

A INFLUÊNCIA DOS AGENTES INTELIGENTES NA NAVEGAÇÃO DOS  
USUÁRIOS EM AMBIENTES VIRTUAIS

Anderson Souza de Araújo

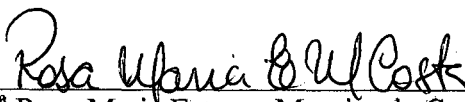
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM  
ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:



---

Prof. Luis Alfredo Vidal de Carvalho, D.Sc.



---

Profª Rosa Maria Esteves Moreira da Costa, D.Sc.



---

Prof. Alexandre Gonçalves Evsukoff, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO DE 2004

ARAÚJO, ANDERSON SOUZA DE

A Influência dos Agentes Inteligentes  
na Navegação dos Usuários em Ambientes  
Virtuais [Rio de Janeiro] 2004

XI, 93 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ,  
M.Sc., Engenharia de Sistemas e  
Computação)

Tese – Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, COPPE

1. Realidade Virtual. 2. Agentes  
Inteligentes. 3. Comunicação Mediada  
por Computador

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

## Agradecimentos

---

Agradeço a Deus, aos meus professores e pais: Ademir Araújo da Costa – UFRN e Maria de Deus Souza de Araújo.

Ao meu professor e orientador: Luis Alfredo Vidal de Carvalho – COPPE / UFRJ. A Professora Rosa Maria Esteves Moreira da Costa – UERJ.

A minha irmã Shirley Souza de Araújo.

Aos meus tios Aldo, Elizabete, Alberto e Marta Araújo.

Aos amigos e colegas da linha de pesquisa de Inteligência Artificial do Programa de Engenharia de Sistemas de Computação da COPPE / UFRJ.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Agora que eu olhei pra trás, eu vou pegar outra estrada...”*

Pit Passarell

Resumo da Tese apresentada a COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc)

## A INFLUÊNCIA DOS AGENTES INTELIGENTES NA NAVEGAÇÃO DOS USUÁRIOS EM AMBIENTES VIRTUAIS

Anderson Souza de Araújo

Dezembro/2004

Orientador: Luis Alfredo Vidal de Carvalho

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Este trabalho investiga a influência dos agentes inteligentes na navegação dos usuários em ambientes virtuais, explorando a tecnologia de agentes inteligentes aplicada a ambientes implementados em realidade virtual.

O objetivo é testar e comparar o poder que os diversos tipos de agentes inteligentes exercem sobre a navegação de uma população de usuários, bem como identificar as extremidades dessa influência com a utilização de anti-agentes.

Por fim, descreve os resultados e faz uma avaliação individual e comparativa entre cada tipo de navegação.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements of the degree of Master by Science (M.Sc)

**A INFLUÊNCIA DOS AGENTES INTELIGENTES NA NAVEGAÇÃO DOS  
USUÁRIOS EM AMBIENTES VIRTUAIS**

Anderson Souza de Araújo

December/2004

Advisor: Luis Alfredo Vidal de Carvalho

Department: *Computer and System Engineering*

This work investigates how intelligent agents can influence the users navigation through a virtual environment. We explore the intelligent agent technology applied to virtual reality environments.

The goal is to test and to compare the power of several kinds of intelligent agents in the navigation of a set of users, identifying the influence of anti-agents.

Finally, we show the results and an evaluation of each kind of navigation.

# Sumário

---

<b>Capítulo 1 – Introdução</b>	01
1.1 – Introdução	01
1.2 – Objetivos	02
1.3 – Organização do Trabalho	03
1.4 – Contribuições	04
<b>Capítulo 2 – Comunicação Mediada por Computador</b>	05
2.1 – Contexto Histórico	06
2.2 – Questões Levantadas em CMC	07
2.2.1 – Inovação Tecnológica	07
2.2.2 – Sinergia Tecnológica	08
2.2.3 – Filosofia	08
2.3 – Comunicação Mediada por Computador	09
2.4 – Utilização de Tecnologias de CMC	12
2.5 – Principais Temas de Pesquisa	13
2.5.1 – Acesso Democratizado	14
2.5.2 – Qualidade da Informação	14
2.5.3 – Vantagens e Desvantagens	14
<b>Capítulo 3 – Realidade Virtual</b>	16
3.1 – Contexto Histórico	17
3.2 – Realidade Virtual	18
3.2.1 – Modalidades de Realidade Virtual	19
3.2.2 – Tipos de Sistemas RV	20
3.2.2.1 – Sistema de Telepresença	20

3.2.2.2 – Sistema de Realidade Virtual Plena -----	20
3.2.2.3 – Sistema de Realidade Aumentada -----	21
3.2.3 – Tipos de Interação -----	21
3.3 – Ambientes Virtuais -----	22
3.4 – Técnicas de Modelagem de Ambientes Virtuais -----	24
3.4.1 – Geometria -----	24
3.4.2 – Cinemática -----	25
3.4.3 – Física -----	25
3.4.4 – Comportamento -----	25
3.4.5 – Técnicas de Otimização na Modelagem de Ambientes Virtuais-----	26
3.5 – Implementação -----	26
3.6 – Sistemas Distribuídos de Realidade Virtual -----	27
3.7 – VRML – <i>Virtual Reality Modeling Language</i> -----	30
3.8 – Aplicações de Realidade Virtual -----	32
3.8.1 – Agentes Inteligentes na Realidade Virtual -----	33
<b>Capítulo 4 – Agentes Inteligentes -----</b>	<b>35</b>
4.1 – Agentes Inteligentes - Conceitos-----	35
4.2 – Características dos Agentes Inteligentes-----	36
4.3 – Tipos de Agentes Inteligentes -----	40
4.4 – A Inteligência dos Agentes -----	40
4.4.1 – Agência e Inteligência -----	40
4.4.2 – Estados Mentais dos Agentes -----	41
4.4.3 – Interação -----	42
4.5 – Arquitetura dos Agentes -----	42
4.6 – Implementando Agentes -----	43

4.6.1 – Agentes de Interface .....	44
4.7 – Técnicas de Aprendizado .....	45
4.8 – Sistemas Multi-Agentes e Colaboração .....	47
4.9 – Agentes Móveis .....	49
4.9.1 – Utilização de Agentes Móveis .....	50
4.10 – Comentários Finais .....	50
<b>Capítulo 5 – O Ambiente Virtual Arte Show .....</b>	<b>52</b>
5.1 – O Ambiente Virtual .....	52
5.2 – Os Agentes Inteligentes .....	60
5.2.1 – Características dos Agentes Implementados .....	60
5.2.2 – Arquitetura e Implementação dos Agentes .....	62
5.2.2.1 – O Agente .....	62
5.2.2.2 – O Anti-Agente .....	65
<b>Capítulo 6 – Testando a Influência dos Agentes Inteligentes na Navegação dos</b>	
<b>Usuários no Ambiente Virtual Arte Show .....</b>	<b>66</b>
6.1 – Teste de Navegação Sem a Presença de Agente (Teste 1) .....	69
6.2 – Testes de Navegação Com a Presença de Agente .....	70
6.2.1 – Teste 2: Agente Padrão .....	73
6.2.2 – Teste 3: Anti-Agente Padrão .....	75
6.2.3 – Teste 4: Agente com Interface Definida pelo Usuário .....	76
6.2.4 – Teste 5: Anti-Agente com Interface Definida pelo Usuário .....	79
6.3 – Análise Comparativa dos Resultados .....	81
<b>Capítulo 6 – Conclusões e Perspectivas Futuras .....</b>	<b>83</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>86</b>
<b>Anexo 1 .....</b>	<b>92</b>



**Anexo 2** -----93

**Anexo 3** -----94

## Lista de Figuras

---

Figura 3.1: Dispositivos Especiais para Realidade Virtual

Figura 3.2: Um Sistema Realidade Virtual

Figura 3.3: Tipos de Sistemas RV Multi-Usuário

Figura 3.4: Comportamento de um *Browser* VRML

Figura 5.1: Mapa 2D da Sala Principal da Arte Show

Figura 5.2: Visão Externa e Interna da Sala Principal da Arte Show

Figura 5.3: Mapa 2D da Sala de Exibição

Figura 5.4: Visão Externa e Interna da Sala de Exibição da Arte Show

Figura 5.5: Mapa 2D da Sala de Exposição da Arte Show

Figura 5.6: Visão Interna e Externa da Sala de Exposição da Arte Show

Figura 5.7: Modelo da Organização Hierárquica do Ambiente

Figura 5.8: Níveis de Interação do Usuário com o Agente no Ambiente Virtual

Figura 5.9: Árvore de Decisão Utilizada pelos Agentes Inteligentes no Ambiente

Figura 6.1: Tela de Escolha das Exposições Favoritas

Figura 6.2: Exemplo de Interação Usuário-Agente

Figura 6.3: Tela de Escolha das Características do Guia (Agente) nos Testes 4 e 5

Figura 6.4: Interface dos Agentes Inteligentes (Guias)

Figura 6.5: Tela de Exibição do Perfil do Guia (Agente) Definido pelo Usuário

## **Lista de Tabelas**

---

Tabela 6.1: Resultados do Teste 2

Tabela 6.2: Resultados do Teste 3

Tabela 6.3: Resultados do Teste 4

Tabela 6.4: Resultados do Teste 5

# Capítulo 1

## 1.1 Introdução

No final dos anos 60, quando o Departamento de Defesa Norte-Americano e Instituições de pesquisa universitárias conectaram computadores localizados em regiões físicas diferentes (DARPA, 2004), estabeleceu-se uma nova forma de comunicação entre os seres humanos: a Comunicação Mediada por Computador - CMC (December, 2004). Desde então a CMC tem experimentado mudanças constantes ao longo do tempo culminando com advento da Internet, a rede internacional de computadores. Estudos têm sido feitos no sentido de investigar de que forma essa comunicação afeta o relacionamento entre as pessoas e entre elas e a própria máquina.

Em meados dos anos 90, com o advento e a popularização da Realidade Virtual na Internet, através da recém criada linguagem de modelagem de ambientes realidade virtual – VRML (Ames, 1997), uma grande gama de ambientes virtuais surgiram não só como forma de entretenimento, mas como ferramenta de pesquisas nas mais diversas áreas de concentração, bem como meio de comunicação.

Ao mesmo tempo, técnicas de inteligência artificial começam a ser aplicadas na implementação desses ambientes virtuais, principalmente no que diz respeito a utilização de agentes inteligentes como personagens ou parte integrante do próprio mundo virtual.

As diferentes modalidades de interação humano-computador promovidas pela integração dessas tecnologias, incentivam a busca de estratégias que intensifiquem a interação humano-computador.

Diversas pesquisas têm sido feitas no sentido de estudar e investigar a comunicação mediada por computador (December, 2004) (Jones, 1998). Entretanto, poucos estudos têm sido desenvolvidos sobre os impactos da tecnologia de realidade virtual como um meio de comunicação.

O uso de agentes inteligentes como personagens e guias de navegação em ambientes realidade virtual bem como sua interação com usuário imersos neste tipo de ambiente tem sido objeto de vários estudos nos últimos anos (Katagiri, 2001).

Entretanto, grande parte das pesquisas desenvolvidas nesta área abandonam as questões técnicas envolvidas na construção dos agentes. O enfoque na capacidade de comunicação mediada por computador através dos agentes, na maioria das vezes é deixado em segundo plano. (Schwaiger, 2001) (Tavares, 2003)

Em geral, os resultados obtidos indicam que existe uma influência exercida pelos agentes inteligentes na navegação e, até mesmo, no comportamento dos usuários imersos em ambientes virtuais. Verificar até onde vai esta influência e que magnitude ela tem são algumas das principais motivações para realização deste trabalho. Um outro fator importante a ser estudado é a comparação entre diversos tipos de agentes inteligentes imersos em ambientes virtuais, identificando assim quais tipos de agentes exercem maior domínio sobre os usuários e quais atitudes, soluções e comportamentos mais adequadamente se adaptam a realização deste tipo de comunicação mediada por computador.

O enfoque em CMC também é um dos motivos que diferencia a pesquisa aqui desenvolvida da maior parte de literatura encontrada atualmente.

## **1.2 – Objetivos**

Nossos objetivos principais são:

- Desenvolver um ambiente virtual para navegação de usuários guiados por agentes inteligentes com interface virtual humana;
- Implementar os tipos de agentes mais comuns nas pesquisas consultadas;
- Testar os limites da influência do agente sobre a navegação dos usuários no ambiente virtual com a implementação de anti-agentes;
- Analisar individualmente e comparativamente os resultados obtidos estabelecendo uma escala de níveis de influência na navegação guiada por agente.

### 1.3 – Organização do Trabalho

Inicialmente descrevemos aspectos relativos a comunicação mediada por computador, contexto histórico, aplicações e o desenvolvimento que a área vem tendo ao longo dos anos, bem como sua interação com a realidade virtual.

No Capítulo 3 apresentamos aspectos relativos a realidade virtual, contextualizando-a historicamente. Descrevemos suas áreas de aplicações, os tipos de realidade virtual e sua popularização com o advento da *Virtual Reality Modeling Language* – *VRML*. Também apresentamos aspectos relativos a agentes inteligentes imersos em ambientes virtuais e seus modelos de interação com usuários.

No Capítulo 4 descrevemos a tecnologia de agentes inteligentes, suas diversas classificações e definições, bem como áreas de aplicação e sua estreita relação com a realidade virtual discutida no capítulo anterior.

No Capítulo 5 descrevemos o ambiente implementado para realização dos testes de navegação, os agentes e as estratégias de implementação para cada tipo de agente, além de uma classificação baseada nos princípios discutidos no capítulo anterior.

Em seguida são explicados e definidos os testes realizados, regras de navegação e critérios de avaliação individuais e comparativos para cada tipo de teste. Definimos também os objetivos de cada teste e os resultados esperados para cada um deles.

A seguir exibimos os resultados dos testes onde, inicialmente é feita uma análise individual de cada teste e comparativa com o teste relacionado ao mesmo. Explicamos aqui os resultados obtidos e suas diferenças, se houver, dos resultados esperados.

Por último é feita uma análise comparativa dos resultados obtidos explicando esses resultados e justificando suas diferenças com os resultados esperados, quando as mesmas ocorrerem, estabelecendo uma escala de nível de influência dos agentes sobre os usuários.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões, contribuições e indica futuros trabalhos que podem ser desenvolvidos a partir dos resultados desta pesquisa.

## 1.4 – Contribuições

Este trabalho apresenta como principais resultados:

- Estudo interdisciplinar das três áreas de aplicação: Comunicação Mediada por Computador, Realidade Virtual e Agentes Inteligentes (Inteligência Artificial);
- Apresentação de métodos de implementação de agentes inteligentes em ambientes virtuais utilizando a tecnologia de Redes Neurais Artificiais e Árvores de Decisão;
- Estudo comparativo da influência que os diversos tipos de agentes inteligentes exercem na navegação de usuários em ambientes virtuais;
- Análise dos limites da influência dos agentes na navegação e comportamento dos usuários imersos em ambientes virtuais;
- Análise de fatores como: nível de confiança, poder de persuasão, poder de indução dos agentes e foco de atenção dos usuários;
- Determinação de escala de nível de influência de agentes sobre usuários.

# Capítulo 2

## Comunicação Mediada por Computador

A Comunicação Mediada por Computador – CMC, do inglês “*Computer Mediated Communication*”, é definida como sistemas que provêm comunicação entre usuários através de dispositivos computacionais. CMC é uma área de pesquisa científica que estuda os diversos fatores e conseqüências envolvidas na interação entre os humanos mediada por computadores.

Além de prover comunicação entre seres humanos a CMC também provê meios para promover trabalho colaborativo entre grupos de pessoas separadas por tempo e/ou distância, educação e treinamento à distância, conferências, reuniões e grupos de discussões, seminários, entre outras aplicações.

Segundo Olguin (Olguin, 2000), comunicação mediada por computador pode ser definida como a “comunicação entre diferentes participantes que estão separados em espaço e/ou tempo, mediada por computadores que estão interconectados”.

A natureza ambígua da comunicação eletrônica tem se manifestado firmemente na CMC. Serviços de comunicação como os servidores *Web*, Servidores de E-Mail, serviços de notícias em tempo real, previsão do tempo, etc, são exemplos de tipos de comunicação mediada por computador. Atualmente, a comunicação escrita é considerada como superada pelos serviços de correio eletrônico, telefone e fax, entre outros. Os números vêm corroborando esta percepção, já que existem milhões de provedores na Internet e milhares de pessoas usam uma grande gama de serviços disponíveis. Várias redes de comunicação de computadores nascem a cada dia juntamente com serviços de TV a cabo, microondas, telefonia celular e diversos outros tipos de tecnologia que apóiam a CMC.

As tecnologias de CMC quando aliadas à tecnologia de áudio e vídeo em microcomputadores torna esses três elementos: o rádio, a televisão e o computador cada vez mais próximos. Estudos sobre a formação de novas sociedades baseadas na junção



dos três conceitos (rádio, TV e computadores) mais conhecida como sociedade cibernética, ganham cada vez mais atenção por parte da comunidade científica internacional. Esse novo conceito social e essa noção de comunidade têm um alto grau de dependência com CMC e a habilidade de distribuição e compartilhamento eficaz da informação entre as mais variadas distâncias físicas. Carey e Quirk (Dick et. Al, 2000) (Carey, 1996) afirmam que técnicas de comunicação eletrônica têm motivado e forçado um desejo de mudança social com uma quase que natural recriação de uma sociedade humana.

## 2.1 – Contexto Histórico

A cybersociedade nasce das diversas formas de CMC providas atualmente pelas estruturas de redes de computadores. Essas estruturas que interligam redes de computadores, nasceram por volta do final dos anos 60 e início dos anos 70 quando o Departamento de Defesa Norte-Americano aliado a várias instituições de pesquisa universitárias conectaram computadores localizados em regiões físicas diferentes via DARPA (*Defense Advanced Research Program Agency*) (DARPA, 2004). O resultado foi à formação de uma rede conhecida como **Arpanet** que permitia acesso ao sítio de cada computador conectado a rede, não somente para comunicação, mas principalmente para pesquisa. A **Arpanet** era utilizada como principal meio de compartilhamento de informações científicas por cientistas e pesquisadores de instituições conectadas a rede através de correio eletrônico. Inicialmente, não muito diferente do correio tradicional, onde os usuários enviam mensagens de uma pessoa para outra.

O tempo torna evidente a necessidade de se distribuir a informação não de uma pessoa para outra mas de uma pessoa para muitos usuários. Surgiram então as listas de e-mails. Essas listas permitiam que um usuário enviasse uma mensagem para um ponto central da rede que a distribuía para os outros usuários da referida lista. Eventualmente as listas tratavam de assuntos em especial e os termos "**bulletin board**" e "**mailing list**" surgiram como soluções para trazer algum tipo de interabilidade à rede. *Bulletin Boards* eram enviados a computadores que poderiam ser conectados por uma linha telefônica padrão através de um modem. Ambos, *board* e *list* proviam informações e notícias para seus respectivos usuários o que mais tarde fez surgir o

termo “*newsgroup*”. Nos grupos de notícias as mensagens enviadas pelos usuários ficam armazenadas e disponíveis para visualização dos demais usuários do grupo. A maior manifestação de *newsgroup* é conhecida como **Usenet**, que nada mais é que um grande repositório de milhares de *newsgroup* acessíveis à maioria dos computadores conectados a Internet.

Outras redes de computadores surgiram durante os anos 70 e várias técnicas de *hardware* e *softwares* de protocolo de rede foram desenvolvidas permitindo a essas redes se conectarem a então **Arpanet** que com seu crescimento mais tarde acabou por se transformar no que conhecemos hoje por Internet. Tudo isso graças a Fundação Nacional de Ciência Norte-Americana.

A Internet serve essencialmente como o principal ponto de conexão entre a muitas outras redes de computadores. É como se fosse um grande espinha dorsal onde as redes se ligam umas as outras. A Internet é uma rede de computadores descentralizada e seu gerenciamento ocorre via NSF (*National Scientific Foundation*) (NSF, 2004). Entretanto nenhum grupo a controla. Por outro lado uma variedade de grupos como *Internet Society* e InterNIC circulam informações, resoluções e pesquisas sobre os requisitos e necessidades da rede. Existem várias propostas para utilização da Internet, mas as mais freqüentes são as de correio eletrônico e *newsgroup*. Não por acaso essas duas propostas formam a base da CMC e são as mais discutidas na CyberSociedade.

