a modelagem do produto em 3D (exportado no formato Collada) e quando os arquivos com extensão FLA, SWF e AS estiverem conclusos, conforme as etapas seguintes e conceda permissões de acesso aos arquivos (leitura e escrita).

### 8.2 Modelagem do produto

Existem programas específicos para modelagem do produto em 3D, neste caso foi usado o software Blender 3D. Para usuários experientes a dica é modelar o produto com poucas malhas para que a aplicação em flash não demore a carregar o objeto modelado. Para usuários que não saiba modelar, a dica é baixar objetos já modelados, podendo encontrar uma infinidade de modelos disponíveis no armazém da Google, agora em português (<http://sketchup.google.com/intl/pt-BR/3dwh/gettingmodels.html>) e procurar arquivos com a extensão collada (.DAE).

### 8.3 O marcador

Para o funcionamento da aplicação é necessário que haja um objeto padrão no mundo real que a câmera possa identificar e mostrar o produto modelado atrelado a este objeto, neste caso um “marcador”, que pode ser modificado e codificado a gosto do usuário, desde que possa ser identificado pelo dispositivo de filmagem (câmera de vídeo ou webcam), obedecendo aos padrões estabelecidos pela biblioteca FLARToolKit, o arquivo com a configuração já estabelecida encontra-se na pasta “Data” e caso queira modificar a marca, baixe o aplicativo MarkerGenerator em ([tinyurl.com/px6dv5](http://tinyurl.com/px6dv5)). Para executá-lo, é preciso obter o Adobe AIR em ([adobe.com/products/air/](http://adobe.com/products/air/)).

Uma vez instalado, abra o programa, aponte a webcam para sua nova marca e clique no botão Save Pattern para gerar a imagem capturada no formato apropriado.

Copie a imagem para a pasta citada acima. Um exemplo de marcador pode ser visto na Figura 3.



**Figura 3. Exemplo de marcador**

Utilizando-se de câmeras, marcadores de papel e técnicas de visão computacional, esta modalidade de Realidade Virtual captura a cena real onde se encontram os marcadores, reconhece a estrutura constante nos mesmos e insere o modelo virtual correspondente na cena real, a qual pode ser visualizada por monitores, HMD'S<sup>1</sup> ou algum sistema de projeção [Kirner et al *apud* Botega; Cruvinel, 2009, p. 12].

#### 8.4 O código Action Script 3 (AS)

De acordo com [Adobe, 2010], esta é uma linguagem de programação orientada à objetos baseada em ECMAScript, utilizada principalmente para construção de aplicações para internet. É executada em uma máquina virtual (AVM - "ActionScript Virtual Machine"), que está disponível no Adobe Flash Player (plug-in para navegadores web) e também no ambiente Adobe AIR.

Segundo [Cabana, 2009], o script contido nos arquivos com a extensão “.AS” é responsável por todo o funcionamento da Realidade Aumentada. Inicialmente todas as classes necessárias são importadas: algumas próprias do Flash, outras do FLARToolKit e outras do Papervision3D, para melhor entendimento abra o arquivo com extensão “.as” e veja os comentários contidos nas principais linhas de código. A figura 4 mostra trechos do início do código Action Script.

```

package {
    import flash.events.Event;
    import flash.events.MouseEvent;

    import org.papervision3d.lights.PointLight3D;
    import org.papervision3d.objects.DisplayObject3D;
    import org.papervision3d.objects.parsers.DAE;

    [SWF(width=640,height=480,frameRate=30,backgroundColor=0x0)]
}

public class ExemploAR extends PV3DARApp {
    private var universe:DisplayObject3D;
    private var daeFile:DAE;

    public function ExemploAR() {
        this.init('Data/camera_para.dat', 'Data/marker.pat');
    }
}

```

**Figura 4. Linhas de código Action Script**

<sup>1</sup> Head Mounted Displays

## 9. Funcionamento do sistema

A pasta com as bibliotecas do FLARToolKit devem ser colocadas na raiz “/” do site, juntamente com os arquivos de extensão (.DAE, .FLA e .AS). A página do site e-commerce que contem a visualização dos produtos, deverá ter incluído o código que aponta para a aplicação em flash, sendo assim executado ao abrir a página. Este arquivo com extensão “SWF” é o responsável em chamar o arquivo de script “AS” que irá interagir com as bibliotecas do FLARToolKit e PaperVision.

Quando o cliente visitar a página com os produtos ofertados, este deverá efetuar o download e imprimir o marcador. Em seguida clicar no produto do mostruário e conceder a permissão de acesso da aplicação a webcam posicionando o marcador em frente a webcam para então o objeto aparecer atrelado ao marcador.

### 9.1. Exemplo de um ambiente de e-commerce com Realidade Virtual

O modelo virtualizado na web utiliza a RA em um ambiente de e-commerce, como ferramenta de exposição dos produtos eletrônicos. Foi efetuado o download de uma aplicação pronta e gratuita na internet, disponível no endereço ([http://www.superscripts.com.br/component?option=com\\_vfm/Itemid,26/do/view/file,Loja+Virtual%7Cicomprar\\_v2.zip/](http://www.superscripts.com.br/component?option=com_vfm/Itemid,26/do/view/file,Loja+Virtual%7Cicomprar_v2.zip/)).

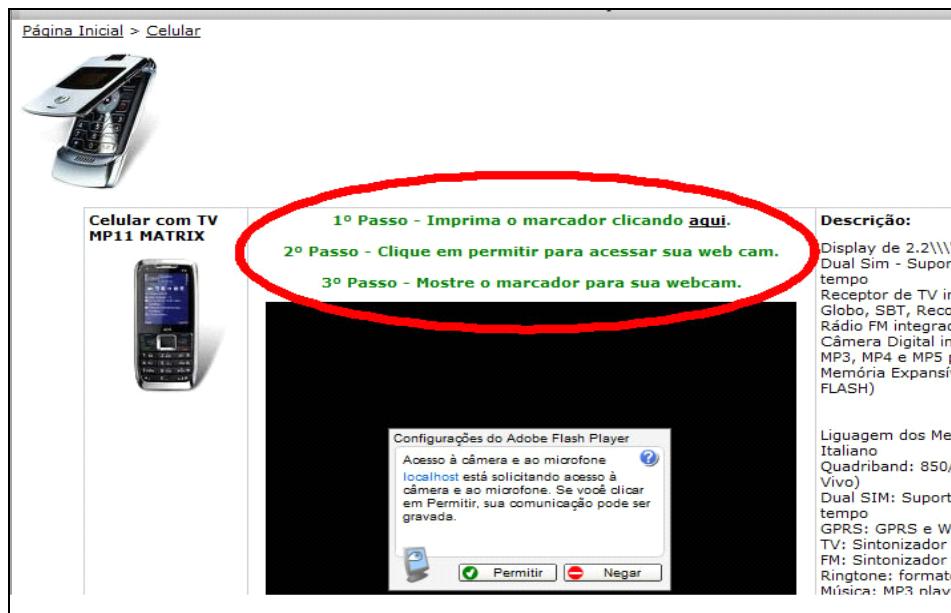
O negócio apresentado neste trabalho é o web site Shopping da Realidade Aumentada, hospedado em [http://www.vcempresa.com/icomprar\\_v2](http://www.vcempresa.com/icomprar_v2).

Para o efeito de navegação no web site, o usuário/cliente acessa a página e observa que há características dos sites e-commerce atuais, ou seja, descrição das informações do site, como link de compras, produto em oferta, destaque de produtos, acesso ao carrinho de compras, produtos com ilustrações 2D, conforme a Figura 5.



**Figura 5. A Interface da web site [www.vcempresa.com/icomprar\\_v2](http://www.vcempresa.com/icomprar_v2)**

Ao entrar no site, o usuário irá listar os produtos de seu interesse e ao escolher algum dos produtos disponíveis, este será levado a uma página onde consta a aplicação desenvolvida com uso da API FLARToolKit, atrelada ao produto que será exibido. Instruções de procedimento estão disponíveis na página conforme mostrado na Figura 6.



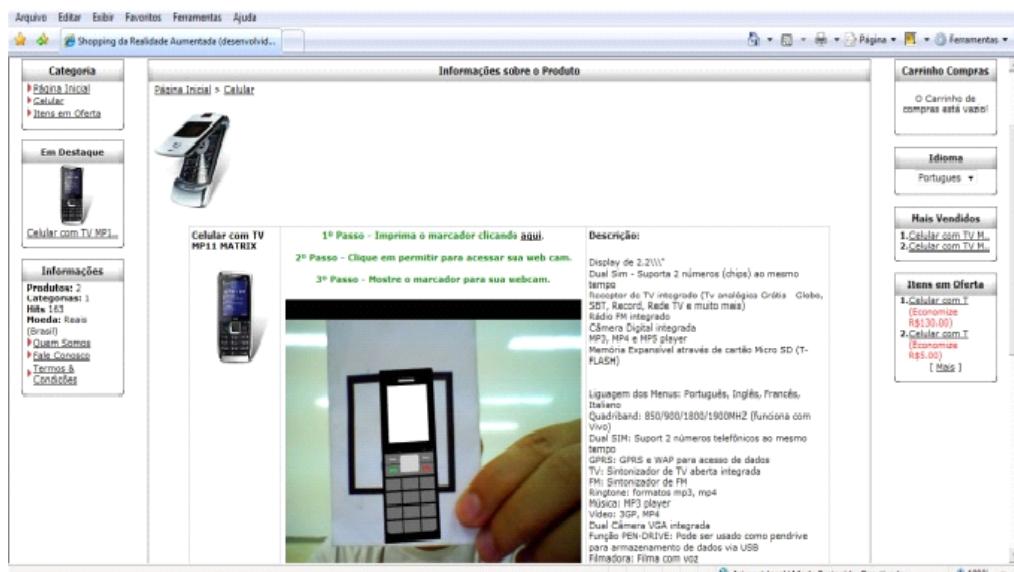
**Figura 6. Instruções na página de como proceder**

Ao acessar o site disponibilizado para implantação deste trabalho, o usuário/cliente deverá permitir que o arquivo flash seja aberto para ocorrer à exibição do objeto virtual conforme mostra a Figura 7.



**Figura 7. Adobe Flash Player pedindo permissão para acessar a webcam.**

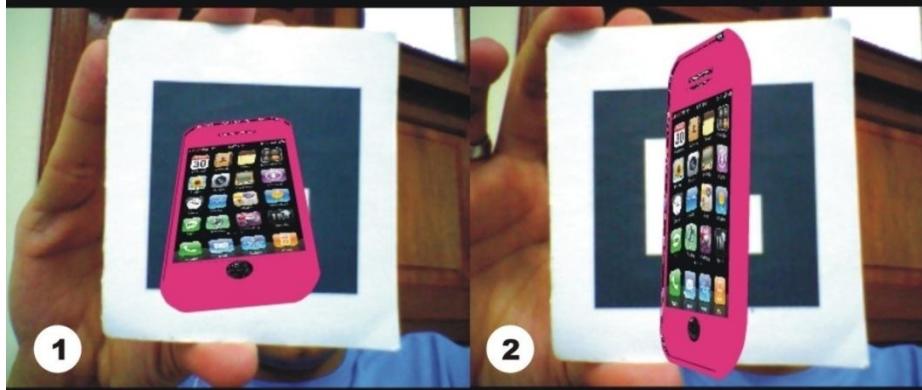
Quando é concedida a permissão de acesso pelo usuário, a webcam projeta a imagem real exposta à frente da câmera e o sistema começa a procurar por padrões de marcadores, à medida que o usuário coloca o marcador em frente a webcam, ocorre o atrelamento do objeto virtual modelado ao marcador, conforme mostrado na Figura 8.



**Figura 8. Produto Virtual sendo exibido no site.**

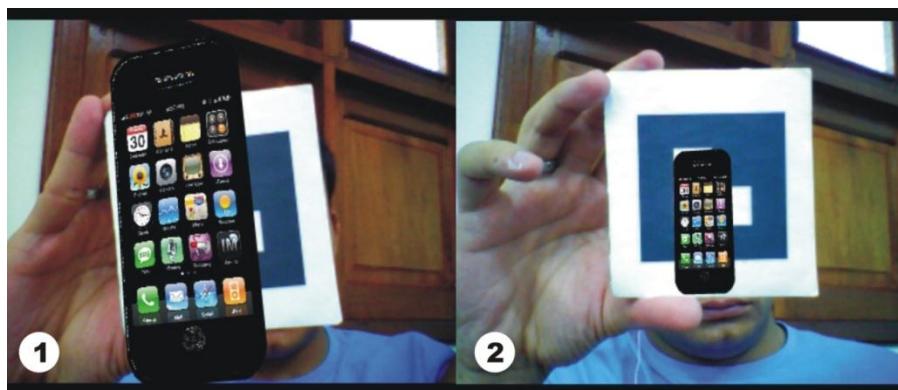
O diferencial do website Shopping da Realidade Aumentada é a interatividade do cliente com a tecnologia de RA, esta interação é constituída no manuseio do objeto virtual na cena real, onde o cliente pode rotacionar o objeto, ampliar seu campo de visualização (pelo zoom) e a mudança de cores dos objetos disponibilizados.

Na aplicação de RA, o usuário usa o teclado como dispositivo de entrada, as setas do teclado tem função de rotação. A seta para cima e para baixo rotaciona o objeto no eixo X, a seta para direita e esquerda, rotaciona o objeto no eixo Y, conforme a figura 9.



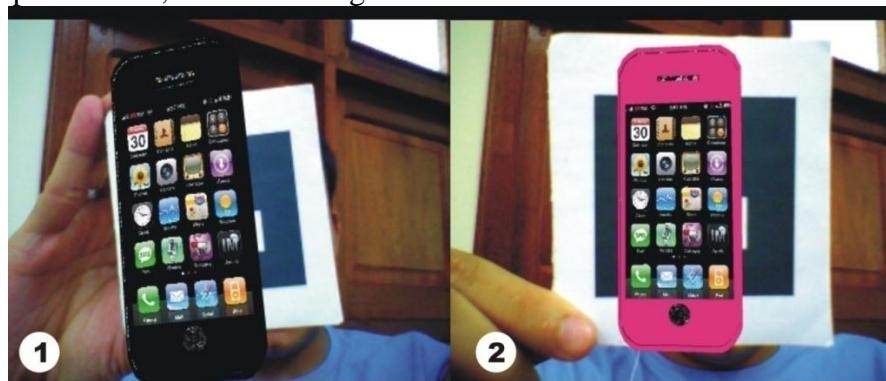
**Figura 9. Quadro 1: Rotação no eixo X; Quadro2: Rotação no eixo Y**

Para o nível de zoom, a tecla de numero um (1) diminui o Zoom do Objeto (Zoom Out), ou seja, aumenta o campo de visão para o observador do Objeto, a tecla de numero dois (2) aumenta o Zoom do Objeto (Zoom In), a tecla de numero três (3) o objeto retorna para configuração inicial, conforme a figura 10.



**Figura 10. Quadro 1: Objeto na interação de Zoom In;**

Para selecionar as respectivas cores disponíveis é necessária a utilização das seguintes teclas: a tecla sete (7) realiza mudança da cor do objeto para rosa, a tecla oito (8) realiza mudança da cor do objeto para azul, a tecla nove (9) realiza mudança da cor do objeto para branca, conforme a figura 11.



**Figura 11. Quadro 1: Figura original; Quadro 2: Interação de cor rosa**

## 10. Considerações Finais

Criou-se um modelo de produto para aplicação web moldando um ambiente de Realidade Aumentada, permitindo que vários usuários manipulem ao mesmo tempo objetos virtuais dentro de cenários reais em seus computadores, capturados por um webcam e que a partir deste produto não há limitações de desenvolvimento, podem-se criar interfaces de RA mais interativas e dinâmicas, que surpreendam os clientes que utilizam a internet como mecanismo de busca, compras e entretenimento. Esta foi uma forma de demonstrar ao usuário, o funcionamento e a construção de uma aplicação com uso do FlarToolkit.

De acordo com a evolução deste trabalho, alguns pontos foram considerados importantes na construção de um produto final com todos os requisitos necessários para utilização do mesmo.

O propósito deste trabalho foi demonstrar o funcionamento e a construção de uma aplicação com uso do FLARToolKit para e-commerce, validando um aspecto específico à utilização da tecnologia da Realidade Aumentada, promovendo produtos expostos em web sites de vendas, com pretensão de utilizar como diferencial de mercado, para tanto, foi necessário a realização deste trabalho. Para possibilitar que este estudo seja referência para outros trabalhos futuros. Desta forma destacam-se algumas contribuições futuras: Modelar produtos com maior interatividade e detalhamento.

Nos aspectos de interação do usuário com a Realidade Virtual junto aos objetos na cena, que até então se limita apenas a utilização do teclado para fazer o manuseio dos

objetos a proposta é o desenvolvimento de menus interativos com o uso de marcadores, e que possibilite a utilizar outros dispositivos, como mouse, equipamentos de HMD's e por meio dos mesmos efetuar operações como: troca das cores, visualização de características, ou até mesmo permitir que o usuário monte seu próprio produto.

Propõe-se ainda o desenvolvimento de objetos com um grau maior de detalhes, onde o usuário poderá efetuar ações como abrir o aparelho, visualizar e testar as funções disponibilizadas de cada produto.

## Referências

- ADOBE. Adobe Systems Incorporated. Disponível em: <<http://www.adobe.com/br/flashplatform/>>. Acessado em: 24 jan. 2011.
- BLESSA, Regina. Merchandising no ponto-de-venda. 4<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- BORT, Julie. Google cria buscador para sites de comércio eletrônico, 2009. Disponível em: <<http://blog.e-plataforma.com.br/?cat=3>>. Acesso em: 06 abr. 2011.
- BOTEGA, Leonardo Castro; CRUVINEL, Paulo Estevão. Realidade Virtual: Histórico, Conceitos e Dispositivos, Aplicação de Realidade Virtual Aumentada. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação SBC, 2009.
- BRIEN, James A.. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E AS DECISÕES GERENCIAIS NA ERA DA INTERNET. São Paulo: Editora Saraiva, 2007.
- BRITO, Allan. Blender 3D - Guia do Usuário. 3<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Novatec Editora, 2008.
- BRUNO, Gilberto Marques. As relações do "business to consumer" (B2C) no âmbito do "e-commerce". Jus Navigandi, Teresina, ano 6, n. 52, nov. 2001. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=2319>>. Acesso em: 06 abr. 2011.
- CABANA, Pablo. Aprenda com Pablo Cabana, sócio-proprietário da Cabana Criação ([cabanacriacao.com](http://cabanacriacao.com)), como criar uma animação 3D que “salta do papel” e que irá surpreender seus usuários. Em pauta: Revista W, São Paulo, n. 108, p. 64-66, 2009.
- CAMARA-E.NET. Câmara Brasileira de Comércio Eletrônico. Entidade multi-setorial da Economia Digital no Brasil e América Latina, voltada ao comércio eletrônico. Disponível em <<http://www.camara-e.net>>. Acesso em: 04 abr. 2011.
- CAMPOS, Leandro S. (2007). REALIDADE VIRTUAL APLICADA A E-COMMERCE: PROPOSTA DE PLATAFORMA BASEADA EM VRML E PHP. Itumbiara-GO.
- CHURCHILL Gilberto A. Jr; PETER J. Paul. Marketing Criando valor para os clientes. Título original Marketing. Tradução Cecília Camargo Bartalotti e Cidd Knipel Moreira. São Paulo: Saraiva, 2005.
- CIASHOP. A Loja Virtual mais inteligente do Brasil B2B, B2C e Marketing. Disponível em: <<http://www.ciashop.com.br/>>. Acesso em: 04 abr. 2011.
- COBRA, M. H. N. MARKETING BÁSICO: UMA PERSPECTIVA BRASILEIRA. 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas, 1997.
- COSTA, Antonio R.;CRESCITELLI, Edson. Marketing Promocional Para Mercados Competitivos. São Paulo: Atlas, 2003.
- E-COMMERCE. Evolução da Internet e do e-commerce. Disponível em: <<http://www.e-commerce.org.br/stats.php>>. Acesso em: 04 abr. 2011.

FARIA, Ana de Cristina; Muller, Elza T. Cordeiro. Os desafios do e-business e e-commerce e a importância da controladoria, XXVI ENEGEP, 2006. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR510345\\_7117.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR510345_7117.pdf)>. Acesso em: 06 abr. 2011.

FELIPINI, Dailton. (2006). ABC do e-commerce – Os quatro segredos de um negócio bem sucedido na Internet. E-book. Disponível em: <<http://www.abc-commerce.com.br/>>. Acesso em: 06 abr. 2011.

GONDIM, Abnor. Estatísticas do e-commerce. Disponível em: <<http://www.ebitempresa.com.br/>>. Acesso em: 06 abr. 2011.

GUASTI, Pedro. Sem crise no comércio eletrônico, 2009. Disponível em: <<http://www.ebitempresa.com.br/>>. Acesso em: 06 abr. 2011.

KOTLER, Philip. Administração de marketing - análise, planejamento, implementação e controle. 4<sup>a</sup> ed., São Paulo: Atlas, 1996. Cap. 15, “Marketing de Serviços”.

MACHLINE, Claude et al.. GESTÃO DE MARKETING. São Paulo: Editora Saraiva, 2004.

MESSA, Eric. Realidade Aumentada: Skol Sensation e Vectra GT. Disponível em: <<http://ecode.messa.com.br/2009/03/realidade-aumentada-skol-sensation-e.html>>. Acessado em: 12 abr. 2011.

PERINI, Luis Cláudio. Administração de Sistemas de Informação: processos gerenciais. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

ROCHA, Angela da; CRISTENSEN, Carl. Marketing Teoria e prática no Brasil. 2<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SEMENTILLE, Antonio Carlos et al. Combinando o Real e o Virtual: Uma Visão Geral da Realidade Misturada. In: Técnicas e Ferramentas de Processamento de Imagem Digitais e Aplicações em Realidade Virtual e Misturada. Bauru: UNESP7/FC, 2008.

SOUZA, Everton Silva de; CARDOSO, Alexandre; LAMOUNIER, Edgard. Aplicações de RV no entretenimento, Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação SBC, 2009.

URDAN, Flavio Torres; AURDAN, Andre Torres. Gestão do composto de marketing. São Paulo: Atlas, 2005.

VELOSO, Thássius. Globo lança realidade aumentada de Big Brother Brasil. Disponível em: <<http://tecnoblog.net/13999/globo-lanca-realidade-aumentada-de-big-brother-brasil/>>. Acessado em: 12 abr. 2011.

## Autores

**Antonio Sousa Veloso** - Bel. em Sistemas de Informação (Faculdade Estácio Atual). Pós-graduando em Banco de Dados (WPOS). Pós-graduando em Docência do Ensino Superior (Faculdade Roraimense de Ensino Superior - FARES). Contato: [veloso.rr@hotmail.com](mailto:veloso.rr@hotmail.com)

**Carlos Alberto da Costa Ramos** - Bel. em Sistemas de Informação (Faculdade Estácio Atual). Pós-graduando em Banco de Dados (WPOS). Pós-graduando em Docência do Ensino Superior (Faculdade Roraimense de Ensino Superior - FARES). Contato: [salinorr@gmail.com](mailto:salinorr@gmail.com)

**Elizângela dos Santos Moreno** - Bel. em Sistemas de Informação (Faculdade Estácio Atual). Pós-graduanda em Docência do Ensino Superior (Faculdade Roraimense de Ensino Superior - FARES). Contato: [ellydvn@hotmail.com](mailto:ellydvn@hotmail.com)

**Jullyandry Coutinho Viana dos Santos** - Bel. em Sistemas de Informação (Faculdade Estácio Atual). Pós-graduanda em Docência do Ensino Superior (Faculdade Roraimense de Ensino Superior - FARES). Contato: [jully\\_babycat@hotmail.com](mailto:jully_babycat@hotmail.com)

**Pedro Ivo Lima de Souza** - Bel. em Sistemas de Informação (Faculdade Estácio Atual). Contato: [pedroivo@click21.com.br](mailto:pedroivo@click21.com.br)

**Wender Antônio da Silva** - é mestre em Ciências pelo programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia-MG, Especialista em Docência Universitária, Bacharel em Sistemas de Informação pelo Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara, Goiás. Atuou como Professor Auxiliar nos cursos de Sistemas de Informação, Ciência da Computação, Psicologia, Pedagogia, Matemática, Ciências Contábeis e Agronomia do Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara, onde também atuou na Comissão Própria de Avaliação Institucional (CPA). Atua com pesquisas voltadas para a Computação Gráfica, especificamente Realidade Virtual e Realidade Aumentada aplicada à Educação. Coordenou os cursos de Sistemas de Informação e Licenciatura em Computação da Faculdade Atual da Amazônia. Atualmente é professor da Universidade Federal de Roraima, onde atua especificamente no Projeto Universidade Aberta do Brasil, em Boa Vista - Roraima. Atua como professor na Faculdade Estácio Atual no Curso de Sistemas de Informação. Contato: [wender-silva@hotmail.com](mailto:wender-silva@hotmail.com)

# Capítulo

# 5

## Desenvolvendo aplicações de RVA para saúde: imersão, realismo e motivação

Fátima L. S. Nunes, Rosa M. E. M. Costa, Liliane S. Machado e Ronei M. Moraes

### *Abstract*

*This chapter aims at presenting characteristics of Virtual and Augmented Reality applications for health care area, highlighting aspects that must be considered in their implementation. Particularly topics about immersion, realism and motivation are explored because they are important requirements in this category of computational tools.*

### *Resumo*

*Este capítulo tem o objetivo de apresentar características das aplicações de Realidade Virtual e Aumentada para a área de saúde, destacando os aspectos que devem ser observados na sua implementação. Especificamente são explorados os aspectos de imersão, realismo e motivação, que constituem pré-requisitos importantes nesta categoria de ferramentas computacionais.*

### **1. Introdução**

A área de saúde tem sido uma das grandes beneficiadas e, ao mesmo tempo, uma das grandes inspiradoras para o desenvolvimento de aplicações usando tecnologias de Realidade Virtual (RV) e da Realidade Aumentada (RA).

A RV e a RA podem oferecer recursos e respostas às necessidades computacionais relacionadas a simulações, treinamentos e terapias para as diversas especialidades da saúde.

Em relação a simulações, verifica-se que utilizando Ambientes Virtuais (AVs) é possível disponibilizar sistemas de visualização tridimensional (3D) de processos que não são possíveis de serem percebidos visualmente no mundo real. Em geral, modelos matemáticos e físicos são empregados para simular trajetórias, interações, efeitos e outras características desses processos. Exemplos de simulações são o efeito de um medicamento no corpo humano ou as consequências da radiação proveniente de um exame de raios-X.

Os treinamentos certamente constituem a categoria mais explorada quando se trata de aplicações de RV e RA em saúde. Usando objetos 3D, técnicas de interação, dispositivos tangíveis e dispositivos que favorecem a visualização estereoscópica, é possível construir ferramentas por meio das quais estudantes e profissionais podem aprender e treinar um determinado procedimento antes de executá-lo em pacientes reais. A aplicação de uma anestesia e a simulação de procedimentos cirúrgicos são exemplos de ferramentas que podem se beneficiar dessas tecnologias.

As terapias constituem outra classe bastante explorada em aplicações de RV e RA, pois possibilitam o uso de AVs para o tratamento e a recuperação de pacientes em diversas áreas. Exemplos de aplicações nesse contexto são os tratamentos de fobias diversas e os tratamentos de reabilitação física e mental.

Em trabalhos anteriores (Nunes e Costa, 2008; Nunes, Machado e Costa, 2009) foram abordados requisitos e desafios a serem vencidos para construir aplicações de RV e RA em saúde. Este capítulo retoma alguns dos itens abordados, com a finalidade de discutir basicamente três aspectos importantes para a construção dessas ferramentas: a imersão, o realismo e a motivação dos usuários para usar essas ferramentas.

Para atingir esta finalidade são apresentadas inicialmente as características específicas das aplicações de RV e RA em saúde; em seguida são disponibilizadas algumas aplicações recentes citadas na literatura e por fim, são aprofundados os itens citados anteriormente.

## **2. Características das aplicações em saúde**

Conforme já discutido em Nunes, Machado e Costa (2009), as características gerais das aplicações de RV e RA (interação, imersão e envolvimento) são igualmente aplicáveis quando se define a saúde como a área de interesse, mas considerações específicas devem ser tecidas.

A interação é importante em qualquer aplicação de RV em saúde, mas algumas aplicações, como os atlas virtuais tridimensionais para ensino de anatomia e visualização de estruturas e simulação de situações, podem ser construídas utilizando dispositivos comuns (como mouse e teclado). Outras, no entanto, como o treinamento de procedimentos, exigem o uso de dispositivos tangíveis (braços mecânicos com retorno haptico, luvas de dados etc) para que possam proporcionar sensações, principalmente de tato, necessárias à exigência de realismo efetivo.

Em relação à imersão também há diversos níveis de exigência. As aplicações de RV e RA, muitas vezes, usam dispositivos específicos que proporcionam a visão estereoscópica, permitindo ao usuário a visualização de objetos com a sensação de profundidade. Quando se discute aplicações para a saúde, nem sempre o uso desses dispositivos é obrigatório. Ferramentas de ensino, por exemplo, podem atingir seus objetivos sem necessariamente usar dispositivos especiais. No entanto, a presença de tais dispositivos pode incluir um componente de motivação a mais para o processo de ensino-aprendizagem. Em outras aplicações, como o tratamento de fobias, o uso de tais equipamentos é praticamente obrigatório, visto que o efeito desejado de fazer o usuário sentir-se “dentro” do AV é obtido somente com seu uso.

Apesar da subjetividade da característica de envolvimento – que está relacionada com a motivação do usuário em participar do AV – esta é fundamental para as aplicações de RV e RA em saúde, nas quais o usuário está fisicamente dentro do ambiente virtual e deve participar dele (Costa e Carvalho, 2004). Assim, aplicações na área de saúde que exigem a participação do usuário para atingir um objetivo específico, devem preocupar-se prioritariamente com este aspecto.

Para que o envolvimento seja atingido em aplicações de saúde, é fundamental que se estabeleça alguns pré-requisitos como a qualidade e o realismo dos objetos virtuais, o controle adequado da interação – considerando que muitas vezes é necessário o uso simultâneo de diversos dispositivos –, os aspectos ergonômicos desses dispositivos, a imersão proporcionada por eles e, por fim, as características da aplicação, que contribuem para aumentar o diminuir a motivação dos usuários em utilizá-las.

### 3. Exemplos de aplicações

Há diversos exemplos de aplicações de RV e RA em saúde na literatura. No entanto, verifica-se que a transferência dessa tecnologia para o setor produtivo ainda é limitada.

Um dos principais eventos específicos de RV em Medicina é o *Medicine Meets Virtual Reality*<sup>2</sup>, realizado anualmente nos Estados Unidos. Nos últimos anos, os trabalhos publicados neste evento têm abordado temas que demonstram uma preocupação maior em desenvolver aplicações voltadas para o treinamento de procedimentos complexos, como transplante de fígado e coração, bem como em métodos que permitam avaliar as ações do usuário durante o processo de simulação. O realismo das aplicações tem sido tratado sob o ponto de vista da qualidade dos modelos apresentados ao usuário, bem como formas mais interativas de ação e resposta, sem prejuízo do tempo real da simulação.

No Brasil, essas aplicações são divulgadas por meio de eventos científicos específicos de cada área de pesquisa dentro do âmbito da Ciência da Computação (SVR<sup>3</sup>, SIBGRAPI<sup>4</sup> e workshops correlatos) ou eventos relacionados à Computação aplicada à área de saúde ou Engenharia Biomédica (WIM<sup>5</sup>, CBIS<sup>6</sup>, CBEB<sup>7</sup>, entre outros).

Além dos citados, há diversos veículos científicos, tanto relacionados com pesquisas focando a RV e a RA, quanto tendo como principal foco pesquisas na área de saúde. Nessas publicações, podem ser encontrados trabalhos que abordam desde a apresentação gráfica em tempo-real, detecção de colisão interativa, reconstrução volumétrica e desenvolvimento de dispositivos de exploração sensorial, dentre outros.

Nos exemplos apresentados a seguir procurou-se citar ferramentas com objetos de pesquisa diversificados, contemplando a área da saúde através de ferramentas para ensino, simulações, treinamento de procedimentos e terapias.

Ramos e Nunes (2005) apresentam um Atlas Virtual que permite o acesso a uma base dados com o objetivo de facilitar o estudo de anatomia e fisiopatologia do câncer

---

<sup>2</sup> [http://www.nextmed.com/mmvr\\_virtual\\_reality.html](http://www.nextmed.com/mmvr_virtual_reality.html)

<sup>3</sup> Symposium on Virtual and Augmented Reality - <http://www.rv.eletrica.ufu.br/svr2011/pc/>

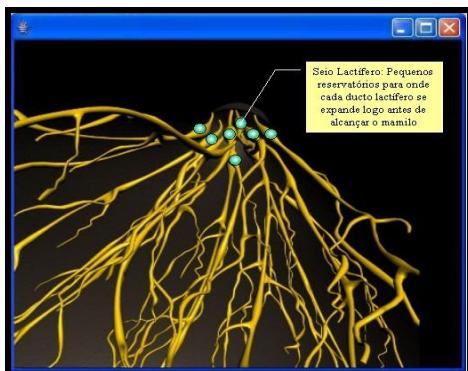
<sup>4</sup> Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing <http://www.im.ufal.br/evento/sibgrapi2011>

<sup>5</sup> Workshop de Informática Médica - <http://www.dimap.ufrn.br/csbc2011/eventos/wim.php>

<sup>6</sup> Congresso Brasileiro de Informática em Saúde - <http://www.sbis.org.br/>

<sup>7</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica - <http://www.sbeb.org.br/noticias.php?nid=12>

de mama. O atlas disponibiliza informações sobre as estruturas durante a navegação, além de possibilitar a visualização do crescimento de tumores malignos (Figuras 1 e 2).



**Figura 1. Exemplo de visualização e acesso (Ramos e Nunes 2005).**



**Figura 2. Exemplo de simulação de câncer se desenvolvendo em diferentes estruturas: (a) Ductos Lactíferos e (b) Tecido Conjuntivo das Glândulas Mamárias (Ramos e Nunes 2005).**

O SITEG – Sistema Interativo para Treinamento em Exames Ginecológicos – é uma ferramenta com a finalidade de prover um ambiente virtual interativo onde o usuário pode aprender, treinar e ser avaliado na execução de um exame ginecológico do colo do útero (Machado e Moraes, 2006).

Webster *et al.* (2001) apresentaram uma ferramenta objetivando ensinar o usuário a realizar uma sutura utilizando uma agulha especial. Durante a simulação o usuário pode perceber as reações elásticas da pele ao puxar a linha, bem como observar o melhor local para inserção dos pontos. Além disso, o simulador permite gravar a execução do procedimento para posterior conferência das ações realizadas.

Soler *et al.* (2008) apresentaram um sistema que permite a visualização de objetos 3D reconstruídos a partir de imagens de CT ou RMN, visando à simulação de laparoscopia. Usando RA, o sistema disponibiliza informações adicionais ao usuário por meio de notas incluídas no AV. Por meio de dispositivos hapticos são simuladas as sensações de segurar as pinças durante o treinamento do procedimento (Figura 3).



**Figura 3. Simulação de laparoscopia (Burdea e Coiffet 2003).**

Um sistema de neurocirurgia virtual usando imagens reais provenientes de Ressonância Magnética, técnicas de segmentação e reconstrução de imagens para obter objetos 3D foi apresentado por Tang *et al.* (2007).

Considerando a área de ortopedia, Cote *et al.* (2008) disponibilizaram um simulador de cirurgia de escoliose, contemplando modelos biomecânicos específicos para cada paciente em um ambiente imersivo, colaborativo e com retorno háptico.

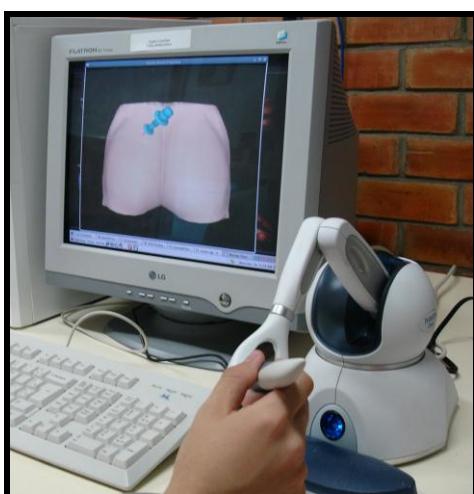
Em Yaacoub, Haman e Abche (2007) são avaliados métodos de detecção de colisão e proposta uma técnica usando programação linear para detectar colisão em tempo real para simulação de cirurgia artroscópica do pulso.

Um sistema de treinamento para acupuntura é apresentado em Kanehira *et al.* (2007), usando um humano virtual e um dispositivo específico com sensores para simular a agulha real. Nesse mesmo contexto, em Heng *et al.* (2006) é apresentado um simulador de acupuntura que, além de RV, usa lógica fuzzy e redes de Petri para permitir treinamento de estudantes para o tratamento de doenças diversas por meio de acupuntura.

Delingette e Ayache (2005) simulam cirurgia hepática minimamente invasiva, disponibilizando módulos para planejamento cirúrgico e simulação dos movimentos necessários durante a cirurgia.

Em Deutsch, Lewis e Burdea (2006) é apresentada a evolução de pacientes após o uso de sistemas de telerreabilitação com tecnologias de RV. O sucesso das dessas aplicações também é afirmado em Virk e McConville (2006), que propõe um sistema de RV para melhorar o controle postural e minimizar tombos em pessoas idosas.

Machado *et al.* (2002) apresentaram um simulador cirúrgico para o treinamento da coleta de medula óssea para transplante em crianças (Figura 4). A partir deste sistema, uma série de metodologias voltadas à avaliação online do usuário tem sido implementadas com o objetivo de monitorar suas ações e classificar suas habilidades (Moraes e Machado, 2009).



**Figura 4. Simulador para coleta de medula óssea em execução (Machado *et al.*, 2002).**

Em Tori *et al.* (2009) foi apresentado o projeto VIDA (*Virtual Interactive Distance-Learning on Anatomy*), um Ambiente Virtual (AV) de aprendizagem baseado em atlas anatômico, que pode ser acessado a distância, via Internet. A Figura 5 apresenta uma ilustração conceitual da manipulação dos elementos do atlas virtual, conforme percebida pelo usuário. Uma ou mais webcams podem capturar o movimento das mãos e o sistema responde de acordo com a posição e orientação dessas.



**Figura 5. Projeto VIDA: modelo anatômico exibido em formato de estéreo anaglifo; par de óculos descartável necessário para visualização estéreo de imagens em formato de anaglifo e interação direta para manipulação do modelo tridimensional (Tori *et al.*, 2009).**

A RV e a RA também têm sido exploradas para apoiar tratamentos para diferentes sequelas motoras e cognitivas, derivadas de distúrbios ou danos cerebrais. Neste contexto, a fisioterapia e a reabilitação têm experimentado novas formas para ensinar o usuário o modo correto de realizar movimentos, bem como avaliar e reabilitar processos cognitivos como a percepção visual, atenção e memória. Segundo Weiss *et al.* (2004), em muitos casos a imersão favorece o treinamento de habilidades cognitivas e motoras.

Ramchandani *et al.* (2008) utilizaram jogos tradicionais como o *Wii Sports* e o *Wii Fit* para estimular a movimentação de membros paralisados e treinar o controle do equilíbrio. Paralelamente, os Playstations 2 e 3 vêm servindo de base para a tele-reabilitação. Os pacientes podem acessar jogos que são disponibilizados por um servidor Web e, utilizando luvas 5DT, realizam exercícios sob o formato de jogos (Broeren, 2008).

Em geral, os ambientes virtuais possibilitam uma variedade de associações não possíveis com outras interfaces homem-máquina, devido às qualidades multissensoriais e espaciais desses ambientes, contribuindo para o enriquecimento das aplicações na área de reabilitação.

Pesquisadores da UFRJ e UERJ têm conduzido experimentos com pessoas com sequelas de atenção e percepção causadas por AVC (Cardoso *et al.*, 2006). Costa e Carvalho (2004) apresentam os resultados da aplicação de um programa de reabilitação cognitiva para pacientes com esquizofrenia e insuficiência mental. As atividades propostas contemplam tarefas que estimulam a atenção e a memória.

Nogueira *et al.* (2006) desenvolveram um aplicativo de RA que auxilia um paciente no processo de adaptação a próteses de membros superiores. Ou seja, ele pode treinar como operar uma prótese antes mesmo de utilizá-la.

Outra aplicação explorando a RA é voltada para pessoas com deficiências de atenção e memória. Nascimento *et al.* (2008) criaram um aplicativo que ao identificar marcadores, projeta imagens de quadros ou objetos em uma sala. O usuário visualiza a sala com as imagens, em seguida, olha a sala real e deve se lembrar onde os diferentes objetos se encontravam (Figura 6).



**Figura 6. Imagem da sala com um dos marcadores e imagem após a inserção de um dos quadros (Nascimento et al., 2008).**

#### 4. Imersão, realismo e motivação

As características apresentadas em relação às aplicações de RV e RA em saúde, assim como as aplicações exemplificadas, podem levar a perceber as exigências estabelecidas para o desenvolvimento de ferramentas nesta área. Ao mesmo tempo, verifica-se a grande variedade de assuntos abordados e, consequentemente, a ausência de uniformidade em relação às exigências consideradas.

Um primeiro tópico que deve ser ressaltado é o ponto de partida para o desenvolvimento de aplicações de RV e RA para a saúde. O contato com grupos de pesquisas diversos tem mostrado que muitas vezes o desenvolvimento dessas ferramentas tem o pesquisador de RV e RA como ponto de partida. Esse fato leva a construir soluções inicialmente consideradas úteis para depois pensar o problema ao qual a solução pode ser adequada.

A abordagem de projeto dessas ferramentas deve ser multidisciplinar desde o início. As necessidades devem ser identificadas em conjunto com o profissional de saúde e este deve participar da equipe durante todo o projeto, auxiliando desde a definição de requisitos até os experimentos finais de avaliação da ferramenta construída.

Há vários aspectos a serem discutidos na concepção dessas ferramentas a fim de satisfazer as exigências. Muitas vezes, é impossível reproduzir situações reais e deve-se chegar a uma solução ótima considerando a tecnologia disponível no momento, os recursos a serem despendidos e o benefício esperado. Como citado anteriormente, este capítulo propõe-se a abordar três aspectos em relação a tais exigências: imersão, realismo e motivação. Outros aspectos importantes como as questões éticas e a interdisciplinaridade também são abordadas no final do capítulo, porém com menor ênfase.

A imersão refere-se à sensação do usuário de “estar dentro” do Ambiente Virtual. Considerando a diversidade de aplicações de RV e RA para a área de saúde, verifica-se que as exigências em termos de imersão podem variar de acordo com a finalidade da aplicação.

A sensação de compartilhar o mesmo espaço com os objetos virtuais pode ser obtida primeiramente com técnicas de visualização estereoscópica. Há várias técnicas, com custos e benefícios variados. Os anaglifos, por exemplo, são extremamente baratos, mas são limitados em relação a reproduzir cores realistas de objetos. No outro extremo, os videocapacetes (*Head-Mounted Displays - HMDs*) e as CAVEs (*Cave Automatic Virtual Environment*) podem proporcionar o isolamento do usuário do ambiente real e, assim, obter imersão total no AV, mas com custo muitas vezes inviável para determinados tipos de aplicação.

Muitas aplicações de RV e RA para a saúde conseguem atingir seus resultados sem necessidade de dispositivos de visualização para proporcionar visão estereoscópica,

embora a presença desses, em geral, contribua para aumentar a motivação no uso da aplicação. Nesse contexto, inserem-se, por exemplo, os atlas virtuais tridimensionais para ensino de tópicos relacionados à saúde.

Outras ferramentas dificilmente conseguem alcançar o objetivo almejado se a visão estereoscópica não estiver presente, considerando-se a própria natureza para a qual a ferramenta foi construída. Nessa categoria podem ser exemplificados os aplicativos direcionados para tratamento de fobias, visto que a imersão, nesses casos, faz parte da terapia, pois insere o usuário no AV, aproximando-o da situação real.

O segundo ponto a ser discutido neste capítulo é o diferencial exigido, em termos de realismo para as aplicações na área de saúde. Simulações de procedimentos, tratamentos, reabilitações e mesmo as ferramentas para o ensino, exigem determinados graus de realismo em relação principalmente, aos objetos que representam órgãos humanos.

Os objetos que compõem o mundo virtual devem ser similares aos objetos reais em relação a cores, volumes, texturas, atividades e comportamentos. Em especial, os objetos que representam órgãos humanos ou animais para aplicações de treinamento de procedimentos devem ser cuidadosamente planejados a fim de não inviabilizar o treinamento. Esses podem ser obtidos por meio de sintetização (modelagem artística) ou análise (técnicas de reconstrução usando processamento de imagens e computação gráfica); em ambos os casos devem conter detalhes e qualidade suficiente para que a simulação do procedimento não seja prejudicada.

Ainda em relação aos objetos, outro tópico que merece atenção é a correlação espacial entre objetos físicos e virtuais: as proporções de tamanho e localização de objetos no mundo virtual devem ser observadas a fim de que representem com propriedade o mundo real.

Outro aspecto que contribui para o realismo da aplicação em saúde, principalmente em treinamento de procedimentos é a interação. As ações nos AVs devem considerar o comportamento físico dos objetos e pessoas. Assim, a técnica de animação, colisão e deformação deve ser cuidadosamente planejada a fim de proporcionar ao usuário a reação mais próxima possível àquela que ocorreria no mundo real, considerando as exigências necessárias em relação à precisão da representação gráfica e tempo de resposta.

Para isso, em geral essa categoria de aplicações exige a utilização de dispositivos não convencionais, principalmente braços mecânicos que proporcionem retorno de força. O realismo requerido como retorno ao usuário ainda é um desafio a ser vencido, envolvendo, na maioria das vezes, complexos modelos matemáticos que tratam simulação de deformações e colisões.

Dependendo da complexidade da aplicação, o uso simultâneo de diversos dispositivos (por exemplo, óculos estereoscópicos para imersão e um dispositivo haptico para interação) pode aumentar a demanda de tempo de processamento. A definição dos limites de influência de cada dispositivo são pontos estratégicos que devem ser planejados tecnicamente, pois exigem processamento paralelo e implementação cuidadosa garantindo que cada equipamento possa proporcionar a sensação para a qual foi designado no momento correto.

O realismo também passa pela questão de ergonomia. A modelagem de objetos e a inclusão de dispositivos não convencionais devem considerar a usabilidade da aplicação. Usabilidade aqui é compreendida como a característica que torna a aplicação “confortável” ao usuário. Talvez esta seja uma das características mais difíceis de implementar atualmente devido à ausência de dispositivos físicos de entrada e saída que

simulem com realismo os dispositivos reais. Aspectos de forma, tamanho, peso e adequação ao usuário ainda constituem desafios a serem superados.

Por fim, a motivação – também conhecida como envolvimento – é uma sensação subjetiva, mas fundamental para as aplicações de RV e RA. Aplicações que exigem a participação do usuário para atingir um objetivo específico devem preocupar-se majoritariamente com esta característica.

A pergunta que deve ser respondida em relação a este quesito é: Por que usar a ferramenta? E para respondê-la, vários aspectos devem ser refletidos: qual é o diferencial em relação ao treinamento real (custo e segurança, por exemplo), qual o nível de usabilidade (a ferramenta é intuitiva e acordo com o procedimento real?) e quais são os atrativos pedagógicos, principalmente quando o objetivo é a aprendizagem.

É importante salientar que, a despeito da ampla disponibilidade de jogos eletrônicos com ambientes tridimensionais, o uso de AVs 3D ainda é bastante limitado como ferramentas de ensino e simulações. Esse aspecto ainda é mais relevante quando são incluídos dispositivos não convencionais, que acrescentam uma dificuldade ou resistência na utilização das ferramentas. O nível de dificuldade para dominar o uso das ferramentas pode constituir um fator de motivação ou desmotivação ao usuário. Assim, em geral, uma fase de adaptação é necessária antes do uso efetivo das ferramentas.

Dois aspectos podem ser aqui ressaltados durante o planejamento dessas aplicações: a especificação de objetivos claros e o retorno ao usuário. É necessário que o usuário saiba qual é exatamente a finalidade da ferramenta e quais são as ações para que esta finalidade seja alcançada. Durante o seu uso, o retorno às ações do usuário deve também ser bem planejado, a fim de que sons, sensações tátteis, sensações visuais, entre outras características, sejam disponibilizados a fim de aumentar a motivação para o uso da aplicação.

Nos últimos anos, um dos artifícios utilizados para incrementar a motivação dos usuários em relação ao uso das aplicações é o emprego de conceitos de jogos. Apesar de não haver uma definição unânime sobre o termo *serious games*, essa classe de jogos visa principalmente, à simulação de situações reais, aplicada ao treinamento de profissionais, assim como à conscientização para crianças, jovens e adultos (Zyda, 2005).

Esses jogos utilizam a abordagem de jogos, com roteiros, pontuação, trilha sonora, entre outras características, para tornar aplicações mais atraentes e até mesmo lúdicas, ao mesmo tempo em que oferecem atividades que favorecem a absorção de conceitos e habilidades psicomotoras. Deste modo, o termo *serious games* passou a ser utilizado para identificar os jogos com um propósito específico, ou seja, que extrapolam a idéia de entretenimento e oferecem outros tipos de experiências, como aquelas voltadas ao aprendizado e ao treinamento (Blackman, 2005), contribuindo para aumentar a motivação em ferramentas de RV e RA para a saúde. Exemplos de jogos de RV e RA aplicados à saúde são citados em Machado, Moraes e Nunes (2009). Uma visão geral sobre o uso de jogos na educação médica utilizando a tecnologia de RV, discutindo seus componentes, aplicações e oportunidades de pesquisa pode ser conferida em Machado *et al.* (2011).

## 5. Oportunidades e conclusões

Ao mesmo tempo em que a área de saúde constitui um rico campo de aplicação para a RV e RA, os desafios para construir ferramentas adequadas levam a identificar diversas oportunidades de pesquisa na área. Procuraremos aqui identificar as oportunidades também em relação aos aspectos específicos abordados: imersão, realismo e interação.

Em relação à imersão, o alto custo de sistemas de visualização ainda é um desafio a ser vencido. Nesse sentido, uma oportunidade que pode ser explorada é justamente como diminuir o custo de técnicas existentes ou, ainda, como utilizar técnicas atuais de baixo custo que proporcionem imersão adequada de acordo com o realismo necessário. Outra linha que se mostra interessante neste sentido é justamente a questão relacionada ao uso desses equipamentos, que podem causar algum tipo de mal estar nos usuários. Assim, pesquisas são necessárias para descobrir perfis de usuários, assim como explorar os aspectos éticos envolvidos no uso desses dispositivos.

O realismo talvez seja o aspecto abordado neste texto que mais oportunidades de pesquisa oferece. É necessário explorar, além da implementação, a percepção de realismo pelos usuários.

Nesse sentido, em relação à implementação há vários aspectos que precisam de aprofundamentos nas pesquisas para que o realismo seja atingido: modelagem de objetos; técnicas de representação, armazenamento e visualização dos objetos virtuais; técnicas de iluminação e texturas; técnicas de detecção de colisão e deformação estão entre os tópicos passíveis de exploração. Há de destacar que em aplicações de RV e RA, considerando que a interação é uma das principais características das ferramentas, todas essas implementações devem prever a execução em tempo real a fim de oferecer *feedback* adequado às ações do usuário.

No entanto, muitas vezes pesquisadores da área de Computação preocupam-se com o realismo em termos de implementação e não avaliam a percepção de realismo que os usuários reais – profissionais da área de saúde – apresentam em relação aos objetos e ferramentas. Assim, o estudo de técnicas relacionadas à Psicologia, Pedagogia e outras áreas relacionadas ao comportamento humano podem auxiliar na compreensão desta percepção, contribuindo para a construção de ferramentas realistas, mas levando em contato a forma como as pessoas percebem o realismo.

Os pontos destacados nos parágrafos anteriores em relação ao realismo também devem ser aplicados às questões de interação. Não basta que a ferramenta atenda aos requisitos de realismo visual, mas o retorno em relação à interação também deve ser explorado, principalmente em aplicações de treinamento de procedimentos. E este tópico também abre espaço para diversas pesquisas na área de interação humano-computador.

Por fim, em relação à motivação, há várias lacunas que podem ser exploradas com a condução de pesquisas na área. Também aqui, o auxílio de áreas que estudam o comportamento humano pode ser útil no sentido de descobrir os fatores que levam um usuário a usar ou deixar de usar ferramentas computacionais para a área. Aprofundar tópicos como níveis adequados de dificuldade, formas de adaptação aos dispositivos e aos ambientes tridimensionais e características das ferramentas que possam aumentar a motivação do usuário e formas de avaliação das ferramentas são tópicos que merecem atenção.

A partir do exposto neste capítulo, verifica-se que construir ferramentas de RV e RA para a saúde não é uma tarefa trivial, pois deve considerar além de aspectos técnicos, os fatores humanos e éticos. Justamente por apresentar diversas facetas, a implementação dessas ferramentas constitui um campo de muitas oportunidades de pesquisa.

Uma última observação pertinente é que no Brasil a maioria dos trabalhos ainda é desenvolvida em centros de pesquisa e dificilmente as publicações citam que houve transferência de tecnologia para o setor produtivo. Assim, estudar formas de estabelecer parcerias com a indústria a fim de efetivar essa transferência também é um tópico que merece a atenção de pesquisadores.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC), pelo apoio financeiro (Processo 573710/2008-2 Edital MCT/CNPq Nº 015/2008 - Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia).

## Referências

- Blackman, S. (2005) Serious Games... and Less! Computer Graphics, 39(1):12-16. ACM.
- Broeren J., Bellner A-L., Fogelberg M., Göransson O., Goude D., Johansson B., Larsson P. A., Pettersson K. and Rydmark M. (2008) "Exploration of computer games in rehabilitation for brain damage", International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, Maia.
- Burdea, G. and Coiffet, P. Virtual Reality Technology. Wiley Interscience. 2003.
- Cardoso, L., Costa, R. M., Piovesana, A., Costa, M., Penna, L. (2006) "Using Virtual Environments for Stroke Rehabilitation", In: IEEE- 5th International Workshop on Virtual Rehabilitation, New York, p. 1-5.
- Costa R. M., Carvalho L. (2004) "The Acceptance of Virtual Reality Devices for Cognitive Rehabilitation: a report of positive results with schizophrenia", Computer Methods and Programs Biomedicine, v.73, n.3, p. 173-182.
- Cote, M., Boulay, J.-A., Ozell, B., Labelle, H., Aubin, C.-E. (2008) "Virtual reality simulator for scoliosis surgery training: Transatlantic collaborative tests", In: 318-19 Oct. 2008, p. 1 - 6
- Delingette, H. and Ayache, N. (2005) "Hepatic surgery simulation", Commun. ACM 48, 2 (Feb. 2005), p. 31-36.
- Deutsch J.E., Lewis J.A., Burdea G. (2007) "Technical and patient performance using a virtual reality-integrated telerehabilitation system: preliminary finding", IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. Mar, n.15, v.1, p.30-35.
- Heng, P.-A. et al. (2006) "Intelligent inferencing and haptic simulation for Chinese acupuncture learning and training", Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on Volume 10, Issue 1, Jan., p. 28 - 41
- Kanehira, R., Shoda, A. (2008) "Development of an Acupuncture Training System Using Virtual Reality Technology", Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2008. FSKD '08. Fifth International Conference on Volume 4, 18-20 Oct. p.:665 – 668.
- Machado, L. S. ; Moraes, R.M. ; Nunes, F. L. S.; Costa, R. M. E. M. (2011). Serious Games Baseados em Realidade Virtual para Educação Médica. Revista Brasileira de Educação Médica, v.35, n.2. ISSN: 0100-5502. Disponível no sítio da Revista em Pré-Print.
- Machado, L. S. and Moraes, R.M. (2006) "VR-Based Simulation for the Learning of Gynaecological Examination", Lecture Notes in Computer Science, v. 4282, p. 97-104.
- Machado, L. S.; Moraes, R.M. ; Nunes, F.L.S. "Serious games para saúde e treinamento imersivo". In: Nunes, F.L.S.; Machado,L.S.;Pinho, M.S.; Kirner,C.. (Org.). Abordagens práticas de realidade virtual e aumentada. 1 ed. Porto Alegre (RS): Sociedade Brasileira de Computação, 2009, v. 1, p. 31-60.

- Machado, L.S. et al. (2002) "Virtual Reality Simulation of Pediatric Bone Marrow Harvest for Transplant", Medical and Pediatric Oncology, v. 39, p. 282.
- Moraes, R. M.; Machado, L. S. Fuzzy Continuous Evaluation in Training Systems Based on Virtual Reality. In: 2009 International Fuzzy Systems Association World Congress, Lisboa, Proceedings..., v.1. p. 102-107, 2009.
- Nascimento D., Carvalho G. J., Costa R. M. E. M. (2008) "ReabRA: Reabilitação Cognitiva através de uma aplicação de Realidade Aumentada", 5o Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, v. 1, p. 25-30, Bauru.
- Nogueira, K., Cardoso A., Lamounier E. (2008) "Simulador de Próteses em Membros Superiores Usando RA", In: Anais do III Workshop de Realidade Aumentada.
- Nunes, F.L.S.; Machado, L. S. ; Costa, R. M. E. M . "Realidade Virtual e Realidade Aumentada aplicadas à Saúde". In: Costa, R.M.; Ribeiro, M. W.S.. (Org.). Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada. 1 ed. Porto Alegre (RS): Sociedade Brasileira de Computação, 2009, v. 1, p. 69-89.
- Nunes, F.L.S.; Machado, L. S. ; Costa, R. M. E. M . "RV para a área médica: requisitos, dispositivos e implementação". In: Veronica Teichrieb, Fátima de Lourdes dos Santos Nunes, Liliane dos Santos Machado, Romero Tori. (Org.). Realidade Virtual e Aumentada na prática. 1 ed. João Pessoa (PB): Sociedade Brasileira de Computação, 2008, v. 1, p. 119-146.
- Ramchandani A., Carroll K., Buenaventura R., Douglas J., Liu J. (2008) "Wii-habilitation increases participation in therapy", In: 5o IEEE Virtual Rehabilitation, V. 1, p. 69, Vancouver.
- Ramos, F. M. and Nunes, F. L. S. (2005) "Construção de Atlas de Anatomia e Fisiopatologia do Câncer de Mama utilizando Realidade Virtual", In: XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, Natal.
- Soler, L., Nicolau, S., Fasquel, J.-B., Agnus, V., Charnoz, A., Hostettler, A., Moreau, J., Forest, C., Mutter, D., Marescaux, J. (2008) "Virtual reality and augmented reality applied to laparoscopic and notes procedures", Biomedical Imaging: From Nano to Macro, ISBI 2008. 5th IEEE International Symposium on 14-17 May 2008 P.:1399 - 1402
- Tang, C-Y., Chin, W. Chui, Y-P., Poon, W-S., Heng, P-A. (2007) "A Virtual Reality-based Surgical Simulation System for Virtual Neuroendoscopy", Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Integration Technology, March 20 - 24, Shenz, p. 253-258.
- Tori, R.; Nunes, F. L. S.; Gomes, V. H. P.; Tokunaga, D. M. "Vida: Atlas Anatômico 3D Interativo para Treinamento a Distância". In: XV Workshop Sobre Informática na Escola, 2009, Bento Gonçalves. Anais..., 2009.
- Virk, S., McConville, K.M.V. (2006) Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEE Aug. 30 2006-Sept. 3 2006, p.2694 - 2697
- Webster et al. (2001) "A Prototype Haptic Suturing Simulator", Medicine Meets Virtual Reality - Studies in Health Technology and Informatics, n. 81, p. 567-569.