## 2.2 – Questões Levantadas em CMC

### 2.2.1 – Inovação Tecnológica

A cada ano um grande número de tecnologias de ponta se lança ao mercado dos microcomputadores e da internet. A aumento da utilização de mídias avançadas como áudio, vídeo, gráficos 3D e ambientes em realidade virtual vem criando uma verdadeira revolução no estudo da CMC nos últimos anos, aumentando de forma considerada o leque de seu alcance tecnológico e humanístico.

Nos primórdios da CMC, quando a mídia texto ainda dominava o mercado, as pesquisas na área se voltavam apenas para esse tipo de mídia. No estágio atual os

estudo de CMC ficaram cada vez mais complexos e interessantes na medida que, novas mídias e formas de comunicação vão surgindo e ganhando seu espaço no mercado computacional, abrindo um leque cada vez maior de pesquisas e novas possibilidades de estudos avançados ainda não pesquisados.

### **2.2.2 – Sinergia Tecnológica**

A área de CMC representa não só um novo e vasto campo de pesquisa científica, mas sim segundo Olguin (Olguin, 2000), uma sinergia tecnológica das áreas de Ciência da Computação, Ciências do Conhecimento e Engenharia de Telecomunicações. Interfaces baseadas em agentes inteligentes ou interfaces inteligentes, interação através de ambientes realidade virtual são apenas algumas das grandes gamas de aplicações que englobam os conceitos tecnológicos supracitados.

### **2.2.3 – Filosofia**

O estágio atual de pesquisas em CMC aponta para algumas vertentes de discussões que parecem render estudos ainda durante um bom tempo. Dentre elas duas das principais discussões são os debates entre o construtivismo e o objetivismo, e o humanismo versus a mecanização.

Sem dúvida o uso da CMC está fortemente ligada a teoria construtivista o que faz da mesma um dos principais fatores de incentivo ao uso das tecnologias de CMC. Uma outra discussão que quase não tem fim é a abordada pelos humanistas, que atacam a mecanização cada vez mais crescente na relação e interação entre os seres humanos, das quais podemos tirar conclusões tanto pessimistas quanto otimistas.

A quantidade de pesquisas científicas na área de CMC, desenvolvida atualmente, ainda não foi suficiente para validar as teorias e opiniões das diversas abordagens, bem como elaborar e regulamentar uma série de requisitos para implementação de sistemas CMC. (Olguin, 2000) (December, 2004)

## 2.3 – Comunicação Mediada por Computador

O uso de terminais computacionais para mediação do processo comunicativo entre seres humanos fez surgir algumas características singulares a este processo interativo específico. Dentre essas características podemos citar:

- Um alto nível de interação na comunicação entre os usuários desse tipo de sistema computacional com suporte a processos interativos complexos e com alto grau de qualidade;
- Comunicação multi-direcionada onde, no mínimo, têm-se processos comunicativos ocorrendo em duas direções. Por exemplo, correio eletrônico.

Processos de comunicação síncrona e assíncrona são utilizados de acordo com situações momentâneas ou definições de aplicações específicas.

Vários caminhos podem ser traçados na tentativa de se entender as conexões entre CMC e sua comunidade de usuários, especialmente quando se sabe que as atuais tecnologias continuam convergindo. A tecnologia de Realidade Virtual e seus videogames como **Nintendo** e **Sega**, por exemplo, provêm cada vez mais formas de comunicação e interação entre as pessoas. (NINTENDO, 2004) (SEGA, 2004)

Kramarae (Jones, 1998) define fortes ligações entre a revolução da informação, realidade virtual, entretenimento e sensação, apresentando fortes críticas às novas tecnologias. Para ela, RV pode ser “uma tentativa de transformação em um mundo mais são, ou vindo de outra forma, em nos distanciarmos do mundo físico ao qual criamos para os mundos virtuais, os quais igualmente criaremos”.

Certamente, as novas tecnologias de comunicação parecem estar predestinadas a criação de novos mundos. Parte do processo de criação envolve narrativa, parte envolve tecnologia e outra parte envolve interação social. Segundo Fuller e Jenkins (Jones, 1998), o impulso em criar novos mundos tem suas raízes em fatores humanos psíquicos. Suas introspecções, tentativas de exploração do espaço, narrativas de novos mundos, interfaces gráficas como **Nintendo**, apontam para fatores que nos levam a concluir que a descoberta eletrônica através de novas tecnologias como RV e/ou qualquer outra nova forma de CMC têm suas raízes históricas fortemente

ligadas. Elas identificam “uma vontade de encontrar sucessivamente novos espaços”, o que motiva o desenvolvimento de novas tecnologias de comunicação. (NINTENDO, 2004)

Antigamente, a maioria dos softwares usados em CMC trabalhavam exclusivamente com texto e, conseqüentemente, é necessário estudar as formas de interação textual providos pelos computadores via monitores. Segundo Friedman (Jones, 1998), talvez algum tipo de “software teórico” seja necessário para elaborar questões sobre a própria identidade, via o mapeamento cognitivo, que se dá enquanto se joga um videogame, por exemplo. Friedman afirma que os jogos de computador “marcam um desafio fundamental para concepções familiares e autonomia individual,” ao menos em parte devido ao confinamento a um espaço ou lugar e uma concepção de si mesmo dentro de um jogo criado por terceiros (desenvolvedores de softwares).

A noção do eu interior e sua relação com outras pessoas é um dos fatores que devem ser pensados de uma forma altamente crítica, dado por exemplo, a mutabilidade de identidade na Internet, onde é possível postar mensagens anônimas usando pseudônimos, permitindo que os usuários possam criar verdadeiros personagens de si mesmos e estabelecer relações com outras pessoas. Começam então a surgir questões como: Como estabelecer relações sociais uma vez que na comunicação real (“cara a cara”) eram estabelecidas principalmente através do reconhecimento da identidade das pessoas? Uma resposta para essa questão pode ser obtida analisando-se o “confinamento” ao qual se submetem os usuários de CMC.

Ainda existem outras formas de se estabelecer identidade e conduta. McLaughlin et. al (Jones, 1998). estuda questões relacionadas ao poder estabelecido, delegado e conquistado nas relações sociais formadas via CMC. Fala-se abertamente da criação de uma nova comunidade de indivíduos via CMC através do desenvolvimento de padrões de conduta, estabelecimento de códigos de moral e ética, sistema de valores parecidos com aqueles que nascem e são revistos de tempos em tempos na maioria das formações sociais. Para McLaughlin e seus co-autores, os padrões de conduta que se incorporam na Internet evidenciam a criação de uma comunidade de pessoas bem como

de um conjunto de padrões de comportamento. Diante destes fatos surgem questões relativas a efemeridade do mundo em relação à existência de uma comunidade.

Olhando em outra direção, que talvez responda essa questão, MacKinnon (MacKinnon, 1997) fala do conceito de existência do indivíduo como pessoa na Rede e que “neste nível o medo de desaparecimento da sua própria existência é sempre constante.” O estudo de MacKinnon tem foco no relacionamento existente entre as identidades on-line e off-line, bem como o poder delegado a elas. MacKinnon compara os moderadores de *newsgroup* a verdadeiros monarcas e muitas vezes mostrando como *webmasters* e *webdesigners* podem exercer papéis quase que ditatoriais.

MacKinnon enfatiza umas das questões mais complexas em CMC: Quem somos nós quando estamos on-line? Essa questão se torna cada vez mais importante à medida que novas tecnologias são desenvolvidas para criação de “agentes” ou “modificadores” que vagam pela Rede nos representando quando não estamos fisicamente em frente ao terminal computacional. Baym (Baym, 1995) detecta que por pior que seja o medo de perder a identidade os usuários de *newsgroup* valorizam o anonimato “porque isso cria oportunidades de inventar versões alternativas de si mesmo, determinadas a penetrar em formas de interação não anteriormente tentadas”.

Uma área pré-eminente de interação em tempo real na Internet são os ambientes multi-usuários ou *Multi-User Dimension* – MUD. Em um MUD vários usuários interagem entre si usando uma comunicação baseada em narrativas e criando espaços colaborativos. Segundo Reid (Reid, 1991), MUDs apontam para um processo ativo de construção de comunidades virtuais em que é essencial um ambiente de realidade virtual, construído a partir de técnicas baseadas em narrativas. A consequência disto não é nenhuma surpresa, já que o conceito de mundos virtuais remonta desde a invenção da escrita. Esses mundos têm sido criados simultaneamente por pessoas fisicamente localizadas em lugares realmente distantes uns dos outros. Ainda segundo Reid, é importante notar que os MUDs assemelham-se, a scripts ou livros. Em outras palavras, através de uma narrativa, MUDs combinam elementos de fala e escrita, os quais apontam para uma visão natural do ambiente que eles próprios (os usuários) criaram. A espontaneidade com que os discursos e diálogos podem acontecer afetam o

próprio texto, e os MUDs se transformam então em uma arena dentro da qual os usuários se comunicam em tempo real e com pouco tempo de construção cuidadosamente manipulado por técnicas base-texto.

Por outro lado, um *newsgroup* dá tempo ao usuário para ler e analisar as mensagens antes de responde-las. Aycock e Buchignani (Aycock, 1995) levantam a seguinte questão: Nossos conceitos sobre autoridade, árvore genealógica e sanidade serão alterados? Embora sem quase nenhuma relação entre si, Aycock e Buchignani afirmam que existe um forte e constante impulso no sentido de rever esses três conceitos, no que diz respeito à comunicação on-line e analisar como a modificação da noção desses conceitos afetam nosso comportamento off-line. Se tentarmos entender as formações sociais que encontramos on-line, certamente podemos enumerar novas perspectivas sociais e uma grande gama de trabalhos científicos podem ser desenvolvidos para investigar questões relacionadas a essa área.

A chave para entender essas afirmações é por a prova a formação social dos usuários e confronta-la com a formação social obtida através da realidade provida pelas tecnologias de CMC. Segundo Chayko (Chayko, 2002):

*“Na vida atual, é difícil (e está se tornando quase impossível) classificar experiências como reais ou irrealis; é mais racional determinar o grau de realidade em um evento. Os conceitos que usamos para distinguir o que é real do que não é real não são mais tão evidentes quanto costumavam ser e podem, eventualmente, nos levar a falsas conclusões. Como eles estão se tornando cada vez mais frágeis, é necessário a elaboração e definição de novos conceitos para tais propósitos.” (p. 178)*

## **2.4 – Utilização das Tecnologias de CMC**

Atualmente, CMC se faz presente nas mais diversas áreas. A maioria das grandes empresas hoje possuem redes de comunicação próprias e algum tipo de conexão com a internet por onde trafegam seus dados e se comunicam seus funcionários, fecham negócios com seus clientes e/ou com seus fornecedores, estabelecem mercados e se comunicam com suas filiais localizadas em países e cidades completamente diferentes

da sua matriz. O baixo custo das tecnologias oferecidas pelas empresas de telecomunicações têm influenciado e ajudando a expansão da CMC na área do comércio mundial.

A maioria das aplicações de CMC requer uma certa adaptação por parte dos usuários a cursos à distância. Novas técnicas de aprendizado e formas de interação, bem como de avaliação são adotadas. Sobressaem-se ainda, novas formas de colaboração e cooperação entre os diversos grupos de pessoas que podem estar, de uma forma ou de outra, envolvidas nos diversos níveis da aplicação. Seminários, apresentações, projetos, simulações, entre outros recursos, podem ser usados nas mais diversas aplicações educacionais providas da CMC.

No que diz respeito ao custo das aplicações, na maioria das vezes, existe uma diferença bastante significativa para baixo, quando consideramos que, para a comunicação física entre pessoas de lugares diferentes, fatores como transporte, alimentação locação de espaço físico, energia, salário, entre outros aumentam a cada dia, enquanto que o custo da tecnologia de redes tem diminuído sensivelmente com o decorrer dos anos.

## **2.5 – Principais Temas de Pesquisa**

Inicialmente e até não muito tempo atrás a maior parte das pesquisas científicas desenvolvidas na área de CMC davam ênfase apenas ao seu potencial tecnológico sem a apresentação dos respectivos resultados. Segundo Olguin (Olguin, 2000) “em um levantamento bibliográfico sobre CMC realizado em 1991 onde figuravam 400 referencias, somente pouco mais de 10% eram trabalhos de pesquisa”.

A grande maioria das pesquisas realizadas em CMC atualmente são feitas através de levantamento de questões, entrevistas, observações e aplicações direta ou indireta de questionários eletrônicos. A escassez de referências e técnicas padronizadas e apropriadas na maioria das vezes prejudica sensivelmente o estudo interativo entre humanos – computador - humanos ou humano - computador.



### **2.5.1 - Acesso Democratizado**

Os maiores defensores do uso de CMC no processo comunicativo entre as pessoas justificam seu uso como uma forma de disseminação e conseqüentemente democratização da informação, reduzindo custo e trazendo altos benefícios educacionais e sociais levando conhecimento a áreas remotas e integrando um mundo cada vez mais globalizado. Além desses, outros fatores também podem ser citados como economia de tempo, dinheiro e diminuição de problemas de limitações físicas.

Por outro lado, outras correntes de pensamentos afirmam que o uso generalizado desse tipo de tecnologia prejudica a relação entre as pessoas, tornando-as cada vez mais impessoal o que aumenta o individualismo humano. Além disso afirma que o acesso a essa tecnologia é feito apenas por pessoas de um poder aquisitivo mais elevado que a grande maioria da população do planeta, o que aumenta ainda mais o abismo social existente entre as diferentes classes sociais.

### **2.5.2 - Qualidade da Informação**

Uma grande rede de computadores interligados a grandes bases de informações aumenta cada vez mais a qualidade, o acesso e a disseminação desses informações. Entretanto quanto maior a rede e maior o conteúdo de informações disponíveis, mais difícil fica de se localizar a fonte, criando um efeito conhecido como “despessoalização” da informações o que pode, muitas vezes, comprometer a credibilidade das informações obtidas.

### **2.5.3 – Vantagens de Desvantagens**

Em CM podemos considerar diversos tipos de estudos como, por exemplo, levantamento de questões relacionadas à saúde dos usuários, etc.

Alguns especialistas afirmam que o uso indiscriminado da tecnologia de CMC pode levar a uma lenta mais crescente deteriorização das relações básicas como relações familiares, por exemplo, podendo até mesmo modificar comportamentos, culturas, linguagens de comunicação, tornando o processo interativo humano cada vez mais impessoal e dependente do uso dos computadores.

Diversas pesquisas apontam para fatores sobremaneira interessantes no que dizem respeito ao uso da tecnologia de CMC. Estudantes relatam uma sensível diminuição do isolamento e uma sensação de “estar conectado” e de “fazer parte” do mundo, estabelecendo novos contatos pessoais e profissionais. Em algumas empresas acabou-se por verificar alguns pontos contrários aos supracitados. A dependência da realização de uma tarefa em relação ao computador se torna cada vez mais crescente, bem como a diminuição das relações sociais no ambiente de trabalho. (Olguin, 2000) (December, 2004)

# Capítulo 3

## Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) representa um paradigma de interface entre o usuário e o computador, onde o principal objetivo é fazer com que o usuário sintá-se no interior da cena (sensação de imersão). A interface tradicional humano computador é uma interface em duas dimensões x e y onde são representados elementos como: botões, ícones, letras, imagens, vídeos, áudios e números. Uma interface em realidade virtual é uma interface em 3 dimensões onde não só existem as dimensões x e y do monitor, mas a dimensão z, ou seja, a dimensão de profundidade.

Realidade Virtual é uma das formas mais avançadas de interface usuário – computador. Atualmente a realidade virtual tem sido usada no desenvolvimento de diversas aplicações nas mais diversas áreas de conhecimento despertando interesses e grandes investimentos por parte das indústrias de hardware e software. Nos últimos anos a área de RV tem experimentado um desenvolvimento bastante considerável, trazendo novos conceitos e aplicações, novas formas de interface homem-máquina, mostrando um presente fértil e um futuro promissor.

Em um ambiente de realidade virtual os dados têm um grau de complexidade muito alto. Para permitir aos usuários lidarem com esses dados são necessárias técnicas de interface não convencional altamente complexas. Assim, realidade virtual é considerada por muitos autores como a técnica mais avançada de interface, permitindo ao usuário uma navegação imersiva e interativa em um ambiente tri-dimensional. . (Lafayette, 2003) (Burdea, 2003)

Uma interface RV requer processos computacionais interativamente controlados por seus usuários. Um usuário imerso em espaço virtual pode visualizar e manipular dados em três dimensões utilizando os sentidos da visão, do tato, do olfato e da audição, naturalmente e em tempo real. Se o ambiente for um modelo de um ambiente real o usuário pode utilizar, dentro do ambiente virtual, seus conhecimentos prévios sobre o ambiente real para uma maior interação com o mesmo. Essa interação é

feita através de dispositivos não-convencionais de interface tais como, capacete de visualização, luvas, rastreadores, etc. O uso destes dispositivos faz com que os usuários tenham a sensação de que o sistema interage com ele no ambiente real, permitindo a ele interagir com a aplicação de forma natural e espontânea através de movimentos corporais.

Uma aplicação realidade virtual engloba conceitos, pesquisas e recursos das mais diversas áreas como: hardware, software, interface homem-máquina, comunicação mediada por computador, inteligência artificial, fatores econômicos e sociais, dispositivos não convencionais de interface, computação de alto desempenho, sistemas distribuídos, simulação, sistemas de tempo real, internet, navegação em ambientes 3D, etc. Essas aplicações necessitam de computadores de alto desempenho e boa capacidade gráfica.

### **3.1 – Contexto Histórico**

As primeiras tentativas de se construir ou simular uma realidade não-real (virtual) surgiram por volta da década de 50 com o aparecimento do Cinerama e do Cinemascope (Burdea, 2003) (Pinho, 1999).

O Sensorama de Morton Heilig surgiu por volta de 1956. (Burdea, 2003) O Sensorama era uma espécie de vídeo simulador na qual o usuário simulava um passeio de bicicleta pela cidade Nova Iorque com som, vibrações vento e até mesmo aromas. O Sensorama é considerado o precursor da imersão do usuário em ambientes virtuais.

O primeiro capacete surgiu por volta de 1961 fabricado pela Philco e criado por Comeau e Bryan. O capacete consistia de um visor de TV montado na área destinada a visão e uma câmera com rastreador de posição na qual o usuário controlava a partir dos movimentos da cabeça. (Kalawsky, 2001)

Sete anos depois em 1968 um cientista da Universidade Harvard chamado Ivan Sutherland construiu um capacete de visualização cujas imagens eram geradas por computador e com sistema de rastreador de posição acoplado na cabeça. A partir daí a idéia da possibilidade de criação de uma realidade não-real (virtual) se consolidava

como possível e praticamente estava criada uma nova área no ramo das pesquisas computacionais.

Somente quase dez anos depois da criação de Sutherland é que vieram a aparecer as primeiras luvas desenvolvidas por Thomas Zimmerman na Universidade Illinois entre 1977 e 1982. Em 1987 a VPL Research Inc. lançava a luva Data Glove, o primeiro produto de Realidade Virtual a ser lançado no mercado. Os Eye Phones, capacetes de visualização, surgiram logo em seguida.

Um grande número de pesquisas na área começaram a ser desenvolvidas. O interesse da indústria cresceu, bem como o número de usuários. Com a popularização da RV os preços dos produtos caíram e ficam cada vez mais acessíveis, o que aumentam a demanda e se transformou em um mercado milionário de software, hardware e pesquisa. Aliada a área de games e entretenimento, a RV se dissemina cada vez mais no mercado de computadores.