Weiss, P., Rand, D., Katz N., Kizony R., (2004), "Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool", Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, p. 1-12.

Yaacoub, F., Hamam, Y., Abche, A. (2007) "Collision Detection in Computer Simulations for Wrist Arthroscopic Surgery Training", EUROCON, 2007. The International Conference on "Computer as a Tool"9-12 Sept. 2007 p.:2088 – 2095.

Zyda, M. (2005) From visual simulation to virtual reality to games. Computer 38(9): 25-32. IEEE.

## Autores

**Fátima de Lourdes dos Santos Nunes** - é professora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH), da Universidade de São Paulo (USP). É Doutora em Física Computacional (IFSC/USP) – área de processamento de imagens e fez Pós-Doutorado em Engenharia Elétrica – área de Visão Computacional (EESC/USP). Possui Mestrado em Engenharia Elétrica (EESC/USP) – área de processamento de imagens e Bacharelado em Ciência da Computação (Unesp/Bauru). Tem experiência nas áreas de processamento de imagens, realidade virtual e banco de dados, atuando principalmente na construção de ferramentas para treinamento médico, em processamento de imagens médicas e recuperação de imagens baseada em conteúdo. Atualmente coordena o Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde (LApIS – EACH/USP). Tem bolsa de produtividade nível 2 do CNPq. É membro da Comissão Especial de Realidade Virtual e Coordenadora da Comissão Especial de Computação Aplicada à Saúde, ambas da Sociedade Brasileira de Computação. Contato: [fatima.nunes@usp.br](mailto:fatima.nunes@usp.br)

**Rosa Maria E. Moreira da Costa** - é professora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e atua no curso de Ciência da Computação. Possui mestrado e doutorado na COPPE-Sistemas da UFRJ. Seus trabalhos concentram-se principalmente, nas áreas de Realidade Virtual e Inteligencia Artificial, com aplicações voltadas para a área da saúde. É vice-coordenadora da Comissão Especial de Realidade Virtual e membro da Comissão Especial de Computação Aplicada à Saúde, ambas da Sociedade Brasileira de Computação. Contato: [rcosta@ime.uerj.br](mailto:rcosta@ime.uerj.br)

**Liliane dos Santos Machado** - concluiu o doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo em 2003. Atualmente é professora do Departamento de Informática e membro dos Programas de Pós-Graduação em Informática e Pós-Graduação Interdisciplinar em Modelos de Decisão e Saúde da Universidade Federal da Paraíba. Sua atuação científica tem caráter multi e interdisciplinar, com vertentes nas áreas de Ciência da Computação, Educação e Saúde, com ênfase em aplicações de Realidade Virtual para diferentes setores. Possui livro publicado, produtos tecnológicos registrados e diversos artigos científicos publicados. Coordena e participa de diversos de pesquisa nacionais e internacionais. Atualmente coordena a área de Realidade Virtual e Serious Games do Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LabTEVE/UFPB). Tem bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora nível 2 do CNPq, participa de sociedades científicas como a IEEE, ACM e SBC, e é membro da Comissão Especial de Realidade Virtual da Sociedade Brasileira de Computação. Contato: [liliane@di.ufpb.br](mailto:liliane@di.ufpb.br)

**Ronei Marcos de Moraes** - é professor associado do Departamento de Estatística da UFPB. Possui graduação em Estatística pela Universidade Estadual de Campinas (1988), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1992), doutorado em Computação Aplicada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1998) e pós-doutorado na Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP (2001). É atuante na área interdisciplinar, nos seguintes temas: métodos estatísticos, geoestatísticos e de análise espacial em saúde pública, criminalidade e

mudanças climáticas, conjuntos nebulosos, ensino virtual, educação a distância, jogos educacionais, realidade virtual e métodos de avaliação de treinamento baseados em realidade virtual. É membro de Comitês de Programa de diversos congressos nacionais e internacionais nas áreas citadas acima, bem como revisor nos periódicos: Revista Árvore, Advances in Space Research, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Knowledge-Based Systems, International Journal of Machine Learning and Cybernetics e Engineering Applications of Artificial Intelligence. Também participado corpo editorial do Open Virtual Reality Journal. Atualmente é bolsista de produtividade nível 2 do CNPq e coordenador do Programa de Pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde da UFPB. Contato: [ronei@de.ufpb.br](mailto:ronei@de.ufpb.br)

# Capítulo

# 6

## Como tornar aplicações de realidade virtual e aumentada, ambientes virtuais e sistemas de realidade mista mais imersivos

Raphael Leal Mendonça e Pollyana Notargiacomo Mustaro

### *Abstract*

*The applications of virtual and augmented reality, virtual environments and mixed reality systems have been used widely in various fields such as movies, electronic games, safety and testing devices, marketing activities, educational processes, among others. To understand these events is necessary not only to explore the concept immersion, but also setting a context in immersive virtual and augmented reality, virtual environments or mixed reality systems. This can be considered a framework for analyzing the value of elements from the standpoint of identity/identification, comfort, sense of presence and projection/immersive trance. From this background, this paper presents metrics to the analysis of immersion: narrative, interactivity, video/audio components, artificial intelligence techniques, use of physical laws and social aspects. This architecture aims to contribute to the studies and the development of applications in the areas of virtual and augmented reality as well as the development of virtual and mixed reality systems.*

### *Resumo*

*As aplicações de realidade virtual e aumentada, ambientes virtuais e sistemas de realidade mista têm sido utilizados amplamente em diferentes âmbitos como cinema, jogos eletrônicos, dispositivos de segurança e testes, ações de marketing, processos educacionais, dentre outros. Para compreender essas manifestações é necessário não só explorar o conceito de imersão como configurar um contexto imersivo em realidade virtual e aumentada, ambientes virtuais ou sistemas de realidade mista. Isso pode considerar uma estrutura que possibilite analisar a riqueza dos elementos do ponto de*

vista da identidade/identificação, conforto, sentimento de presença e projeção/transe imersivo. A partir desse panorama, o presente documento apresenta métricas de análise de imersão: narrativa, interatividade, componentes de vídeo/áudio, técnicas de inteligência artificial, utilização de leis da física e de aspectos sociais. Essa arquitetura tem como finalidade contribuir para os estudos e para o desenvolvimento de aplicações nas áreas de realidade virtual e aumentada, assim como para a elaboração de ambientes virtuais e sistemas de realidade mista.

## 1. Introdução

Os avanços na área de ciência e engenharia de computação têm ampliado as possibilidades de desenvolvimento de sistemas e aplicações de realidade virtual e aumentada, bem como de ambientes virtuais e elementos de realidade mista. Neste contexto torna-se essencial discutir e refletir sobre a questão da imersão. Esse atributo não constitui um elemento técnico ou tecnológico; contudo, configura e faz-se presente como um dos objetivos desses sistemas e aplicações.

Com base nisto, o presente documento aborda as seguintes dimensões: a) *contextualização* acadêmica das discussões e pesquisas sobre imersão; b) *classificação* dos tipos de imersão; c) *apresentação* dos parâmetros que influenciam o grau de imersão de aplicações de realidade virtual e aumentada, ambientes virtuais e sistemas de realidade mista; e, finalmente, d) *indicação* de métricas relacionadas ao grau de imersão para a análise e/ou desenvolvimento de aplicações de realidade virtual e aumentada, ambientes virtuais e sistemas de realidade mista.

A partir do que foi apresentado anteriormente, o texto encontra-se organizado da seguinte maneira: a seção 2 define o conceito de imersão, bem como classifica os tipos de imersão existentes; a seção 3 exibe um panorama atual das pesquisas sobre imersão, enumera e exemplifica áreas que utilizam elementos imersivos; a seção 4 caracteriza os elementos complementares responsáveis pela estruturação de um contexto imersivo; a seção 5 estabelece métricas para análise e/ou desenvolvimento de ambientes virtuais, realidade virtual e aumentada e sistemas de realidade mista imersivos; e, finalmente, a seção 6 sumariza os pontos principais e aponta tendências.

## 2. Imersão: conceito e classificações

De acordo com os princípios de Dansky (2006), imersão é aquele momento em que o usuário de determinada mídia, que possui narrativa, se sente inserido do ambiente proposto por ela e fora do seu próprio mundo, isto é, naquele instante, o usuário se sente como parte da história sendo proposta pela mídia em questão. Esta definição é complementada por Sodowski e Stanney (2002), que explicitam que a imersão vincula-se à presença da pessoa, ou seja, ao fato desta ser psicologicamente transportada para algum lugar que não existe no mundo real, constituindo uma expressão virtual.

A imersão pode ser classificada a partir de diferentes abordagens. A seguir são apresentadas as propostas de três de autores: Heeter (1992), Taylor (2002) e Calleja (2007). O primeiro autor utiliza como base os ambientes virtuais gerados por interfaces de realidade virtual (isto é, o conceito de presença), já os outros dois tem como alicerce teórico os jogos digitais.

Heeter (1992) se baseia na variação da sensação do usuário para criar suas três categorias de tipos de presença: pessoal, social e ambiental.

A *Presença Pessoal* é aquela que está contida em todo tipo de sensação de imersão que levará o usuário do dispositivo de realidade virtual para o ambiente proposto pelo mesmo. Para atingir o estágio de sensação desta presença, existem vários meios: O usuário perceber a presença de alguma parte de seu corpo dentro do ambiente

virtual (como a própria mão); o ambiente trazer-lhe alguma sensação de *deja vú*; e o mundo virtual em questão apresentar regras que são diferentes do mundo exterior ao jogo, mas apresentam um padrão que o usuário reconhece. Se uma ou mais destes meios for utilizado, a presença pessoal do usuário irá crescer.

A *Presença Social* é aquela que relaciona diretamente o usuário com todos os outros indivíduos do ambiente virtual proposto (sejam eles controlados por meio de algum tipo de inteligência artificial ou controlados por outros humanos). Estes seres apresentados devem reagir de forma adequada a qualquer ação do usuário, isto é, as ações dos indivíduos daquele mundo devem ser condizentes com as regras do mesmo. A interação entre estes indivíduos com o usuário do dispositivo de realidade virtual pode ser, por exemplo, através de alguma conversa ou qualquer tipo de interação física.

A *Presença Ambiental* é semelhante à social, mas ao invés de indivíduos o próprio ambiente do mundo apresentado deve reagir às ações do usuário de forma coerente, isto é, dentro das regras propostas daquele mundo. Um dos exemplos apresentados pela autora são luzes que se acendem assim que o usuário entra em uma determinada sala.

Já Taylor (2002), define duas categorias para imersão dentro dos jogos digitais: diegética e situada.

A *Imersão Diegética* é atingida por meio do ato de jogar. Ela aparece assim que o usuário volta sua atenção exclusivamente para tudo aquilo que está usufruindo naquela mídia em questão. Ele pode ser “absorvido” por meio de textos e imagens apresentados, que não necessariamente precisam conter algum fato de absorção para o universo virtual. O que importa para que isto ocorra, na verdade, é a experiência de estar lendo ou vendo algo que demande sua atenção, focando-se naquilo e, eventualmente, esquecendo o que já foi apresentado. A autora diz que este tipo de imersão pode ainda acontecer em outras mídias, como filmes e livros.

A *Imersão Situada* é estabelecida no momento em que o usuário de fato se sente envolto pelo mundo virtual proposto no jogo digital. Ele já passou do estágio em que apenas a atenção está focada naquilo que está sendo apresentado, mas também sua mente já foi transportada para aquele novo universo. Com isto, é necessário que primeiro o jogador atinja o nível da *Imersão Diegética* antes de chegar ao da *Situada*.

E, por fim, Calleja (2007) adota uma nova abordagem para analisar a imersão, se focando nas características particulares da influência desta no jogador. Seis tipos foram definidos: tática, *performance*, afetiva, compartilhada, narrativa e espacial.

A imersão *Tática* é estabelecida pelo tipo de envolvimento com decisões feitas pelo jogador situado no contexto do jogo ou que se pautem em planejamentos para os atos futuros.

A imersão de *Performance* pauta-se no envolvimento com o jogo por meio dos controles, sendo que são considerados tanto os *avatars* quanto outras partes controláveis do jogo. A partir disso, o autor concluiu que o este tipo de envolvimento é consequência do tático, já que é necessário o planejamento antes da ação.

A imersão *Afetiva* ocorre quando se estabelece um laço emocional entre aquilo que está sendo demonstrado e o jogador. Isso faz com que as emoções e sentimentos do jogador no mundo real sejam afetados por aquilo que está acontecendo na instância virtual.

A imersão *Compartilhada* é determinada por qualquer comunicação que exista entre o jogador e o jogo, tanto entre o *avatar* deste com elementos do jogo até com outros jogadores que estiverem no mesmo ambiente.

A imersão *Narrativa* envolve a ligação existente e/ou formada entre o jogador e a história proporcionada pelo jogo.

Por último, a imersão *Espacial* configura-se quando o jogador consegue visualizar em sua mente todo o ambiente proposto pelo jogo, isto é, quando ele não precisa de uma representação física do mapa para se localizar ali.

A compreensão desse universo pode ser complementada pela análise das pesquisas recentes e das áreas que fazem uso de recursos imersivos. Estes elementos se encontram descritos na próxima seção.

### **3. Contexto atual das pesquisas e áreas que fazem uso de imersão**

Um dos campos que tem sido explorado em pesquisas que envolvem a imersão é o da aprendizagem. Nesta pode-se destacar um jogo educacional multiusuário que faz uso de um amplo campo de visão 3D estereoscópico para o combate da cárie dentária (problema que preocupa o Instituto Nacional de Saúde Norte Americano). O jogo de aventura desenvolvido comporta até cinco jogadores que interagem por meio de controle de Wii modificados, cuja função é travar uma batalha contra as bactérias causadoras das cárries por meio do uso de uma tela estereoscópica WUXGA. Com essa proposta imersiva busca-se a mudança atitudinal, bem como a instituição de hábitos de higiene [Hollander 2011].

Outra área que vem apresentando progressos em relação à imersão é a de sistemas de tele-imersão voltados para a tele-reabilitação baseados em visão estéreo em tempo real e ambientes virtuais. Esta é caracterizada pelo uso da reconstrução estéreo para a captura, em tempo real, do avatar 3D do usuário para sua projeção num ambiente virtual compartilhado, o que possibilita que o terapeuta e o paciente interajam remotamente. Além disso, esse tipo de pesquisa volta-se para a viabilização da avaliação médica, medicina desportiva, trabalho colaborativo e mesmo a aprendizagem de dança. Os avanços nessa área, futuramente, permitirão aos pacientes a realização da reabilitação de locais remotos (própria residência ou consultórios médicos de pequeno porte), tornando desnecessário o deslocamento para centros de reabilitação urbana [Kurillo et al. 2011].

Uma terceira possibilidade está vinculada à realidade aumentada. Esta pode ser utilizada para visualizar modelos tangíveis de reações químicas (baseadas em esferas e ligações) com marcadores pré-definidos e interagir com os mesmos para explorar propriedades moleculares. Isso permite a constituição de sistemas de química aumentada baseados em interação tangível entre átomos de várias moléculas próximas. Isso requer o estudo de abordagens diferenciadas para transpor a limitação de interação com duas mãos, o que pode ser feito por meio da especificação de gestos adicionais, o que constitui um desafio em curso também em relação à imersão, porque envolve questões relacionadas à manipulação direta de objetos 3D [Maier et al. 2010].

O posicionamento e a orientação de rastreamento constituem um problema para as aplicações de realidade aumentada e mistas, sobretudo em relação à instalação de sensores heterogêneos de área ampla. Uma abordagem neste contexto pode ser pautada na modelagem gráfica a partir de grafos de relação espacial (*Spatial Relationship Graphs – SRGs*). Com isso busca-se facilitar a especificação das relações espaciais conhecidas e mesmo a dedução de outras que envolvam as entidades presentes na cena. Isso reduz drasticamente o escopo de conhecimentos especializados requeridos para administrar e configurar rastreamentos. Tal simplificação pode tornar a proposta mais

imersiva na medida em que fornece uma visualização 3D mais realista do ponto de vista da coerência espacial [Keitler et al. 2010].

Além disso, existem duas outras áreas de estudo contemporâneas que merecem destaque. A primeira é a de sistemas avançados de assistência a condutores de veículos. Estes dependem de simuladores que incorporem cenários de tráfego realistas, sendo que uma das soluções investigadas envolve a utilização de retroprojeção sobre um ambiente de mesa (*back-projection table-top environment*) juntamente com miniaturas de carros de brinquedo, o que possibilita o estabelecimento de cenários de tráfego que refletem o comportamento humano e envolvem uma experiência direta. Este tipo de proposta pode, do ponto de vista imersivo, caracterizar um simulador de condução de veículos e permitir a antecipação de eventos de trânsito e o estabelecimento das reações humanas mais usuais [Tönnis e Klinker 2009].

Finalmente, cabe ainda destacar o desenvolvimento da área de realidade móvel aumentada, vinculado a elementos presente em *smartphones* (acelerômetro, bússola, GPS, câmera, etc.). Para que essas aplicações de realidade móvel aumentada sejam imersivas e interativas é necessário um modelo 3D do ambiente real para um posicionamento preciso e gerenciamento de oclusões. Como estes modelos pautam-se em dados espaciais reais, sua disponibilidade é limitada, o que, consequentemente, restringe o uso de aplicações deste tipo em qualquer hora e local. Uma das soluções que vem sendo estudada para esse problema envolve uma estrutura para a produção ágil de modelos 3D de aplicações móveis em ambientes de realidade aumentada para iPhone [Thomas, Daniel e Pouliot 2011].

Cabe ainda destacar que a imersão integra trabalhos e propostas em diferentes áreas de conhecimento, dentre as quais podem ser enumerados alguns exemplos pertinentes à arte, aos jogos eletrônicos, à educação e à psicologia.

### 3.1. Arte

Em relação à arte interativa, alguns artistas, como Char Davies, propõem paisagens virtuais imersivas – em obras como *Osmose* e *Ephemère* – na medida em que se utiliza da captura da respiração para a realização de mutações neste ambiente. Para isso é necessário utilizar um macacão com ganchos, um capacete e um dispositivo para controle da respiração, sendo que a obra é constituída por uma *cave* [Domingues 2004].

Outro exemplo é o da obra *Coexistence*, de Rebecca Allen, onde a utilização de um capacete de realidade virtual com uma câmera vinculada possibilita a visualização da realidade e de objetos tridimensionais. Esse tipo de proposta ressalta a experiência na medida em que a interatividade se torna o elemento principal [Carvalho 2006].

Essas manifestações artísticas são imersivas na medida em que permitem que o usuário tenha a sensação de flutuar e de interagir em ambientes.

### 3.2. Jogos Eletrônicos

Na área de jogos eletrônicos cabe ressaltar as iniciativas pertinentes à realidade mista, que se configura pela soberania da interação motora em relação à representação fidedigna [Hansen 2006]. Neste caso o corpo torna-se a interface com o jogo, sendo que atualmente o produto que mais se destaca nesta categoria é o *Kinect* da Microsoft para o console *Xbox 360*. Ou seja, o corpo se integra ao dispositivo, permitindo que o jogador de fato se sinta imerso sensorialmente neste [Radford 2000].

Da mesma forma, vem se desenvolvendo uma área denominada de *exergames* – jogos que possibilitam o desenvolvimento de habilidades sensório-motoras, bem como o exercício físico, por meio de emulação perceptiva (relacionada à realidade virtual

juntamente com tecnologias de rastreio e atuação). Como exemplo desta categoria pode-se destacar o *Dance Dance Revolution* [Vaguetti e Botelho 2010].

### **3.3. Educação**

A realidade virtual em educação pode constituir um elemento motivador, bem como despertar a atenção do estudante. Dentre as diversas vantagens de uso desse recurso no âmbito educacional destacam-se:

- Integração de recursos sensoriais para uma experiência de aprendizagem mais realista e atrativa [Sewell et al. 2007];
- Visualização de estruturas complexas (para a compreensão de conceitos abstratos) [Perdomo et al. 2005];
- Eliminação do risco/perigo existente em mundos reais [Stansfield et al. 2000];
- Aquisição de um ponto de vista distinto [Yee e Bailenson 2006];
- Riqueza de possibilidades (o que inclui interações que podem não ser possíveis no mundo real, como, por exemplo, explorar o mundo em que viveram os dinossauros);
- Redução de custos (em muitos casos um ambiente real exige um investimento maior do que o imersivo);
- Aceleração do processo de aprendizagem;
- Desenvolvimento de habilidades relacionadas aos conhecimentos apresentados no ambiente;
- Ampliação da retenção dos elementos estudados (devido ao realismo do ambiente).

A partir desses elementos é possível estruturar propostas de virtualização de museus [Lepouras et al. 2004], assim como utilizar realidade aumentada para implementar laboratórios virtuais para Educação a Distância (EaD). Estes últimos podem permitir que os estudantes testem suas hipóteses durante o processo de aprendizagem, bem como instituir uma estratégia para que não ocorra uma defasagem curricular pela ausência de experimentação laboratorial presencial [Forte et al. 2008].

### **3.4. Psicologia**

No que se refere à questão psicológica, a imersão por meio de realidade virtual pode colaborar no tratamento de transtorno de pânico (TP), pois permite que o paciente apresente mudanças fisiológicas, somáticas e mesmo de ordem psíquica próximas dos sintomas presentes em situações reais. Isso envolve diretamente o conceito de presença, ou seja, o sentimento de pertencimento ou de integrar-se fisicamente ao ambiente virtual [Carvalho, Freire e Nardi 2008].

Inclusive, existem aplicações computacionais onde é possível manipular uma gama diferenciada de estímulos com o intuito de personalizar o ambiente conforme o paciente e também para permitir o monitoramento da interação paciente com o ambiente virtual [Vincelli et al. 2006].

Os exemplos apresentados permitem compreender que existem infinitas possibilidades de aplicações em diferentes áreas de conhecimento. Contudo, a compreensão do fenômeno da imersão também requer o estudo de outros elementos, os quais são apresentados no item a seguir.

## 4. Caracterização dos elementos complementares estruturantes da imersão

A imersão pode ser ainda estudada a partir de cinco dimensões: identidade/identificação, conforto, sentimento de presença e projeção/transe imersivo. Tais aspectos encontram-se detalhados a seguir.

### 4.1. Identidade e Identificação

Existem dois tipos de enfoque identificação dentro do ambiente virtual: o primeiro deles é aquele direcionado ao personagem, à história que está sendo apresentada. Já o segundo se refere ao mundo virtual que está sendo criado pelo sistema de realidade virtual.

Sobre o primeiro tipo, Calleja (2007) indica a existência de um tipo de imersão chamada de *Afetivo*. Esta imersão está relacionada aos vínculos emotivos que o usuário do ambiente virtual terá com a história ou com o personagem que está sendo apresentado a ele. É a partir desta ligação que se cria a identificação. O usuário identifica no mundo que está sendo criado algo que está conectado com ele e suas emoções no mundo real acabam sendo afetadas também. O vínculo criado com esta identidade vai incrementar a emoção, pois manipulou diretamente os sentimentos do usuário.

Já o segundo tipo de identidade é analisado por Witmer e Singer (1998) com o conceito de realidade. O quanto mais próximo o ambiente gerado pelo sistema de realidade virtual for do mundo em que o usuário está acostumado a vivenciar (comumente conhecido como mundo real), maior identificação com aquilo que está sendo apresentado ele vai sentir. Desta forma, outro conceito surge para a análise desta identidade: Conforto.

Sobre isto, Dansky (2006) explicita que o usuário se sente confortável no mundo em questão quando está mais identificado com este. Assim, o estado de imersão ocorre quando o usuário de uma mídia específica se sente confortável o bastante dentro dela. Apenas desta forma, a mente dele abrirá espaço para que o mundo virtual apresentado seja aceito.

### 4.2. Conforto

Um dos meios de atingir este conforto é por meio da manipulação dos elementos presentes na realidade virtual apresentada de forma com que a verossimilhança destes seja alta. Woyach (2004) discute isto, introduzindo que a suspensão na crença de que aquilo que está sendo apresentado é de fato um evento real é o primeiro passo para incrementar a imersão. O autor ainda diz que deve existir a potencialização dos equipamentos utilizados na projeção deste mundo virtual para que haja maior proximidade com o que existe no mundo real. Desta forma, trazer elementos do mundo real para o mundo virtual criado aumenta o conforto do usuário naquele sistema e, consequentemente, incrementa também o grau de imersão.

Este conforto deve começar assim que o usuário é introduzido àquele novo mundo, por meio de um tutorial que seja realizado de forma natural, destacam Douglas e Hargaton (2001). Quanto mais componentes forem utilizados que o jogador já tem prévio conhecimento daquilo, mais confortável ele se sentirá em agir dentro do mundo virtual, segundo os autores, e terá mais facilidade de lidar com os novos desafios impostos. E para chegar a esta forma natural, elementos realistas devem ser utilizados, o que vai de encontro com o que Woyach (2004) disse quanto à utilização de características do mundo real na construção de um mundo virtual.

Com estes elementos, de acordo com Douglas e Hargaton (2001), a introdução por meio do tutorial se torna mais simples e fácil de ser realizada. Este tutorial também

deve ser realizado sem que haja muito contato com o usuário, isto é, sempre utilizando elementos pertinentes ao ambiente virtual apresentado e não se comunicando diretamente com ele, para que não se rompa o isolamento do usuário e, com ele, a imersão.

Para trazer os elementos do mundo real ao virtual com o propósito de deixar o usuário deste mais confortável, é necessário entender a diferenciação entre uma representação e uma simulação do mundo real. Frasca (2003) relata que a representação apenas mostra o mundo real com suas características e peculiaridades, como se aquelas características fossem um plano de fundo para aquilo que está sendo apresentado. Já a simulação modela os sistemas complexos do mundo real dentro do mundo virtual, isto é, traz os comportamentos dos elementos realistas ao novo ambiente. Com isto, a entidade que está sendo simulada irá agir e reagir de acordo com as regras impostas baseadas no mundo real, sem seguir uma roteirização pré-definida qualquer do que deve fazer, interagindo e reagindo como se estivesse como se estivesse no nosso universo.

#### **4.3. Sentimento de presença**

Dentro de um ambiente criado a partir da realidade virtual, a imersão é definida por meio do conceito de presença.

Witmer e Singer (1998) definem o conceito de presença como um sentimento em que o usuário tem de estar vivenciando o ambiente gerado pelo computador, isto é, ele substitui a sensação do usuário de estar vivenciando o seu próprio ambiente de origem. Desta forma, a sua presença será transportada do ambiente dito como real para o ambiente virtual gerado. A formação deste sentimento, segundo os autores, é o que irá criar o conceito de imersão.

A percepção psicológica de que o ambiente da realidade virtual que está em volta do usuário (onde este encontra-se inserido para interação) é a base da formação do que é imersão. O aumento da imersão, segundo os autores, é diretamente proporcional ao crescimento do sentimento de presença dentro do ambiente proposto.

#### **4.4. Projeção ou Transe Imersivo**

Murray (2003) descreve como transe imersivo o momento em que o usuário de um sistema que projeta um ambiente virtual acredita que aquilo que está sendo apresentado pela realidade virtual na verdade é real. Este efeito do transe ocorre quando existe a projeção dos sentimentos do usuário naquele ambiente que está sendo formado. Estes sentimentos são metaforizados pela autora através da alusão de uma pessoa mergulhando em um ambiente aquático. A pessoa só vai se sentir confortável neste ambiente se considerá-lo como seguro e, enfim, estar fisicamente e psicologicamente imerso nele, apesar de ele ser completamente diferente daquilo que ela está acostumada.

Entretanto, Murray (2003) também cita que este transe imersivo é facilmente quebrável. Qualquer lapso do mundo real que apareça no mundo virtual pode transportar psicologicamente de volta o usuário para seu universo de origem, acabando com o sentimento de imersão. Para que isto não ocorra, é necessário que se encontre o perfeito equilíbrio entre os conceitos do que existe de real e de virtual na cabeça do usuário. Desta forma, enquanto ele estiver em transe, não vai perder a sensação de imersão.

Esse arcabouço teórico permitiu o desenvolvimento de métricas relacionadas à imersão que atendem às necessidades de análise e elaboração de realidade virtual e aumentada, sistemas de realidade mista e ambientes virtuais.

## 5. Métricas para análise e/ou desenvolvimento de ambientes virtuais, realidade virtual e aumentada e de sistemas de realidade mista imersivos

A partir dos elementos apresentados e discutidos anteriormente podem ser enumeradas seis instâncias para o estabelecimento de métricas de análise que contribuem não só para analisar constructos imersivos existentes como para o estabelecimento de propostas e futuras implementações, são elas: narrativa, interatividade, apresentação de componentes (gráficos, de vídeo e de áudio), utilização de técnicas de inteligência artificial, uso de leis da física e aspectos sociais.

### 5.1. Narrativa

De acordo com Frasca (2003), dentro de qualquer mídia, é a representação do real, isto é, ela mostra apenas o que for necessário no momento dos elementos do mundo real, sem precisar se focar em todas as características destes.