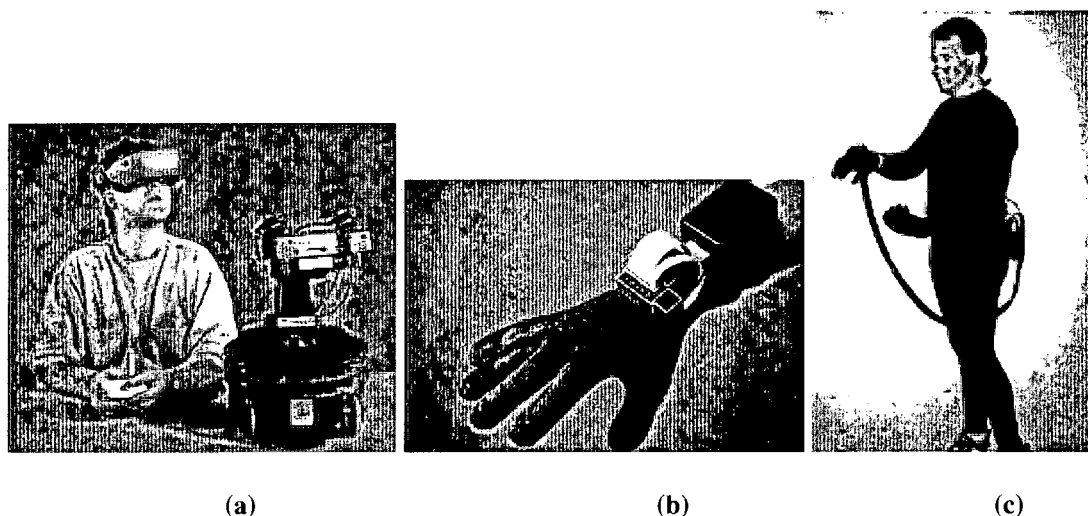
### **3.2 – Realidade Virtual**

A interdisciplinaridade e sua rápida evolução nos últimos anos fizeram com que surgissem várias definições para Realidade Virtual. Isto também se deve ao fato de que a RV nasceu da evolução de vários tipos de sistemas que acabaram convergindo para o seu surgimento.

Em uma aplicação RV, um usuário utilizando formas de interface não convencionais como um capacete de visualização ou imerso em uma sala de projeção tem a sensação de estar dentro de um ambiente real. Esta sensação é o que conhecemos como: imersão. Para isso o usuário lida com dispositivos de interface não convencionais que interagem diretamente com seus sentidos (visão, audição, tato, olfato). Também existe a modalidade de realidade virtual chamada não-imersiva, que considera a apresentação das cenas através do monitor do computador. (Pinho, 1999)

Para atingir o conceito de interação uma aplicação RV deve ser capaz de reagir a estímulos provocados pelo usuário detectando suas respectivas entradas e transformando-as em saídas gráficas que podem ser percebidas por algum dos quatro

sentidos do usuário (visão, audição, tato ou olfato). Este processo deve ser executado a uma velocidade suficientemente alta para que a idéia de reação seja a mais real possível. A Figura 3.1 mostra exemplos de dispositivos de entrada saída utilizados em sistemas de Realidade Virtual.



**Figura 3.1: Dispositivos Especiais para RV (a) Capacete; (b) Luva; (c) Roupa**

### 3.2.1 – Modalidades de Realidade Virtual

Do ponto de vista do sentido humano da visão, as aplicações que exploram a tecnologia de realidade virtual podem ser consideradas imersiva ou não imersiva. Quando o dispositivo de interface que age sobre o sentido da visão o faz diretamente como, por exemplo, capacete de visualização, óculos, ou telas de projeção com estereoscopia as aplicações são consideradas imersivas. Quando o dispositivo de interface que age sobre a visão o faz indiretamente a aplicação é considerada não-imersiva. Isso acontece quando os ambientes 3D são visualizados através de monitores. Entretanto, neste caso, a propriedade de imersão pode ser explorada através de outros sentidos (tato, audição e olfato) já que outros dispositivos de interface podem gerar estímulos que proporcionam a sensação de imersão.

A grande vantagem da realidade virtual com uso de monitores é permitir maior acessibilidade às aplicações RV. A facilidade de acesso a essa tecnologia tem popularizado o uso da RV não-imersiva. Entretanto, em alguns casos, o uso de dispositivos de imersão direta como capacete, óculos ou salas de projeção podem ser fundamentais para a aplicação em questão.

### **3.2.2 – Tipos de Sistemas RV**

Um sistema de realidade virtual consiste de um usuário, uma interface homem-máquina, e um computador. O usuário participa de um mundo virtual gerado no computador, usando dispositivos sensoriais de percepção e controle. Um ambiente virtual pode ser projetado para simular tanto um ambiente imaginário quanto um ambiente real. Segundo Pinho (Pinho, 1999) pode-se classificar os seguintes tipos de sistemas RV:

#### **3.2.2.1 - Sistema de Telepresença**

Em um sistema de telepresença o usuário não está presente fisicamente no local onde as ações são executadas. Suas ações são feitas por um robô presente no local ativo. O usuário, presente em um local passivo e visualizando virtualmente o ambiente ativo, realiza as ações com dispositivos periféricos RV que são refletidas via robótica no ambiente ativo. Ambos os ambientes, ativo e passivo, são reais. Apenas o ambiente ativo é representado virtualmente para o usuário no ambiente passivo. Esses sistemas são muito utilizados pela NASA (*North American Spatial Agency*) (NASA, 2004) para consertos de objetos no espaço e mais recentemente na medicina para realização de cirurgias à distância.

#### **3.2.2.2 - Sistema de Realidade Virtual Plena**

Em um sistema de realidade virtual o usuário dispõe de uma interface não convencional RV e o servidor de ambiente RV. O mundo virtual é gerado pelo servidor RV cujo usuário interage através de sua interface tanto ativa como passivamente. Ele gera e/ou recebe ações, provoca e/ou recebe estímulos através de seus mecanismos de percepção - visão, tato, audição e olfato. O ambiente em questão pode tanto representar um ambiente real como ser um ambiente puramente imaginário.

Sistemas de realidade virtual plena e sistemas de telepresença são bastante semelhantes e se confundem uma vez possuem os mesmos princípios básicos. Em sistemas de telepresença é aceitável um certo nível de discrepância entre o mundo real e o mundo virtual que o simula.

### **3.2.2.3 - Sistema de Realidade Aumentada**

Em um sistema de realidade virtual aumentada o ambiente virtual é uma representação da realidade de uma forma detalhada. Neste caso o ambiente virtual em questão é um ambiente que simula um ambiente real físico, no entanto, neste ambiente virtual pode-se visualizar detalhes invisíveis no ambiente real físico sejam por fatores de limitação humana ou física. (Pinho, 1999) (Azuma, 1997)

Neste tipo de RV os dispositivos de interface que agem diretamente sobre o sentido humano da visão são fundamentais. Óculos ou capacetes com visor semitransparente são utilizados para que as imagens real e virtual possam ser sobrepostas de forma que se visualize o objeto real com detalhes fornecidos pelo ambiente virtual. O mesmo efeito também é possível com o uso de imagens de vídeo. O maior desafio neste tipo de sistema é a questão da superposição que deve ter um nível considerável de coincidência com o objeto real para que as informações virtuais geradas pelo servidor RV sejam o mais verídicas e exatas possíveis. Aqui a propensão a erros é relativamente alta com a tecnologia atual.

### **3.2.3 – Tipos de Interação**

Um mundo virtual é um ambiente desenvolvido com interface tridimensional - realidade virtual para aplicações específicas controlado interativamente pelo computador. No mundo virtual os dados não são apenas números ou arquivos, mas também objetos “concretos” como paredes, cadeiras, mesas, e objetos abstratos como temperatura, velocidade, cor. No mundo virtual o usuário realiza operações com dados-objetos como visualização, análise e manipulação. Essas operações podem refletir no comportamento do próprio mundo. O suporte a essa interação é dada por dispositivos periféricos como luvas, capacetes, coletes, óculos.

Existem diversas formas de interação de usuários imersos em ambientes RV. As principais características dessa interação vão ser determinadas principalmente pelos dispositivos de interface homem-máquina e pelo tipo de sistema de realidade virtual considerado.



Em um mundo virtual quando o usuário move um objeto modificando sua posição ele está interagindo diretamente com o ambiente virtual.

Se neste ambiente outros usuários se fizerem virtualmente presente eles podem se comunicar entre si, compartilhar o mundo virtual, realizar tarefas em conjunto, entre outras atividades. Ao se comunicarem os usuários trocam informações imersos no ambiente virtual. Para compartilhamento do ambiente são necessárias técnicas que permitam aos usuários interagirem entre si através do próprio ambiente. Para realizarem tarefas em conjunto os usuários devem possuir uma representação virtual no ambiente (avatar) e técnicas de compartilhamento de ambientes RV.

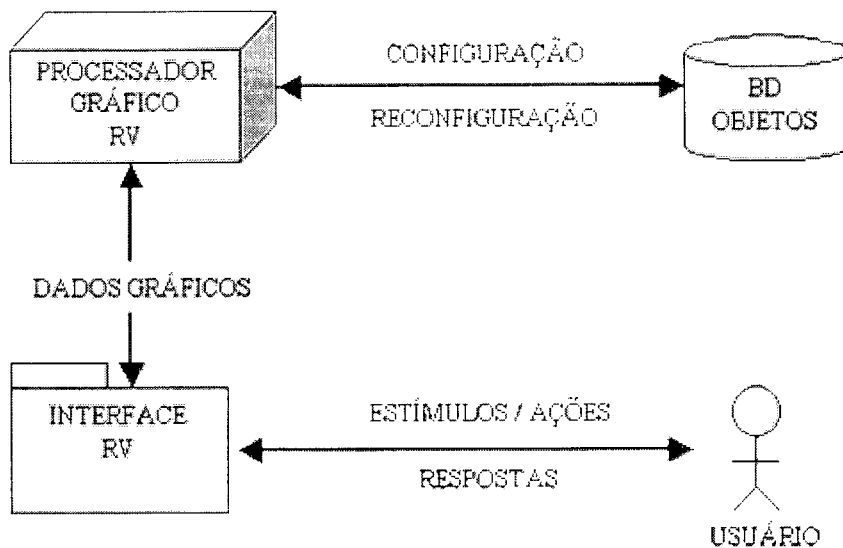
Em um sistema de telepresença ações do usuário podem significar ações no mundo exterior o que caracteriza sua interação com o mesmo.

Um ambiente virtual pode representar o mundo real ou um mundo imaginário. Em uma simulação o ambiente pode ser construído sem base em um ambiente físico real. Um caso típico de um sistema de telepresença é aquele em que o usuário age com a interação real. Um sistema RV convencional típico é aquele em que o usuário interage de forma simulada. A robótica típica entra no sistema de interação em que o usuário age como supervisor do mesmo.

### **3.3 - Ambientes Virtuais**

Um sistema de realidade virtual pode ser visualizado conforme a figura 3.2. (Burdea, 2003)

O servidor de ambiente RV é responsável pelo controle entre os dispositivos de interface não convencionais de E/S e o usuário. Para cada entrada (ação) fornecida pelo usuário o servidor RV executa uma série de cálculos de configuração, reconfigura o ambiente, modificando-o e devolvendo-o em forma sua nova configuração para o usuário. Essa nova configuração do ambiente na maioria das vezes se traduz como respostas a seus estímulos / ações. Tudo deve ocorrer em tempo real.



**Figura 3.2 – Um Sistema Realidade Virtual**

Um servidor de ambientes RV deve ter um nível de computação relativamente alto, uma vez que se trata de um sistema de tempo real e uma capacidade de processamento gráfica relativamente elevada. A base de dados de um sistema RV contém todos os objetos que compõe o mundo virtual bem como suas configurações de aparência (cor, textura, brilho, etc.) e propriedades físicas como, peso, tamanho, dimensões, coordenadas, etc. Nessa mesma base de dados também ficam armazenadas informações sobre o comportamento dos objetos dentro do mundo virtual como movimentos possíveis, colisões, sensores, etc. Como estamos tratando de um sistema de tempo real, a quantidade de memória é fundamental para o bom funcionamento do sistema, bem como técnicas avançadas de compressão e descompressão de dados, além do fator tempo de resposta que é imprescindível. O retardo na geração das imagens deve ser mínimo de forma imperceptível ao olho humano provocando os efeitos mais realísticos possíveis. O mesmo pode se dizer com relação aos outros mecanismos de interação que agem sobre os outros sentidos humanos como o tato, o olfato e a audição. Essas características fornecem ao usuário uma sensação realística de interação como mundo virtual.

Neste caso o usuário se conecta ao servidor de ambiente RV através de dispositivos de E/S não convencionais (multi-sensoriais). Para que os dispositivos funcionem corretamente é necessário que os mesmos estejam programados com

simulações de suas respectivas respostas as entradas dos usuários. O servidor RV também tem como missão coordenar e sincronizar os estímulos (entradas) e respostas (saídas). O servidor então envia as informações para o terminal do usuário que é responsável pelo gerenciamento de seus dispositivos de entrada e saída.

### 3.4 – Técnicas de Modelagem de Ambientes Virtuais

A modelagem de um ambiente virtual deve conter todas as características do ambiente como um todo bem como de seus respectivos objetos em particular. Itens como forma, aparência, comportamento, restrições, mapeamento, nível de interação, interface E/S necessitam de ampla modelagem. Para a construção desses sistemas é necessária a modelagem de aspectos físicos, geométricos e comportamentais dos objetos envolvidos na aplicação, bem como técnicas de otimização dos ambientes virtuais e seus respectivos objetos. (Burdea, 2003)

#### 3.4.1 - Geometria

Podemos entender por modelagem geométrica o planejamento das formas de todos os objetos do ambiente virtual, bem como sua aparência, textura, cores, iluminação, etc. É a modelagem de formas e aspectos estéticos do ambiente virtual.

Os objetos presentes em um mundo virtual são modelados em forma de conjunto de polígonos. Esses polígonos podem ser obtidos usando-se algumas bibliotecas gráficas como GL, CAD ou alguma linguagem que implemente esse tipo de dado gráfico como VRML ou Java3D. Para a criação dos mundos virtuais também podemos usar quaisquer repositórios de dados gráficos disponíveis.

A estética (aparência) dos objetos é modelada através de características de iluminação, textura, sombreado e reflexão. Para cada característica existem técnicas diferentes que podem ser aplicadas de acordo com tipo de sistema a ser desenvolvido. Neste caso o fator realismo pode ser fundamental ou não, dependendo da aplicação.

Em termos de textura ocorre um mapeamento de cada textura bidimensional aplica a cada objeto tridimensional. É como se embalássemos os objetos para presente, onde o papel usado neste procedimento seria a própria textura. O uso de texturas

aumenta o nível de realismo e detalhe em uma cena virtual diminuindo o número de polígonos e conseqüentemente aumentando a taxa de quadros por segundo. (Kalawsky, 2001)

### **3.4.2 - Cinemática**

Para que o ambiente virtual interaja com o usuário seus objetos necessitam de certas propriedades e recursos que dêem maior realismo à cena. Movimento é fundamental. Os objetos devem prover ao usuário realizar ações sobre os mesmos como alterar sua posição, redimensiona-los, detectar colisões, mudar sua forma, entre outras. Para isso é necessário algumas técnicas como matrizes de transformações, coordenadas vetoriais relativas e absolutas, entre outras.

A detecção de colisão requer métodos de detecção em tempo real. Geralmente o que se tem é a determinação de uma região sobre os objetos em forma de esferas e paralelepípedos onde a superposição das mesmas indicam uma colisão entre os objetos envolvidos. (Redon, 2002) O resultado da detecção da colisão entre os objetos vai depender do tipo de aplicação que quer modelar, o que pode variar de uma simples emissão de som a uma complexa explosão ou deformação dos objetos envolvidos.

### **3.4.3 - Física**

A modelagem física é de fundamental importância para garantir o maior nível de realismo possível aos ambientes virtuais. Os objetos e usuários presentes no mundo virtual precisam prover características que tornem seu comportamento o mais real possível. Para isso propriedades como massa, peso, inércia, possíveis deformações, trajetória de movimentos, entre outras devem ser modeladas para cada objeto e usuário imerso no mundo virtual.

### **3.4.4 – Comportamento**

Cada objeto imerso em um mundo virtual deve ter um comportamento associado. Esse comportamento pode ser representado por uma simples animação até respostas a ações dos usuários. Para isso podem ser usadas todas as suas propriedades físicas e matemáticas, como detecção de colisão, trajetória de movimento, etc. Aqui o

uso de agentes inteligentes tem sido muito associado na determinação comportamental dos objetos do ambiente virtual. Os agentes podem ser e agir internamente ou externamente no mundo virtual, dependendo da aplicação que se quer implementar.

### **3.4.5 – Técnicas de Otimização na Modelagem de Ambientes Virtuais**

A alta complexidade na modelagem dos objetos de um mundo virtual, bem como o grande número de objetos presente no mesmo pode aumentar consideravelmente o grau de complexidade do mundo virtual de forma a deixá-lo inviável, seja a nível de implementação, limitações tecnológicas ou financeiras.

Para resolver esses problemas uma das principais técnicas utilizadas é a segmentação do mundo virtual em ambientes que se fundem no mesmo.

Um mundo virtual pode ser montado com a junção de ambientes menores e que, na maioria das vezes só são carregados se acessados. Um exemplo clássico que ilustra essa solução é um ambiente “casa”. Neste caso, o servidor só carregará cada ambiente específico da casa (ambiente menor). Se o usuário está na sala, então só a sala é carregada e tratada pelo servidor RV. Se o usuário entra no quarto, então o quarto é carregado. Se não existisse a segmentação o servidor teria de carregar toda a casa e gerenciar todo o seu funcionamento. Neste caso (segmentado), o servidor só carrega e gerencia o ambiente específico de utilização do usuário.

Outras técnicas também podem ser utilizadas como, por exemplo, a diminuição do nível de detalhes e a redução de resolução e propriedades dos objetos.

### **3.5 – Implementação**

Para a implementação de um sistema de ambientes RV é necessário um bom nível de conhecimento em diversas áreas da computação como, por exemplo, modelagens geométricas e físicas de objetos RV, rede de computadores, sistemas de processamento paralelo e tempo real, orientação a objetos, entre outros. No entanto existem ferramentas que contêm várias destas características e que podem, eventualmente, serem usadas para a implementação deste ambientes. Além das bibliotecas gráficas disponíveis na internet, ferramentas conhecidas como *VR ToolKits*

(PARALLEL, 2004) trabalham com noções de orientação a objetos com ênfase na construção de mundos virtuais. Essas ferramentas também possuem bibliotecas próprias e modificáveis que associadas a repositórios de dados gráficos disponíveis no mercado e na grande rede facilitam sobre maneira o trabalho dos projetistas de mundos virtuais. A maioria destes software não dependem de plataformas e podem se comunicar com outros softwares CAD além de oferecerem suporte a dispositivos não convencionais de E/S. (SUN, 2004) (Ames, 1997)

Com esses software podemos reduzir consideravelmente o tempo de programação e conseqüentemente de desenvolvimento do sistema RV. Ocorre que na maioria das vezes, esses software acabam gerando códigos desnecessários e processos complicados para operações simples, uma vez que os mesmos trabalham baseados em padrões. Esse fato pode, muitas vezes, influenciar negativamente no desempenho do sistema.

Trabalhar com programação direta para a implementação de mundos virtuais em uma linguagem de programação específica como VRML ou Java 3D pode ser uma tarefa árdua e cansativa. No entanto, um ambiente programado de forma direta, sem interferência de um editor RV, na maioria das vezes se comporta de forma mais eficiente e robusta do que sistemas implementados com editores RV. Em todo caso a junção das duas tecnologias é aconselhável, pois pode se ganhar tempo com o editores e robustez e eficiência com a programação direta.

### **3.6 - Sistemas Distribuídos de Realidade Virtual**

Um sistema distribuído de realidade virtual é um sistema RV multi-usuário onde os mesmos estão localizados em posições geográficas diferentes e o ambiente virtual de interação é distribuído através de um servidor RV multi-usuário para todos os usuários da rede em tempo real. Esse tipo de aplicação tem crescido muito nos últimos anos devido a sua alta adaptabilidade à tecnologia de redes de microcomputadores e se difundido como uma excelente ferramenta utilizada por uma grande gama de pesquisas científicas. (Oliveira, 2001) (Shirmohammad, 2000)

Sistemas de realidade virtual multi-usuários podem ser descritos conforme a Figura 3.3.

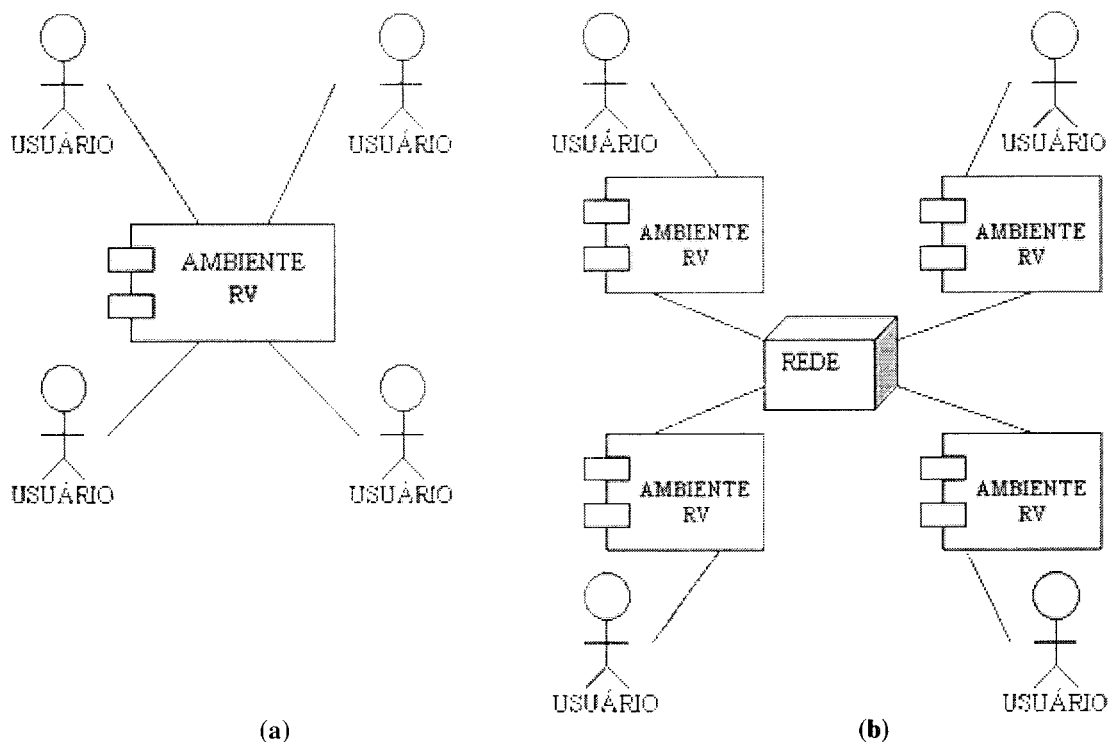


Figura 3.3 (a) e (b) – Tipos de Sistemas RV Multi-Usuário

Na Figura 3.3 (a) o ambiente virtual é compartilhado por todos os usuários conectados ao sistema. Já na Figura 3.3 (b) o mundo virtual é distribuído para todos os terminais de cada usuário particular. Um mundo virtual relativamente grande necessita de um modelo distribuído devido ao seu alto grau de computação, o que o inviabilizaria em um modelo centralizado fazendo com que o mesmo não atendesse a todos os requisitos de um sistema RV. (Booch, 2000), (Oliveira, 2001)

Em um mundo virtual distribuído uma modificação na configuração do mundo virtual seja por ações ou reações de algum usuário em seu terminal, leva a reconfiguração de todos os mundos virtuais distribuídos para os outros usuários do sistema. Em mundos virtuais suficientemente grandes esse recurso pode não funcionar muito bem. Uma solução bastante utilizada para resolver esse problema é o desenvolvimento de um sistema particionado. Neste caso as regiões (partes) do mundo virtual são divididos entre os terminais de cada usuário. Assim quando o usuário provoca uma mudança de configuração em uma determinada parte do ambiente o mesmo deve ser reconfigurado pelo terminal responsável por aquela parte do mundo

virtual e suas novas configurações dever ser transmitidas para todos os usuários imersos naquela região. Note que a parte do mundo virtual que deve ser reconfigurada pode ou não ser controlada pelo terminal do usuário que provocou a mudança na configuração e que sua retransmissão tem que ser feita para do terminal responsável pela região reconfigurada para todos os terminais dos usuários que estavam imersos na mesmo no momento da reconfiguração. Os terminais são, portanto responsáveis não só pela reconfiguração mas também pela retransmissão das partes dos ambientes que lhe foram determinadas (Burdea, 2003) (Pinho, 1999) (Kalawsky, 2001).

Em um sistema multi-usuário cada usuário possui um terminal com a representação de partes do mundo virtual. A cada reconfiguração são necessárias técnicas para que essas novas configurações sejam enviadas para os outros terminais. Técnicas de otimização de troca de mensagens e minimização de atrasos de comunicação em rede de computadores como dead-reckoning, por exemplo, são utilizadas na implementação desses sistemas. (Sarjoughian, 2003) (Stytz, 2002)

A técnica de dead-reckoning tem como princípio o cálculo de posições de objetos virtuais baseados na trajetória, velocidade e posição anterior. Em um sistema RV multi-usuário os terminais de cada usuário realizam esse cálculo e reposicionam o elemento. No entanto o terminal responsável pelo gerenciamento daquele objeto também é responsável pela verificação das posições calculadas pelos demais terminais. Uma margem de erro de posição é definida pelos projetistas de forma que, se o cálculo executado por algum terminal estiver fora desta margem de erro, o terminal responsável pelo objeto detecta a falha e envia o valor real para mesmo. Esse procedimento minimiza o número de reconfigurações que devem ser feitas no decorrer do uso do sistema. Portanto, os terminais não precisam reconfigurar o ambiente a cada mudança de configuração. Isso é feito em intervalos de tempo predefinido. Os fatores intervalo de tempo de reconfiguração e margens de erro influenciam diretamente sobre a qualidade e desempenho do sistema. (Sarjoughian, 2003) (Stytz, 2002)

Além de técnicas utilizadas na área de redes de computadores diversas outras áreas da ciência computação também influenciam diretamente a construção de ambientes virtuais. Técnicas de computação gráfica tridimensional são utilizadas,



principalmente no que diz respeito às linguagens de modelagem, princípios de criação e interação de mecanismos de interface homem-máquina além de técnicas avançadas de modelagem gráfica são de fundamental importância na construção desse tipo de aplicação.

Em sistema de telepresença o uso da robótica é de extrema importância para caracterização do sistema. A inteligência artificial é utilizada quando há a necessidade criação de avatares não humanos, ou seja, representações de usuários existentes apenas virtualmente no ambiente. Agentes inteligentes são usados como avatares e tutores neste tipo de aplicação, entre outras áreas.

### 3.7 - VRML – Virtual Reality Modeling Language

Em 1994, na conferência anual da *World Wide Web* em Genebra na Suíça, **Tim Barness-Lee** e **Dave Roggett** organizaram uma sessão para discutir interfaces de realidade virtual na *World Wide Web*. Foi aí que surgiu a idéia da criação de uma linguagem “*Markup*” – análoga ao HTML - para a especificação de mundos 3D e *hyperlinks* chamada inicialmente de VRML (*Virtual Reality Markup Language*). O Termo “*Markup*” viria, depois, a ser substituído por *Modeling* (modelagem), ficando a VRML conhecida como linguagem de modelagem de realidade virtual. (Ames, 1997)

VRML é uma linguagem interpretada por *browsers* que descreve objetos tridimensionais formados através de primitivas geométricas. Essas primitivas são predefinidas na linguagem, embora os programadores possam definir objetos complexos criados a partir das primitivas anteriores. Estes objetos podem receber atributos e propriedades como cor, textura e mapeamento, transparência, brilho, deformação, translações e rotações. (Andres, 2001)

Na primeira versão do VRML não existia nenhum tipo de movimento e interação entre os usuários e os objetos. O VRML 1.0 produz apenas mundos estáticos, sem movimentos, onde basicamente, a única interação com o usuário é feita através de *hyperlinks*. Na segunda versão do VRML foram introduzidas noções de movimentos através de interpolação e alguns *scripts* foram incorporados à linguagem. A linguagem passou a ter suporte de *scripts* **Java**

(SUN, 2004), o que abriu novas possibilidades para aplicações de alto nível de interatividade com outros sistemas e com os próprios usuários.

Uma das grandes vantagens do VRML é que ela é uma linguagem totalmente independente de plataforma. Segundo Andres (Andres, 2001):

“Apesar de existirem diversos compiladores para diversas plataformas, sempre que se migra o programa, muitas alterações são feitas. Após todas estas alterações, é necessário compilar o código fonte novamente. Uma linguagem totalmente independente de plataforma, pode migrar de uma plataforma para outra sem a necessidade de se alterar uma só linha de código fonte. Dentre algumas das linguagens que vem realmente cumprindo essa promessa, podemos citar a Java e a VRML”.

O VRML é uma linguagem interpretada por um *browser VRML* ou qualquer *browser* que tenha o *plug in* para interpretar esse formato de arquivo. O **Netscape** versões acima do 3.06 Gold já vem com o *plug in VRML* instalado. Existem vários *plug ins VRML* disponíveis no mercado, inclusive para plataforma **Linux**. A maioria de acesso gratuito e tamanho pequeno. Dentre os mais eficientes podemos citar o **Cortona** da **Parallel Graphics**, o **Cosmo Player** da **Platinum Technologies** e o **Blaxxun Interactive**. (NETSCAPE, 2004) (PARALLEL, 2004) A Figura 3.4 mostra como um *browser* com *plug in VRML* se comporta ao ler um arquivo VRML.

Outra grande vantagem da segunda versão da linguagem VRML é a capacidade de interação com diversos tipos de mídia. No VRML a propriedade cor dos objetos pode ser substituída pela propriedade textura, é nessa propriedade que fica a porta para o suporte das mídias no VRML. As texturas podem ser arquivos JPG, GIF, BMP bem como vídeos MPG. Como a textura representa a aparência dos objetos, pode-se então exibir imagens e vídeos nos mundos virtuais.

O VRML 2.0 também dá suporte a arquivos de áudio nos formatos mais conhecidos da internet como o WAV ou AU. O VRML incorpora arquivos como som

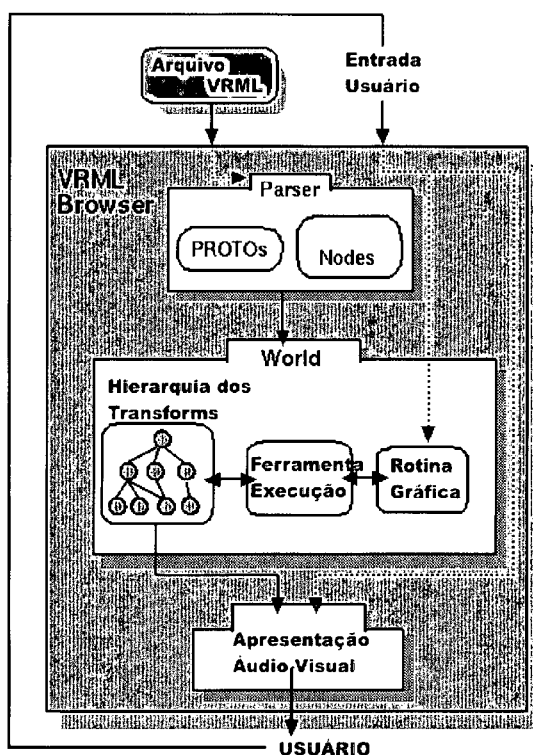


Figura 3.4: Comportamento de um *Browser VRML*.

de fundo do ambiente podendo-se definir o nível de volume e as dimensões aonde o som será ouvido. O som escutado no ambiente VRML pode ser, assim como seus objetos, tri-dimensional. A proximidade ou afastamento da fonte sonora faz com que o usuário tenha a sensação de aumento ou diminuição do volume do som, bem como sua transferência de intensidade de um ouvido para o outro.

Em VRML é possível se definir o nível de detalhes aumentando ou diminuindo a complexidade dos objetos. Isso é mais um dos fatores que podem influenciar no desempenho dos sistemas RV.

### 3.8 - Aplicações de Realidade Virtual

Aplicações de realidade virtual têm sido desenvolvidas em larga escala nos últimos anos e nas mais diversas áreas. A evolução tecnológica e sua integração com os microcomputadores permitiu a área de RV romper a barreira das grandes plataformas de trabalho e se expandir mundialmente através da internet, a um custo cada vez mais baixo e revolucionando a forma de interação humano-computador.

A Realidade Virtual hoje é utilizada em aplicações para visualização de superfícies planetárias, túnel de vento virtual, síntese molecular; aplicações médicas como: simulação cirúrgica; planejamento de radioterapia, ensino de anatomia, visualização médica. Na educação as principais aplicações são as relacionadas a educação a distância e de pessoas excepcionais. Na indústria aplicações para projeto de artefatos, decoração, arquitetura, entre outras. Também muito utilizada na área militar e aero-espacial para treinamentos de astronautas, simuladores de vôo. Também podemos incluir o entretenimento como uma de suas principais áreas de atuação em aplicações de turismo virtual, jogos, cinema e passeios virtuais etc.

### **3.8.1 – Agentes Inteligentes na Realidade Virtual**

Um ambiente virtual (AV) é um mundo simulado por computador consistindo de representações computacionais de agentes reais ou imaginários, objetos e processos; além de equipamentos para interface homem-computador. Atores Virtuais representam um modelo computacional de uma figura humana que pode mover-se e funcionar em um AV. Se o comportamento de um ator virtual está ligado aos movimentos de um participante humano, este ator é denominado de um "ator guiado". Atores autônomos operam sob um programa-controle, e são capazes de comportamento adaptativo e independente, de forma a interagir com participantes humanos em um AV, bem como outros objetos simulados e eventos. (Bjorn, 2004) (Green, 2004) Atores autônomos podem ser utilizados para:

- substituir participantes humanos ou aumentar o número de participantes em treinamentos de indivíduos ou grupos;
- instrução e educação;
- escolta e assistência quando navegando em ambientes virtuais complexos.

Existe uma gama de pesquisas sobre ambientes virtuais que utilizam e atores virtuais como personagens em que os mesmos podem atuar autonomamente no ambiente. Um ator autônomo pode ser composto por diversos agentes (agentes sensores, motores, etc.) que trabalham em conjunto para conferir mobilidade, interatividade e

inteligência ao ator. (Bradshaw, 2002) Sumariamente, um ator virtual pode ser definido como uma coleção de objetos ativos e agentes:

- Planejador;
- Gerenciador de Corpo;
- Gerenciadores de Agentes
  - agentes de meta (*goal agents*);
  - agentes de habilidade (*skill agents*);
  - agentes sensores.

Em aplicações com agentes também existe o Gerenciador de Ambiente que é um objeto ativo que atua como o local compartilhado de atividade, gerenciando dados que não estão associados explicitamente com nenhum ator como o ambiente, leis de física, etc. (Buffet, 2003) (Bradshaw, 2002)

# Capítulo 4

## Agentes Inteligentes

Para entendermos o conceito de agentes inteligentes é preciso ao mesmo tempo entender algumas questões básicas que por si só definem o conceito de agentes inteligentes. Os principais pontos são: entender as diferenças entre um sistema que utiliza agentes inteligentes em sua computação e outro que não utiliza, e entender as funções representativas que um agente inteligente deve exercer neste sistema.

Vários tipos de sistemas utilizam a tecnologia de agentes inteligentes, seja para otimizar sua computação ou como princípio básico da mesma. Um agente pode ser utilizado desde a elaboração de uma simples interface a sistemas altamente complexos. Segundo Minsky (Minsk, 1994) um agente inteligente é assim chamado porque o mesmo possui características semelhantes à inteligência humana. Propriedades como conhecimento, adaptabilidade, criatividade, inferência, entre outras, são características da inteligência humana e fatores determinantes na definição de um agente inteligente. Um agente geralmente é visto como um assistente do usuário, ou seja, sua função principal é ajudar e/ou realizar tarefas delegadas pelo usuário sem que o mesmo necessite exercer alguma função de comando ao agente.

### 4.1 – Agentes Inteligentes - Conceitos

O conceito de agentes inteligentes surgiu em pesquisas na área de inteligência artificial. O objetivo na criação desse novo conceito é a implementação de uma entidade artificial que pudesse, de alguma forma, imitar o comportamento humano imerso em um sistema computacional, desenvolvendo assim algumas de suas habilidades. A introdução de agentes em tarefas computacionais foi inicialmente introduzida por Negroponte e Kay. (Minsk, 1994)

Inicialmente, o uso de agentes foi planejado para aumentar o nível de comunicação entre os seres humanos e o computador, em uma tentativa de aproximar a forma de expressão da máquina com forma de expressão humana.

Desde então, agentes são vistos como a principal ferramenta de uma interface futurista, onde o computador se comunica com seus usuários utilizando expressões semelhantes à forma de comunicação entre os próprios seres humanos. Mas, apesar dos avanços tecnológicos e de uma grande gama de pesquisas científicas realizadas na área, essa sonhada interface futurista ainda não se tornou uma realidade concreta.

Nas pesquisas iniciais na área de agentes o foco era a criação de agentes que trabalhavam em um único terminal, uma única plataforma ou uma única rede. Entretanto, nos últimos anos, o conceito de agentes móveis e agentes que aprendem representam a própria evolução tecnológica de agentes estáticos e com tarefas pré-estabelecidas do passado. (Morreale, 1998) As pesquisas agora incorporam novas tecnologias e a interdisciplinaridade é uma realidade cada vez mais presente, com agentes trabalhando em conjunto com tecnologias de redes de computadores, realidade virtual, sistemas distribuídos, sistemas de processamento paralelo, entre outros.

Agentes Inteligentes podem ser definidos como entidades compostas por meios sensores e meios atuadores. Os meios sensores são responsáveis por mecanismos de percepção do ambiente computacional ao quais estão inseridos e os meios atuadores são responsáveis por ações executadas no mesmo meio computacional. As ações dos atuadores correspondem sempre a percepções anteriores detectadas pelos sensores. As percepções funcionam como dados de entrada para os mecanismos perceptores, que são processadas como saídas nos mecanismos atuadores.

## **4.2 – Características dos Agentes Inteligentes**

Nos últimos anos o conceito de agentes inteligentes tem sido utilizado de forma aleatória pela maior parte da indústria de software. O uso de agentes tem sido feito de forma indiscriminada sem que seus princípios básicos fossem considerados em seu desenvolvimento. A simulação de agentes se passando por agentes reais banalizou e confundiu o conceito de agentes.

As definições de agentes vão desde um simples conceito de “caixa preta” . (Minsk, 1994) a definições mais complexas como, por exemplo:

- Segundo Mães (Maes, 1994), "Agentes de software são programas de computador que aplicam técnicas de inteligência artificial para prover assistência ao usuário em tarefas computadorizadas";
- Segundo Bjorn (Bjorn, 2004), "Um agente é um software que sabe como fazer coisas que você provavelmente faria se tivesse tempo".

O ponto de convergência entre essas várias definições diferentes é o fato de que um agente é considerado sempre como uma entidade que age em nome do usuário, no sentido de ajudá-lo em sua interação com o sistema na realização de processos que, em sua grande maioria, se repetem com uma frequência temporal relativamente alta.

Podemos estabelecer uma comparação entre agentes do mundo computacional e agentes do mundo real. Por exemplo, em uma agência de viagens temos a figura do profissional de agente de viagens. Esse agente no sentido pleno da palavra é uma entidade que age em nome do cliente para a realização de tarefas como reserva de passagens, hotéis, traslado, etc. Tarefas que são realizadas pela entidade agente de viagens sem que o cliente saiba como esse processo é executado.

Um agente, assim como no mundo real, pode representar uma infinidade de papéis. Ocorre que no mundo real cada agente é especificado como uma profissão (agente de viagens, agente de imóveis, agente de polícia). No mundo computacional, o termo agente propriamente dito, encontra uma série de dificuldades de se auto-definir computacionalmente. Devido a essa dificuldade um agente computacional inteligente é geralmente definido por um conjunto de características básicas vital para que o mesmo assuma o papel real de agente no sistema.

A literatura define dois tipos de agentes e a cada um delega um conjunto de características que os classificam como noções fracas de agentes ou noções fortes de agente. (Bjorn, 2004)

As noções fracas de agente são basicamente:

- **Autonomia:** o conceito de autonomia está ligado a independência do agente em relação a um controle humano, ou seja, o agente deve autocontrolar suas próprias ações e comportamentos;



- **Cooperação:** a cooperação vem da interação do agente com usuários e/ou outros agentes na realização de uma determinada atividade;
- **Reatividade:** um agente deve ser capaz de reagir (responder) de forma adequada a estímulos e/ou mudanças no ambiente em que o mesmo está inserido. Para isso ele deve ser capaz de perceber quando estes estímulos e/ou mudanças acontecem no ambiente;
- **Proatividade:** um agente deve tomar iniciativa, ou seja, agir ativamente de forma específica e objetiva para a resolução do problema em questão;
- **Continuidade Temporal:** quando estão agindo para resolução de problemas os agentes são ditos em estado ativo. No entanto o agente pode assumir um “estado de espera” onde o mesmo fica a espera de um estímulo, ação do usuário ou modificação no ambiente para que o mesmo possa agir ativamente. Portanto um agente deve sempre estar “atento” a espera de um estímulo, mesmo quando não estiver trabalhando ativamente;
- **Orientação a Eventos:** para atingir o conceito de orientação a eventos os agentes devem oferecer suporte a processos altamente complexos, bem como serem capazes de tomar decisões no sentido de dividir esses processos com outros agentes quando necessário. O agente também deve ter o controle sobre a ordem em que esses processos são executados.