Frasca (2003) continua, dizendo que a narrativa pode ser apresentada de duas maneiras diferentes. Na primeira delas, ela é “adestrada” pelo autor, isto é, todo o caminho que a história irá seguir já foi devidamente trilhado pelo autor e, consequentemente, ela não sofrerá nenhum desvio até chegar ao seu final. No outro tipo, a narrativa é “educada” pelo autor, se tornando apta a receber qualquer tipo de usuário, pois elas se adequam às ações do mesmo, tratando-os de forma diferente e definindo como vai chegar ao final através da progressão do usuário. Este último caso é o que ocorre em ambientes virtuais e simulações, considerando que o usuário tem influencia direta nas ações que ocorrem em cada incursão ao mundo virtual apresentado.

Estas características estabelecem um elemento particular da narrativa em ambientes virtuais denominado como “não-linearidade”. Este elemento, segundo De Marle (2006), ocorre quando a história do mundo virtual em questão é formada pelo usuário do sistema. Isto ocorre, pois um ambiente virtual pode, de acordo com a autora, ser desenvolvido por meio de dois níveis de história.

O primeiro, conhecido como *História de Alto Nível*, é criado pela equipe de produção do ambiente virtual no processo de concepção e demonstrado ao usuário por meio de cenas de corte e diálogo entre os personagens.

O segundo, chamado de *História de Nível Intermediário*, é formado pelo próprio usuário em suas incursões no ambiente virtual. A partir desse princípio, a história irá se desenrolar com todo tipo de ação que o *avatar* do usuário executar.

DeMarle (2006) destaca, ainda, que estes dois níveis de história, juntos, formam uma nova narrativa para cada usuário, estabelecendo a não-linearidade. A partir destes fatores, a autora ressalta que a narrativa deve agradar e, ao mesmo tempo, motivar o jogador.

### 5.2. Interatividade

Sá e Albuquerque (2000) definem a interatividade como sendo a capacidade de um meio de comunicação de permitir que seus usuários exerçam algum tipo de influência sobre o controle ou a forma da comunicação mediada, isto é, a máquina adquire o processo “humano” de se comunicar e interagir com os usuários. Os autores dizem que para que exista uma facilidade nesta comunicação homem-máquina é necessário que exista uma interface.

Assis (2007) complementa o conceito de interatividade propondo que ela seja dividida em dois blocos. No primeiro está a “interatividade trivial”, onde tudo que existe ao redor das pessoas age e reage de acordo com as ações dela. No segundo bloco, denominado “segunda interatividade”, existem agentes que reagem de forma inesperada para ações daquilo que está em sua volta. Estes dois blocos aparecem em jogos digitais,

onde existe a linha de ações que vai trazer algo coerente e previsível (que faz parte do primeiro bloco) quanto ações e explorações que levarão a reações inesperadas e surpreendentes (que fazem parte do segundo).

Ainda dentro do escopo dos jogos digitais, a interatividade pode possuir vários níveis, segundo Santaella (2004). O autor separa a interatividade dentro de uma escala que vai desde a interatividade mais baixa até a mais alta. Na parte mais baixa desta divisão está a ação do jogador que é necessária para o desenvolvimento do jogo, isto é, é todo tipo de interação que está previsto para que a continuidade do jogo flua normalmente. Já na mais alta, estão todos os tipos de interatividade que, quando acionadas, causam uma série de eventos em cadeia e influenciam de maneira mais impactante na continuidade do jogo. Desta forma, este nível de interatividade, segundo o autor, influencia na linearidade do jogo, isto é, qualquer tipo de intervenção pode afetar no que vai acontecer no decorrer da história apresentada.

### **5.3. Recursos: gráficos, vídeos e áudio**

Como apresentado anteriormente, o conforto transmitido pela mídia através da proximidade com o mundo real é essencial para aumentar o grau de imersão. Por conta disto, Witmer e Singer (1998) defendem o realismo também nas cenas do que está sendo demonstrado em vídeo. Este realismo nas cenas pode ser atingido através da manipulação de texturas, resolução da tela, fontes de luz, tipo de visão do *avatar* que está sendo controlado, isto é, se você enxerga na visão dele (chamada de “visão de primeira pessoa”) ou se ele vê o *avatar* que está controlando (chamada de “visão de terceira pessoa”), por exemplo.

Entretanto, Witmer e Singer (1998) relatam que nos casos das interfaces, não é necessário que existam elementos que sejam correlatos diretos no mundo real. A simples sensação causada no usuário de que aquilo é familiar para ele, isto é, de que aquela interface é visualmente coerente e ter conectividade com o restante do mundo virtual apresentado já é suficiente para aumentar o grau de imersão.

Esta questão da interface é endossada por Kusternig e Semanek (2006) e Taylor (2002). Kusternig e Semanek (2006) dizem que a interface deve remeter ao que ela espera que o usuário faça ao interagir com ela, deixando-a mais natural e, consequentemente, o usuário mais confortável com isto. Para tal, a interface deve trazer ao jogador indicações claras do que cada parte sua é capaz de realizar, podendo se utilizar de elementos do mundo real para isto. Por exemplo, caso exista alguma parte do mundo virtual onde é possível conversar com os outros, a utilização de uma boca como símbolo na interface remete a isto, e assim por diante.

Já Taylor (2002) diz que não necessariamente devem ser utilizados elementos que possuem correlatos no mundo real para incrementar o grau de imersão do usuário nesta mídia. Uma interface baseada em textos, por exemplo, pode ser imersiva desde que consiga deixar o usuário confortável e que aqueles textos sejam coerentes com o resto do ambiente apresentado.

Outro elemento importante a se apresentar sobre o vídeo é a quantidade de telas utilizadas para apresentar o mundo virtual proposto. Kusternig e Semanek (2006) indicam que quanto mais telas para representar o ambiente, maior será a imersão causada no usuário. Por conta disto que *caves* utilizadas para demonstrar ambientes de realidade virtual são altamente imersivas. Não só isso, como uma maior quantidade de telas significa maior quantidade de informação do ambiente, o que fará com que o usuário entenda melhor o mundo proposto e consiga imergir mais facilmente.

O áudio em ambientes virtuais pode ser tratado de duas maneiras diferentes: Aquele que é emitido pelos dispositivos que estão gerando o ambiente e que vão de

encontro ao usuário e aqueles que são criados pelo usuário e são recebidos pelos dispositivos.

Dentro da primeira categoria, Kusternig e Semanek (2006) indicam que o áudio tem três funcionalidades básicas: lidar com os eventos do tempo, chamar atenção imediata e guiar o usuário quando sua atenção visual está focada em outro lugar do ambiente. No primeiro aspecto, o áudio pode modificar com o emocional do usuário, pois caso ele esteja apresentando alguma música rápida, por exemplo, o usuário irá entender que aquilo necessita ser feito também de forma rápida, já uma música lenta, o usuário sabe que tem tempo para lidar com a situação. No segundo aspecto, sons fortes e graves podem indicar que algo está sendo feito de maneira errônea, uma siren pode indicar situação de perigo e assim por diante. Por fim, o último aspecto indica que, dentro daquele ambiente, vários elementos visuais podem chamar a atenção, mas o áudio vai indicar o que é prioridade. Para que todos estes aspectos sejam arquitetados de maneira coerente, os autores indicam a necessidade de que o som seja apresentado de uma forma tridimensional (através de equipamentos surround, por exemplo) para que deste jeito o usuário saiba exatamente de qual localidade no ambiente virtual o som está se manifestando. A coerência do som, caso seja tratado desta forma, irá incrementar o grau de imersão.

Já em relação à segunda categoria, Kusternig e Semanek (2006) indicam que a utilização da voz pode ser imersiva, pois aumenta as formas de contato com o ambiente virtual. E será maior ainda este contato se no mundo virtual, os personagens apresentados também possuírem suas próprias vozes, aumentando a sensação de realidade. Entretanto, esta sensação pode ser quebrada caso os personagens se tornem repetitivos em suas falas ou se as vozes não condizerem com a forma física dele.

#### **5.4. Uso de técnicas de inteligência artificial**

A Inteligência Artificial pode ser utilizada em ambientes virtuais para a modelagem do comportamento dos personagens que não são controlados pelo jogador. Para isto, é necessário que o comportamento destes personagens esteja dentro dos conceitos básicos de I.A.

Russell e Norvig (2003) definem que existem duas dimensões dentro do estudo de inteligência artificial. Na primeira dimensão estão englobados os conceitos de *raciocínio* e *comportamento* e a segunda dimensão possui os conceitos de *ideal* e *humano*. Assim, a definição dos conceitos básicos de I.A. é resultante da interação destes dois conjuntos, formando as seguintes definições:

- *Raciocínio humano*: O sistema que o possui pensa da mesma forma que um ser humano.
- *Raciocínio ideal*: Este conceito está em todo o sistema que pensa apenas de forma racional, logicamente.
- *Comportamento humano*: As ações do sistema que possui este conceito são baseadas nas ações humanas.
- *Comportamento ideal*: O sistema em questão age de forma lógica e racional.

A partir destas definições, segundo Russell e Norvig (2003), os sistemas construídos podem ser modelados de formas diferentes, tendo como base cada uma delas. A manipulação da imersão por meio de uma técnica de Inteligência Artificial também pode envolver o uso de reconhecimento de voz. Este recurso é fundamental para aumentar a realidade do ambiente e o conforto do usuário dentro do mesmo (Kusternig e Semanek, 2006). Este elemento pode ser introduzido por meio do uso da

técnica de “reconhecimento de fala”. Uma das formas de se conseguir este reconhecimento é por meio de redes bayesianas, onde o sistema recebe a voz da pessoa como entrada, processa o que significam as palavras, frases e expressões e retorna alguma saída em forma de ação do personagem ou mesmo de uma fala.

Contudo, segundo Charles (2003), a evolução das técnicas de inteligência artificial não se baseia apenas na incrementação do processamento dos algoritmos pré-existentes. O autor destaca que são necessárias evoluções baseadas em como a I.A. é tratada no ambiente virtual, isto é, encontrar métodos inovadores de como as técnicas de inteligência artificial são utilizadas no mundo que está sendo proposto. Para isto, o autor indica que algumas áreas podem ser estudadas de maneira mais aprofundada para ser encontrada um elo que pode ser utilizado para relacionar com I.A., são elas: narrativa, aprendizado dinâmico e o modo como as emoções são tratadas dentro do mundo virtual.

Charles (2003) continua, dizendo que estas técnicas devem ser alavancadas, pois existe uma grande ligação entre o ato de incrementar a imersão e a inteligência artificial. Isto acontece porque os elementos desta área são capazes de causar o efeito da não-previsibilidade dentro dos acontecimentos de um determinado evento no mundo virtual criado. Com isto, aquele ambiente se torna ainda mais próximo do que existe no mundo real, aumentando a sensação de imersão que o usuário irá ter naquele determinado instante.

## 5.5. Utilização de Leis da Física

Millington (2007) define que o uso de física em ambientes virtuais, como jogos, engloba várias áreas. Por exemplo, dentro do estudo da ótica, pode ser incluída a geração de pontos de luz, o estudo de como ela viaja no mundo virtual ou a física mecânica, na influência da lei da gravidade nos objetos do ambiente, criando a sensação de que aqueles objetos possuem massa, inércia, etc. Entretanto, algumas áreas da física não têm uma utilização direta na parte gráfica, como, por exemplo, a física nuclear.

A utilização de leis da física em ambientes virtuais remete ao que Witmer e Singer (1998) relataram sobre realismo em cenas dentro do mundo virtual criado. Quanto mais realista aquilo for para o usuário, mais imerso naquele mundo ele estará. Desta forma, as leis da física remetem a pessoa que está utilizando o sistema de ambiente virtual ao mundo real dela. Entretanto, os autores ressaltam que esta utilização não precisa ser feita *ipsis litteris*, ela pode estar condizente com o resto do mundo apresentado, porém deve ocorrer um período de acomodação para o usuário se sentir confortável com o que foi apresentado.

Millington (2007) indica que a utilização da física em jogos digitais começou com a criação virtual de movimento de partículas, para a elaboração de faíscas, fogos de artifício, fumaça e estudo da balística. Além disso, foi bastante utilizada na criação de simuladores de vôo, que necessitam ser o mais próximo do mundo real. Com o passar do tempo, as placas gráficas foram evoluindo, assim como a criação de novas técnicas para incrementar o processamento de leis da física nos mundos virtuais. Com isto, ambientes passaram a ter elementos destrutíveis, por exemplo, com o estudo dos efeitos físicos sobre os corpos rígidos, além da interação entre objetos ter sido aproximada do que ocorre no mundo real.

Inclusive, de acordo com Tarr e Warren (2002), o ambiente virtual possui uma característica peculiar para o estudo do funcionamento do cérebro, pois caso o usuário esteja imerso no mundo virtual proposto, é possível verificar como o cérebro da pessoa se porta ao presenciar a quebra das leis da física e da ótica. Desta forma, o mundo que o usuário está enxergando enquanto ele está totalmente imerso pode ser considerado como real para ele naquele momento, assim os seus sentidos corporais vão identificar

primeiramente que estas leis rompidas são reais e a partir deste ponto é possível desenvolver estudos neuropsicológicos. Por conta disto, os autores acreditam que a realidade virtual prove uma nova perspectiva de estudo para neurocientistas.

### **5.6. Aspectos Sociais**

Existem dois tipos de relações sociais dentro de um ambiente virtual, segundo Heeter (1992). O primeiro tipo de relacionamento é aquele que envolve humanos com outros humanos, isto é, é a relação entre usuários de um mesmo sistema. O segundo tipo é o relacionamento que envolve a comunicação entre humanos e a máquina, sendo esta tanto a relação com outros personagens que são controlados através de técnicas de inteligência artificial, quanto de outros elementos do mesmo ambiente.

Em ambas as classes de relacionamento, Heeter (1992) estabelece que para incrementar o grau de imersão é necessário que o usuário daquele sistema sinta que todos aqueles elementos contidos neste universo entendem que ele também faz parte dali, isto é, os componentes do mundo virtual apresentado, sejam eles controlados por outros usuários ou não, devem se portar naturalmente perante o usuário, de acordo com as regras pré-estabelecidas do ambiente proposto. Caso isto não ocorra e, por exemplo, os outros seres do universo em questão ignorarem a existência do novo usuário do sistema através da não reação aos estímulos realizados por ele, as atenções e os sentimentos do usuário podem ser novamente voltadas ao mundo real, perdendo assim a sensação de imersão.

O relacionamento entre os usuários humanos dentro de um ambiente virtual não pode ser moldado pelos seus criadores e desenvolvedores. Segundo Kusternig e Semanek, dentro do escopo de jogos online, por exemplo, estes profissionais podem criar apenas o embasamento para que o relacionamento entre os usuários seja direcionado, entretanto não é possível definir previamente como serão formadas as relações sociais. Elas são criadas por meio da interação entre usuários e da criação de comunidades entre eles.

Remetendo novamente ao mundo real, Kusternig e Semanek (2006) debatem que a forma como a comunicação entre os usuários também é essencial para a incrementação do grau de imersão. Esta comunicação pode ser feita tanto em forma de texto como de voz. Como a comunicação em voz é a mais próxima da realidade, maior será seu acréscimo para a imersão do usuário no ambiente virtual. Esta comunicação não necessariamente precisa ser dentro do sistema de ambiente virtual. Caso os usuários consigam se comunicar de alguma forma (como, por exemplo, um está do lado do outro enquanto utilizam o sistema) sem perder o foco no mundo, a imersão também aumentará.

### **5.7. Elementos e estrutura para análise de imersão**

A partir dos aspectos discutidos anteriormente é possível estabelecer uma estrutura de análise e/ou construção de imersão vinculada à realidade virtual e aumenta, aos ambientes virtuais e aos sistemas de realidade mista. A proposta abaixo (Tabela 1) condensa esses elementos.

**Tabela 1 – Elementos a serem analisados no ambiente de realidade virtual para manipulação da imersão**

Elemento	Análise
Narrativa	Criação da história de alto nível (feita pelo autor).
	Criação da história de nível intermediário (manipulada pelo usuário).
	Instituição da não-linearidade.

Interatividade	Definição da interação necessária para a continuidade da história.
	Definição da interação que não faz parte direta da história, mas que gera uma série de eventos.
Componentes Gráficos e de Vídeo	Inclusão do realismo gráfico nas cenas geradas.
	Definição de qual tipo de visão será utilizada.
	Utilização de interface com elementos existentes no mundo real ou que deixe o usuário confortável.
Componentes de Áudio	Utilização de música para modificar o emocional do usuário de acordo com o ambiente.
	Utilização de áudio para indicar se o que o usuário está fazendo é certo ou não.
	Utilização de sistema de emissão de áudio tridimensional para elevação da sensação de espaço do usuário.
	Criação de um sistema de recebimento de voz.
Uso de Técnicas de Inteligência Artificial	Aproximação do comportamento dos personagens controlados pelo computador ao comportamento humano.
	Utilização do reconhecimento de voz.
	Geração da não-previsibilidade por meio da I.A.
Utilização de Leis da Física	Elevação do grau de realismo das cenas, por conta da proximidade que a física tem ao mundo real.
	Manipulação das leis da física para analisar o cérebro do usuário imerso.
Aspectos Sociais	Criação de personagens que sejam adequados com o ambiente me que estão inseridos.
	Embasar o ambiente para que possa receber relacionamentos entre usuários.
	Criação de interface de comunicação de fácil acesso aos usuários.

Os elementos apresentados acima destacam, em linhas gerais, os pontos mais relevantes a serem considerados na análise ou construção de ambientes virtuais. Cabe destacar, ainda, que dependendo do objetivo alguns elementos irão adquirir maior relevância e outros podem, inclusive, ser descartados.

## 6. Conclusões e Tendências

O presente documento apresentou um panorama da imersão no contexto da realidade virtual e aumenta, dos ambientes virtuais e de realidade mista. Também buscou-se o estabelecimento de parâmetros que permitam a análise de aplicações, dispositivos e instalações existentes, além de fornecer diretrizes para o desenvolvimento desses elementos.

Dentre as tendências pertinentes a esse contexto pode-se destacar o esforço para explorar outras questões relacionadas com a imersão, como é, por exemplo, o caso específico dos avatares. Da mesma maneira, torna-se pertinente a realização de explorações complementares no que se refere à interação humano-computador, bem como de sua incorporação ao modelo de análise/construção proposto. Finalmente, destaca-se ainda que é preciso empreender esforços para estabelecer pesos e valores que permitam melhor adaptar o modelo de análise e desenvolvimento às especificidades das diferentes áreas de conhecimento, tendo em vista propiciar uma imersão ainda mais intensa.

## Referências

Assis, J. P. Artes do Videogame: Conceitos e Técnicas, Alameda, 2007.

- Calleja, G. (2007) "Digital Game Involvement: A Conceptual Model". Games and Culture, vol. 2, n. 3, 236-260.
- Carvalho, M. R., Freire, R. C. e Nardi, A. E. (2008) "Realidade virtual no tratamento do transtorno de pânico", J Bras Psiquiatr., 57(1): 64-69.
- Carvalho, V. (2006) "O dispositivo imersivo e a Imagem-experiência", ECO-PÓS, v. 9, n. 1, jan./jul., 141-154.
- Charles, D. (2003) "Enhancing Gameplay: Challenges for Artificial Intelligence in Digital Games". In: Proceedings of DiGRA 2003.
- Dansky, R. (2006) "Chapter 1: Introduction to Game Narrative". In: Bateman, C. (Ed). Game Writing: Narrative Skills for Videogames. Boston, Massachusetts: Charles River Media. 01-23.
- Domingues, D. (2004) "Realidade virtual e a imersão em caves", Conexão - Comunicação e Cultura, UCS, Caixias do Sul, v. 3, n. 6, 35-50.
- Douglas, J. Y. e Hargadon, A. (2001) "The pleasures of immersion and engagement: schemas, scripts and the fifth business." In: Digital Creativity. Vol. 12. n. 3. Routledge. 153-166.
- Forte, C., Santin, R., Oliveira, F. C. e Kirner, C. (2008) "Implementação de Laboratórios Virtuais em Realidade Aumentada para Educação à Distância", In: 5º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA'2008), UNESP, Campus Bauru.
- Frasca, G. (2003) "Ludologists love stories too: notes from a debate that never took place". In: Copier, M.; Raessens, J. (Eds.). Level Up: Digital Games Research Conference Proceedings. Utrecht Universit.
- Hansen, M. Bodies in Code. New York, Routledge, 2006.
- Heeter, C. (1992) "Being There: The subjective experience of presence". In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments". Vol. Outono. MIT Press. Disponível em: <<http://commtechlab.msu.edu/randd/research/beingthere.html>>. Acesso em: 01 maio 2008.
- Hollander, A., Rose, H., Kollin, J. e Moss, W. (2011) "Attack of the S. Mutans!: a stereoscopic-3D multiplayer direct-manipulation behavior-modification serious game for improving oral health in pre-teens". In: A. J. Woods, N. S. Holliman e N. A. Dodgson (Eds.). Proceedings of the Stereoscopic Displays and Applications XXII, v. 7863, SPIE.
- Keitler, P., Pustka, D., Huber, M., Echtler, F. e Klinker, G. (2010) "Management of Tracking for Mixed and Augmented Reality Systems". In: The Engineering of Mixed Reality Systems Human-Computer Interaction Series, Springer-Verlag London, Part 2, 251-273.
- Kurilo, G., Koritnik, T., Bajd, T. e Bajcsy, R. (2011) „Real-Time 3D Avatars for Tele-rehabilitation“. In: Virtual Reality, 18th Medicine Meets Virtual Reality Conference (MMVR18), Feb 8-12, 2011, Newport Beach, CA.
- Kusternig, A. e Semanek, G. (2006) "Fully Immersive Games", Technische Universität Wien, Disponível em: <<http://www.cg.tuwien.ac.at/courses/Forschungsseminar/Seminararbeiten%202005/fullimmersivgames.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2008.

- Lepouras, G., Katifori, A., Vassilakis, C. e Charitos, D. (2004) “Real exhibitions in a virtual museum”, *Virtual Reality*, v. 7, n. 2, 120-128.
- Maier, P., Tonnis, M., Klinker, G., Raith, A., Drees, M. e Kuhn, F. (2010) “What do you do when two hands are not enough? Interactive selection of bonds between pairs of tangible molecules”. In: *Proceedings of the 2010 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, Waltham, MA, 83-90.
- Millington, I. (2007) “Chapter 1: Introduction”. In: *Game Physics Engine Development*, Elsevier.
- Murray, J. H. (2003) “Capítulo 4: Imersão”. In: *Hamlet no Holodeck: O futuro da narrativa no Ciberspaço*. São Paulo: UNESP. p. 101-126.
- Perdomo, J., Shiratuddin, M., Thabet, W., e Ananth, A. (2005) “Interactive 3D visualization as a tool for construction education”. In: *Proceedings of the ITHET 6th Annual International Conference*, Puerto Rico, Dominican Republic: Information Technology Based Higher Education & Training.
- Radford, A. (2000) “Games and Learning about Form in Architecture”, *Automation in Construction*, Elsevier, v. 9, n. 4, 379-385.
- Sá, S. P. e Albuquerque, A. (2000) “Hipertextos, jogos de computador e comunicação”. *Famecos*, Porto Alegre, 13, 83-93.
- Santaella, M. L. (2004) “Games e comunidades virtuais”. In: hiPer> relações eletro//digitais, Disponível em: <<http://csgames.incubadora.fapesp.br/portal/publica/comu>>. Acesso em: 30 set. 2007.
- Sadowski Jr., W., Stanney, K. (2002) “Chapter 45: Measuring and Managing Presence in Virtual Environments”. In: Stanney, K (Ed.). *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications*. [Digital Version]. Disponível em: <<http://vehand.enr.ucf.edu/handbook/>>. Acesso em: 01 maio 2008.
- Sewell, C. et al. (2007) “The effect of virtual haptic training on real surgical drilling proficiency”. In: *Proceedings of the IEEE World Haptics Conference*, Tsukuba, Japan.
- Stansfield, S., Shawver, D., Sobel, A., Prasad, M. e Tapia, L. (2000) “Design and implementation of a virtual reality system and its application to training medical first responders”. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9, 524-556.
- Tarr, M. J. e Warren, W. H. (2002) “Virtual reality in behavioral neuroscience and beyond”. In: *Nature Neuroscience Supplement*, vol. 5, 1089-1092.
- Taylor, L. N. (2002) “Video Games: Perspectives, point of views, and immersion”. Dissertação (Mestrado em Artes) – University of Florida, Florida. Disponível em: <[http://etd.fcla.edu/UF/UFE1000166/taylor\\_l.pdf](http://etd.fcla.edu/UF/UFE1000166/taylor_l.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2008.
- Thomas, V., Daniel, S. e Pouliot, J. (2011) “3D Modeling for Mobile Augmented Reality in Unprepared Environment”. In: *Advances in 3D Geo-Information Sciences Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 2011, 163-177.
- Tönnis, M. e Klinker, G. (2009) “A Collaborative Table-top Platform for Discussion and Development of Traffic Scenarios with Human Behavior”. In: *Proceedings of the 17<sup>th</sup> World Congress on Ergonomics (International Ergonomics Association, IEA)*, Beijing, China, Aug. 9 - 14, 1-8.

Vaghetti, C. A. O. e Botelho, S. S. C. (2010) “Ambientes virtuais de aprendizagem na educação física: uma revisão sobre utilização de *Exergames*”, Ciência & Cognição, v. 15 (1): 076-088.

Vincelli, F., Anolli, L., Bouchard, S., Wiederhold, B. K., Zurloni, V. e Riva, G. (2003) “Experiential cognitive therapy in the treatment of panic disorders with agoraphobia: a controlled study”, CyberPsychology & Behavior, 6(3):321-8.

Yee, N. e Bailenson, J. (2006) “Walk a mile: The impact of direct perspective-taking on the reduction of negative stereotyping in immersive virtual environments”. In: Proceedings of the 9<sup>th</sup> Annual International Workshop on Presence, Cleveland, OH.

Witmer, B. G., Singer, M. G. (1998) “Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire”. In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments. Vol. 07. n. 03 MIT Press. Disponível em: <<http://mitpress.mit.edu/journals/PRES/ps00734.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2008.

Woyach, S. (2004) “Immersion Through Video Games: Engineering the suspension of disbelief”. In: Illumin: A Review of Engineering in Everyday Life. v. 5. n. 4. USC Viterbi School of Engineering. Disponível em: <<http://illumin.usc.edu/article.php?articleID=103>>. Acesso em: 08 jul. 2008.

## Autores

**Raphael Leal Mendonça** - obteve seu Bacharelado em Ciência da Computação na Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, com a monografia intitulada 'Cálculo do Grau de Imersão em Jogos Digitais'. Atualmente, ele é um estudante de Mestrado em Engenharia Elétrica (com ênfase em Ciência da Computação) na mesma instituição. Suas áreas de pesquisa incluem Jogos Digitais, Ludologia, Narratologia, Inteligência Artificial, Imersão e Serious Games. Contato: [lealnet@gmail.com](mailto:lealnet@gmail.com)

**Pollyana Notargiacomo Mustaro** - Pedagoga Graduada pela Universidade de São Paulo, Instituição em que também se titulou como Mestre e Doutora em Educação. Atualmente é Professora na Universidade Presbiteriana Mackenzie, onde desenvolve atividades de Docência e Pesquisa junto à Faculdade de Computação e Informática e ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Dentre suas áreas de investigação destacam-se Jogos e Estudos Culturais, Serious Games, Mídias Sociais e Ferramentas Tecnológicas, Análise de Redes Sociais, Design Instrucional, Educação a Distância, Objetos de Aprendizagem, Estilos de Aprendizagem, Teoria do Hipertexto, Narratologia e Imersão. Contato: [pollyana.mustaro@mackenzie.br](mailto:pollyana.mustaro@mackenzie.br)

# Capítulo

# 7

## Sistemas Distribuídos de Realidade Virtual e Aumentada

Marcos Wagner de Souza Ribeiro, Eliane Raimann, Vanessa Avelino  
Xavier de Camargo e Luciana de Oliveira Berretta

### *Abstract*

*This chapter describes the use of distributed systems to develop Virtual Reality applications. The main reasons for using such systems are: the presence of users in different geographical locations, and the requirement of some applications for high performance. A chronological view is presented to show the evolution and trends related to research on distributed virtual environments.*

### *Resumo*

*Este capítulo aborda o uso de sistemas distribuídos para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual. Os principais motivos para o uso destes sistemas são: a presença dos usuários em diferentes localidades geográficas, e a necessidade de alto desempenho de algumas aplicações. Uma abordagem cronológica é apresentada para demonstrar a evolução e a tendência em relação às pesquisas na área de ambientes virtuais distribuídos.*

### **1. Introdução**

Sistemas distribuídos são compostos por um conjunto de nós computacionais independentes, interconectados por uma rede (por exemplo, Ethernet). Os nós não compartilham memória ou relógio, e podem ter sistemas operacionais ou arquiteturas de hardware diferentes.

A principal diferença entre os sistemas distribuídos e os sistemas multiprocessados é a forma de distribuição e sincronização dos dados. No caso dos sistemas multiprocessados, o *hardware* e o *software* foram projetados para suportarem aplicativos paralelos; por isso, a distribuição e sincronização dos dados são realizadas automaticamente pelo sistema operacional, via barramento interno. No caso dos sistemas distribuídos, a distribuição e a sincronização dos dados são realizadas por

*software* e transmitidos via rede externa, sendo a latência maior e a banda de rede menor. A comunicação entre os nós é necessária para que haja troca de informações. E quando há comunicação, devem existir operações de sincronização, para fornecer controle de sequência e controle de acesso.

Como a sincronização e distribuição de dados não é realizada de maneira automática pelo sistema operacional, os sistemas distribuídos parecem ter grande desvantagem, mas contêm substanciais benefícios também. Os sistemas multiprocessados possuem limitações na escalabilidade (memória, placas, dispositivos de saída), com reflexos na melhora de desempenho. Por outro lado, utilizando-se um *software* apropriado, os sistemas distribuídos não sofrem da limitação de escalabilidade, podendo ter número ilimitado de nós [Guimarães 2004].