Um conceito menos comercial e mais científico a respeito de agentes inteligentes é dado pela linha de pesquisa da inteligência artificial. Esse conceito é baseado em um conjunto de características mais robustas conhecidas como as “características fortes” de agentes. São elas:

- **Mobilidade:** é a capacidade de um agente trafegar sobre uma rede eletrônica;
- **Benevolência:** este conceito está altamente ligado ao conceito de cooperação. Os agentes devem cooperar para a realização de uma determinada atividade sem objetivos conflitantes;
- **Racionalidade:** O agente age em uma só direção, na direção do objetivo determinado. Ele nunca agirá na direção contrária;

- Adaptabilidade e Aprendizado: um agente deve ser capaz de aprender com seus próprios erros e do usuário adaptando-se a novas configurações do ambiente em questão;
- Colaboração: O agente deve ter ciência de que os usuários são propensos a cometerem erros e o mesmo deve ser capaz de analisar essa situação antes de decidir sobre a execução de uma determinada instrução ou realização de uma atividade específica. Os agentes também devem ser capazes de identificar se a execução de um determinado comando prejudicará outros usuários podendo o mesmo se recusar e executá-lo caso a análise seja positiva.

Os agentes construídos atualmente não possuem todas essas características em comum, mas apenas uma boa parte delas. Ainda não podemos determinar uma hierarquia de importância relacionada às características supracitadas, pois ainda não existe um consenso sobre isto. No entanto se um determinado programa possui grande parte das características citadas acima este programa pode ser considerado um agente. (Bjorn, 2004)

Também podemos classificar os agentes inteligentes como:

- Agentes Reativos Simples: são agentes cujas ações executadas pelos atuadores tem como base apenas a percepção atual dos sensores;
- Agentes Reativos Baseados em Modelos: contém uma memória de percepções que também influencia, juntamente com a percepção atual, a ação atual que deverá ser processada pelos atuadores. Ele precisa de um conhecimento prévio sobre “como o mundo funciona”.

Um agente trabalha continuamente dentro de um sistema computacional onde estão inseridos usuários, processos e outros agentes. Apesar da contínua interação entre os agentes e as demais entidades que compõe o sistema computacional o agente possui autonomia para trabalhar e agir dentro do sistema. O nível de autonomia de um agente pode ser pré-definido pelos projetistas, pela arquitetura do sistema em questão e/ou deixado a cargo dos usuários. Isso definirá seu nível de inteligência e é fator determinante para sua sobrevivência no sistema.

### 4.3 – Tipos de Agentes Inteligentes

Para obter uma classificação mais adequada dos tipos de agentes inteligentes existentes atualmente a maioria dos autores utiliza os conceitos de funcionalidade e usabilidade como forma de classificação. Em sua maior parte os agentes são classificados como: (MIT, 2004) (Lashkari, 2004) (Green, 2004) (Maes, 1994)

- Agentes Autônomos
- Agentes de Interface
- Agentes Colaborativos
- Agentes Móveis

Existe uma grande discussão a respeito de como podemos diferenciar os agentes de um software tradicional. Segundo Green (Green, 2004) podemos considerar alguns fatores que explicitam essa diferença de forma sucinta e elementar. Um agente tem autonomia, poder de reação, aprende, coopera e tem mobilidade. Daí, podem surgir mais de 30 possíveis classificações diferentes para agentes inteligentes. Ainda segundo Green combinando as características de autonomia, cooperação e aprendizado, podemos classificar os agentes da seguinte forma:

- Se conseguirmos implementar ao menos uma dessas três características podemos classificar esse agente como sendo um agente básico;
- Se conseguirmos implementar duas dessas três características podemos classificar esse agente como sendo um agente avançado;
- Um agente ideal é aquele que contém as três características implementadas em sua lógica interna.

### 4.4 – A Inteligência dos Agentes

#### 4.4.1 – Agência e Inteligência

O conceito de agência (*agency*) diz respeito ao quanto de autonomia esse agente possui. Para a detecção desse grau de autonomia é necessário que se abra a

“caixa-preta” do agente a fim de se verificar como o mesmo executa suas tarefas identificando assim o grau de autonomia que lhe foi determinado. Para medirmos a agência de um agente é necessário conhecermos seu processo de interação com os usuário e as outras entidades do sistema ao qual no ele está inserido.

O conceito de inteligência em agente é um tanto quanto controverso e de certa forma, um pouco polêmico quando este conceito é analisado sob o ponto de vista da inteligência humana. Segundo Minsk (Minsk, 1998) para que a inteligência de um agente seja semelhante à inteligência humana o mesmo deverá ser capaz de trabalhar como o “senso comum”. Ou seja, o agente deve ter todo um conjunto de conhecimento característico dos seres humanos, como por exemplo, sentimentos.

Mas o que seria então a inteligência dos agentes? Quando falamos em inteligência relacionada a um agente estamos falando do quanto este agente é capaz de realizar tarefas a partir de objetivos estabelecidos de forma otimizada a cada nova interação com o usuário. (Minsk, 1998)

O conceito de inteligência em agentes envolve alguns problemas que precisam ser solucionados para a implementação dos mesmos. Um agente deve ser competente, ou seja, ele deve ser capaz de adquirir conhecimento suficiente para tomar decisões relativas ao usuário e as demais entidades que interagem com o sistema. Um agente deve passar confiança a seus usuários. É preciso que se desenvolvam mecanismos que garantam aos usuários que o agente sempre age da melhor forma possível visando a solução de problemas em seu próprio benefício. (Maes, 1994)

#### **4.4.2 – Estados Mentais dos Agentes**

Além de objetivos próprios e coletivos, um agente pode possuir estados mentais que definem intenções, poder de decisão, crenças, capacidades, responsabilidades e expectativas.

Segundo Shoham (Shoham, 1993), um agente possui basicamente três estados mentais:

- Crença: é uma determinada configuração que o agente acredita ser a configuração atual do ambiente;

- Decisão: o agente é livre para decidir sobre a melhor reação correspondente ao estímulo recebido;
- Capacidade: o agente só realiza uma determinada ação se o mesmo acredita ser capaz de realizar.

#### **4.4.3 – Interação**

Aliado a tentativa de entender como os agentes devem interagir com os usuários está o fato de conhecer o que os usuários pensam e efetivamente sabem sobre os agentes. A idéia de agentes inteligentes nos remete a conceitos sobre o quanto semelhante aos seres humanos os agentes podem agir e se comportar.

O fator controle ou se sentir no controle de algo ou de alguma coisa é um sentimento benéfico puramente humano. Quando estamos realizando atividades sentimos constantemente que temos o controle sobre as ações que nos levam a realizar essas atividades, embora muitas vezes isso não seja uma verdade absoluta. Em sistemas que utilizam agentes inteligentes essa sensação pode ser, de certa forma, perdida se o mesmo for uma verdadeira “caixa preta” onde não temos poder nem acesso as suas ações e atividades. Será que os usuários se sentirão plenamente confiantes em um sistema no qual eles não têm o controle da situação? Se um agente tem um quê de humano em suas ações e inteligência, será adequado dar-lhe o controle total da situação? (Bradshaw, 2002)

Assim, questões sobre como as pessoas podem controlar de uma certa forma o agente ou instruí-lo na realização de uma determinada atividade; que tipos de respostas e como elas devem ser fornecidas aos usuários são fundamentais na elaboração de um projeto de sistemas que pretende utilizar a tecnologia de agentes inteligentes em sua natureza computacional.

#### **4.5 – Arquitetura de Agentes**

As arquiteturas de agente podem ser analisadas sobre as seguintes óticas: um agente individual, o próprio sistema como agente, uma vez que o mesmo é formado por um conjunto de agentes. Um ponto fundamental para análise da arquitetura dos agentes inteligentes é a interação do agente com as outras entidades que compõe o sistema ou

sua interação entre si (em se tratando de um sistema inteiro). (Morreale, 1998) (Geneserch, 1994) (Cardieri, 1998)

Podemos classificar as arquiteturas de agentes segundo a forma de escolha das ações que o agente irá realizar no sistema.

- Deliberativa: o agente possui um conjunto de opções de ações e escolhe deliberadamente alguma delas usando para isso modelos simbólicos, planos e/ou funções. São basicamente sistemas de que trabalham com plano de ações para solução de problemas. O maior problema enfrentado pelas arquiteturas deliberativas é que no momento da execução das ações a configuração do sistema (mundo) pode variar, fato ignorado por sistemas implementados nesse tipo de arquitetura.
- Não-Deliberativa: o agente analisa um conjunto de eventos que ocorrem no ambiente para escolha da ação a ser executada. Esse conjunto de eventos passa então a ser fator determinante na escolha das ações a serem executadas pelos agentes. Esse tipo de arquitetura trabalha com regras determinadas onde a cada ação corresponde a uma determinada reação específica. Essas regras não podem ser alteradas em tempo de execução o que prejudica sensivelmente a propriedade de autonomia dos agentes, bem como seu processo de aprendizado. Além disso, o processo de determinação dessas regras é um processo lento, cansativo e tedioso. Pode ser implementada como um simples conjunto de regras ou como uma máquina de estados finita.
- Híbrida: combinam técnicas das duas arquiteturas: deliberativa e não-deliberativa, na tentativa de solucionar os problemas apresentados nas arquiteturas deliberativa e não-deliberativa.

#### **4.6 – Implementando Agentes**

Uma das principais considerações que devem ser levantadas no projeto de sistemas com agentes inteligentes é o conceito de competência. Isto definirá os métodos de ação dos agentes bem como sua metodologia de obter conhecimento sobre os problemas.

#### 4.6.1 – Agentes de Interface

Um agente de interface é aquele que auxilia o usuário no uso da interface de forma interativa.

O agente pode adquirir conhecimento através do monitoramento das ações do próprio usuário na interface ou atuar de forma autônoma executando ações independentemente das ações do usuário de forma a ajudá-lo na conclusão de uma determinada tarefa. No segundo caso, temos a criação do que conhecemos por agente autônomo.

É importante observar que as classificações dos agentes se confundem entre si podendo haver fusões e o conseqüente aparecimento de novas classificações. No caso supracitado podemos ter agentes de interface autônomos ou não. A opção de tornar um agente autônomo também pode ser deixada a cargo do usuário.

O agente de interface sempre atua em conjunto com o usuário, sendo os mesmos proativos e, mesmo os não autônomos, têm um certo grau de autonomia que pode ou não ser dado pelo usuário. Esses agentes funcionam como assistentes dos usuários cooperando com eles para a realização das tarefas. Além da propriedade de autonomia os agentes de interface devem possuir um certo grau de aprendizado. (Green, 2004)

A implementação de agentes de interface pode ser feita, segundo Mães (Maes, 1994), de três formas diferentes descritas a seguir.

Agente semi-autônomo: neste caso o usuário tem total controle sobre as ações do agente, uma vez que ele é responsável por definir as regras que irão ditar o comportamento do agente. A principal vantagem desse tipo de agente é que ele possui um alto grau de confiança em relação ao usuário, uma vez que o mesmo ditou as “regras do jogo”. Por outro lado há uma preocupação excessiva por parte do usuário em “ditar as regras do jogo” o que acaba sobrecarregando-o em suas atividades.

Uma outra forma de implementar agentes de interface é dotá-lo de conhecimento específico sobre o(s) problema(s) em questão. Além de uma boa base de conhecimento sobre a aplicação o agente também deve ter um alto grau de conhecimento sobre seus usuários. Assim, o agente usa essas informações e as

informações obtidas no processo interativo com o usuário de forma a reconhecer seu plano de ação e detectar uma melhor forma de ajudá-lo na situação corrente.

Neste caso, surge o problema do poder de adaptação de agente ser bastante limitado, uma vez que sua base de conhecimento é fixa. Também neste caso o grau de confiança do usuário no agente pode ser relativamente baixo uma vez que o mesmo foi programado por terceiros e o usuário não tem opções de “ditar as regras do jogo” e nem conhecimento sobre o que envolve a “caixa preta” do agente.

Uma outra técnica utilizada é conhecida como técnica de aprendizado, por máquina. Ao invés de dotar o agente de uma grande gama de conhecimento e deixá-lo sem opção de adaptação, opta-se por fornecer apenas um conhecimento prévio mínimo e deixá-lo livre para aprender a agir de maneira cada vez mais adequada a cada nova interação com o usuário. Para a implementação deste tipo de agente alguns requisitos mínimos são necessários ao sistema como, por exemplo: comportamento repetitivo e atividades específicas para usuários específicos. Sem esses requisitos o agente não é capaz de efetivamente aprender e no caso de tarefas de uso geral, a utilização de uma base de conhecimento fixa é mais aconselhável.

Esta última técnica apresentada resolve os problemas enfrentados pelas técnicas anteriores uma vez que o usuário não se vê sobrecarregado em atividades de programação das “regras do jogo” com os agentes. Neste caso o grau de confiabilidade do usuário com agente tende a aumentar com o passar do tempo uma vez que o agente aprende sobre o usuário e suas ações obtêm desempenhos melhores a cada interação. Entretanto, esta técnica está relativamente restrita a sistemas com comportamento repetitivo e sistemas especialistas.

#### **4.7 – Técnicas de Aprendizado**

Um dos principais objetivos para implementação de agentes inteligentes é garantir um alto nível de precisão nas informações a respeito de usuários específicos. Em um sistema computacional tradicional tal nível de precisão é relativamente limitado uma vez que cada usuário tem comportamentos, preferências e objetivos diferentes e altamente específicos. A melhor forma de atingir esse nível de especialização de informações a respeito do usuário é aprender heurísticamente sobre cada um deles em



particular. Esse é um dos principais objetivos dos agentes inteligentes: a capacidade de aprender para adquirir conhecimentos específicos.

A Inteligência Artificial utiliza algumas técnicas tradicionais que dão aos agentes a capacidade de aprender, são elas: (Green, 2004)

- Classificação simbólica: Essa técnica trabalha com um conjunto de exemplos para a definição e classificação de um conjunto de atributos que formarão uma classe definida a partir de uma árvore de decisão;
- Classificação Sub-Simbólica: Utiliza redes neurais que recebem uma série de padrões de entradas classificando-as em classes de saídas.

O principal problema das técnicas tradicionais é que as elas requerem um certo tempo para que um nível mínimo de aprendizado seja alcançado. Esse fato se opõe ao conceito de aprendizado em tempo real que define um agente autônomo. Neste caso, outras técnicas necessitam ser utilizadas para a implementação desse tipo de agente. Assim, uma das técnicas mais utilizadas para implementação de agentes autônomos é a técnica de aprendizado a partir do próprio ambiente de atuação do agente.

Para o aprendizado em tempo real o agente deve possuir algumas fontes de conhecimento. Dentre elas podemos definir as quatro fontes abaixo como **principais** meios de obtenção de conhecimento por parte dos agentes autônomos: (Maes, 1994)

- Através da observação e da repetição de ações e comportamento referentes ao usuário em questão;
- Através das respostas do usuário as ações do agente, ou seja, do **processo** interativo que existe entre eles;
- O usuário pode treinar os agentes com simulações de possíveis **eventos** que podem acontecer no decorrer do uso do sistema;
- Através da interação e da troca de informações e experiência **com** outros agentes existentes no sistema.

## 4.8 – Sistemas Multi-agentes e Colaboração

Um agente isolado pode se deparar com uma série de problemas que, apesar da sua capacidade de resolução, pode inviabilizar sua implementação pelo fator tempo. Um agente isolado necessita de um tempo relativamente alto para acumular conhecimento suficiente para que sua interação com usuário ocorra de forma positiva para ele e para o sistema em questão.

Assim a idéia de agentes colaborativos surge como uma possível solução para esses problemas uma vez que os agentes podem trocar informações sobre experiências anteriores ajudando uns aos outros e aumentando, assim, a velocidade de aprendizado entre eles. Um agente, dito, colaborativo deve, portanto, possuir as características de autonomia e cooperação. (Lashkari, 2004)

Quando os agentes são implementados em um ambiente de rede, a mudança de configuração desses ambientes ocorrem em uma velocidade muito alta, o que os tornam ambientes altamente heterogêneos. Com a evolução da tecnologia de redes e o conseqüente aumento do número de sistemas desenvolvidos para esse tipo de plataforma aumenta ainda mais a necessidade de colaboração e cooperação entre os agentes inteligentes imersos nesses ambientes.

A linha de pesquisas de Inteligência Artificial Distribuída (DAI) trabalha no desenvolvimento de técnicas e modelos de agentes com suporte a trabalho colaborativo e cooperativo em sistemas computacionais com interação humana. A idéia de cooperação e colaboração faz surgir o conceito de uma sociedade de agentes imersos entre sistemas computacionais e seres humanos mais conhecida como: Sistemas Multi-Agentes (MAS).

Nesse tipo de sistema os agentes trabalham em conjunto na resolução de problemas altamente complexos, uma vez que a conclusão sobre a ação a ser executada não é estabelecida por um único agente, mas pela soma dos resultados do trabalho de cada agente. Para existir a cooperação e colaboração entre os agentes os mesmos devem ter a capacidade de negociar e coordenar ações em conjunto e individualmente além, é claro, de mecanismos de comunicação entre eles. (Green, 2004)

A idéia de agente ideal em sistemas de gerenciamento de redes, segundo Morreale (Morreale, 1998), é um agente que além da capacidade colaborativa e cooperativa dos agentes de rede também fosse capaz de aprender como os agentes de interface.

Podemos classificar os sistemas multi-agentes baseados nos grau de cooperação entre os agentes. Podemos dividir os sistemas multi-agentes em:

- Sistemas Cooperativos Multi-Agentes (CMAS): Nesse tipo de sistema os agentes foram desenvolvidos sob a ótica da coletividade, onde o que importa, é o desempenho final do sistema deixando características individuais de cada agente em segundo plano.
- Sistemas Multi-Agentes com interesses próprios (SMAS - Self-Interested Multi-Agent System): Neste caso os agentes são ditos individualistas, onde cada agente trabalha em benefício próprio deixando a princípio da colaboração em segundo plano.

A principal vantagem dos sistemas multi-agentes com interesses próprios é que os agentes podem ser implementados por projetistas diferentes enquanto que em sistemas cooperativos todos os agentes dos sistemas devem ser implementados pela mesma equipe de projetistas. Entretanto, sistemas cooperativos têm um alto grau de colaboração entre os agentes enquanto que os SMAS o grau de cooperação é relativamente baixo. Além disso, em sistemas MAS podem ocorrer conflitos entre os agentes fazendo com que apareçam objetivos conflitantes podendo muitas vezes transformar a cooperação em competição.

Existem algumas técnicas que são utilizadas na tentativa de solucionar os problemas supracitados. Em sistemas MAS são utilizadas técnicas distributivas baseadas em conceitos como comunicação, gerenciamento e negociação. (Green, 2004)

Lashkari (Lashkari, 2004) afirma que é possível implementar uma comunicação colaborativa entre os agentes através de dois métodos:

- Os agentes com nível de conhecimento insuficiente para lidar com uma determinada situação podem solicitar, a outros agentes, procedimentos padrões sobre como agir em situações parecidas com a atual.

- O agente analisa as informações de ajuda obtidas de outros agentes na tentativa de encontrar os agentes com o nível de conhecimento o mais elevado possível.