Este capítulo apresenta uma visão geral de um tipo de aplicação de Realidade Virtual (RV) que pode ter como base sistemas distribuídos. Este tipo, conhecido como Ambientes Virtuais Distribuídos (AVD), usufrui dos recursos destes sistemas para a construção de aplicações de Realidade Virtual nas quais usuários estão fisicamente distribuídos por diversas localidades, como, por exemplo, o ambiente Second Life que tem como premissa a distribuição geográfica do seus usuários [Second Life 2007]. Nestas aplicações, cada usuário executa uma instância da aplicação e um ou mais servidores realizam a sincronização dos dados. Várias aplicações de Realidade Virtual são distribuídas por natureza, como as de ensino a distância, onde as informações dos usuários podem estar armazenadas em lugares geograficamente distantes e são atualizadas constantemente.

Outro tipo é das aplicações de Realidade Virtual que necessitam de alto poder computacional, como as aplicações de multiprojeções com grande número de polígonos. Estas aplicações que exigem alto poder computacional, dividem-se em pequenos processos que são espalhados pelos diversos nós e são executados de maneira paralela. Então, os nós trabalham juntos como um recurso de computação simples e integrado para a resolução dos problemas. Os sistemas distribuídos além de permitir a integração de usuários localizados em diferentes lugares e fornecer alto poder de processamento, também pode disponibilizar outras funcionalidades, como a tolerância a falhas e visão única do sistema, independente da arquitetura de *hardware* e *software* utilizada [Guimarães 2004].

## 2. Computação distribuída

Diversas vantagens têm incentivado o crescimento dos sistemas distribuídos para as aplicações de Realidade Virtual, dentre elas: a tolerância a falhas, descentralização, partilha de carga de processamento, ganhos de desempenho, economia de recursos e melhor integração com componentes de programas. Entretanto, os sistemas distribuídos também possuem algumas desvantagens, como: poucos aplicativos disponíveis; necessidade da utilização de programas para fazer a manipulação das mensagens na rede (caso contrário pode-se perder mensagens ou o sistema pode ser acessado sem permissão); necessidade de uma rede de interconexão que dê vazão à demanda. Por isso, os sistemas distribuídos exigem soluções da área de Engenharia de *Software* mais sofisticadas do que para os sistemas multiprocessados [Roehl 2004].

## 3. Ambientes Virtuais Distribuídos

De acordo com Rinaldi et al. (2006) em AVD's os usuários podem compartilhar um mesmo espaço tridimensional virtual de trabalho (*workspace*), onde

poderão se auxiliar na execução de uma determinada tarefa, baseando-se nos princípios de trabalho cooperativo baseado em computador (*CSCW - Computer Supported Cooperative Work*).

Ainda, de acordo com Ribeiro (2006) a Realidade Virtual pode empregar várias técnicas para reproduzir o mundo real e imaginário e possibilitar a manipulação e visualização de informações no computador como se fosse o mundo real. Desta forma, entende-se que a complexidade desses ambientes virtuais aumenta na medida em que essas informações tornam-se comuns a uma série de usuários, ou seja, esses ambientes são distribuídos [Ribeiro, 2006]. Assim, pela sensação de compartilhamento de espaço, todos os participantes de um AVD têm a ilusão de estarem localizados no mesmo lugar, tais como na mesma sala, prédio ou região.

Baseando-se nesta constatação, Rinaldi et al. (2006) destaca que este espaço compartilhado representa um local comum, podendo ser real ou fictício. O local compartilhado deve apresentar as mesmas características a todos os participantes. Desta forma, entende-se que a comunicação dos Ambientes Virtuais pode ocorrer por meio de gestos, textos, eventos e áudio. Um AVD consiste de quatro componentes básicos: *displays* gráficos, dispositivos de comunicação e controle, sistema de processamento e rede de comunicação. Estes componentes devem trabalhar juntos para fornecer a sensação de imersão em diferentes localidades.

De acordo com Rinaldi et al. (2006) de forma geral, os AVD's podem ser classificados em *centralizados* e *distribuídos*. No modelo centralizado, todos os usuários compartilham o ambiente virtual, enquanto no modelo distribuído, o ambiente virtual pode estar replicado ou particionado.

Assim, Rinaldi et al. (2006) define que “os ambientes replicados geralmente estão relacionados com AV's de pequeno porte”. E, ainda nesse caso, réplicas do AV são distribuídas para cada participante. Na presença de  $n$  usuários, quando um usuário fizer qualquer alteração no ambiente virtual a mesma deverá ser transmitida, para todas as outras ( $n-1$ ) versões desse ambiente, ou seja, todos os usuários têm uma cópia completa do ambiente.

Desta forma, os modelos de comunicação em um AVD podem ser baseados no modelo Cliente/Servidor, com computação distribuída orientada a objetos. Neste sentido, Rinaldi et al. (2006) destaca que o paradigma Cliente/Servidor em um AVD implica na comunicação direta somente do cliente com o servidor ou vice-versa, não havendo a troca de mensagens entre os clientes.

Neste contexto, entende-se que um Sistema Distribuído deve possuir uma estrutura básica de comunicação: *unicast*, *broadcast*, *multicast* [Riccioni 2000]. Assim, na estrutura *unicast*, a comunicação dos dados é conhecida como “um-para-um”, sendo realizada somente entre dois *hosts*. Já na estrutura *broadcast* (difusão) é o mecanismo de comunicação dos dados conhecido como “um-para-vários”, em que um *host* envia um dado para todos os outros *hosts* da rede, que podem ignorá-la, se a mensagem não for de seu interesse. Ambientes Virtuais replicados se enquadram neste mecanismo. E por fim, o *multicast*, por sua vez, é o mecanismo de comunicação dos dados conhecido como “um-para-vários” ou “vários-para-vários” em uma única operação, onde os dados são enviados para um grupo de máquinas simultaneamente.

Desta forma, resumidamente, um AVD (Ambiente Virtual Distribuído) pode ser definido de forma simplificada como um sistema que permite vários usuários interagirem tanto com o ambiente, quanto entre “eles” em tempo real, mesmo que estes estejam em diferentes localidades geográficas [Ribeiro 2006].

### 3.1. Componentes de um AVD

Aspectos relacionados a comunicação, perspectiva do ambiente, organização dos dados, gerenciamento da computação e comportamento dos objetos devem ser observados no desenvolvimento de um software para AVD [Sementille 1999, Macedônia 2005, Ribeiro 2006, Silva 2008].

#### 3.1.1. Comunicação

A comunicação em rede possui diversas características que devem ser consideradas: largura de banda, latência, confiabilidade e fluxos de comunicação [Sementille 1999, Ribeiro 2006].

#### 3.1.2. Perspectiva

A perspectiva (*window*) que os usuários tem de um sistema distribuído de Realidade Virtual enquadram-se dois modelos: a visão síncrona e a visão assíncrona.

- Visão síncrona: nesse tipo de paradigma, têm-se várias máquinas controlando visões diferentes de um mesmo ambiente. As imagens exibidas por estas máquinas devem ser sincronizadas de forma a dar a ilusão de conjunto. Como exemplo, um simulador de vôo, em que máquinas diferentes controlam a visão da frente, da direita, da esquerda e da cabine. As imagens são coordenadas de maneira a parecer que todas fazem parte de uma única visão da cabine.
- Visão assíncrona: esse paradigma é mais geral e permite que múltiplos usuários tenham controle individual sobre “quando” e “o que” podem estar fisicamente separados por uma rede local ou uma rede a longa distância[Allard, 2004].

#### 3.1.3. Organização dos Dados

De acordo com Sementille (1999), adotada em outros trabalhos [Ribeiro 2006, Silva 2008] diz que:

*“....a determinação da organização dos dados a ser utilizado em um AVD é, talvez, a decisão de construção mais difícil de ser tomada, pois afeta o escalonamento, os requisitos de comunicação e a confiabilidade do sistema.*

*Existem diversos conceitos para a distribuição persistente ou semi-persistente de dados. As consideradas mais relevantes são:*

• **Modelo da Base de Dados Homogênea Replicada:** nesse modelo, tem-se uma base de dados homogênea que contém todas as informações sobre a geometria, texturas e comportamento de todos os objetos que integram o mundo virtual. Esta base de dados é, então, replicada em todos os hosts que participam do AVD. Uma vantagem desse modelo é que as mensagens são geralmente pequenas, uma vez que os participantes só são informados sobre as mudanças de estado dos objetos, como por exemplo, mudanças de posição e colisões entre objetos. As desvantagens são que a base de dados de usuário tende a crescer com o aumento do conteúdo do ambiente virtual.

• **Modelo da Base de Dados Centralizada e Compartilhada:** neste modelo, as máquinas dos participantes comunicam-se com um único servidor central, o qual mantém a base de dados com todas as informações e estado do mundo virtual. A principal vantagem desse modelo reside na facilidade de manutenção da consistência da base de dados.

A principal desvantagem é que o uso de um servidor centralizado para mundos virtuais 3D limita o número de participantes devido à concentração de E/S e a manutenção de uma base de dados de objetos, em tempo real.

- **Modelo da Base de Dados Distribuída, Compartilhada, Ponto a Ponto:** a idéia por trás desse modelo é fazer com que o sistema distribuído simule as arquiteturas de memória compartilhada. A base de dados é homogênea, distribuída e completamente replicada entre as máquinas dos participantes.
- **Modelo da Base de Dados Distribuída, Compartilhada, Cliente/Servidor:** outro modelo que pode ser utilizado é uma variação do modelo cliente/servidor, no qual a base de dados é particionada entre os clientes e a comunicação é mediada por um servidor central. Nesse sistema, o servidor central possui o conhecimento de qual parte do mundo virtual reside em cada cliente. Toda vez que um objeto se move no ambiente virtual, a base de dados é atualizada por intermédio do servidor. Todavia, em um ambiente virtual dinâmico de grande escala, os servidores tendem a se tornar os “gargalos” de E/S do sistema, aumentando a latência inerente ao ambiente” [Sementille 1999].

### 3.1.4. Gerenciamento da Computação

No gerenciamento da computação, a questão principal é definir o que será distribuído: dados ou processamento. Os modelos de gerenciamento mais importantes são [Sementille 1999, Ribeiro 2006, Silva 2008]:

**Distribuição Completa:** operações sobre um objeto devem ser executadas no mesmo nó que controla os dados do objeto.

**Distribuição Parcial:** difere da distribuição completa pelo fato de que o nó pode adquirir o estado do objeto.

**Replicação Parcial:** este modelo usado em sistemas com comunicações mais lentas o estado é replicado para alguns ou todos nós.

**Replicação Total:** a simulação de cada objeto em cada nó pode ser requerida, se a simulação está sendo executada numa rede de longa distância.

## 3.2. Arquitetura de Distribuição

Entende-se que existem diversas plataformas que proporcionam essa distribuição como CORBA, RPC, Java/RMI [RAJ, 2004]. Além destas existem outras que podem ser usadas como opções para colaboração remota e processamento distribuído.

### 3.2.1 CORBA

CORBA é a especificação de uma arquitetura para objetos distribuídos e heterogêneos. O padrão CORBA é uma solução aberta de objetos distribuídos desenvolvido pela OMG (*Object Management Group*) para se tornar um padrão no mercado. Recebe destaque por ser independente de linguagem e fabricante, possibilitando que objetos de sistemas distribuídos troquem mensagens entre si de forma transparente, não importando onde eles estejam, em que plataforma ou sistema operacional estejam rodando, em que linguagem de programação foram implementados e até mesmo qual protocolo de comunicação utilizam (Lima 2007).

CORBA começou a ser desenvolvido em 1989, quando um grupo de empresas reuniu-se em uma organização (OMG), com o objetivo de especificar uma arquitetura global e normas para permitir o trabalho conjunto de componentes de diferentes origens. A idéia era aproveitar os benefícios do paradigma da orientação a objeto, principalmente a noção de encapsulamento dos dados e da implementação de um objeto por meio da sua interface.

O CORBA 1.1 foi inicialmente implementado em 1991, como um modelo que permite a ativação de métodos de objetos por meio de um elemento intermediário chamado ORB (*Object Request Broker*), situado entre o objeto (que se encontra na camada de aplicação do modelo *Open System Interconnection – OSI*) e o sistema operacional, com a possibilidade de comunicar-se em uma rede. Em 1994, foi desenvolvido o CORBA 2.0, ao qual foi adicionado o *Internet Inter-ORB Protocol* (IIOP). O IIOP permitiu que objetos fossem desenvolvidos em implementações diferentes, e assim, CORBA se tornou uma solução para adquirir a interoperabilidade entre objetos que não ficam presos a um padrão específico [OMG 2007].

A arquitetura definida para CORBA possui um alto nível de abstração, permitindo que a implementação do cliente e do servidor possa ser feita em qualquer linguagem e que os objetos se comuniquem de forma totalmente transparente por meio de um “barramento de software”. Isso só é possível porque os objetos têm suas interfaces descritas em uma linguagem padrão, chamada de *Interface Definition Language* (IDL). A função da IDL é descrever as interfaces das implementações de objetos, que são acessadas por seus clientes.

Foi definida pela OMG uma arquitetura denominada OMA (*Object Management Architecture*) para realizar a integração entre aplicações. Enquanto CORBA permite a interoperabilidade entre objetos, a OMA agrupa um conjunto de objetos CORBA em serviços e facilidades, que oferecem suporte para o desenvolvimento de aplicações que usam objetos CORBA (Paulovich 2004).

Tudo na arquitetura CORBA depende de um *Object Request Broker* (ORB). O ORB atua como um *Object Bus* central sobre cada objeto CORBA, interagindo transparentemente com outros objetos localizados no mesmo computador ou remotamente. Cada objeto servidor CORBA tem uma interface e expõe um grupo de métodos. Para solicitar um serviço, um cliente adquire uma referência de objeto para o objeto servidor CORBA. O cliente pode fazer pedidos de métodos na referência de objeto como se o objeto servidor residisse no espaço de endereço do cliente. O ORB é responsável por achar a implementação de objetos CORBA, preparando-a para receber e enviar pedidos e carregar a resposta de volta ao cliente. Uma vez que CORBA é somente uma especificação, pode ser usada em diversas plataformas de sistemas operacionais de *mainframes* a UNIX, de máquinas Windows a aparelhos *handheld*, desde que haja uma implementação ORB para aquela plataforma (Neves Júnior 2004).

### **3.2.2. JAVA/RMI**

Java/RMI depende de um protocolo chamado Java Remote Method Protocol (JRMP). Java depende muito da Serialização de Objetos, que permite aos objetos serem reunidos (ou transmitidos) como uma fila. Como Java Object Serialization é específica para Java, ambos os objetos servidores Java/RMI e os objetos cliente têm que ser

escritos em Java. Cada objeto servidor Java/RMI define uma interface, que pode ser usada para acessar os objetos servidores de fora da atual Java Virtual Machine (JVM) e em outras máquinas JVM. A interface expõe um grupo de métodos, que são indício dos serviços oferecidos pelo objeto servidor. Para um cliente localizar um objeto servidor pela primeira vez, RMI depende de um mecanismo chamado RMIREgistry, que roda na máquina servidora e armazena informações sobre objetos servidores disponíveis. Um cliente Java/RMI adquire uma referência de objeto para um objeto servidor Java/RMI, fazendo um lookup para uma referência de Objeto Servidor e invoca métodos no Objeto Servidor como se o objeto servidor Java/RMI residisse no espaço de endereço do cliente. Objetos servidores Java/RMI são chamados usando URLs, e para um cliente adquirir uma referência de objeto servidor deveria especificar a URL do objeto servidor, como é feito com a URL para uma página HTML. Já que Java/RMI depende de Java, pode ser usada em diversas plataformas de sistemas operacionais de mainframes a UNIX, de máquinas Windows a aparelhos handheld, desde que haja uma implementação de Java Virtual Machine (JVM) para aquela plataforma. Além de JavaSoft e Microsoft, muitas outras companhias têm anunciado portas de Java Virtual Machine [Silva 2009].

### 3.2.3. PVM (Parallel Virtual Machine)

PVM é um conjunto integrado de bibliotecas e ferramentas de software cuja finalidade é emular um sistema computacional de propósito geral concorrente, heterogêneo e flexível. Permite que um conjunto de plataformas paralelas heterogêneas conectadas em rede seja utilizado como uma arquitetura paralela de memória distribuída, formando uma máquina virtual paralela. Além disso, o PVM manipula de forma transparente com todas as mensagens de roteamento, conversão de dados e agendamento de tarefas em uma rede de arquiteturas de computadores incompatíveis.

O modelo de computação PVM é simples e acomoda uma grande variedade de estruturas de programas de aplicação. Sua interface de programação é de fácil entendimento, permitindo que programas sejam implementados de maneira intuitiva. As aplicações são escritas como uma coleção de tarefas cooperativas chamadas pvm (PVM Daemon). Os recursos PVM são acessados através da biblioteca de rotinas, as quais permitem o início e o término de tarefas em toda a rede, além da sincronização e comunicação entre as mesmas. Pvmd são processos Unix que servem como roteador e controlador de mensagens, sendo executados em cada *host* da máquina virtual e configurados para trabalharem juntos no modelo mestre/escravo. O primeiro pvm, iniciado pelo usuário, é designado como mestre, enquanto os outros, iniciados pelos mestres, são chamados de escravos. Cada um deles mantém uma tabela de configuração e manipula informação relacionada à sua máquina virtual paralela.

Devido a sua natureza ubíqua, especificamente o conceito de máquina virtual, e a sua simples, porém completa interface, o PVM tem sido amplamente usado em aplicações de alto desempenho.

A idéia principal por trás do PVM é utilizar um conjunto de nós heterogêneos interconectados, como um recurso virtualmente único. Cada nó existente na rede pode ser utilizado como sendo um nó da máquina paralela virtual. Este ambiente é constituído de uma biblioteca de rotinas em C e Fortran, onde o desenvolvedor pode escolher qual protocolo de camada de transporte deseja utilizar, TCP ou UDP, no envio e recebimento de mensagens. Em ambos os casos as mensagens são empacotadas antes do envio e desempacotadas pelo processo receptor. Estes procedimentos geram uma sobrecarga extra, mas resolvem o problema da heterogeneidade de ambientes. A PVM é composta por duas partes. A primeira é um programa, chamado *pvm3*, que reside em

todos os nós, criando uma máquina paralela virtual. A segunda parte é uma biblioteca de rotinas que são executadas pelas aplicações para a passagem de mensagens, criação de processos, sincronização de tarefas e modificação da máquina virtual [Shaffer 2002].

Suporta diversas arquiteturas e redes de trabalho e oferece a capacidade de utilização efetiva de computação paralela com parallelização escalável e dinâmica. A PVM é, finalmente, uma plataforma de computação científica viável tendo sido utilizado para simulações moleculares dinâmicas, estudos de supercondutividade, computações fractais distribuídas, algoritmos matriciais e como base para o ensino de computação concorrente.

### 3.2.4 MPI (Message Passing Interface)

É um padrão, que tem diversas implementações (MPICH, LAM, MPL e outras), que define um conjunto de rotinas que facilitam a comunicação (troca de dados e sincronização) entre processos em memória. MPI é portável para qualquer arquitetura, sendo composta por funções de programação e ferramentas de análise de desempenho. Possui rotinas para programas em linguagem C/C++ e Fortran. Cada processo executa e comunica-se com outras instâncias do programa, possibilitando a execução no mesmo nó ou entre diferentes nós. O melhor desempenho acontece quando estes processos são distribuídos entre diversos nós. A comunicação básica consiste em enviar e receber dados de um nós para outro [Souza 1996].

MPI teve sua primeira versão publicada em 1994 e atualizada em junho de 1995. Atualmente está sendo discutida uma nova extensão chamada MPI 2. É um produto resultante de um Fórum aberto constituído de pesquisadores, empresas, usuários e vendedores que definiram a sintaxe, semântica e o conjunto de rotinas padronizadas para Message Passing.

Como características pode-se citar a eficiência pois foi projetado para executar eficientemente em máquinas diferentes. É especificado somente o funcionamento lógico das operações. A implementação fica a cargo do próprio desenvolvedor que usa as características de cada máquina para gerar um código mais otimizado.

Devido às suas extensões o MPI é mais fácil de se trabalhar gerando uma flexibilidade maior em relação ao PVM embora suas interfaces sejam bastante semelhantes.

Em sistemas de memória distribuída, redes de estações de trabalho (NOWs) e combinações deles, é possível a portabilidade. Em sistemas heterogêneos poucos serão os ajustes necessários para que um programa possa ser executado, o que aumenta a transparência.

O item que mais favorece a escolha do MPI como um modelo a ser considerado é o da segurança, pois provê uma interface de comunicação confiável. O usuário não precisa preocupar-se com possíveis falhas na comunicação. Da mesma forma, o MPI permite a escalabilidade permitindo, por exemplo, que uma aplicação possa criar subgrupos de processos que permitem operações de comunicação coletiva para melhorar o alcance dos processos.

Em ambos os modelos, porém, assim como em qualquer biblioteca de Message Passing, existem componentes comuns: rotinas de gerência de processos, com as funções de inicializar, finalizar, determinar o número e identificar os processos, rotinas de comunicação de grupos, com as funções de broadcast, sincronização de processos entre outras e as rotinas de comunicação ponto a ponto, onde a comunicação é feita entre dois processos [Humphreys 2007].

### 3.2.5 .NET

.NET é uma plataforma de software que conecta informações, sistemas, pessoas e dispositivos. A plataforma .NET conecta uma grande variedade de tecnologias de uso pessoal e de negócios, de telefones celulares a servidores corporativos, permitindo o acesso a informações, onde e sempre que forem necessárias.

Desenvolvido sobre os padrões de Web Services XML,.NET possibilita que sistemas e aplicativos, novos ou já existentes, conectem seus dados e transações independente do sistema operacional, tipo de computador ou de dispositivo móvel que sejam utilizados, ou que linguagem de programação tenha sido utilizada na sua criação.

O .NET é um "ingrediente" presente em toda a linha de produtos Microsoft, oferecendo a capacidade de desenvolver, implementar, gerenciar e usar soluções conectadas através de Web Services XML, de maneira rápida, barata e segura. Essas soluções permitem uma integração mais rápida e ágil entre os negócios e o acesso a informações a qualquer hora, em qualquer lugar e em qualquer dispositivo. [Siqueira 2005].

.NET é uma "plataforma de software". É um ambiente independente de linguagem para criação de programas que possam interoperar facilmente e de forma segura. Em vez de serem desenvolvidos para uma combinação hardware/software particular, os programas serão desenvolvidos para o ".NET", e funcionarão em qualquer lugar onde o .NET estiver implementado.

.NET também é o nome coletivo dado aos vários bits de software construídos sob a plataforma .NET. Tanto os produtos (Visual Studio.NET e Windows.NET Server, por exemplo) quanto os serviços (como Passport, HailStorm e outros). Os componentes que compõem a plataforma .NET são chamados coletivamente de .NET Framework [Siqueira 2005].

## 4. Pesquisa com Ambientes Virtuais Distribuídos

Para apresentar uma visão dos produtos desenvolvidos na área de Sistemas Distribuídos em Realidade Virtual e Aumentada, algumas pesquisas são apresentadas. No entanto, estes trabalhos representam apenas uma amostragem, ou seja, não há um relato da totalidade de iniciativas desta área. Também foram excluídos deste panorama, trabalhos com origem em projetos de pesquisa fomentados ou independentes, iniciação científica e outros. Seguem a seguir em formato cronológico teses e dissertações sobre distribuição e colaboração em RV e RA desenvolvidos em universidades do Brasil.

### 4.1. Abordagem cronológica

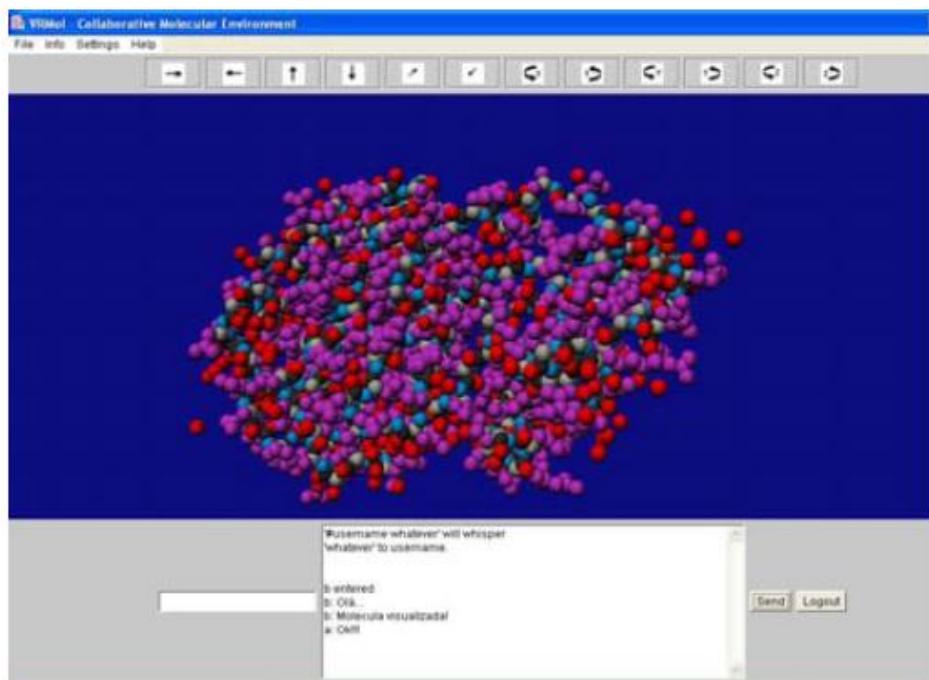
#### Doutorado

- 1999 – (Tese de Doutorado) O trabalho desenvolvido por Antonio Carlos Sementille, Figura 1, apresenta um estudo e uma metodologia para a construção de Ambientes Virtuais Distribuídos utilizando a arquitetura CORBA como infra-estrutura de alto nível para a comunicação e sincronização entre seus objetos. Para ilustrar os elementos práticos desta abordagem foram implementados três protótipos, os quais possuem como características principais: modelo de visão assíncrono, modelo da Base de Dados híbrido, replicação total como modelo de gerenciamento da computação e estrutura de comunicação Cliente/Servidor inerente à CORBA [Sementille 1999].



**Figura 1 – Cidade Virtual [Sementille 1999]**

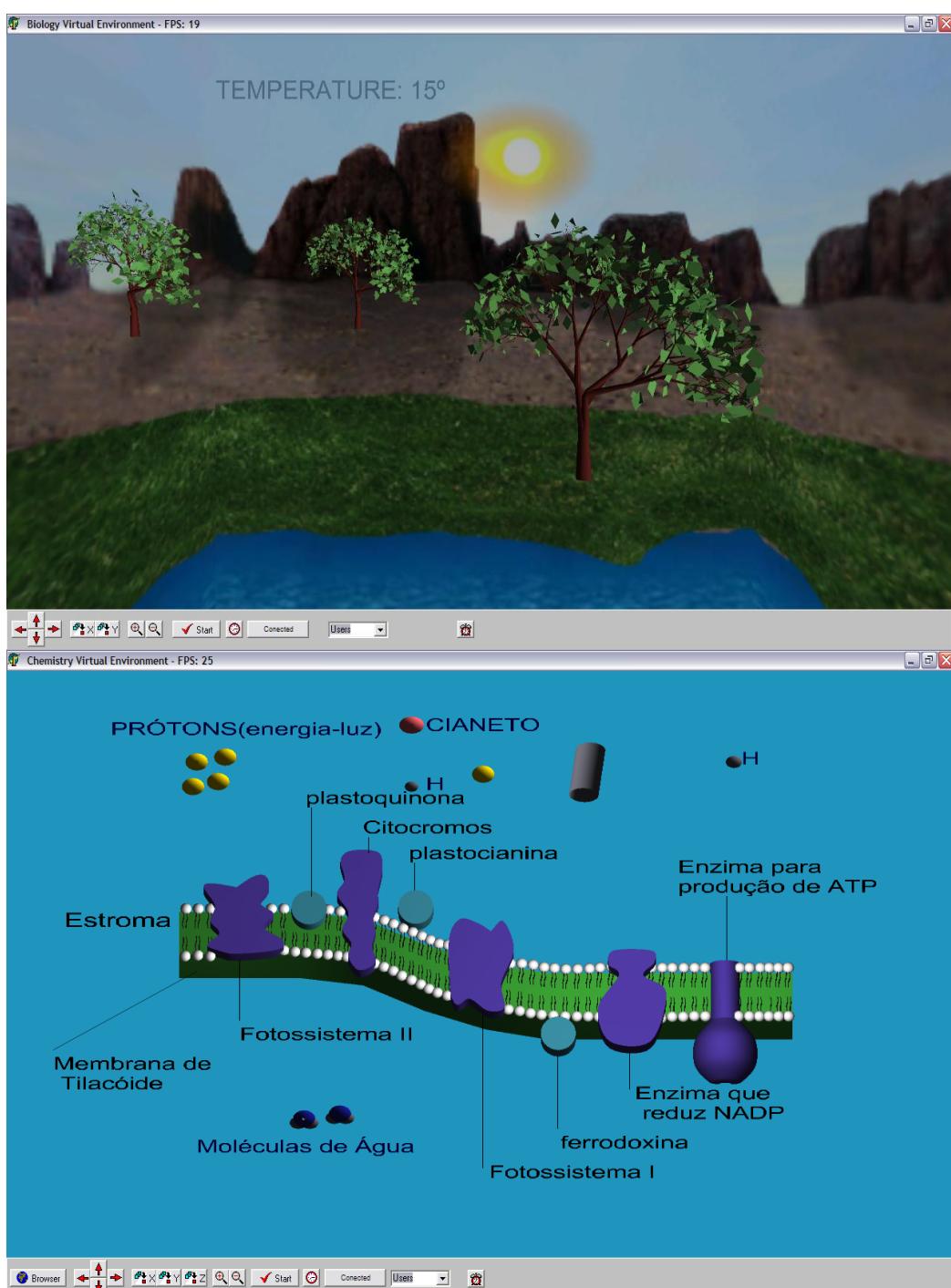
- 2003 – (Tese de Doutorado) No desenvolvimento do VRMol, Figura 2, (Ildeberto Aparecido Rodello) optou-se pelo modelo de comunicação cliente/servidor e pelo modelo de armazenamento banco de dados replicados de mundos homogêneos. A decisão de utilizar-se desses modelos refere-se à impossibilidade da serialização de objetos Java 3D por Java RMI. O objetivo principal desta Tese de Doutorado é o desenvolvimento de um AVD para visualização e análise de moléculas de proteínas armazenadas no formato PDB (*Protein Data Bank*) com suporte à distribuição, procurando suprir assim a deficiência que outros programas relacionados possuem [Rodello 2003].