#### 4.9 – Agentes Móveis

Com a evolução tecnológica na área de redes e a explosão da rede mundial de computadores, a internet, uma grande gama de sistemas computacionais foram surgindo baseados em plataforma de rede de computadores. O uso de agentes inteligentes nesse tipo de sistema também tem sido motivo de estudos e pesquisas direcionadas a sua implementação. Os agentes que interagem em sistemas de redes de computadores são conhecidos como agentes móveis. Esses agentes possuem uma propriedade característica chamada mobilidade, ou seja, os agentes imersos nesse tipo de sistema devem ter a capacidade de se movimentar dentro da rede entre os seus terminais executando tarefas e agindo como representações computacionais de seus respectivos usuários. Um agente móvel pode, portanto, se mover entre os terminais computacionais ligados a rede executando tarefas e conservando, ou não, seu comportamento original.

Sob esse ponto de vista podemos propor outros conceitos que também definem entidades computacionais como agentes inteligentes. Segundo Lierberman (Lierberman, 2004):

“Um agente é uma entidade computacional que:

- Atua em nome de outra entidade de uma forma autônoma
- Executa suas ações em algum nível de proatividade e/ou reatividade.
- Exibe algum nível dentre os atributos básicos de aprendizado, cooperação e mobilidade.”

Um agente móvel é basicamente um programa (agente) que tem a capacidade de se deslocar entre terminais computacionais interligados por uma rede heterogênea. Inicialmente os agentes móveis desenvolvidos se autotransportavam levando consigo seu código e seu estado momentâneo de um terminal para o outro.

Neste caso, se o agente estivesse em modo de execução no momento da realização do transporte, sua execução era interrompida e seu estado atual preservado de modo que o mesmo pudesse retomar o processo de execução no outro terminal para o qual estava se transferindo. A partir desse ponto duas linhas de pesquisas com ênfases diferentes começaram a se desenvolver para criação de agentes móveis. Uma com ênfase no código e outra com ênfase no estado do agente no momento da interrupção da execução. (Morreale, 1998)

#### **4.9.1 – A Utilização de Agentes Móveis**

A grande vantagem na utilização de agentes móveis em sistemas computacionais vem do fato de que nesse tipo de sistema os agentes atuam como suporte a sistemas de tempo real, minimizando fatores de vital importância como latência e tempo de resposta, por exemplo. (Green, 2004)

Os agentes aumentam a eficiência da rede na medida que eles se movimentam de um terminal para outro, pois estão transferindo, além de uma carga de dados, uma carga de computação, desonerando a rede e reduzindo o tráfego, já que grande parte das interações computacionais são feitas entre os terminais e os agentes que residem no próprio terminal.

Outros pontos interessantes no uso de agentes móveis é a independência de plataforma, oferecendo assim suporte a redes heterogêneas e operações assíncronas e independentes. Além dessas vantagens todas as vantagens no uso de agentes estáticos também podem ser incorporadas aos agentes móveis uma vez que eles têm características em comum.

#### **4.10 – Comentários Finais**

Toda vez que se apresenta um modelo de agentes computacionais inteligentes como solução para uma determinada aplicação, abordagens de softwares tradicionais são apontadas como alternativa de solução para o referido problema. Este fato levanta sempre a questão: Porque utilizar a tecnologia de agentes para a resolução de problemas que poderiam ser resolvidos através de tecnologia tradicional já existente? (Green, 2004)

Em alguns casos a utilização de agentes ou softwares tradicionais como soluções implementáveis são equivalentes, mas em certos casos a solução com agentes acaba se sobressaindo como melhor solução. Entretanto levando em consideração a tecnologia de agentes móveis, bem como os requisitos dos sistemas onde os mesmo são implementados (sistemas de redes heterogêneas) essa tecnologia tem sempre se sobressaído como a melhor solução para esse tipo de sistema. Requisitos como processamento em tempo-real, técnicas de comunicação avançadas e problema de largura de banda de rede têm sua resolução otimizada com uso de agentes móveis, diminuindo o tráfego da rede, otimizando sua computação e aumentando sua velocidade de processamento de informações, entre outros benefícios.

Com a explosão e popularização da internet, o desenvolvimento de sistemas Web têm aumentado a cada dia e como os mesmo se tratam de sistemas que residem em uma rede imprevisivelmente heterogênea o uso de agentes moveis se torna cada vez mais fundamental no desenvolvimento de tais aplicações bem como na otimização da utilização da grande rede.

# Capítulo 5

## O Ambiente Virtual Arte Show

Com o surgimento da VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) (Ames, 1997), uma linguagem de modelagem de ambientes virtuais 3D que podem ser visualizados em navegadores de páginas HTML, houve uma popularização desses ambientes amplamente difundidos pela internet. Com a evolução da linguagem e suas novas versões cada vez mais poderosas e interativas, bem como sua interação com a linguagem Java, fez que com que diversas aplicações baseadas em VRML, não necessariamente voltadas para Internet, surgissem no ambiente das ciências da computação a nível mundial.

Logo, embora um pouco mais recente, a tecnologia de agentes inteligentes também foi incorporada a esses ambientes na tentativa de aumentar o poder de interação entre o mesmo e seus usuários e facilitar ao máximo a interação e a navegação nesse tipo de ambiente virtual, aumentando assim sua usabilidade.

Em um ambiente virtual, em se tratando de uma interface 3D, os agentes podem assumir um papel de humano imerso no ambiente virtual, ou seja, o agente pode possuir uma interface dentro do ambiente virtual semelhante a do próprio usuário. Além disso em outros tipos de sistema o agente pode não estar imerso no ambiente interagindo com o usuário fora da interface 3D (estando em outro frame HTML por exemplo). O agente também pode não ter uma interface visual se limitando a comandos de voz e/ou incorporados ao próprio ambiente como parte do seu sistema computacional, fazendo com que o mesmo se adapte a cada usuário específico (características de ambientes virtuais dinâmicos). (Tavares, 2003) (Purezza, 2003) (Jung, 1999)

### 5.1. O Ambiente Virtual

Foi construído, então, um ambiente virtual dinâmico com agentes inteligentes para a realização de testes de navegação com usuários imersos no ambiente virtual. O ambiente construído representa uma galeria de arte (Arte Show) e foi

implementado utilizando a tecnologia VRML. O ambiente é composto basicamente por uma sala principal que contém, além amostras dos tipos de exposições presentes na galeria, portas que levam a salas organizadas por tipos de manifestação artística. O ambiente é considerado um ambiente realidade virtual dinâmico porque o mesmo se modifica adaptando-se a condições de perfil de cada usuário presente no ambiente. (Jung, 1999) Na sala principal temos, por ordem de proximidade, o seguinte conjunto de portas que definem os principais tipos de exposições presentes na galeria de arte:

- Escultura
- Arte Digital
- Fotos
- Desenhos
- Colagens
- Artesanato
- Pinturas (duas portas – pinturas 1 , pinturas 2)

A Figura 5.1 mostra, um mapa 2D da sala principal. O ponto 1 indica o ponto de partida do usuário. Próximo a esse ponto também se encontrará o agente nos testes 2, 3, 4 e 5. Os pontos 2 a 8 representam as portas que levam o usuário às salas de exibição ou exposição. Os pontos seguem a ordem estabelecida no parágrafo acima. Os pontos 9 a 11 são amostras de cada tipo de exposição. As amostras se localizam próximas as suas respectivas portas. O ponto 12 é um conjunto de painéis que gira em torno de si mesmo como um cinema mostrando ao usuário um número diversificado de obras artísticas disponíveis na galeria de arte. A Figura 5.2 mostra as visões interna e externa do ambiente.

As portas indicadas com os nomes “Escultura”, “Colagens” e “Artesanato”, levam o usuário direto para uma sala de exposição, uma vez que estes tipos de exposições não possuem subtipos.

Com exceção de “Escultura”, “Colagens” e “Artesanato” os outros tipos de exposições definidas na sala principal possuem subtipos onde cada subtipo é atribuído



um artista específico Por exemplo, na exposição de desenhos existem os seguintes subtipos:

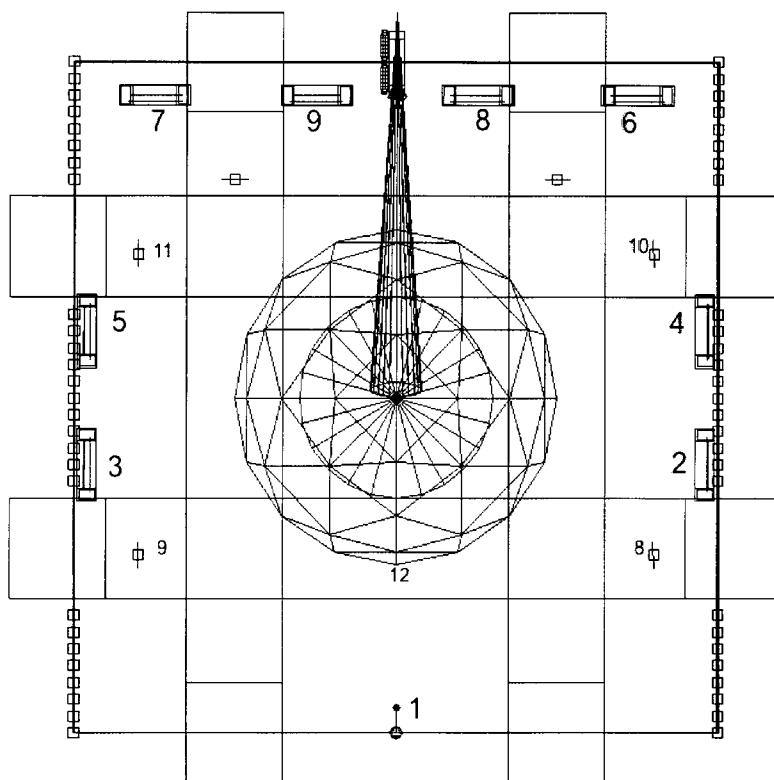
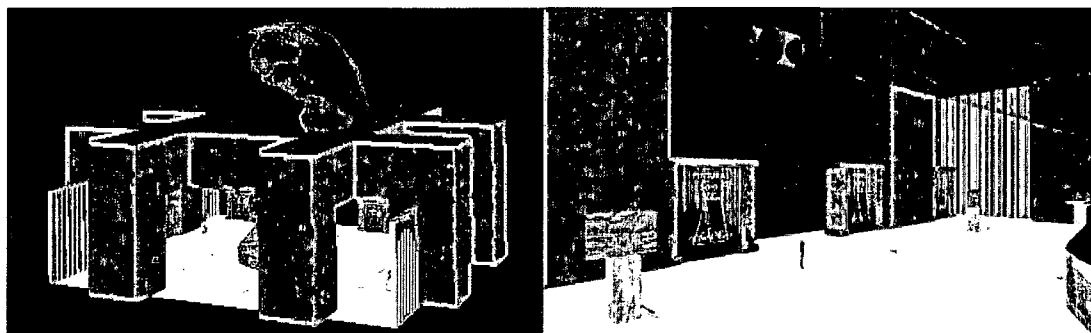


Figura 5.1: Mapa 2D da sala principal da Arte Show



(a)

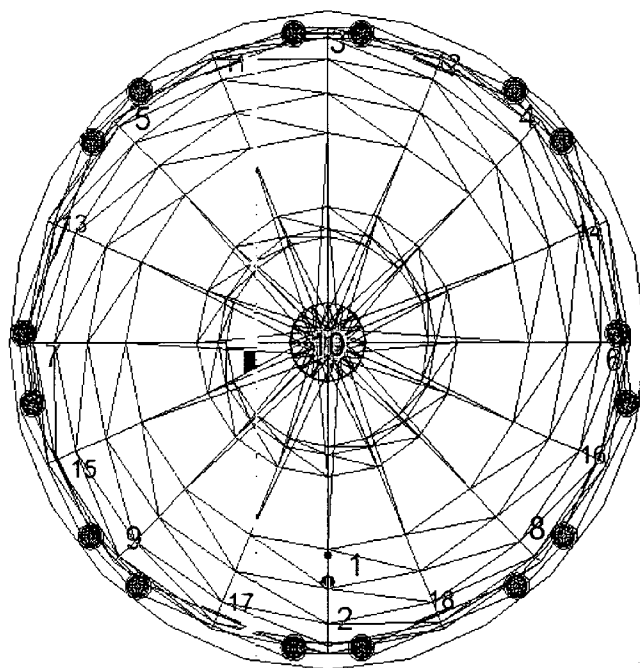
(b)

Figura 5.2: (a) Visão externa e (b) visão interna da sala principal da Arte Show

- Desenhos Arquitetônicos
- Charges
- Desenhos Coloridos
- Desenhos em Preto & Branco

Para isso foi necessário a criação de um segundo ambiente para exibir os subtipos de exposições disponíveis na galeria de arte (salas de exibição). As Figuras 5.3 e 5.4 mostram, respectivamente, um mapa 2D de uma das salas de exibição e um panorama 3D da mesma sala. Neste caso o usuário é levado para uma sala de exibição com novas portas e amostras da exposição de cada artista, onde cada porta leva o usuário para a sala de exposição do respectivo artista indicado na porta.

Uma vez imerso no ambiente virtual o usuário escolhe diretamente o tipo de exposição para visitar mas não escolhe diretamente o subtipo, uma vez que os mesmos estão representados por seus respectivos artistas. Como exemplo suponhamos que o usuário tenha atravessado a porta “Desenhos” na sala principal, fato que o levará a sala de exibição de desenhos (Figuras 5.3' e 5.4). Nesta sala atravessando a porta indicada com o nome do artista Ann Thoma., ele entrará na sala de exposição de desenhos arquitetônicos.

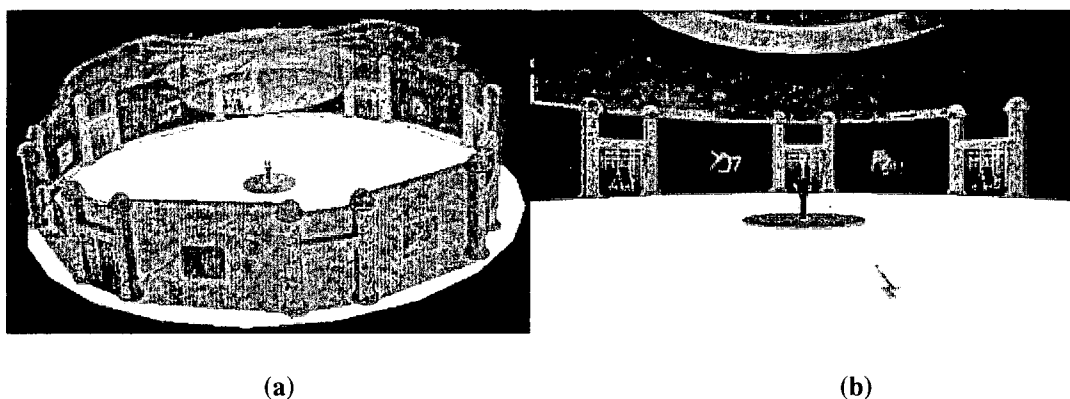


**Figura 5.3: Mapa 2D da sala de exibição**

Na Figura 5.3 acima o ponto 1 representa o ponto de partida do usuário no ambiente. O ponto 2 representa a porta de entrada / saída do ambiente. Ao atravessar a porta 2 o usuário retornará a sala principal. Os pontos 3 a 9 representam portas que quando atravessadas levam o usuário para salas de exposição de um determinado artista representado pela respectiva porta. O ponto 10 representa o ponto de localização do

agente no ambiente. Os pontos 11 a 18 representam amostras de alguma obra artística que o usuário poderá visualizar se atravessar à porta que fica a direita, à esquerda, ou entre as obras de arte apresentadas. As amostras 11 e 12 pertencem ao artista representado pela porta 3. A partir da daí seguindo para esquerda a amostra de cada porta se localiza imediatamente a sua esquerda (por exemplo: a amostra 15 refere-se a porta 7). Seguindo da porta 3 para direita a amostra de cada porta está localizada imediatamente a sua direita (por exemplo: a amostra 16 refere-se a porta 6). Todas essas informações são fornecidas aos usuários antes do início de cada teste.

A utilização de amostras associadas a cada porta na sala de exibição é para dar ao usuário uma idéia do tipo de exposição que o mesmo verá ao atravessar aquela porta, uma vez que na parte superior de cada porta há apenas a indicação do nome do artista, diferentemente da sala principal onde na parte superior de cada porta havia uma indicação do tipo de exposição a ser visitada ao atravessar-se àquela porta.



**Figura 5.4:** Visão externa (a) e interna (b) da sala de exibição da Arte Show

O ambiente é constituído por 31 outros ambientes *linkados* através das portas o que nos dá um total de 31 salas sendo:

- 1 Sala Principal com *links* para:
  - 2 salas de exibição de pinturas com links para:

- 1 sala de exposição de pintura contemporânea
- 1 sala de exposição de *watercolor*
- 1 sala de exposição de flores
- 1 sala de exposição de pintura á óleo
- 1 sala de exposição de natureza
- 1 sala de exposição de arte sacra
- 1 sala de exposição de paisagens urbanas
- 1 sala de exibição de fotos com links para:
  - 1 sala de exposição de fotos de deserto
  - 2 salas de exposição de fotos de paisagens
  - 1 sala de exposição de fotos em preto & branco
  - 1 sala de exposição de fotos urbanas
- 1 sala de exibição de desenhos com links para:
  - 1 sala de exposição de desenhos arquitetônicos
  - 1 sala de exposição de desenhos coloridos
  - 1 sala de exposição de desenhos em preto & branco
  - 1 sala de exposição de charges
- 1 sala de exibição de arte digital com links para:
  - 2 salas de exposição de arte digital
- 1 sala de exposição de escultura
- 1 sala de exposição de colagens
- 1 sala de exposição de artesanato

Assim temos um total de 26 subtipos de exposições diferentes organizadas por tipos, com um total de 12 exposições de pinturas, 5 exposições de fotos, 4 exposições de desenhos, 2 exposições de arte digital, 1 exposição de artesanato, 1 exposição de colagens e 1 exposição de escultura. A Figura 5.5 mostra a planta baixa de

uma das salas de exposição. A Figura 5.6 (a) e (b) mostram vistas panorâmicas da sala de exposição.

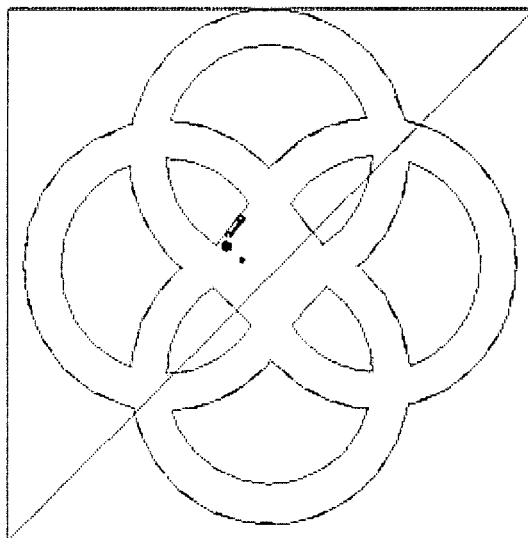


Figura 5.5: Mapa 2D da sala de exposição da Arte Show



(a)

(b)

Figura 5.6: Visão e interna da sala de exposição da Arte Show

A Figura 5.7 mostra um modelo para a organização hierárquica das salas da galeria de arte, mostrando os possíveis caminhos que podem ser seguidos pelo usuário. Cada parte de disco representa um ambiente diferente que está *linkado* a outro ambiente vizinho em que não haja uma linha divisória de cor preta. Cada artista representa um subtipo de exposição (ver exemplos anteriores).

Em cada tipo de ambiente (sala) o agente tem um nível de interação diferente com o usuário. O nível de interação do agente com o usuário varia de acordo

com a seta azul definida na Figura 5.8 na direção do centro para as bordas do círculo. O nível de interação do agente com o usuário diminui à medida que o mesmo se afasta da sala principal, chegando a ser zero nas salas de exposição, ou seja, não há interação entre o agente e o usuário nas salas de exposição uma vez que o mesmo não se faz presente. Os níveis de interação serão discutidos mais detalhadamente no sub-tópico sobre os agentes.

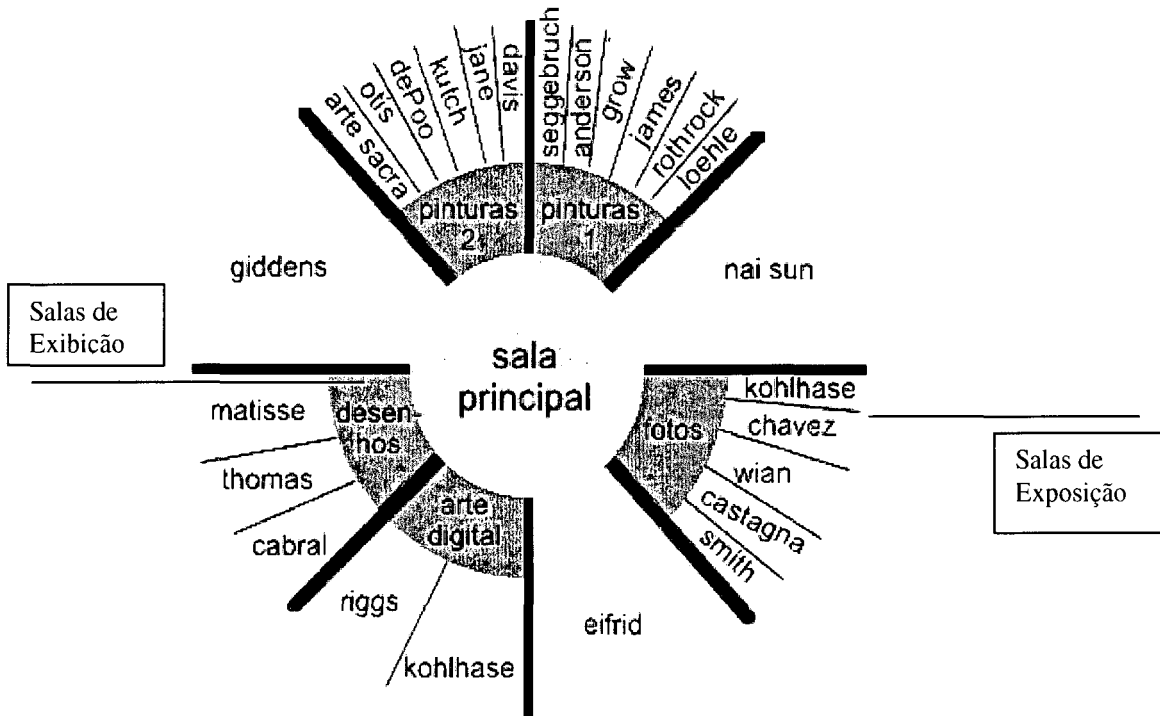


Figura 5.7: Modelo da organização hierárquica do ambiente.

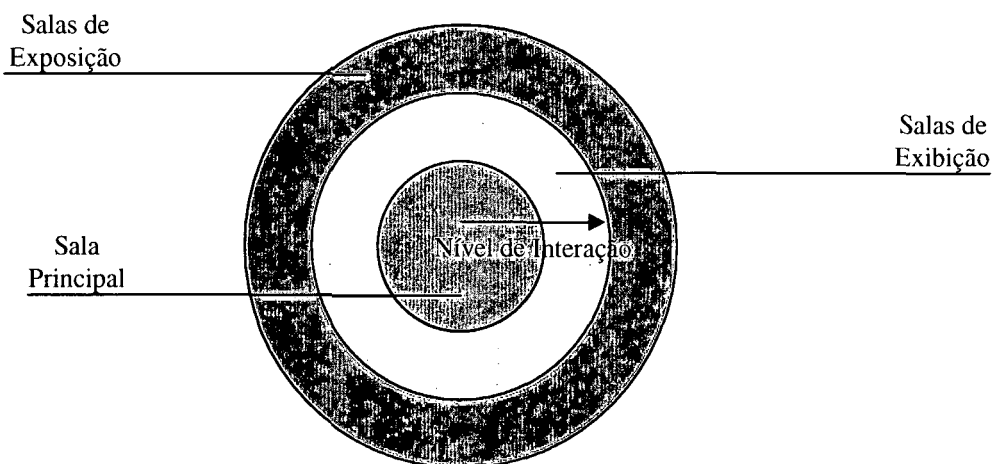


Figura 5.8: Níveis de interação do usuário com o agente no ambiente virtual.

## 5.2. Os Agentes Inteligentes

No ambiente virtual especificado no tópico acima existem agentes inteligentes que utilizam uma interface humanóide 3D para se comunicarem com o usuário através de movimentos e voz. A interface dos agentes também foi desenvolvida utilizando a tecnologia VRML (Jung, 1999) (Tavares, 2003).

Os agentes estão presentes nas salas de exibição e na sala principal do ambiente interagindo com o usuário no sentido de otimizar (agente) ou minimizar (anti-agente) sua visita no ambiente virtual. (Minsk, 1998) O principal objetivo dos agentes é fazer com que o usuário visite exposições que o mesmo definiu como prioridade antes de entrar no ambiente. (Katagiri, 2001) Já os anti-agentes tem como objetivo principal fazer com que o usuário visite exposições que o mesmo não definiu como prioridade antes de entrar no ambiente.

Os agentes e anti-agentes estão divididos em 2 tipos:

- Agente com interface definida pelo usuário
- Agente com interface padrão (agente padrão)

O que nos dá um total de 4 tipos diferentes de agentes que podem atuar no ambiente. Por se tratar de agentes que possuem uma interface 3D e cujo objetivo principal é auxiliar o usuário no uso da interface do sistema, os agentes aqui implementados são classificados como agentes de interface. Além disso, ambos, agente e anti-agente, possuem algumas outras características particulares que os classificam e definem como agentes inteligentes as quais citaremos nos próximos parágrafos.

### 5.2.1 – Características dos Agentes Implementados

#### **Agentes Avançados**

Segundo Green (Green, 2004) os agentes inteligentes implementados no sistema podem ser definidos como agentes avançados, uma vez que possuem 2 das 3 principais características básicas dos agentes inteligentes: autonomia e cooperação.

A autonomia é caracterizada pelo fato do agente/anti-agente agir no ambiente de forma autônoma, sem interferência do usuário. Entretanto, na sala principal

o agente/anti-agente só inicia suas ações quando o mesmo for requerido pelo usuário. Mas, uma vez requerido pelo o usuário, o agente/anti-agente passa a agir de forma totalmente autônoma no ambiente. Estes fatos caracterizam os agentes/anti-agentes, quando agem na sala principal como agentes semi-autônomos. Já nas salas de exibição ele age sem que se faça necessário qualquer comando do usuário, tendo o mesmo portanto total autonomia, caracterizando-os como agentes autônomos. Portanto, o agente pode agir hora como autônomo, hora como semi-autônomo (Minsk, 1998) (MIT, 2004).

De acordo com Bjorn (Bjorn, 2004) existem várias características dos agentes implementados, dentre as quais destacam-se:

### **Cooperação**

É o objetivo principal dos agentes cooperar para que uma das seguintes metas sejam atingidas:

- Meta 1: levar o usuário a visitar exposições definidas por ele a priori como as de sua preferência (lista de favoritos) – Agente
- Meta 2: levar o usuário a visitar exposições não definidas por ele a priori como as de sua preferência – Anti-Agente

Caracterizando assim a cooperação que, no sistema em questão, é realizada apenas entre agente – usuário. Não existindo portanto cooperação agente-agente, uma vez que não se trata de um sistema multi-agente.

### **Agentes Proativos**

A proatividade se caracteriza pelo fato dos agentes tomarem a iniciativa para resolução das metas supracitadas. Entretanto o nível de proatividade varia de acordo com o ambiente (sala) – contexto – em que o agente está inserido. Na sala principal, por se tratar de agentes/anti-agentes semi-autônomos, a proatividade só existe quando a autonomia do agente é ativada. Já nas salas de exibição por se tratarem de agentes/anti-agentes autônomos a proatividade é imediata.



## **Continuidade Temporal**

Quando estão agindo para resolução das metas tanto na sala principal quanto nas salas de exibição os agentes assume o estado ativo. Entretanto ele pode assumir um estado de espera onde o mesmo fica a espera de um estímulo, ação do usuário ou modificação no ambiente para que o mesmo possa agir ativamente.

## **Mobilidade**

Os agentes são ditos móveis porquê os mesmos trafegam entre a rede de ambientes (salas) virtuais segundo a Figura 5.5 sempre acompanhando o usuário no seu trajeto pelo ambiente virtual de uma forma global.

## **Benevolência**

A benevolência é uma das características fundamentais nos agentes do sistema. Como o nosso objetivo principal é medir o grau de influência dos agentes na navegação dos usuários imersos no ambiente virtual, existem agentes com alto grau de benevolência e agentes (anti-agentes) com grau de benevolência negativa na mesma proporção dos agentes cujo grau de benevolência é positivo.

## **Racionalidade**

O agente age em uma só direção, na direção do objetivo determinado (meta 1). Ele nunca agirá na direção contrária. No entanto o anti-agente pode agir na direção contrária numa tentativa de adquirir a confiança do usuário para depois agir na direção do objetivo determinado (meta 2) – estratégia de implementação.

## **Agente Reativo Baseado em Modelo**

Os agentes implementados no sistema contêm uma memória de percepções que influenciam sobre a ação atual que deverá ser processada pelo mesmo.

## **5.2.2 – Arquitetura e Implementação dos Agentes Inteligentes**

### **5.2.2.1 – O Agente**

Os agentes do sistema foram implementados utilizando uma arquitetura deliberativa. O agente possui um conjunto de opções de ações e escolhe deliberadamente alguma delas usando para isso um plano de ações para solução de

problemas que basicamente foi implementado segundo a árvore de decisão mostrada na Figura 5.9. (Cardieri, 1998) (Green, 2004)

A árvore de decisão da Figura 5.9, baseada na proposta de Russel (Russel, 2002), é seguida pelo agente para otimizar ou não (no caso dos anti-agentes) a visita do usuário à galeria de arte [12]. Para isso ele utiliza 3 critérios, os quais, por ordem de prioridade são:

- Critério 1: As exposições que o usuário indicou que gostaria de visitar no formulário *Tipos de Exposições* antes de ser iniciado o teste.
- Critério 2: Proximidade das portas na sala principal.
- Critério 3: Maior número de obras nas salas de exposição.

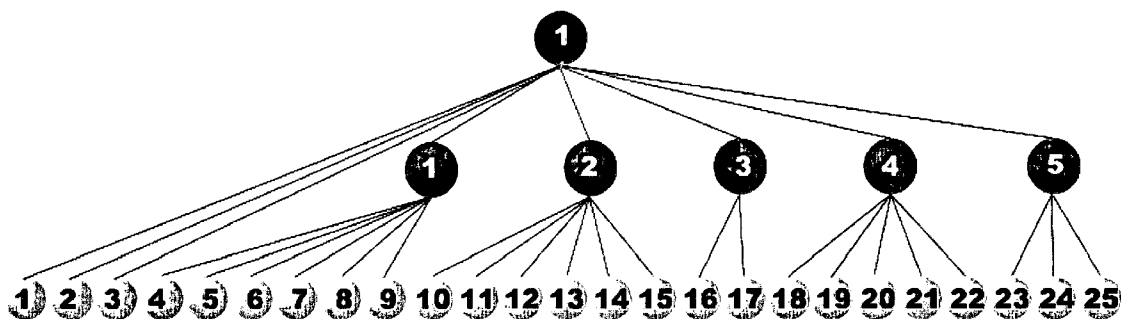


Figura 5.9: Árvore de decisão utilizada pelos agentes inteligentes no ambiente.

O agente combina esses três critérios para gerar um roteiro de sugestão de visitas ao usuário. O critério 1 tem peso 0.45. O critério 2 tem peso 0.35. E o critério 3 tem peso 0.20. A combinação dos pesos dos critérios dará um peso para cada nó seguinte da árvore.

Na Figura 5.9, o nó vermelho 1 (primeiro nível) corresponde à sala principal do ambiente. Os nós azuis de 1 a 5 são as salas de exibição dos tipos de exposições (fotos, desenhos, etc.) Os nós 1 a 3 cinzas (de último nível) correspondem às salas de exposição de colagens, escultura e artesanato. Essas salas só possuem um artista, sendo portanto desnecessária a criação de uma sala de exibição (nó azul de segundo nível). Os demais nós cinzas – 4 a 25 – (último nível da árvore de decisão) são as salas de exibição e também não possuem interação com o agente. Os nós com maior peso serão sugeridos pelo agente na ordem decrescente de pesos. Na sala principal (nó vermelho 1 – primeiro

nível) serão sugeridas 3 tipos de exposições (nós azuis e/ou nós cinzas de 1 a 3) a cada interação do agente com o usuário. Nas salas de exposição (nós azuis de 1 a 5 – segundo nível) são sugeridos exposições de no máximo 2 artistas (nós cinzas – último nível) a cada interação do agente com o usuário.

Como cada ambiente representa um nó na árvore de decisão, foram implementados *mirrors* de cada ambiente para cada agente e seus respectivos conjuntos de nós e pesos (caminhos) na árvore de decisão. Por exemplo:

```
DEF ArtShow Inline {
  url "Cópia (14) de artshow.wrl"
}
```

- O código acima pertence a um arquivo vrml de implementação de um agente. O mesmo chama um *mirror* (Inline) da sala principal (Cópia (14) de artshow.wrl) com uma configuração de pesos para cada nó (portas) na sala principal.

```
DEF $57 _37A5EE10-27B0-11D3-BF0B-00A0245AA2A9
{
  _object_site_ USE $56
  _runtime_mode_ 1
  $Url "file:///C:/ASA/mestrado/1pinturas1mulher.mp3"
}
```

- O código acima pertence ao mesmo arquivo do agente do código anterior e define um arquivo de voz (1pinturas1mulher.mp3) para uma das sugestões do agente na sala principal.

```
DEF Link7 Script {
  eventIn SFBool irPara7
  url "javascript:
    function irPara7(value) {
      strURL = new MFString('pinturas1/1pinturas1mabf.wrl');
      strTarget = new MFString('target=_self');
      Browser.loadURL(strURL, strTarget);
    }"
},
```

- O código acima é um script gerado pelo sistema que define a passagem para um novo nó na árvore de decisão da Figura 5.9 (nós azuis). Este Script Java é inserido dentro do arquivo *mirror* chamado *Inline* (“Cópia (14) de artshow.wrl”) pelo agente.

No caso de uma segunda interação do usuário com sala principal um novo critério é incrementado a computação dos pesos da árvore de decisão, o critério de exposições já visitadas e/ou sugeridas, o que provocará uma nova redistribuição de

pesos. As exposições já visitadas e/ou sugeridas anteriormente não são consideradas. A redistribuição dos pesos levará criação de um novo arquivo *mirror* wrl.

No caso das salas de exibição (nós azuis) o esquema utilizado para computação dos pesos e chamadas dos arquivos *mirror* é o mesmo da sala principal (nó vermelho). A diferença é que o quarto critério (exclusão de exposições já visitadas e/ou já sugeridas) não é utilizado aqui porquê não há uma segunda interação com agente nas salas de exibição – mais detalhes serão dados no próximo capítulo. Assim sendo uma redistribuição de pesos nos nós da árvore não se faz necessária.

### **5.2.2.2 – O Anti-agente**

O papel dos anti-agentes é tentar fazer com que o usuário visite exposições as quais ele não indicou no formulário *Tipos de Exposições* antes de ser iniciado o teste. Para isso o anti-agente utiliza os mesmos critérios estabelecidos anteriormente. Entretanto, a distribuição dos pesos é diferente, uma vez que o objetivo (meta) é diferente. Os pesos atribuídos ao critério 1 são negativos enquanto que os pesos relacionados aos critérios 2 e 3 são aplicados da mesma forma que no agente. O critério 4 aplicado pelo anti-agente na segunda interação na sala principal também é o mesmo aplicado pelo agente.

Entretanto, o anti-agente pode, na sala principal, modificar a distribuição dos pesos e distribuí-los da mesma maneira que o agente. Neste caso anti-agente simula o comportamento do agente para aumentar o grau de confiança entre o usuário e o anti-agente, voltando posteriormente a aplicar os critérios padrões do anti-agente tentando induzir o usuário a visitar exposições que não foram indicadas como de sua preferência.

# Capítulo 6

## Testando a Influência dos Agentes Inteligentes na Navegação dos Usuários no Ambiente Virtual Arte Show

Nos últimos anos várias pesquisas têm sido desenvolvidas no objetivo de estudar o comportamento dos usuários nas mais diversas situações e nos mais diversos tipos de sistemas. Com o advento da tecnologia de agentes inteligentes, o estudo da interação desses agentes com seus usuários, bem como que tipo de mudança de comportamento do mesmo em relação ao sistema com a introdução de agentes inteligentes têm provido uma grande gama de pesquisas científicas nessa área específica.

A maior parte das pesquisas desenvolvidas utilizando esse tipo de sistema tem como objetivo principal identificar fatores que levam o usuário a modificar seu comportamento dentro do ambiente virtual, visando, é claro, o aumento da usabilidade do sistema. (Katagiri, 2001) Em geral as pesquisas estudadas até o momento têm como características principais:

- Um agente padrão que interage com usuário durante sua navegação e execução de suas atividades no ambiente.
- O usuário escolhe um dentre um conjunto de agentes pré-definidos pela aplicação para que o mesmo o auxilie durante sua navegação e execução de suas atividades no ambiente.
- O ambiente é o próprio agente que se modifica de acordo com as necessidades do usuário.
- O agente não possui interface visual, apenas sonora.

Nos dois primeiros casos o agente pode ter uma interface 3D e estar imerso, ou não, no ambiente virtual ou ter uma interface 2D sendo então não-imersivo.

E todos os casos estudados até o momento as pesquisas são feitas de forma isolada, ou seja, para cada caso em particular. Assim os nossos objetivos principais são:

- Implementar as principais características envolvidas no grupo de pesquisas acima citado.
- Realizar interações semelhantes sem a utilização de agentes inteligentes.
- Ir além de apenas aumentar a usabilidade sistema / usuário, mas também tentar estabelecer um parâmetro de verificação do quanto pode o agente influenciar na navegação do usuário dentro dos ambientes virtuais.
- Analisar comparativamente os diversos tipos de interação obtidas.

Baseados nesses critérios, 5 tipos de testes de navegação no ambiente virtual Arte Show. Todos os testes iniciam com a determinação do perfil do usuário testado de acordo com o questionário um do anexo I. No teste o usuário inicialmente escolhe aleatoriamente as 5 exposições que mais gostaria de visitar dentre os 23 tipos disponíveis no ambiente virtual, montando assim uma lista de exposições favoritas. A Figura 6.1 mostra a tela de escolha de preferência dos usuários.

Após esta escolha, é comunicado ao usuário o seguinte conjunto de regras de navegação:

- Uma vez imerso no ambiente o usuário só poderá visitar no máximo 4 exposições de 4 artistas diferentes;
- Fica limitado a 2 o número de visitas por tipo de exposição;
- Como consequência da regra anterior também fica limitado a 2 o número de tipos de exposições que o usuário pode visitar;
- Não deve haver comunicação entre o usuário e o examinador, exceto em casos especiais.

Como exemplo suponha que o usuário escolha entrar na sala de exposição de fotos e lá ele terá direito a visitar a exposição de 2 fotógrafos (não mais que isso). Uma vez visitada as duas exposições o usuário deverá obrigatoriamente voltar à sala principal para escolher um novo tipo de exposição repetindo mais uma vez esse processo. Entretanto o usuário não é obrigado a visitar as duas exposições de fotos. Ele

pode, por exemplo, visitar a exposição de um fotógrafo e voltar a sala principal, entretanto o mesmo “queimará” uma opção podendo agora visitar mais 2 exposições o que dará um total final de 3 exposições. Portanto o fato do usuário visitar ou não os 4 tipos de exposições diferentes ficará a critério do mesmo.

Também é informado ao usuário que o mesmo não é obrigado a visitar as exposições nem a interagir com os agentes. Entretanto os usuários têm a ciência de que o agente funcionará como um guia na tentativa de otimizar a sua visita à galeria de arte. O número de exposições que cada usuário poderá visitar na galeria de arte varia, portanto, de 0 a 4 exposições diferentes.