**Figura 2 – VrMol [Rodello 2003]**

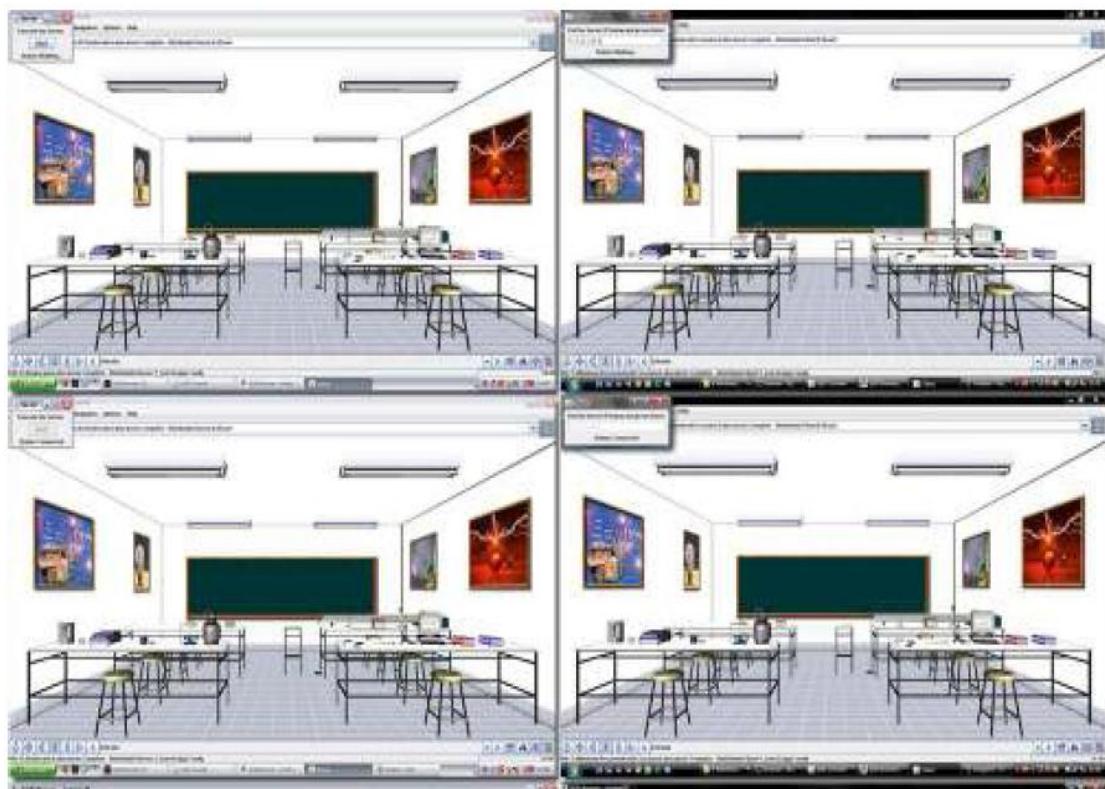
- 2006 – (Tese de Doutorado) No trabalho desenvolvido por Marcos Wagner S. Ribeiro [Ribeiro 2006], o autor propôs outro exemplo de AVD, chamado Ensino Multidisciplinar da Fotossíntese. O mesmo é composto de dois tipos de ambientes, um AV da representação biológica do processo e outro da representação química. No ambiente virtual de Biologia, encontram-se os objetos Árvore, Água, Terra e Sol

(ambiente campestre). A temperatura do ambiente de Biologia assume valores que variam de 15°C a 35°C, cuja alteração pelo usuário, inicia uma animação nas folhas das árvores, aumentando ou diminuindo o tamanho das mesmas, de acordo com o aumento ou decréscimo da temperatura respectivamente. O ambiente virtual de Química apresenta o processo de Fotofosforilação Acíclica, que se manifesta por meio de uma estrutura vegetal especializada no processo da fotossíntese, conhecida por cloroplasto. A Figura 3 apresenta os dois ambientes que se comunicam distribuidamente.



**Figura 3 - Ambientes Virtuais de Biologia e Química [Ribeiro 2006]**

- 2009 – (Tese de Doutorado) O objetivo deste trabalho (Luciano Ferreira Silva) foi propor e validar estratégias computacionais e metodologias pedagógicas associadas ao desenvolvimento de ambientes de RV, em sistemas distribuídos, para suporte à resolução de problemas por meio da aprendizagem cooperativa. Para isso foi desenvolvido o LVD – Laboratório Virtual Distribuído. Para desenvolver o sistema de distribuição do LVD foi utilizado o recurso *Socket TCP* da linguagem Java, pois a arquitetura de distribuição projetada exigia que os sistemas comunicantes trabalhassem sincronicamente, Figura 4 [Silva 2009].



**Figura 4 - LVD [Silva 2009]**

- 2010 – (Tese de Doutorado) O objetivo desta tese (Ismael Humberto Ferreira dos Santos) foi fundamentar os princípios e equacionar os principais problemas para o desenvolvimento de um Ambiente Colaborativo para Engenharia, denominado CEE (Collaborative Engineering Environment), de forma a permitir a visualização colaborativa e interpretação dos resultados de simulações criadas nos projetos de engenharia, Figura 5 [Santos 2010].

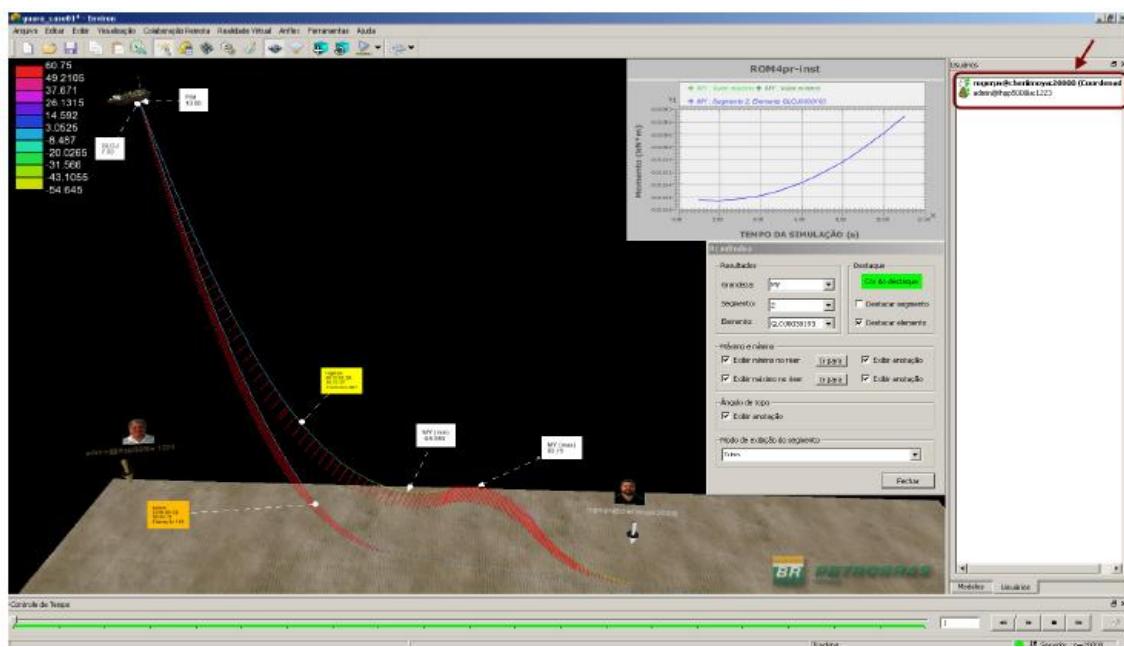


Figura 5 - CEE [Santos 2010]

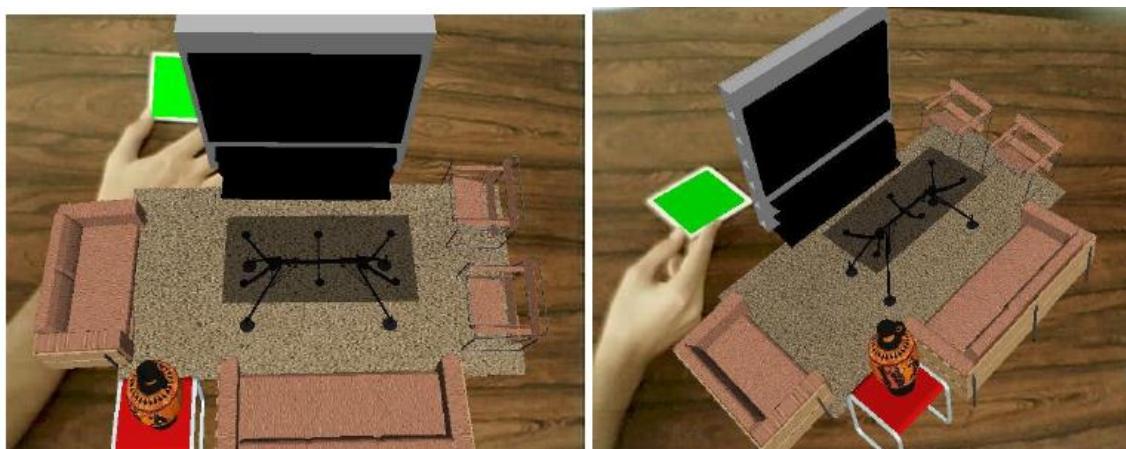
### Mestrado

- 2008 – (Dissertação de Mestrado) Esta dissertação (Lucas de Araújo Oliveira), mostra o desenvolvimento de um suporte colaborativo distribuído voltado para aplicações de realidade aumentada envolvendo participantes remotos, os quais trabalham de forma colaborativa para atender objetivos em comum. O trabalho discute a infra-estrutura de rede, a alteração da biblioteca de realidade aumentada ARToolkit e apresenta alguns aspectos de avaliação do protótipo chamado NETARTOOLKIT. A comunicação entre usuários é feita a partir de *sockets*, tornando a aplicação portável para qualquer linguagem de programação que suporte *sockets* [Oliveira 2008].



Figura 6 - NetArToolKit [Oliveira 2008]

- 2008 – (Dissertação de Mestrado) Neste trabalho, o autor (Rafale Santin) relata em sua dissertação que os avanços tecnológicos em ambientes computacionais mostram algumas tendências para recursos altamente personalizáveis, oferecendo a seus usuários ambientes configuráveis, distribuídos e extremamente interativos. O trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de autoria colaborativa de realidade aumentada, que incorpora técnicas de autoria e colaboração à interface de realidade aumentada altamente interativa, oferecendo a seus usuários novas formas de interação para a construção de ambientes virtuais. A aplicação desenvolvida foi denominada SACRA – Sistema de Autoria Colaborativa com Realidade Aumentada – e possibilita colaboração face a face e remota. O modelo de comunicação em rede utilizado no SACRA foi baseado no NETARTOOLKIT [Oliveira 2008] e consiste no modelo *peer-to-peer*, enviando e recebendo mensagens de todos os nós cadastrados [Santin 2008].



**Figura 7 - SACRA [Santin 2008]**

- 2008 – (Dissertação de Mestrado) - Este trabalho (Wender Antônio da Silva) apresenta uma arquitetura para distribuição de ambientes virtuais de Realidade Aumentada como ferramenta de apoio a projetos de ensino. Foram implementados, protótipo baseado em uma interface de Realidade Aumentada interativa e uma camada para a distribuição dos ambientes virtuais. A camada de distribuição foi desenvolvida seguindo a metodologia Cliente/Servidor baseada em objetos e utilizando a plataforma CORBA como um dos principais componentes da arquitetura proposta. Desta, forma criou-se nesta dissertação um Ambiente de Realidade Aumentada Distribuída, tendo como estudo de caso a fisiologia vegetal. O **R.A. Distribuída** possui fortes características educacionais, e é implementado pelo ARToolKit e, ainda utilizando-se da plataforma CORBA para realizar a distribuição dos objetos virtuais. Entende-se que a partir deste estudo pode-se criar interfaces de Realidade Aumentada mais interativas e distribuídas, implementando inclusive a distribuição das ações dos objetos virtuais. [Silva 2008].

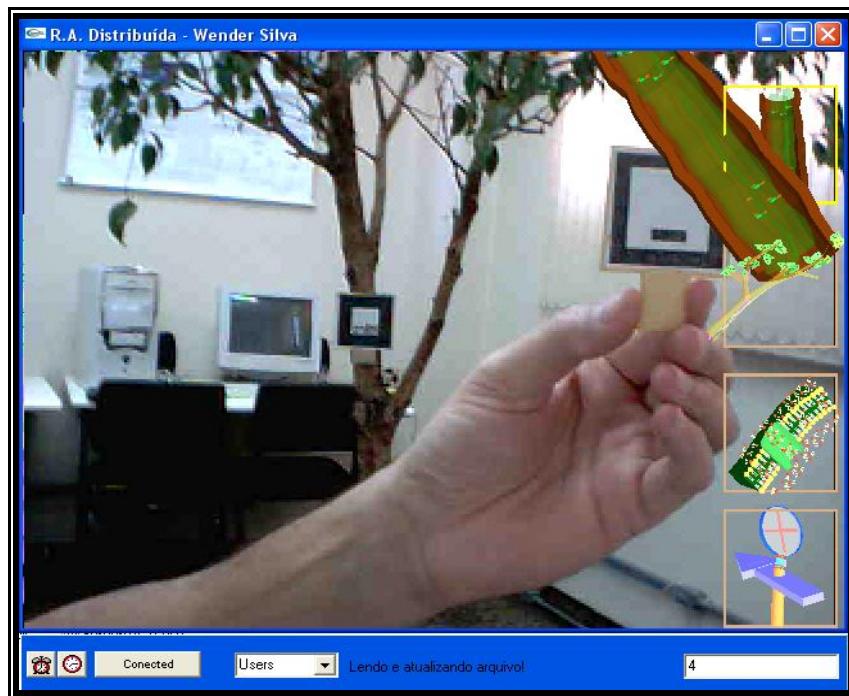


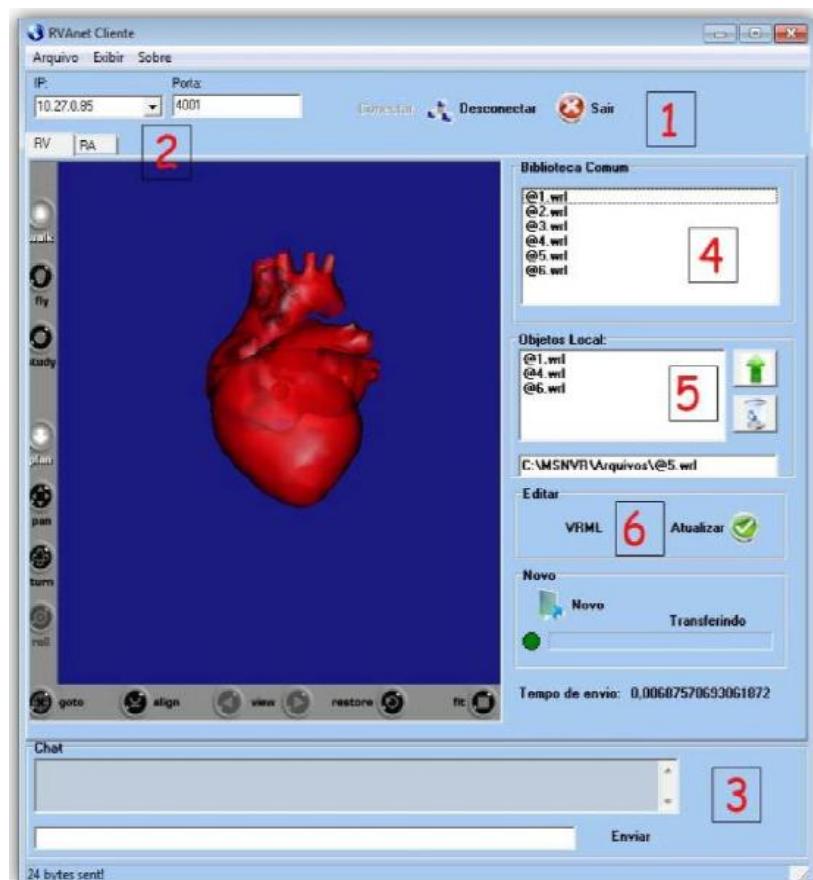
Figura 8 – RA Distribuído [Silva 2008]

- 2008 – (Dissertação de Mestrado) – Everton Silva Souza desenvolveu sua pesquisa de mestrado por meio de ambientes virtuais distribuídos usando de técnicas computacionais associadas à Realidade Virtual como ferramenta de apoio a projeto de ensino na Internet. O objetivo do trabalho foi criar um jogo 3D usando técnicas RV com multi-jogadores na Internet. O estudo de caso foi o jogo Quarto (LudosTop). [Souza 2008].



Figura 9 – Interface do sistema [Souza 2008]

- 2010 – (Dissertação de Mestrado) Nesta pesquisa (Keila de Fátima Chagas Nogueira), destaca as novas possibilidades de uso de tecnologias, pesquisas e projetos voltados para o ensino. O trabalho relata que vários laboratórios (física, química, matemática) podem ser simulados por meio de um único laboratório de informática. Existem várias tecnologias de suporte à criação destes sistemas, podendo destacar Realidade Virtual que permite criar modelos e ambientes e simulá-los como se fossem reais. Outra tecnologia é a Realidade Aumentada, onde é possível inserir elementos de aprendizagem virtuais em ambientes reais, o que possibilita o aumento de alternativas de ferramentas educacionais. Contudo, os sistemas distribuídos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada desenvolvidos atualmente estão limitados na quantidade de objetos virtuais pertencentes ao ambiente utilizado, outra questão é que nestes sistemas ora utilizam Realidade Virtual ou Aumentada para resolver seus problemas de forma independente, não com completando as duas tecnologias. Resumindo, essa dissertação tem a proposta de apresentar uma arquitetura de distribuição de Realidade Virtual e Aumentada, onde qualquer modelo ou ambiente virtual poderá ser distribuído permitindo a contextualização do mesmo no ensino [Nogueira 2010].



**Figura 10 – Interface cliente do sistema [Nogueira 2010]**

## 5. Conclusões

Apesar de ser apenas uma amostragem, os relatos dos trabalhos apontam no sentido de que as pesquisas que carecem de estudo aprofundado, como doutorado, foram construídas com espaço de tempo entre as mesmas bem maior que as pesquisas resultantes de mestrado. Esta conclusão parece óbvia, ao considerar que o tempo de um doutorado também é maior, porém nesta amostragem fica claro que desde o primeiro trabalho apresentando até o último, houve um intervalo de onze anos, demonstrando algumas dificuldades relacionadas à complexidade do assunto. Este intervalo de tempo também demonstra a importância do assunto, principalmente quando existe a necessidade da união destas duas áreas: Sistemas Distribuídos e Realidade Virtual e Aumentada. Entretanto, talvez não seja esta a principal discussão em relação à área de Ambientes Virtuais Distribuídos. A discussão ainda deve caminhar em relação aos problemas estruturais clássicos de distribuição: escalabilidade, extensibilidade, latência. Pois, em termos de aplicação, a abordagem cronológica mostra claramente uma tendência, obtida mais recentemente, a preocupação maior com a distribuição de ambientes de Realidade Aumentada. As dissertações em sua maioria denotam este caminho. Independente da área de aplicação, RV ou RA, a questão principal levantada neste capítulo é: já existem plataformas e estruturas (frameworks) que suportam funcionalmente a distribuição de ambientes virtuais?

## Agradecimento

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio financeiro (Edital 02/07 – Rede Goiana de Realidade Virtual).

## Referências

- ALLARD, J., Gouranton, V., Lecointre, L., Limet, S., Melin, E., Raffin, B. and Robert, S. (2004). "FlowVR: a Middleware for Large Scale Virtual Reality Applications". EuroPar'04, August, Pisa, Itália.
- GUIMARÃES, Marcelo Paiva. "Um ambiente para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual baseadas em aglomerados gráficos". Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2004.
- HUMPHREYS, G. & Eldridge, M. & Buck, I. & Stoll, G. & Everett, M. & Hanrahan, P (2001). "WireGL: A Scalable Graphics System for Clusters". Proceedings of SIGGRAPH 2001. Disponível em: <http://www.cs.virginia.edu/~humper/>. Acesso em: 19 jan. 2007.
- LIMA, R. R. "Tutorial CORBA". Disponível em: <<http://www.mundo00.com.br/php/mooartigos.php?pa=showpage&pid=17>>. Acesso em: 18 jan. 2007.
- NEVES JÚNIOR, I. N. "CORBA". Disponível em: <<http://www.gta.ufrj.br/grad/inon/corba.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2004.
- NOGUEIRA, Keila de Fátima Chagas. "Desenvolvimento de uma arquitetura de distribuição de realidade virtual e aumentada aplicada a ambientes educacionais". 2010. 94p; Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

OLIVEIRA, Lucas de Araújo. “Desenvolvimento do NETARTOOLKIT: um Sistema Distribuído de Realidade Aumentada”. 2008. 106p; Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Metodista de Piracicaba, 2008.

OMG – “Object Management Group”. Disponível em: <<http://www.omg.org>>. Acesso em: 15 jan. 2007.

PAULOVICH, F. V. “Middlewares em Sistemas Distribuídos”. Disponível em: <<http://www.dc.ufscar.br/~paulovic/MidSDs.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2004.

RAJ, G. S. “A Detailed Comparison of CORBA, DCOM and Java/RMI”. Disponível em: <<http://my.execpc.com/~gopalan/misc/compare.html>>. Acesso em: 2 out. 2004.

RIBEIRO, Marcos Wagner de Souza. “Arquitetura para Distribuição de Ambientes Virtuais Multidisciplinares”, 2006, 176p Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, Uberlândia, 2006.

RICCIONI, Paulo Roberto. “Introdução a Objetos Distribuídos com CORBA”. Florianópolis: Visual Books, 2000.

RINALDI, Cristina Alves; et al.. “Ambientes Virtuais Distribuídos e Compartilhados”. In TORI, Romero; KIRNER, Cláudio; SISCOUTTO, Robson. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre. Editora SBC, 2006.

RODELLO, Ildeberto Aparecido. “VrMol – Um Ambiente Virtual Distribuído para Visualização e Análise de Moléculas de Proteínas”. 2003. 118p; Tese (Doutorado em Física Computacional) – Instituto de Física de São Carlos, USP. São Carlos, 2003.

ROEHL, B. “Some Thoughts on Behaviour in VR Systems”. Disponível em: <<http://sunee.uwaterloo.ca>>. Acesso em: 11 jan. 2004.

SANTIN, Rafael. “Sistema de Autoria em Ambiente Colaborativo com Realidade Aumentada”. 2008. 109p; Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Metodista de Piracicaba. 2008.

SANTOS, Ismael Humberto Ferreira. “A Collaborative Environment for Offshore Engineering Simulations based on Visualization and Workflow”. 2010. 145p; Tese (Doutorado em Informática) – Departamento de Informática – PUC Rio. Rio de Janeiro, 2010.

SCHAFFER, B. (2002). “Networking and Management Frameworks for Cluster-Based Graphics”. Proceedings of Virtual Environments on PC Workshop. Protvino. Russia. September.<http://www.isl.uiuc.edu/Publications/publications.htm>.

SECOND LIFE (2007). Disponível em <<http://secondlife.com>>. Acessado em 01/03/2007.

SEMENTILLE, A. C. “A utilização da Arquitetura CORBA na Construção de Ambientes Virtuais Distribuídos”. 1999. 186f; Tese (Doutorado em Física Computacional) – Instituto de Física de São Carlos, USP. São Carlos, 1999.

SILVA, Luciano Ferreira. “Ambientes Distribuídos em Realidade Virtual como Suporte à Aprendizagem Cooperativa para Resolução de Problemas”. 2009, 162p Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, Uberlândia, 2009.

SILVA, Wender Antônio. **Uma Arquitetura para Distribuição de Ambientes Virtuais de Realidade Aumentada.** 2008. 80p; Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia. 2008.

SIQUEIRA, Luiz Leonardo de. “Estudo comparativo entre plataformas de suporte a Ambientes Virtuais Distribuídos”. Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, 2005, 89p.

SOUZA, Everton Silva. “O uso de técnicas de realidade virtual distribuída para suporte a jogos educacionais multi-jogadores na internet”. 2008. 140p; Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

SOUZA, M. “Avaliação das Rotinas de Comunicação Ponto-a-Ponto do MPI”. (1996). Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos da Universidade de São Paulo.

## Autores

**Marcos Wagner de Souza Ribeiro** – é graduado em Ciência da Computação (Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara) e Tecnologia em Processamento de Dados (Universidade do Estado de Minas Gerais), especialização em Informática (Centro Universitário do Triângulo), mestrado em Informática na área de Gerenciamento de Sistemas de Informação (PUC-Campinas) e Doutorado em Engenharia Elétrica na área de Computação Gráfica/Realidade Virtual (Universidade Federal de Uberlândia). Atualmente é professor efetivo da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí. É líder da Rede Goiana de Pesquisa em Realidade Virtual cadastrada na Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás. Coordenou a organização do WRVA (Workshop de Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada) realizado em 2007. Atua nas áreas de Computação Gráfica, Realidade Virtual e Aumentada. Contato: [marcos\\_wagner@yahoo.com.br](mailto:marcos_wagner@yahoo.com.br).

**Eliane Raimann** – é graduada em Sistemas de Informação pelo Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara (2004) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (2007). Atualmente é professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Jataí. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Informação, atuando principalmente nos seguintes temas: redes de computadores e realidade virtual. Contato: [elianeraimann@gmail.com.br](mailto:elianeraimann@gmail.com.br).

**Luciana de Oliveira Berretta** - é graduada em Ciência da Computação, especialista em Orientação a Objetos e Internet, mestre em Engenharia Elétrica e de Computação e doutoranda em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia. Atualmente é professora efetiva do curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí. Contato: [lucianaberretta@yahoo.com.br](mailto:lucianaberretta@yahoo.com.br).

**Vanessa Avelino Xavier de Camargo** – é graduanda em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Goiás. Professora de inglês no CCAA- Curso de Idiomas. Participa de projetos de pesquisa na área de Realidade Virtual e Aumentada. Contato: [vanessaxcamargo@gmail.com.br](mailto:vanessaxcamargo@gmail.com.br).

# Capítulo

# 8

## Aplicações Adaptativas de Visualização de Informações com Realidade Aumentada

Ezequiel R. Zorral, Alexandre Cardoso e Claudio Kirner

### *Abstract*

*Current studies show the importance of developing systems of information display that can adjust the level of prior knowledge of the user, so that it can, effectively, understand the information displayed. This contributes to the view that is enriched with the principles of other relevant areas in order to develop representations of data that enhance perceptual and cognitive experience of the user. The future potentiality of this technology takes place especially in environments where information is present and will be literally felt through the activation of all our senses. This motivates not only the research and development of adaptive applications to Information Visualization with Augmented Reality. This chapter presents the state of the art of research in related areas and describes a study of a case applied in the agricultural sector.*

### *Resumo*

*Estudos atuais apresentam a importância de desenvolver sistemas de Visualização de Informação que se adaptem ao nível de conhecimento prévio do usuário, para que o mesmo possa, eficazmente, entender a informação visualizada. Esta situação também contribui para que a visualização seja enriquecida com princípios de outras áreas relevantes, a fim de desenvolver representações de dados que reforcem a experiência perceptiva e cognitiva do usuário. A potencialidade futura desta tecnologia está especialmente em ambientes em que as informações se façam presentes, onde literalmente as informações serão sentidas por meio da ativação de todos os nossos sentidos. Isso motiva a pesquisa e o desenvolvimento de aplicações adaptativas de Visualização de Informações com Realidade Aumentada. O presente capítulo apresenta*

*os trabalhos de pesquisa nas áreas correlatas e descreve um estudo de caso no setor agropecuário.*

## **1. Introdução**

A sobrecarga de informações dificulta o processo de análise, compreensão e utilização de dados. Por exemplo, é plausível ressaltar que tomar uma decisão correta em qualquer área do conhecimento com uma enorme quantidade de dados e pouco tempo quase sempre é uma tarefa difícil de realizar. O computador pode, em poucos segundos, recuperar e processar informações que um ser humano demoraria muito tempo para fazer. Entretanto, muitas destas informações podem ser irrelevantes para o usuário, ou as informações consideradas úteis podem simplesmente ser perdidas, por desconhecimento do relacionamento entre dados, por parte do usuário. Fatos como estes motivaram diversas áreas de estudo a pesquisar novos paradigmas para melhorar a representação destas informações [Mackinlay 2000].

Uma abordagem advinda dessas pesquisas é a aplicação de técnicas de Visualização de Informações. Essas técnicas estudam formas de transformar dados abstratos em imagens reais, de modo a facilitar o seu entendimento e/ou ajudar na descoberta de novas informações contidas nestes dados. O objetivo final deste processo é auxiliar no entendimento de um assunto, o qual, sem uma visualização, seria mais difícil de ser compreendido.

Para desenvolver sistemas de visualização, é necessário considerar tanto a melhor forma de mapear informações (para uma representação gráfica que facilite a sua interpretação pelos usuários), quanto fornecer meios que permitam delimitar a quantidade de informações que estes recebem e possibilitar a interação e manipulação da representação gráfica do conjunto de dados. Além disso, uma das características importantes que um sistema de visualização deve possuir é a organização da informação, de modo que, a partir dos dados fornecidos pelo usuário, seja gerada automaticamente uma visualização e uma interface para fazer a sua exploração [Carmo 2002].

As representações gráficas utilizadas em sistemas de visualização podem ser distribuídas em três classes, considerando a dimensão do espaço onde os elementos geométricos utilizados estejam situados: unidimensional, bidimensional ou tridimensional [Freitas 2001].

Embora sendo pouco comuns, as representações gráficas unidimensionais poderiam ser usadas, por exemplo, para representar um espectro contínuo, variando da cor azul até a cor vermelha, o que representaria uma transformação natural de uma temperatura fria (azul) para uma temperatura quente (vermelha). As representações gráficas dispostas de forma bidimensional utilizam parâmetros visuais disponíveis em duas dimensões (ex: cor, tamanho, posição, forma) para representar as características e propriedades dos dados. As representações gráficas tridimensionais acrescentam uma nova dimensão à representação dos dados, o que garante usar, de forma mais eficiente, o espaço limitado de visualização da tela do computador. Esta é uma característica importante quando a quantidade de informação a ser visualizada é extensa.

Outras características importantes das representações gráficas tridimensionais é a adição de novos parâmetros visuais (ex: material, luminosidade, transparência) e novas técnicas de interação (ex: rotações geométricas tridimensionais, navegação) que permitem aos utilizadores explorar e manipular sistemas de informação grandes e complexos.

Além disso, as aplicações que utilizam o espaço tridimensional podem causar maior impacto visual e despertar o interesse em diversos tipos de usuários, não somente

pela maneira que os dados são representados na interface gráfica, mas também por propiciar outras formas de interação [Ware and Frank 1996] [Robertson et al. 1991]. Entre as estratégias de visualização tridimensional de informações, encontra-se a utilização de ambientes de Realidade Virtual e Realidade Aumentada.

Uma das dificuldades encontradas em sistemas de Visualização de Informação é que seus usuários são tratados de maneira uniforme, ou seja, eles são julgados sem que se leve em consideração o seu nível de conhecimento prévio e seus objetivos a serem alcançados no sistema. Assim, todos os usuários do sistema são tratados de forma única, independentes de seus objetivos e de possuir ou não os pré-requisitos necessários para utilizar o sistema.

Os sistemas de visualização tradicionais, que apresentam conteúdos e ligações estáticas, se limitam a apresentar o mesmo conteúdo de informações e estrutura navegacional para todos os tipos de usuários. Sistemas desta categoria não consideram as características individuais e o caminho percorrido pelo usuário na aplicação [Brusilovsky 2001] [De Bra et al. 2000]. Nos casos, onde o conteúdo dos pontos de acesso é sempre o mesmo, as informações podem ser redundantes ou não serem totalmente compreendidas, visto que não há nenhuma garantia de que o usuário tenha acessado um conteúdo que seja prévio e necessário [De Aragão 2004].

A abordagem tradicional para a produção de sistemas de visualização consiste na criação de caminhos bem definidos para que os usuários possam navegar, estabelecendo um mapa conceitual sobre um determinado domínio. Neste procedimento, é sugerido que apenas as ligações mais significativas sejam consideradas [Isakovitz et al. 1995]. Além disso, segundo Bodner and Chignell (1999), nestes sistemas não é possível antecipar todos os caminhos de forma singular para cada tipo de usuário. Estabelecer ligações entre todas as possibilidades para domínios complexos é uma tarefa difícil, podendo levar o usuário facilmente à condição de desorientação no espaço de navegação. Assim, os usuários são obrigados a navegar por caminhos pré-estabelecidos e entender o modelo mental estabelecido pelo autor do sistema. Isto acontece porque o autor do sistema de visualização, ao definir uma ligação entre dois níveis de interesse em detrimento de outras possibilidades, faz uma suposição sobre os conhecimentos prévios e interesses do usuário, quando um ponto de acesso específico é acessado [De Aragão 2004].

Por sua vez, a ajuda navegacional por meio de mapas também é limitada. Um sistema de visualização tradicional não registra informações necessárias para identificar as partes da estrutura de ligações que são mais importantes para o usuário. Conhecimentos sobre o domínio, o usuário e a interação com o sistema podem ser usadas para filtrar ou recomendar as ligações mais significativas [De Bra et al. 2000]. Portanto, a capacidade de adaptação em um ambiente de visualização torna-se necessária por dois motivos principais: atender a uma grande variedade de usuários com objetivos, interesses, preferências, experiências e conhecimentos distintos sobre o domínio coberto pelo sistema; e, para proteger usuários do problema de perder-se (desorientação) no ambiente, restringindo-os por meio da sugestão das ligações mais expressivas [Brusilovsky 1996].

Deste modo, o desenvolvimento de sistemas ergonômicos, com boa usabilidade e adaptativos, tende a impactar as ações no sentido da eficiência e produtividade na interação homem-máquina, fazendo com que o usuário atinja seus objetivos com menos esforço e mais satisfação.

Além do contexto apresentado, a Visualização de Informação apresenta outros desafios a serem superados, tanto na consolidação de suas técnicas e conceitos, quanto na utilização de seus resultados por outras áreas. Efetuar pesquisas na direção desses

desafios implica no aperfeiçoamento da área e, por consequência, traz melhorias ao processo de gestão de informação [Da Silva 2007].

Chen (2005) menciona o que ele considera os dez maiores problemas não resolvidos da Visualização de Informação, dentre eles, como mencionado anteriormente, a necessidade de desenvolver sistemas de Visualização de Informação que se adaptem ao nível de conhecimento prévio que o usuário possui para entender a informação visualizada. Outro problema, não menos importante, é estudar a estética da representação visual e seu impacto no processo de compreensão dos dados representados.

Aliado a este contexto, está o fato de que a visualização deve ser enriquecida com princípios de outras áreas relevantes, a fim de desenvolver representações de dados que reforcem a experiência perceptiva e cognitiva do usuário. O grande potencial para o futuro desta tecnologia está especialmente em ambientes que permitem a imersão, onde literalmente as informações serão sentidas por meio da ativação de todos os nossos sentidos [Alexandre and Tavares 2007].

O uso de técnicas de Realidade Aumentada permite a exploração de todos os sentidos humanos [Azuma 2001]. Entretanto, a maior parte dos trabalhos desenvolvidos ainda direciona o foco apenas para o aumento da sensação visual, porém são encontrados trabalhos aplicados aos outros sentidos (tato, audição, etc.), com resultados tão bons quanto os obtidos através da sensação visual. Podem-se citar os seguintes exemplos: sistemas compostos por dispositivos hapticos para Realidade Aumentada [Knoerlein et al. 2007] [Walairacht et al. 2001]; sistemas constituídos por campos sonoros tridimensionais [Larsen et al. 2011] [Mynatt et al. 1997]; sistemas que emitem odor por um canhão de ar, atuando diretamente no sentido do olfato [Nakamoto and Min 2007] [Yamada et al. 2006] [Yanagida et al. 2004] e sistemas com dispositivos que ajudam na sensação gustativa [Hashimoto et al. 2006] [Maynes-Aminzade 2005].

A Realidade Aumentada pode facilitar a visualização e manipulação do objeto de estudos, reproduzindo os dados complexos sob a forma de objetos tridimensionais, permitindo, dessa forma, aumentar a capacidade de percepção do usuário. Além disso, esta tecnologia permite interações tangíveis mais fáceis e naturais (quando aplicadas de forma eficaz), sem o uso de equipamentos especiais. Devido a esses fatores, a Realidade Aumentada vem sendo considerada uma possibilidade concreta de se tornar a próxima geração de interface popular, a ser usada nas mais variadas aplicações em espaços internos e externos. Quando associada às técnicas de Adaptabilidade e Visualização de Informações, pode propiciar o desenvolvimento de interfaces mais persuasivas e aderentes ao usuário. Ao mesmo tempo, o usuário tem a possibilidade de combinar os modelos de representações virtuais a um dado ambiente real diretamente relacionado a estes dados. Esta associação pode contribuir com o processo de entendimento das informações resgatadas e apresentadas, uma vez que o usuário pode acessar informações virtuais de interesse no seu ambiente de domínio.

O desenvolvimento unificado de aplicações que envolvem tais áreas do conhecimento pode contribuir na resolução de uma série de problemas relacionados ao contexto apresentado. Em síntese, a Tabela 1 apresenta algumas dificuldades e possíveis soluções relacionadas às áreas de conhecimento desta pesquisa.

**Tabela 1. Dificuldades e possíveis soluções relacionadas às áreas correlatas.**

Dificuldade	Solução possível
Sobrecarga de informação e dificuldade no processo de análise, compreensão e utilização de dados [Edmunds and Morris 2000].	Utilizar técnicas de Visualização de Informações. Transformar os dados abstratos em imagens para facilitar o seu entendimento e ajudar na descoberta de novas informações.

Espaço para visualização restrito e marcas visuais limitadas a um substrato visual bidimensional [Schimiguel 2002].	Usar representações tridimensionais para acrescentar uma nova dimensão à representação dos dados e tornar o espaço de visualização ilimitado.
Necessidade de associar a representação visual com o ambiente natural relacionado a esses dados [Moore 1999].	Utilizar técnicas de Realidade Aumentada para combinar as representações visuais com o ambiente real de onde se originou os dados.
Usuários com objetivos, preferências, interesses, experiências e conhecimentos diferentes sobre o domínio coberto pelo sistema [De Aragão 2004].	Empregar técnicas de adaptabilidade ao sistema para que o mesmo considere as características individuais e o caminho percorrido pelo usuário na aplicação.
Desorientação dos usuários no ambiente, o que pode ocasionar a desmotivação dos mesmos e dificuldades na realização de tarefas [Brockmann et al. 1989].	Usar técnicas de adaptabilidade para organizar as informações e orientar o usuário de acordo com seu perfil.

A motivação para o desenvolvimento de aplicações adaptativas de Visualização de Informação com Realidade Aumentada relaciona-se ainda com as seguintes perspectivas:

- As representações visuais tridimensionais melhoram o desempenho do usuário para visualização de grandes conjuntos de informações [Buriol and Scheer 2007] [Bayyari and Tudoreanu 2006] [Ware and Franck 1996];
- Os sistemas de Realidade Aumentada permitem que o usuário decida sobre os ambientes, compondo cenas de imagens tridimensionais geradas por computador misturadas com imagens reais, aumentando as informações do cenário a fim de produzir uma sensação de que tais informações se façam presentes em um único ambiente. Ademais, a possibilidade de interação entre imagens reais e virtuais, que ocorre por meio desta tecnologia, pode oferecer, ao usuário, melhores informações sensitivas, facilitando a associação e a reflexão sobre uma dada situação. Por fim, os recentes investimentos das indústrias na produção de hardware, software e dispositivos de Entrada/Saída têm permitido o crescimento acelerado da Realidade Virtual e Aumentada nos últimos anos e, indicado perspectivas muito promissoras para os diversos segmentos vinculados à área [Kirner and Siscoutto 2007];
- Sistemas adaptativos permitem modificar o seu comportamento dinamicamente, em resposta a variações detectadas na execução das tarefas, com a finalidade de se adaptarem aos interesses do usuário, facilitar a visualização e o acesso às informações [Chittaro and Ranon 2000] [Frery et al. 2002] [Santos and Osório 2004]. A necessidade de desenvolver tais sistemas é um fato [Chen 2005], visto que são realmente úteis e podem aumentar a usabilidade das interfaces e a satisfação dos usuários. Na literatura científica, somente nos últimos anos começaram a surgir pesquisas nesta área, o que permite observar o enorme potencial de crescimento.

Apresenta-se neste capítulo a descrição e estudo dos trabalhos de pesquisa nas áreas correlatas e a implementação de um estudo de caso, abrangendo todas as áreas correlatas, com informações resgatadas do setor agrícola.

Este capítulo está estruturado em três seções. A Seção 1, que constitui sua introdução, contextualiza-se o tema abordado a partir da caracterização do tema, motivação da pesquisa e descrição dos objetivos. A Seção 2 apresenta uma série de aplicações correlatas às áreas de pesquisa envolvidas neste trabalho. A Seção 3 mostra o estudo de caso aplicado e suas respectivas análises. Finalmente, na Seção 4 são apresentadas as considerações finais desta pesquisa e discutidos os trabalhos futuros

## 2. Aplicações Correlatas

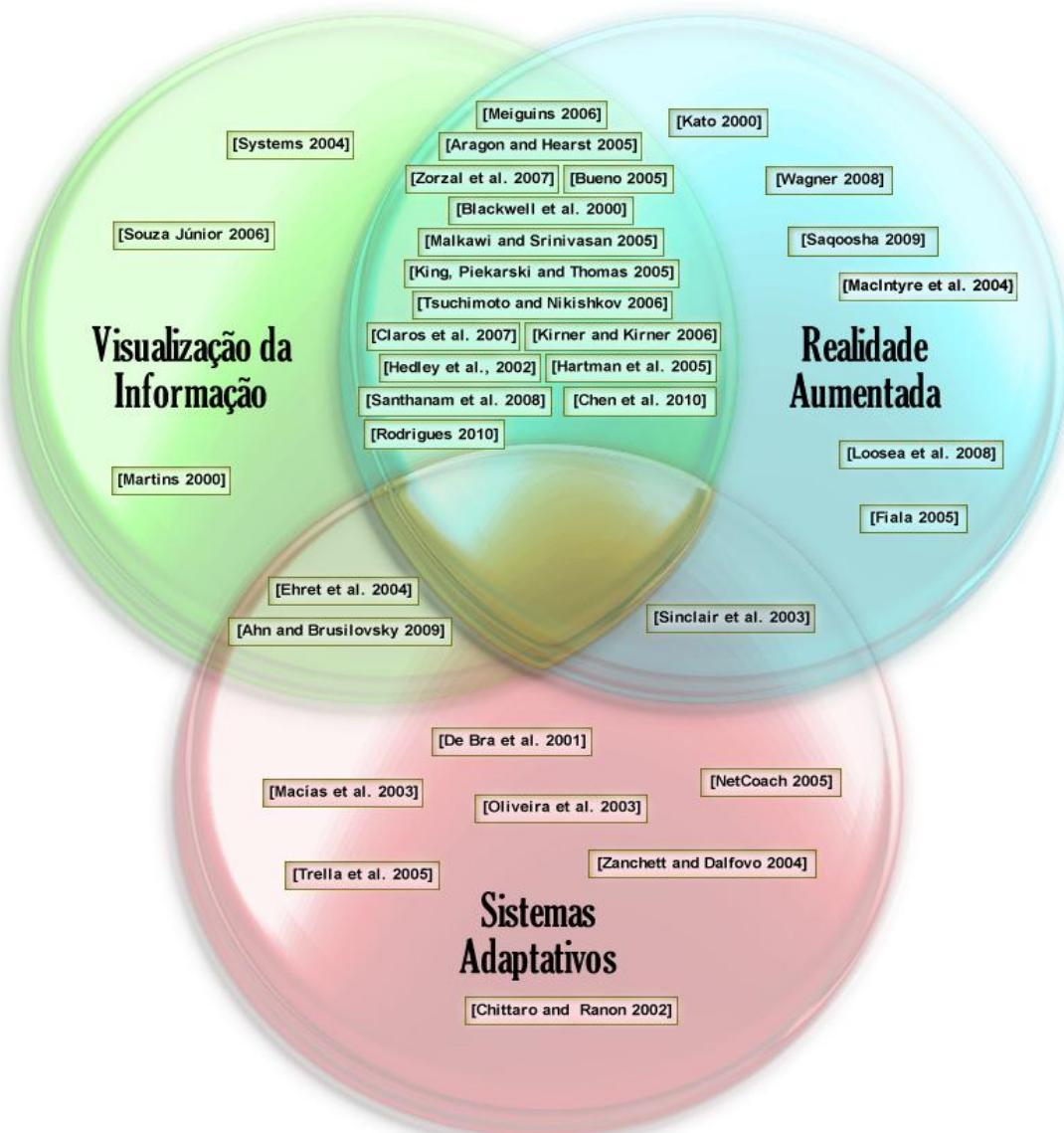
Com a finalidade de avaliar aplicações correlatas a este trabalho, esta seção aborda uma visão geral do estado da arte da pesquisa. Primeiramente é apresentado o diagrama contendo as aplicações relacionadas às áreas de pesquisa. São sintetizadas algumas das ferramentas de auxílio no desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada, Sistemas Adaptativos e aplicações de Visualização de Informação. Em seguida, faz-se uma breve descrição e apresentam-se características dos conjuntos de aplicações que associam técnicas de Sistemas Adaptativos com Realidade Aumentada, Visualização de Informação com Sistemas Adaptativos e técnicas de Visualização de Informação com Realidade Aumentada.

### 2.1. Terminologia e critérios para a pesquisa

Com intuito de avaliar o estado das pesquisas relacionadas a este trabalho, foram pesquisadas e analisadas vinte e nove (29) sistemas que se enquadram no âmbito das três principais áreas de estudo desta pesquisa:

1. **Realidade Aumentada:** Sistemas que suplementam o ambiente real com objetos virtuais gerados por computador atuando em tempo real.
2. **Visualização de Informação:** Sistemas que permitem transformar um conjunto de dados abstratos, nos quais se procura informação, em uma representação visual comprehensível e manipulável pelo usuário que mereceram destaque, em função de características similares às proposições impostas nesta tese.
3. **Sistemas Adaptativos:** Sistemas que são capazes de identificar a necessidade de adaptação e realizá-la automaticamente. Várias de suas técnicas são amplamente aplicadas em Filtragem de Informação, Recuperação de Informação, Sistemas Tutores Inteligentes e também em Hipermídia Adaptativa. As aplicações derivadas destes campos de estudo exercem uma função adaptativa em relação a alguns de seus aspectos e, portanto podem ser classificados como sistemas de software adaptativos. A diferença entre essas aplicações reside, basicamente, no alvo da adaptação (conteúdos e/ou ligações), no conhecimento necessário ao sistema (do domínio, do usuário e/ou da adaptação) e na tecnologia utilizada para gerar a personalização, isto é, na forma de representação do modelo, no procedimento usado para gerar as deduções e nas técnicas para produzir a adaptação (dedução, indução, analogias).

O diagrama apresentado na Figura 1 mostra a relação das áreas discutidas neste trabalho e os sistemas analisados sobre seus respectivos campos de pesquisa. Os sistemas sobrepostos às intersecções das áreas são correlacionados às mesmas e apresentam características de ambas. O estudo de caso desenvolvido neste trabalho enquadra-se no centro do diagrama, no âmbito de três grandes áreas: Visualização de Informação, Realidade Aumentada e Sistemas Adaptativos.

**Figura 1. Aplicações correlatas.**

## 2.2. Análise das aplicações correlatas

Foi realizada uma análise das aplicações correlatas para identificar suas respectivas características e funcionalidades.

A Tabela 2 mostra as características das ferramentas para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada. Percebe-se que a maior parte das ferramentas existentes são interfaces de programação e seu principal objetivo é oferecer suporte ao desenvolvimento de novas aplicações de Realidade Aumentada. A partir dessas ferramentas é possível construir diversas aplicações com Realidade Aumentada para diferentes finalidades. Nota-se ainda que, tais ferramentas apresentam praticamente a mesma estratégia para concepção de novas aplicações com Realidade Aumentada.

**Tabela 2. Funcionalidades/Características das ferramentas para Realidade Aumentada.**

Ferramenta	Funcionalidades/Características			
	Tipo	Plataformas de suporte	Objetivo da pesquisa	Linguagem de programação
[Fiala 2005]	API (Application)	MS Windows, MacOS, Irix, Linux e	Resolver alguns problemas encontrados na ARToolKit no processo de detecção de	C++ e C#.

	<i>Programming Interface)</i>	MS PocketPC.	marcadores.	
[Kato 2000]	API	MS Windows, Maços, Irix, Linux e MS PocketPC.	Para resolver recorrentes problemas de rastreamento em sistemas de Realidade Aumentada baseados em vídeo e visão direta e permitir que as pessoas desenvolvam suas próprias aplicações de Realidade Aumentada.	C, Java e Matlab.
[Loosea et al. 2008]	API	MS Windows, Mac OSX e Linux.	Combina as funções de detecção e rastreamento de marcadores da ARToolKit com as funções para construção de modelos virtuais da biblioteca OpenSceneGraph.	C++.
[MacIntyre et al. 2004]	GUI ( <i>Graphics User Interface</i> )	Plataformas com suporte ao Adobe Director.	Desenvolver um conjunto de ferramentas que provêm um desenvolvimento rápido com Realidade Aumentada.	LINGO, C++.
[Wagner 2008]	API	MS Windows, Maços, Irix, Linux, MS PocketPC, PDAs e smartphones.	Aperfeiçoar a biblioteca ARToolKit com intuito de gerar aplicações para dispositivos móveis	C++.
[Saqoosha 2009]	API	Plataformas com suporte ao Adobe Flash Player.	Desenvolver uma biblioteca com intuito de gerar aplicações para Web	AS3, Papervision3D

Para esse trabalho pesquisou-se apenas aplicações de visualização que representam a informação em ambientes tridimensionais. As características destas aplicações são apresentadas na Tabela 3. Nota-se que a maioria dessas aplicações utiliza técnicas de projeções 2D/3D convencionais e utilizam algum tipo de metáfora para representar suas informações.

**Tabela 3. Funcionalidades/Características das aplicações de Visualização de Informação.**

Aplicação	Funcionalidades/Características			
	<i>Técnicas de Visualização</i>	<i>Técnicas de Interação</i>	<i>Objetivo da pesquisa</i>	<i>Implementação</i>
[Martins 2000]	Projeções 2D/3D convencionais e uso de metáforas	Navegação e manipulação 3D.	Visualizar informações, em um ambiente virtual, do Museu de Cerqueira César situado na cidade de São Carlos.	VRML.
[Souza Júnior 2006]	Projeções 2D/3D convencionais.	Navegação e manipulação 2D/3D.	Criar um ambiente em que os usuários possam compartilhar a visualização e trocar informações pela Web.	Java.
[Systems 2004]	Projeções 2D/3D convencionais.	Navegação e manipulação 2D/3D.	Visualizar informações em ambientes tridimensionais.	VRML.

A Tabela 4 apresenta as características de aplicações adaptativas. Verifica-se que a maioria das aplicações pesquisadas atua na Web e tem como objetivo auxiliar o usuário no ambiente em que está realizando suas tarefas, isto garante que o mesmo as faça de forma mais efetiva. Constatou-se também que grande parte destas aplicações obtém o perfil do usuário através de um cadastramento inicial e também através das interações dos usuários com a aplicação.

**Tabela 4. Funcionalidades/Características das aplicações adaptativas.**

Aplicação	Funcionalidades/Características			
	<i>Perfil do Usuário</i>	<i>Técnicas de Adaptação</i>	<i>Objetivo da pesquisa</i>	<i>Implementação</i>
[De Bra et al. 2001]	Obtido através do cadastramento inicial e da interação do usuário com o sistema.	Técnicas de Apresentação e navegação.	Criar uma ferramenta de propósito geral para acrescentar adaptação a um site na Web.	Java e HTML.
[Macías et al. 2003]	Obtido através da interação do usuário com o sistema.	Técnicas de Navegação.	Criar modelos de cursos prontos para serem processados pelo TANGOW.	Java e HTML.
[NetCoach 2005]	Obtido através do cadastramento inicial e da interação do usuário com o sistema.	Técnicas de Apresentação e navegação.	Possibilitar o desenvolvimento de cursos adaptativos baseados na Web.	LISP-server.
[Oliveira et al. 2003]	Obtido através do cadastramento inicial e da interação do usuário	Técnicas de Apresentação e navegação.	Auxiliar professores na autoria de material educacional na Web.	PHP, HTML e XML.

	com o sistema.			
[Trella et al. 2005]	Obtido através do cadastramento inicial e da interação do usuário com o sistema.	Técnicas de Apresentação e navegação.	Prover aos professores uma ferramenta para desenvolver ambientes educacionais inteligentes baseados na Web e fornecer aos alunos um ambiente educacional no qual eles tenham um tutor encarregado de auxiliá-los no processo de aprendizagem	Java e HTML.
[Zanchett and Dalfovo 2004]	Obtido através da interação do usuário com o sistema.	Técnicas de Navegação.	Criar um espaço interativo através da Internet na área de Educação para a aprendizagem continuada de adultos da Maior Idade nos cursos de Informática.	PHP.
[Chittaro and Ranon 2002]	Obtido através do cadastramento inicial e da interação do usuário com o sistema.	Técnicas de Apresentação e Navegação.	Desenvolver sites tridimensionais com técnicas de adaptação para auxiliar os usuários quanto a navegação e a obtenção de informações no ambiente.	VRML e Java.

A Tabela 5 apresenta as características da aplicação adaptativa com Realidade Aumentada. Nota-se que a aplicação analisada foi desenvolvida com objetivos de integrar técnicas de Hipermídia Adaptativa com Realidade Aumentada para ajudar o usuário a organizar o ambiente de trabalho de acordo com suas preferências. Para isso foi utilizado diferentes técnicas de interação (espacial e por controle virtual) com auxílio de marcadores, o que potencializa o sistema e o torna mais acessível ao usuário.

**Tabela 5. Funcionalidades/Características da aplicação adaptativa com Realidade Aumentada.**

Aplicação	Funcionalidades/Características				
	Perfil do Usuário	Técnicas de Adaptação	Técnicas de Interação	Objetivo da pesquisa	Implementação
[Sinclair et al. 2003]	Não consta.	Técnicas de Apresentação.	Interação espacial (marcadores) e por controle virtual.	Integrar técnicas de Hipermídia Adaptativa à Realidade Aumentada.	ARToolKit, C/C++, VRML e OpenGL.

As funcionalidades e características das aplicações de Visualização de Informação com Realidade Aumentada são apresentadas na Tabela 6. Percebe-se que a Realidade Aumentada é usada nestas aplicações de forma a potencializá-las dando-as suporte a um módulo diferente de visualização e interação. Diferentes técnicas de visualização são utilizadas nestas aplicações porém o uso de metáforas e as técnicas de projeções geométricas são empregadas de forma mais freqüente. Reitera-se ainda que, por ser um precursor, ter o código aberto, possuir uma vasta documentação e grandes números de pesquisadores envolvidos, a ARToolKit é a ferramenta mais utilizada no desenvolvimento dessas aplicações.

**Tabela 6. Funcionalidades/Características das aplicações de Visualização de Informação com Realidade Aumentada.**

Aplicação	Funcionalidades/Características			
	Técnicas de Visualização	Técnicas de Interação	Objetivo da pesquisa	Implementação
[Aragon and Hearst 2005]	Projeções geométricas e uso de metáforas.	Limitada à projeção.	Simular condições físicas em simuladores de vôo.	ART e OpenGL.
[Blackwell et al. 2000]	Projeções geométricas e uso de metáforas.	Interação por controle físico.	Visualizar os dados médicos sobre a anatomia do paciente.	OptoTrak e OpenGL.
[Bueno, 2005]	Baseadas em ícones e projeções geométricas.	Interação espacial (marcadores).	Visualizar dados multidimensionais em ambiente de Realidade Aumentada.	ARToolKit, C/C++ e VRML.
[Claros et al. 2007]	Projeções 2D/3D convencionais.	Interação espacial (marcadores).	Usar Realidade Aumentada para visualizar informações procedidas de sensores ligados aos pacientes em um centro de tratamento.	ARToolKit, C/C++ e OpenGL.
[Hartman et al. 2005]	Projeções geométricas.	Limitado à projeção.	Usar Realidade Aumentada para visualizar as seqüências de passos a serem executados, por uma máquina (Rover), na exploração planetária	RML, CAD e XML.
[Hedley et al. 2002]	Projeções geométricas.	Interação espacial (marcadores) e baseada	Visualizar dados geográficos e terrenos virtuais sobrepostos no	ARToolKit, C/C++ e

		em comandos.	mapa real.	VRML.
[King, PiekarSKI and Thomas 2005]	Projeções geométricas, orientadas a pixels e uso de metáforas.	Limitada à projeção.	Visualizar em sistemas outdoor de Realidade Aumentada os parâmetros que afetam os rendimentos e a qualidade das uvas em diferentes áreas de plantação.	Tinmith AR, GIS, C++ e VRML.
[Kirner and Kirner 2006]	Projeções 2D/3D convencionais e uso de metáforas.	Interação espacial (marcadores).	Visualizar de dados com Realidade Aumentada.	ARToolKit, C/C++ e VRML.
[Malkawi and Srinivasan 2005]	Projeções geométricas, orientadas a pixels e uso de metáforas.	Interação baseada em comandos;	Visualizar resultados da simulação de Dinâmica dos Fluidos Computacional em espaço e tempo real usando mecanismos de reconhecimento de fala e gestos.	IBM ViaVoice speech, C++ e Java 3D.
[Meiguins 2006]	Projeções 2D/3D convencionais.	Interação espacial (marcadores) e por controle virtual.	Visualizar dados multidimensionais com Realidade Aumentada.	ARToolKit, C/C++, VRML e OpenGL.
[Tsuchimoto and Nikishkov 2006]	Projeções 2D/3D convencionais, projeções geométricas e orientadas a pixels.	Interação espacial (marcadores).	Projetar sobre o corpo do paciente, em forma de gráficos, os resultados da medida de rigidez de tecidos humanos.	ARToolKit, C++ e OpenGL.
[Zorral et al. 2007]	Uso de metáforas.	Interação espacial (marcadores) e por controle físico.	Visualizar informações sobre redes de computadores com Realidade Aumentada.	ARToolKit, C/C++ e VRML.
[Santhanam et al. 2008]	Uso de metáforas.	Interação espacial	Propõe um framework para visualização e apoiar o tratamento de tumores no pulmão	ARC system
[Chen et al. 2010]	Uso de metáforas.	Limitado à projeção.	Propõe um framework para visualizar estruturas com Realidade Aumentada	Indefinido.
[Rodrigues 2010]	Uso de metáforas.	Navegação e manipulação 2D/3D. Interação espacial (marcadores)	Propor uma abordagem (Visar3D) para apoiar o ensino de Arquiteturas de Software	VRML e ARToolKit

A Tabela 7 mostra as funcionalidades e características da aplicação adaptativa com Visualização de Informação. Constata-se que as aplicações analisadas tratam-se de abordagens para adaptar as visualizações em dispositivos dos usuários. Tais aplicações apresentam técnicas de apresentação para resolver o problema da adaptação e técnicas baseadas em projeções para apresentar as informações ao usuário.

**Tabela 7. Funcionalidades/Características da aplicação adaptativa com Visualização de Informação.**

Aplicação	Funcionalidades/Características					
	Perfil do Usuário	Técnicas de Adaptação	Técnicas de Visualização	Técnicas de Interação	Objetivo da pesquisa	Implementação
[Ehret et al. 2004]	Não consta.	Técnicas de Apresentação.	Projeções 2D/3D convencionais.	Navegação e manipulação 2D/3D.	Desenvolver um framework para adaptar a visualização a diferentes plataformas móveis.	SQL, JSP, HTML e VRML.
[Ahn and Brusilovsky 2009]	Explícito	Técnicas de Apresentação.	Projeções geométricas e orientadas a pixels	Navegação e manipulação 2D/3D.	Propõe uma abordagem (Adaptive VIBE) para adaptar a visualização dos resultados de uma pesquisa.	Indefinido.

É imprescindível ressaltar que todos os trabalhos estudados nesta pesquisa são projetos de qualidade, e o fato deles não pesquisarem a interseção das três áreas não diminui de forma alguma os seus valores para a comunidade científica. Os projetos analisados focalizaram em estudos que serviram de base e motivação para o presente trabalho. Entende-se ainda que um trabalho de qualidade, independentemente do seu foco, contribui para o avanço da ciência, e o fato de pesquisas tomarem rumos diferentes com certeza aumenta o campo de conhecimento alcançado e a velocidade do crescimento científico.

### 3. Estudo de Caso

O domínio da aplicação do estudo de caso corresponde a um sistema para visualizar informações do setor rural, mais especificamente de uma fazenda.

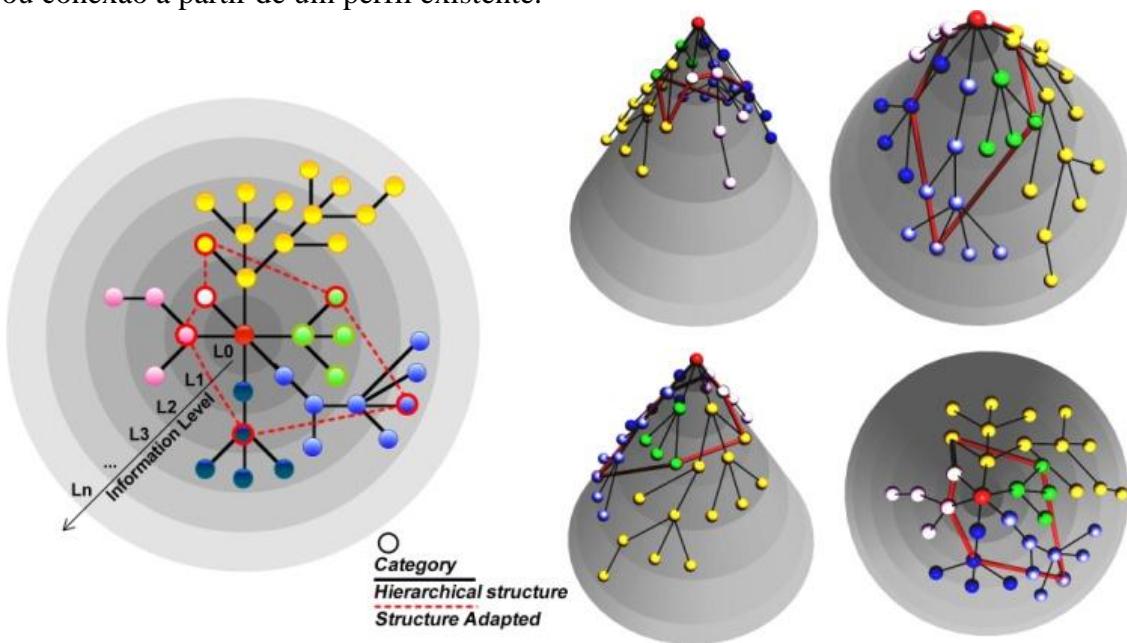
O sistema desenvolvido é capaz de identificar o interesse do usuário e adequá-lo a um perfil dentre três categorias disponíveis: Agricultura, Pecuária e Administração. O sistema possui um cenário principal, a partir do qual o usuário pode escolher a categoria desejada e aprofundar-se nas informações ali disponíveis.

Neste experimento foi utilizado um conjunto de dados contendo informações identificadas através de uma entrevista com um engenheiro agrícola sobre casos reais do dia a dia de gerenciamento de uma fazenda. A versão utilizada possui 21 tabelas multidimensionais que correspondem às informações importadas no sistema.

A maneira de apresentar uma informação é alterada em cada nível desta estrutura, sendo possível adaptá-la de acordo com o perfil do usuário, conforme a Figura 2.

As informações apresentadas ao usuário podem ser visualizadas por meio de gráficos de colunas ou linhas, tradicionalmente usados em planilhas eletrônicas. A preferência quanto à técnica utilizada também é considerada. Uma vez que o sistema proposto suporta a visualização de informações por meio de técnicas adaptativas e auxiliadas por princípios de Realidade Aumentada foi denominado como SAVIRA: Sistema Adaptativo de Visualização de Informação com Realidade Aumentada.

Ao inicializar o sistema pede-se para escolher entre duas opções: Novo usuário ou conexão a partir de um perfil existente.



**Figura 2. Nível de informação adaptado.**

Caso a opção inicial do usuário seja efetuar um novo cadastro, será pedida uma série de informações para o mesmo. Estas informações servem para compor o modelo do usuário e serem reutilizadas nos próximos acessos do usuário no sistema.

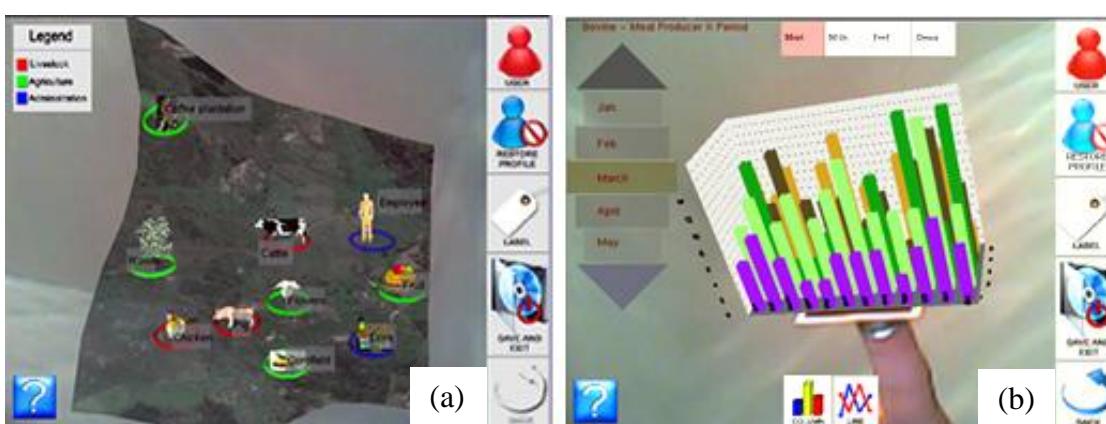
Ao término do cadastro do usuário o sistema carrega a tela inicial da aplicação (Figura 3 (a)). Nesta tela são apresentados diversos ícones sobre um suposto terreno que representam os campos de interesse que o sistema suporta. Junto a esta tela também são apresentados outros ícones referentes às funcionalidades do sistema em uma barra lateral direita.

Os ícones que representam os campos de interesse desta aplicação são envoltos de um anel vermelho, verde ou azul que representam, respectivamente, o campo da pecuária, agricultura e administração da fazenda.

O nível de transparência dos anéis representa o grau de interesse do usuário sobre cada um dos campos. A princípio, os anéis apresentam-se totalmente visíveis, mas na medida em que o usuário for navegando nos cenários, o sistema verifica seus interesses e adéqua o nível de transparência destes anéis. Sendo que, quanto mais transparente for o anel, entende-se que menos interesse o usuário terá por aquele determinado campo.

Os ícones referentes às funcionalidades do sistema podem ser acessados a partir do uso do teclado (digitando a tecla referente cada opção) ou marcadores que servirão como suporte de interação no sistema.

Os cenários que representam os campos de interesse complementados com as informações importadas no sistema foram construídos de forma semelhante. Os dados para visualização podem ser selecionados nas opções do menu superior do cenário (Figura 3 (b)).



**Figura 3. (a) Cenário inicial. (b) Cenário com informações sobre a produção de carne e leite, quantidade de alimentação utilizada e a quantia das raças dos bovinos da fazenda.**

Com o marcador de seleção o usuário pode selecionar os dados que serão apresentados nos gráficos e os que não serão apresentados. O tipo do gráfico pode ser escolhido a partir dos dois ícones dispostos na parte inferior do cenário. É importante ressaltar que, para a mudança dos gráficos, opcionalmente o usuário pode utilizar comandos de voz para esta ação.

#### 4. Considerações Finais

O processo de desenvolver aplicações de Realidade Aumentada e agregar técnicas de Visualização de Informações permite aprimorar a forma visual apresentada ao usuário tornando-a mais comprehensível e com um maior nível de abstração. Estas técnicas, quando aplicadas de maneira correta, permitem transformar a informação abstrata em formas gráficas inteligíveis e manipuláveis pelo usuário.

Estas aplicações, quando transformadas em aplicações adaptativas possibilitam alterar os aspectos de sua estrutura, funcionalidades ou interface para acomodar as necessidades e diferenças individuais de um usuário ou de um grupo deles. Estes sistemas armazenam um modelo com várias características dos usuários e podem ser usados para adaptar sua interface de acordo com o nível de conhecimento, dificuldades e preferências do usuário; apresentar informações ao usuário de acordo com o seu perfil;

auxiliar os usuários a encontrar informações; demonstrar, de acordo o objetivo do usuário, o melhor caminho de navegação e aprimorar a interação homem-máquina visando atingir uma melhor usabilidade

Para validar o sistema e obter soluções para o problema em estudo, foram realizados ensaios de interação de um experimento com versões não adaptadas e adaptadas do sistema e também um teste de usabilidade para apreciação do sistema. Estas tarefas foram avaliadas a partir de questionários ministrados aos usuários experimentais

Os ensaios de interação permitiram fazer uma simulação de uma situação real de trabalho em laboratório, da qual participaram quinze usuários experimentais da população-alvo do sistema. Esta metodologia promoveu a participação efetiva do usuário com o sistema e permitiu revelar problemas ligados à utilização real do mesmo. Os questionários aplicados foram úteis para obter as opiniões dos usuários a respeito do sistema e avaliar a satisfação dos mesmos em relação ao sistema e à sua operação.

A análise dos resultados gerados pela aplicação do questionário e execução do ensaio de interação revelou que a hipótese principal deste trabalho é válida, ou seja, a associação de técnicas de Realidade Aumentada às técnicas de Adaptabilidade e Visualização de Informações pode proporcionar interfaces mais persuasivas e aderentes ao usuário, contribuindo com o processo de entendimento das informações disponíveis no sistema.

Diversos aspectos que foram abordados neste trabalho podem ser estendidos visando acrescentar novas facilidades e aumentar o desempenho das aplicações desenvolvidas. Uma sugestão para trabalhos futuros seria a realização de novos estudos de casos longitudinais, envolvendo especialistas na análise e no domínio dos dados utilizando o sistema SAVIRA, com o objetivo de verificar e aperfeiçoar fatores relacionados à adaptação e usabilidade do sistema.

## Referências

- Ahn, J.-W. and Brusilovsky, P. Adaptive visualization of search results: Bringing user models to visual analytics. *Information Visualization*, 8(3):167-179, 2009.
- Alexandre, D. S.; Tavares, J. M. R. S. (2007) Factores da Percepção Visual Humana na Visualização de Dados. CMNE 2007 - Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia, XXVIII CILAMCE - Congresso Ibero Latino-Americano sobre Métodos Computacionais em Engenharia, Porto, PT.
- Aragon, C. R. and Hearst, M. A. 2005. Improving aviation safety with information visualization: a flight simulation study. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Portland, Oregon, USA, April 02 - 07, 2005). CHI '05. ACM, New York, NY, 441-450.
- Azuma, R. T., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B. (2001) Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, v .21, n.6, p. 34-47.
- Bayyari, A. and Tudoreanu, M. E. (2006) The impact of immersive virtual reality displays on the understanding of data visualization. In Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (Limassol, Cyprus, November 01 - 03, 2006). VRST '06. ACM Press, New York, NY, 368-371.
- Blackwell M., Nikou C., DiGioia A. M., and Kanade T., An Image Overlay system for medical data visualization, *Medical Image Analysis*. Volume 4, Issue 1, , March 2000, Pages 67-72.

- Bodner, R.; Chignell, M. Dynamic Hypertext: Querying and Linking. *ACM Computing Surveys*, Vol. 31, N° 4, December, 1999.
- Brockmann, R. J.; Horton, W and Brock, K. (1989). From database to hypertext via electronic publishing: an information odyssey. In R. Barrett (ed.), *The Society of Text: Hypertext, Hypermedia, and the Social Construction of Information*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 162-205.
- Brusilovsky, P. Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. Special issue on adaptive hypertext and hypermedia, Dordrecht, v. 6, 1996.
- Brusilovsky, P. Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction* v.11 n.1 pp.87-110. Kluwer. 2001.
- Bueno, M. A. S.; Lima, J. P. S. M.; Teichrieb, V.; Kelner, J. (2005) Meta 3D++ - Visualização de Informações em Realidade Aumentada. II Workshop sobre Realidade Aumentada. Unimep, Piracicaba, SP.
- Buriol, T. M. and Scheer, S. (2007), “Integração de modelagem tridimensional, visualização científica e realidade virtual com aplicações em subestações de energia elétrica”, *Espaço Energia - Revista técnico-científica da área de energia*, Ed. 06, Abril de 2007. 13-23.
- Carmo, M. B. D. P. D. and Cunha, J. M. G. D. (2002) Visualização de Informação Modelo Integrado para o Tratamento de Filtragem e Múltiplas Representações. Departamento de Informática, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Chen, C. (2005). Top 10 Unsolved Information Visualization Problems. *IEEE Computer Graphics and Applications* 25 (4), pp. 12-16.
- Chen, J.; Granier, X.; Lin, N. and Peng, Q. 2010. On-line visualization of underground structures using context features. In Proceedings of the 17th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '10). ACM, New York, NY, USA, 167-170.
- Chittaro, L. and Ranon, R. 2002. Dynamic generation of personalized VRML content: a general approach and its application to 3D e-commerce. In Proceedings of the Seventh international Conference on 3D Web Technology. Arizona, USA. Web3D '02. ACM, New York, NY, 145-154. 2002.
- Chittaro, L.; Ranon, R. Adding Adaptive Features to Virtual Reality Interfaces for E-Commerce. *Proceedings of AH-2000: International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems*, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, Berlin, PP. 86-97. 2000
- Claros, D.; De Haro, M., Domínguez, D., De Trazegnies, C., Urdiales, C. and Sandoval, F. (2007) Augmented Reality Visualization Interface for Biometric Wireless Sensor Networks. *Computational and Ambient Intelligence, 9th International Work-Conference on Artificial Neural Networks, IWANN 2007*, San Sebastian, Spain, June 20-22, 2007.
- Da Silva, C. G. (2007) Considerações sobre o uso de Visualização de Informação no auxílio à gestão de informação. XXXIV SEMISH - Seminário Integrado de Software e Hardware. Rio de Janeiro - RJ, 2007.

De Aragão, A. L. Utilização de aprendizado de máquina para adaptação de estruturas em hipermídia adaptativa. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC - Universidade de São Paulo (USP). São Carlos - SP. Mar. 2004.

De Bra, P.; Aerts, Ad; Houben, Geert-Jan; Wu, Hongjing. Making General-Purpose Adaptive Hypermedia Work. In: World Conference on the WWW and Internet, 2001. Orlando, EUA. Anais. Orlando: Association for the Advancement of Computing in Education, 2001, p.117-123.

Edmunds, A.; Morris, A., "The problem of information overload in business organizations: a review of the literature", International Journal of Information Management, 20, 17-28, 2000.

Ehret, J., Ebert, A., Schuchardt, L., Steinmetz, H., Hagen, H., "Context-Adaptive Mobile Visualization and Information Management," Visualzation Conference, IEEE, pp. 8p, 15th IEEE Visualization 2004 (VIS 2004), 2004.

Fiala, M., (2005) ARTag, a fiducial marker system using digital techniques. Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on , vol.2, no., pp. 590-596 vol. 2, 20-25 June 2005.

Freitas, C. M. D. S.; Chubachi, O. M.; Luzzardi, P. R. G.; Cava, R. A. Introdução à Visualização de Informação. Revista de Informática Teórica e Aplicada, v.2, p.143-158. 2001.

Frery, A. C., Kelner, J., Moreira, J., Teichriebet, V. (2002) User satisfaction through empathy and orientation in three-dimensional worlds. Cyber-Psychology and Behavior Journal. United States of America. V.5, n.5, pp.451 - 459.

Hartman, F.R.; Cooper, B.; Leger, C.; Maxwell, S.; Wright, J.; Yen, J., "Data visualization for effective rover sequencing," Systems, Man and Cybernetics, 2005 IEEE International Conference on , vol.2, no., pp. 1378-1383 Vol. 2, 10-12 Oct. 2005.

Hashimoto, Y., Nagaya, N., Kojima, M., Miyajima, S., Ohtaki, J., Yamamoto, A., Mitani, T., Inami, M. Straw-like User Interface: Virtual Experience of the Sensation of Drinking Using a Straw, Proc. of the 2006 ACM SIGCHI Int'l Conf. on Advances in Comp. Entertainment Tech (ACE '06), 2006.

Hedley, N. R., Billinghurst, M., Postner, L., May, R., and Kato, H. 2002. Explorations in the use of augmented reality for geographic visualization. Presence: Teleoper. Virtual Environ. 11, 2 (Apr. 2002), 119-133.

Isakowitz, T.; Stohr, E. A.; Balasubramanian, P. RMM: a Methodology for Structures Hypermedia Design. Communications of ACM, Vol. 38, Nº8, pp. 34-44, Agosto, 1995.

Kato, H.; Billinghurst. M.; Poupyrev, I. (2000) ARToolKit version 2.33 Manual, Novembro.

King, G.R. Piekarski, W. Thomas, B.H. ARVino - outdoor augmented reality visualisation of viticulture GIS data. Mixed and Augmented Reality, 2005. Proceedings. Fourth IEEE and ACM International Symposium on. Wearable Comput. Lab., South Australia Univ., Mawson Lakes, SA, Australia, 2005.

Kirner, C. and Kirner, T. G. (2006) A Data Visualization Virtual Environment Supported by Augmented Reality. 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. Taipei: Proceedings of

Kirner, C. and Siscoutto, R. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações. Editora SBC - Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, 2007. Livro do pré-simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis - RJ, 2007.

Knoerlein, B., Székely, G., and Harders, M. 2007. Visuo-haptic collaborative augmented reality ping-pong. In Proceedings of the international Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (Salzburg, Austria, June 13 - 15, 2007). ACE '07, vol. 203. ACM, New York, NY, 91-94.

Larsen, J. E.; Stopczynski, A.; Larsen, J.; Vesterskov, C.; Krogsgaard, P. and Sondrup, T. 2011. Augmenting the sound experience at music festivals using mobile phones. In Proceedings of the 16th international conference on Intelligent user interfaces (IUI '11). ACM, New York, NY, USA, 383-386.

Loosea, J.; Grasset, R.; Seichter, H.; Lamb, P. Osgart artoolkit for opens-cenegraph. Disponível em: <http://www.artoolworks.com/community/osgart>. Acesso em: 30 mar. 2011.

Macías, J. A.; Castells, P. In: Ortega, M.; Bravo, J. (Ed). Interactive Design of Adaptive Courses. Computers and Education - Towards an Inter-connected Society. Dordrecht: Kluwer, 2001. p.235-242.

MacIntyre, B., Gandy, M., Dow, S., and Bolter, J. D. (2004). DART: a toolkit for rapid design exploration of augmented reality experiences. In Proceedings of the 17th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (Santa Fe, NM, USA, October 24 - 27, 2004). UIST '04. ACM, New York, NY, 197-206.

Mackinlay, J.D., "Opportunities for information visualization," Computer Graphics and Applications, IEEE , vol.20, no.1, pp.22-23, Jan/Feb 2000.

Malkawi A. M., and Srinivasan R. S., A new paradigm for Human-Building Interaction: the use of CFD and Augmented Reality, Automation in Construction Volume 14, Issue 1, January 2005, Pages 71-84.

Martins, V. F. (2000) Processo de Desenvolvimento de Ambientes e Aplicações de Realidade Virtual. Dissertação de Mestrado (Ciência da Computação). Universidade Federal de São Carlos.

Maynes-Aminzade, D. Edible Bits: Seamless Interfaces Between People, Data, and Food, ACM CHI 2005 Extended Abstracts, 2207-2210.

Meiguins, B. S., do Carmo, R. M., Almeida, L., Gonçalves, A. S., Pinheiro, S. C., de Brito Garcia, M., and Godinho, P. I. 2006. Multidimensional information visualization using augmented reality. In Proceedings of the 2006 ACM international Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications (Hong Kong, China). VRCIA '06. ACM, New York, NY, 391-394.

Moore, K. VRML and java for interactive 3D cartography. In: Cartwright, W.; Peterson, M. P.; Gartner, G. Multimedia Cartography. [S. l.]: Springer, 1999. 343 p., p.205-216.

Mynatt, E. D., Back, M., Want, R., and Frederick, R. 1997. Audio aura: light-weight audio augmented reality. In Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (Banff, Alberta, Canada, October 14 - 17, 1997). UIST '97. ACM, New York, NY, 211-212.

- Nakamoto T. and Min, P.H.D. Improvement of Olfactory Display Using Solenoid Valves, Proc. of IEEE Virtual Reality 2007, 179-186.
- NetCoach. Mantida pela ORBIS. Ferramenta para desenvolvimento de SHA. Disponível em: <<http://www.net-coach.de>>. Acesso em: 10 jul. 2005.
- Oliveira, F. L. et al. Modelo de interfaces adaptativas utilizando redes bayesianas. In: Anais do V Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins. Palmas. TO. Out. 2003.
- Robertson, G. G., Mackinlay, J. D., and Card, S. K. Cone trees: Animated 3D visualizations of hierarchical information. In Robertson, S. P., Olson, G. M., and Olson, J. S., editors, Proc. ACM Conf. Human Factors in Computing Systems, CHI, pages 189–194. ACM Press. 1991.
- Rodrigues, C. S. C. 2010. VisAr3D: an approach to software architecture teaching based on virtual and augmented reality. In Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering - Volume 2 (ICSE '10), Vol. 2. ACM, New York, NY, USA, 351-352.
- Santhanam, A.P., T.R. Willoughby, I. Kaya, A.P. Shah, S.L. Meeks, J.P. Rolland, & P. Kupelian "A Display Framework for Visualizing Real-time 3D Lung Tumor Radiotherapy" Journal of Display Technology (Special Issue on Medical Displays), 4(4), 473-482, 2008.
- Santos, C. T.; Osório, F. S. An Intelligent and Adaptive Virtual Environment and its Application in Distance Learning. Advanced Visual Interfaces, Gallipoli, Italy, May, ACM Press. 2004.
- Saqqoosha. Saqqoosha.net: Start-up guide for FLARToolkit. <http://saqqoosha.net/en/flar toolkit/start-up-guide/>. 2009.
- Schimiguel, J. (2002) Interface 3D de Aplicações SIG como Espaço de Comunicação, Dissertação de mestrado, IC. Unicamp.
- Sinclair, P. A., Martinez, K., Millard, D. E., and Weal, M. J. 2003. Augmented reality as an interface to adaptive hypermedia systems. Hypermedia 9, 1 (Jan. 2003), 117-136.
- Souza Junior, R. D., B. S. Meiguins e M. Ribeiro Filho. Ferramenta Colaborativa para Visualização Tridimensional de Dados. VIII Symposium on Virtual Reality. Belém - PA 2006.
- Systems, F. I. 3D ACTIVE CHART. Disponível em: <http://www.r invoice.com/activechart.htm>. Acesso em 27 de fev. de 2004.
- Trella, Mónica; Carmona, Cristina; Conejo, Ricardo. MEDEA: an Open Service-Based Learning Platform for Developing Intelligent Educational Systems for the Web. In: Workshop on Adaptive Systems for Web-Based Education: Tools and reusability, 2005, Amsterdam, Holanda.
- Tsuchimoto, T. and Nikishkov, G. P. 2006. Augmented-Reality Visualisation of Tissue Stiffness Data. In Proceedings of the international Conference on Medical information Visualisation--Biomedical Visualisation (July 05 - 07, 2006). MEDIVIS. IEEE Computer Society, Washington, DC, 59-64.
- Wagner, D. Augmented Reality on Truly Mobile Devices. Disponível: Studierstube Augmented Reality Project site. Disponível em: [http://studierstube.icg.tugraz.ac.at/handheld\\_ar/ar toolkitplus.php](http://studierstube.icg.tugraz.ac.at/handheld_ar/ar toolkitplus.php). Acesso em 30 mar. 2011.

Walairacht, S., Yamada, K., Hasegawa, S., Koike, Y., and Sato, M. 2002. 4 + 4 fingers manipulating virtual objects in mixed-reality environment. Presence: Teleoper. Virtual Environ. 11, 2 (Apr. 2002), 134-143.

Ware C. and Frank G. (1996) Evaluating Stereo and Motion Cues for Visualizing Information Nets in Three Dimensions. ACM Transactions on Graphics, 15(2), p.121-139. 1996.

Yamada, T., Yokoyama, S., Tanikawa, T., Hirota, K., Hirose, M. Wearable Olfactory Display: Using Odor in Outdoor Environment, Proc. of IEEE Virtual Reality 2006, 199-206.

Yanagida, Y., Kawato, S., Noma, H., Tomono, A., Tetsutani, N. Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking, Proc. of IEEE Virtual Reality 2004, 43-50.

Zanchett, P. S.; Dalfovo, O. Sistema de Aprendizagem para Maior Idade - SAMI. In: Oscar Dalfovo. (Org.). Sistema de Aprendizagem para Maior Idade - SAMI. Blumenau: Acadêmica, 2004, v. 1, p. 139-158

Zorral, E. R.; Cardoso, A.; Kirner, C.; Lamounier Júnior, E. Visualização de Dados Relativos a Redes de Computadores Usando Realidade Virtual e Aumentada. In: IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2007, Petrópolis-RJ. 2007.

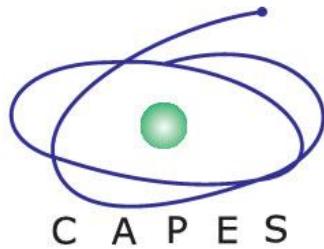
## Autores

**Ezequiel Roberto Zorral** - é professor do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Graduado em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Adventista de São Paulo (2005). Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (2009). Atua como pesquisador na área de Realidade Virtual e Aumentada, Visualização de Informações e Jogos Educacionais. É o criador e mantenedor do Portal sobre Realidade Aumentada no Brasil: <http://www.realidadeaumentada.com.br>. Contato: [ezorral@gmail.com](mailto:ezorral@gmail.com)

**Alexandre Cardoso** - Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1987), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1991) e doutorado em Engenharia Elétrica (Engenharia de Sistemas Digitais) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2002). É professor associado da Universidade Federal de Uberlândia e Coordenador do Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica (mestrado e doutorado). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação, com ênfase em Engenharia de Software e Computação Gráfica, atuando principalmente nos seguintes temas: Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Educação, Ambientes Virtuais, Interfaces Humano Computador e Visualização da Informação. Atuou como Coordenador da Comissão Especial de Realidade Virtual da SBC e é membro da mesma desde sua criação. Contato: [Alexandre@ufu.br](mailto:Alexandre@ufu.br)

**Claudio Kirner** - é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1973), mestre em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1978) , doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1986) e pós-doutor pela University of Colorado at Colorado Springs - UCCS (1993-1995) . Atualmente é Professor Adjunto na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Tem experiência em Realidade Virtual e Realidade Aumentada, Interação Humano-Computador, Ambientes Colaborativos e Educação à Distância. Coordenou o I Workshop de Realidade Virtual, em 1997, e o I Workshop de Realidade Aumentada, em 2004, e outros subseqüentes. Orientou 28 alunos de mestrado e 8 de doutorado; coordenou Projetos CNPq, FAPESP, RHAE e FAPEMIG, num montante aproximado de 900.000 Reais; publicou cerca de 230 artigos científicos e 40 livros e capítulos. Contato: [ckirner@gmail.com](mailto:ckirner@gmail.com) | [ckirner@unifei.edu.br](mailto:ckirner@unifei.edu.br)

# Patrocinadores



**FAPEMIG**



# SVR2011

## XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality



May 23-26.2011

Uberlândia - Minas Gerais - Brazil