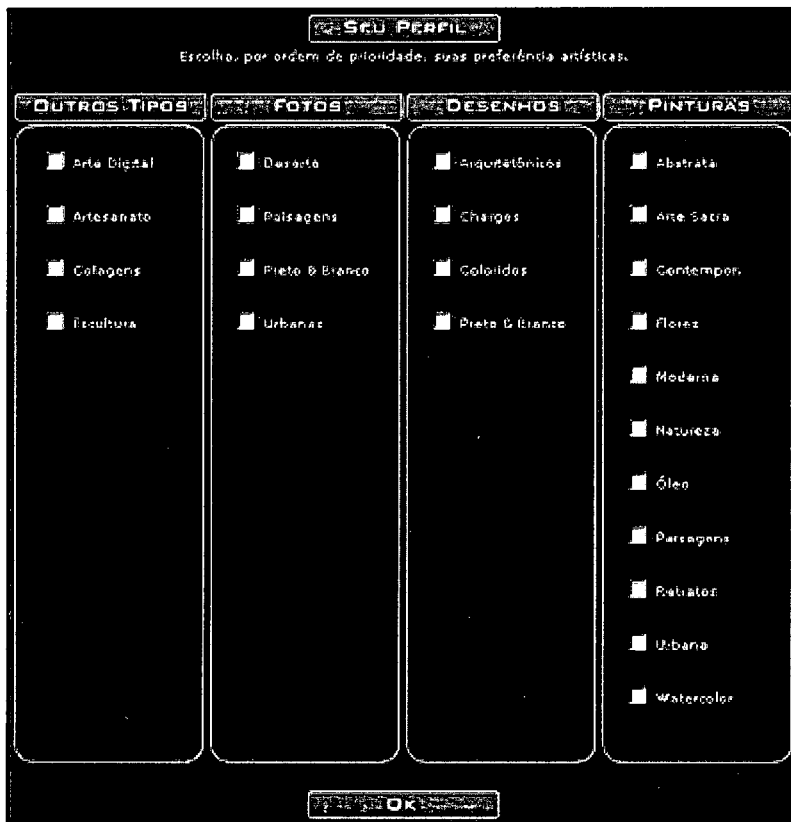


Figura 6.1: Tela de escolha das exposições favoritas

Foram testados 42 usuários com as seguintes características:

- idade entre 18 e 44 anos;
- nível universitário;
- inexperiência em navegação em ambientes virtuais.

## 6.1 – Teste de Navegação Sem a Presença de Agente (Teste 1)

O Teste 1 é um teste de navegação feito sem a presença de agentes seguindo as regras estabelecidas nos parágrafos anteriores. O principal objetivo de nossa pesquisa no teste 1 é verificar se o usuário visitará realmente as exposições de sua lista de favoritos.

### Resultados

No Teste 1 verificou-se que 75% das exposições visitadas haviam sido selecionadas previamente pelos usuários e apenas 25% das exposições visitadas eram exposições que não constavam em suas respectivas listas de favoritos.

Outros fatores interessantes:

- 62,5% das primeiras exposições visitadas foram as primeiras escolhidas na lista de favoritos
- 50% das segundas exposições visitadas não constavam na lista de favoritos dos usuários, o que representa mais de 57% do total de exposições não-favoritas visitadas.
- Apenas 50% dos usuários conseguiram visitar as 4 exposições.

### Análise

O fato de 62,5% das primeiras exposições coincidirem com a primeira opção na lista de favoritos do usuário confirma a intenção do usuário em visitar as exposições por ele classificadas como favorita.

Os dois últimos dados podem ser explicados pela regra estabelecida anteriormente, a de que o usuário só pode visitar no máximo 4 exposições de 4 artistas diferentes sendo 2 de cada tipo. Como a grande maioria dos usuários visita a primeira exposição de sua lista de favoritos eles são obrigados a visitar uma segunda exposição daquele tipo que, em apenas 25% dos casos, coincide com sua segunda opção na lista de favoritos.

Para uma análise mais precisa dos resultados utilizamos o método estatístico da Análise de Variância, desenvolvida por Fischer, cujo objetivo é testar a significância



das diferenças entre três ou mais médias amostrais, isto é, testar a hipótese nula de que as médias amostrais são todas iguais. (Spiegel, 1994) (Nilsson, 1998).

No nosso estudo de caso se todas as médias amostrais foram consideradas iguais a um certo nível de significância podemos considerar que todos os usuário seguem a mesma tendência de navegação no Teste 1. Assim estabelecemos a seguinte hipótese: *Todos os usuário seguem a mesma tendência de navegação*, ou seja, a hipótese de que todos os usuários tendem a visitar as exposições escolhidas na sua respectiva lista de favoritos.

Para cada visita do usuário foi estabelecido uma pontuação que indica se o usuário visitou uma exposição presente em sua lista de favoritos e se a ordem de visita é a mesma da ordem de escolha na lista de favoritos. Utilizando a técnica de análise de variância de um fator onde se obteve um  $F \cong 0,141$ . Este valor é bem menor que o  $F$  crítico a um nível de significância de 95% que é da ordem de 2,49. Assim sendo podemos rejeitar a hipótese de igualdade das médias, ou seja, não há diferença significativa entre as amostras, fato que comprova a hipótese de que todos os usuários seguem a mesma tendência de visitar as exposições listadas em sua respectiva lista de favoritos.

## **6.2 – Testes de Navegação Com a Presença de Agente**

Nos testes com a presença de agentes o usuário realizará a mesma visita no ambiente virtual seguindo as mesmas regras estabelecidas anteriormente. Ocorre que aqui ele dispõe de uma agente inteligente que vai estar interagindo com o usuário com o objetivo de otimizar (ou não – no caso do anti-agente) sua visita na galeria de arte. O nosso objetivo é verificar até que ponto o agente influencia na navegação do usuário no ambiente virtual. Segundo Katagiri et. Al. (Katagiri, 2001) 3 critérios básicos podem ser estabelecidos para verificar a influência do agente na navegação do usuário:

- Indução: até que ponto o agente é capaz de levar o usuário a visitar salas (exposições) sugeridas pelo mesmo;
- Persuasão: até que ponto o agente é capaz de exercer influência sobre a movimentação do usuário dentro do ambiente.

- Foco de atenção: até que ponto o usuário é capaz de manter sua atenção focada no agente durante o processo interativo.
- Nível de Confiança: nível de indução + nível de persuasão.

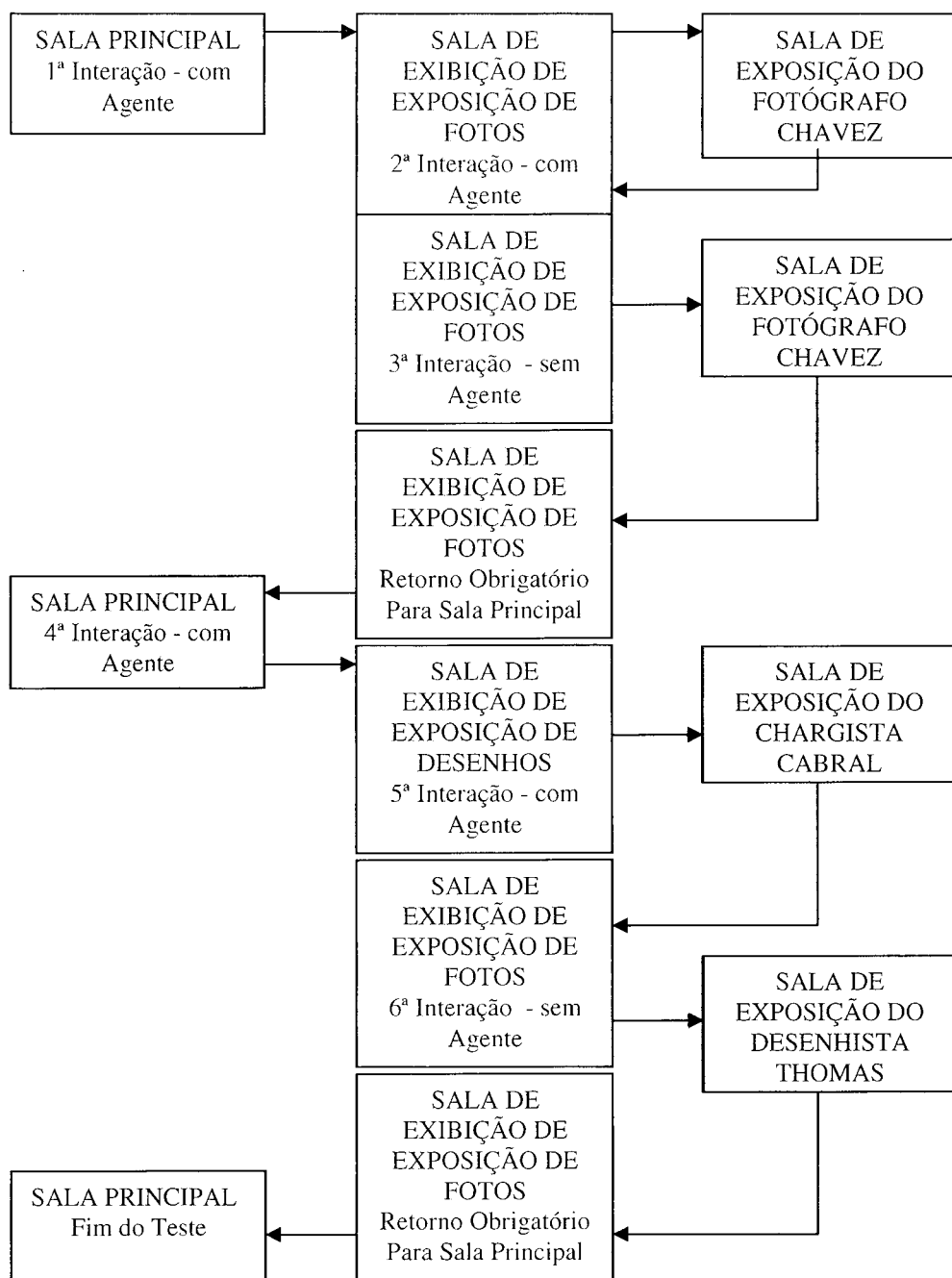
O poder de persuasão do agente é testado na sala principal (Figuras 5.1 e 5.2) onde o agente se movimenta e fala com o usuário tentando leva-lo para frente das portas as quais o mesmo irá sugerir que o usuário entre e visite as respectivas exposições (1ª e 4ª interação). Também é testado aqui o nível de indução do agente sobre o usuário. O objetivo é verificar até que ponto o usuário seguirá o agente e aceitará suas sugestões.

O nível de indução é testado nas salas de segundo nível (Figuras 5.3 e 5.4), salas de dimensões menores, onde o agente se faz presente, mas sem movimentar-se, se colocando sempre no centro da sala, acompanhando o movimento do usuário e sugerindo as exposições presentes naquela sala para que o mesmo visite. Neste tipo de sala são estabelecidas, portanto, a 2ª, 3ª, 5ª e 6ª interações do usuário com o agente. O objetivo é testar o quanto pode o agente induzir o usuário a visitar um tipo de exposição específica e verificar o foco de atenção do usuário para com o agente, uma vez que neste caso o agente se mantém parado.

Ocorre que na 3ª e 6ª interações o agente não se faz presente na sala. Esse fato nos permite estudar se mesmo sem a presença do agente o usuário seguirá suas sugestões dadas nas interações anteriores (2ª e 5ª). Assim podemos testar o quão forte é a influência do agente sobre o usuário. A Figura 6.2 mostra um exemplo do processo interativo do usuário com o agente baseado no modelo de organização hierárquica do ambiente apresentado na Figura 5.7 e na árvore de decisão apresentada na Figura 5.9.

Como estabelecemos o nível de confiança como a média ponderada dos níveis de indução e persuasão do agente sobre o usuário, o nível de confiança pode ser estabelecido em todas as interações do usuário com agente.

Assim como no teste anterior, nos testes com os agentes o usuário, antes de entrar no ambiente, escolhe as 5 exposições que mais gostaria de visitar montando assim sua lista de favoritos. Essa lista é transmitida para o agente e de acordo com a mesma são definidos os pesos das redes neurais que controlam os agentes.



**Figura 6.2: Exemplo de Interação Usuário – Agente.**

É fornecida ao usuário a informação de que o agente está ciente de sua lista de exposições favoritas e de que o mesmo tem como função servir como guia em sua visita a galeria de arte. Entretanto o usuário também tem ciência das regras e de sua liberdade de escolha dentro do ambiente.

## 6.2.1 – Teste 2: Agente Padrão

No teste 2 foram utilizados agentes com interfaces padronizadas, ou seja, o usuário não tem a opção de escolher ou montar seu próprio agente. Foram utilizados 2 tipos de agentes: um para homens e um para mulheres. O agente definido para pessoas do sexo feminino tem as seguintes características:

- Sexo: homem
- Faixa etária: jovem
- Grupo: latino
- Aparência: formal

O agente definido para pessoas do sexo masculino tem as seguintes características:

- Sexo: mulher
- Faixa etária: adulta
- Grupo: branco
- Aparência: informal

A Tabela 6.1 apresenta os resultados obtidos com realização do teste 2:

Comportamento dos usuários	Interações	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>
Seguem o agente		86%			72%		
Não seguem o agente		14%			28%		
Mantêm-se parados ouvindo o agente			84%			50%	
Passeiam pelo amb. Ouvindo o agente			16%			50%	
Aceitam as sugestões do agente		72%	84%	100%	72%	100%	0%
Não aceitam as sugestões do agente		28%	16%	0%	28%	0%	100%

Tabela 6.1: Resultados do Teste 2

Com os dados obtidos da Tabela 6.1 podemos tirar algumas conclusões a respeito da navegação dos usuários que realizaram o Teste 2. Nas 1<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> interações, onde o agente caminha pelo ambiente sugerindo tipos de exposições ao usuário há uma

forte tendência dos usuários a seguir o agente pelo ambiente, embora na quarta interação esta tendência seja um pouco menor. Logo detectamos que o poder de indução que o agente exerce na movimentação do usuário, neste caso, é bastante alto, diminuindo um pouco na quarta interação. Esta diminuição pode ser explicada pelo aumento do nível de confiança do usuário em si próprio, uma vez que o mesmo já possui um certo nível de familiaridade com o ambiente e a experiência está sendo repetida. Ainda assim o nível de confiança do usuário para com o agente continua bastante alto, uma vez que 72% dos usuários seguem a trajetória do agente no ambiente.

Na segunda interação o nível de confiança do usuário no agente é bastante alta havendo apenas uma queda de 2% em relação à 1ª interação. Entretanto na quinta interação esse nível cai bastante 50% apenas. Podemos atribuir essa mudança de comportamento a dois fatos bastante significativos: a – o usuário sabe que ao sair deste ambiente terá encerrado sua navegação, o que desvia o foco de atenção no agente; b – o nível de familiaridade com o ambiente aumentou, uma vez que a experiência está sendo repetida.

Em média 72% das sugestões dos agentes são aceitas. Apenas 28%, em média, das sugestões não são aceitas. Vale ressaltar que as sugestões dos agentes não necessariamente sempre estão contidas na lista de favoritos do usuário, uma vez que há limitação quanto ao tipo (2) e ao número (4) de exposições diferentes a serem visitadas, sendo 2 de cada tipo. O nível de confiança e o poder de persuasão do agente sobre o usuário continua alto durante toda a navegação com pequenas variações. Verificou-se apenas uma discrepância na 5 e 6 interações onde todos os usuários aceitaram ou não aceitaram a sugestão do agente. Vale lembrar que nem todos os usuários chegaram as últimas interações, portanto a amostra neste caso diminui consideravelmente.

Com relação às exposições visitadas apenas 48% das exposições visitadas pelos usuários estavam realmente na sua lista de favoritos. Este número é bem menor que o obtido no Teste 1, quando 75% das exposições visitadas faziam parte da lista de favoritos dos usuários. Esta diferença negativa pode ser explicada como reflexo da influência dos agentes em relação aos usuários, bem como seu poder de persuasão perante os mesmos.

### 6.2.2 – Teste 3: Anti-Agente Padrão

O Teste 3 é semelhante ao Teste 2. A principal diferença é que o usuário interage com um anti-agente. O usuário não tem consciência que seu agente é, na verdade, um anti-agente.

A Tabela 6.2 apresenta os resultados obtidos com a realização do Teste 3.

Comportamento dos usuários	Interações	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Seguem o anti-agente		86%			28%		
Não seguem o anti-agente		14%			72%		
Mantêm-se parados ouvindo o anti-agente			50%			40%	
Passeiam pelo amb. ouvindo o anti-agente			50%			60%	
Aceitam as sugestões do anti-agente		72%	34%	50%	0%	40%	0%
Não aceitam as sugestões do anti-agente		28%	66%	50%	100%	60%	100%

Tabela 6.2: Resultados do Teste 3

Analisando a Tabela 6.2 podemos perceber que o número de usuários que seguem o anti-agente na primeira interação é idêntico ao número de usuários que seguem o agente (Tabela 5.1). Entretanto percebe-se que houve uma inversão quando se analisa a quarta interação. Apenas 28% seguem o anti-agente enquanto que 72% seguiram o agente. Este dado reflete uma perda considerável no nível de confiança do usuário em reação ao anti-agente na quarta interação.

Já na segunda interação percebe-se uma diminuição na porcentagem de usuários que se mantêm parados ouvindo o anti-agente antes de se movimentar no ambiente, 50% contra 82% dos usuários do teste 2. Aqui detectamos uma perda do foco de atenção do usuário em relação ao anti-agente, fato não detectado com o uso de agentes no Teste 2. O agente consegue prender mais a atenção do usuário para si. No caso dos anti-agentes a incompatibilidade de algumas sugestões na primeira interação faz com que os usuários diminuam seu foco de atenção no anti-agente na segunda interação. Essa fato se confirma na quinta interação onde apenas 40% dos usuários mantêm sua atenção no anti-agente antes de iniciar sua navegação no ambiente. Para os agentes esse nível era de 50% no Teste 2.

Com relação às sugestões na primeira interação os números também se repetem em relação ao Teste 2, 72% aceitam as sugestões do anti-agente. Entretanto nenhum usuário aceitou a sugestão do anti-agente na quarta interação, detectando assim a perda total do nível de confiança do usuário no anti-agente, fato que não aconteceu no Teste 2 onde o nível de confiança se manteve para a quarta interação.

Na segunda interação já detectamos uma queda considerável no nível de confiança do usuário em relação ao anti-agente. Enquanto 84% dos usuários aceitaram as sugestões do agentes no Teste 2, apenas 34% dos usuário aceitaram as sugestões do anti-agente na segunda interação. Entretanto, confirmou-se a tendência de um pequeno aumento no nível de confiança do da segunda para quinta interação. No Teste 2 houve um aumento de 16% no número de usuários que aceitaram a sugestão do agente na quinta interação. No caso do anti-agente no Teste 3 também houve um aumento no número de usuários que aceitaram as sugestões do anti-agente, embora esse aumento tenha sido um pouco menor, 6%.

A tendência de queda na confiança dos usuários em relação ao anti-agente se confirma na terceira interação. Apenas 50% das sugestões do anti-agente são aceitas. No Teste 2 todos os usuários aceitaram as sugestões do agente. Na sexta interação nenhum usuário aceitou as sugestões do anti-agente.

Outro fator importante é que apenas 31% das exposições visitadas estavam na lista de favoritos dos usuários, número menor que o obtido no Teste 2 que foi de 48%. Este fato reforça a idéia de que, mesmo os anti-agentes, exercem um alto poder de influência sobre os usuários. A diminuição pode ser explicada pelo fato de que a maioria das sugestões do anti-agente não se encontra na lista de favoritos de seus respectivos usuários.

### **6.2.3 – Teste 4: Agente com Interface Definida pelo Usuário**

O teste 4 consiste da mesma navegação realizada no Teste 2, ou seja, o usuário navega pelo ambiente contando com o auxílio de um guia (agente) que sugere exposições para que o mesmo as visite baseado na lista de favoritos do usuário e nas restrições de navegação estabelecidas anteriormente. Seguindo a mesma seqüência do

Teste 2 o usuário, antes de iniciar sua navegação no ambiente, escolhe, de uma lista de todas as exposições disponíveis para visita, as 5 exposições que mais gostaria de visitar.

Após esta etapa é permitido ao usuário a definição de seu guia (agente), onde o mesmo monta a interface do seu guia (agente) de acordo com características como: sexo, idade, grupo racial e estilo de vestimenta. O principal objetivo neste teste é a verificar se este fato (escolha da interface) aumenta o nível de confiança, bem como o poder de persuasão do agente sobre o usuário, quando comparado com uma interface padrão estabelecida no Teste 2. A Figura 6.3 mostra a tela de escolha das características do agente-guia. A Figura 6.4 mostra exemplos da interface dos diversos tipos de agentes implementados e a Figura 6.5 mostra a tela exibida quando o agente é escolhido.

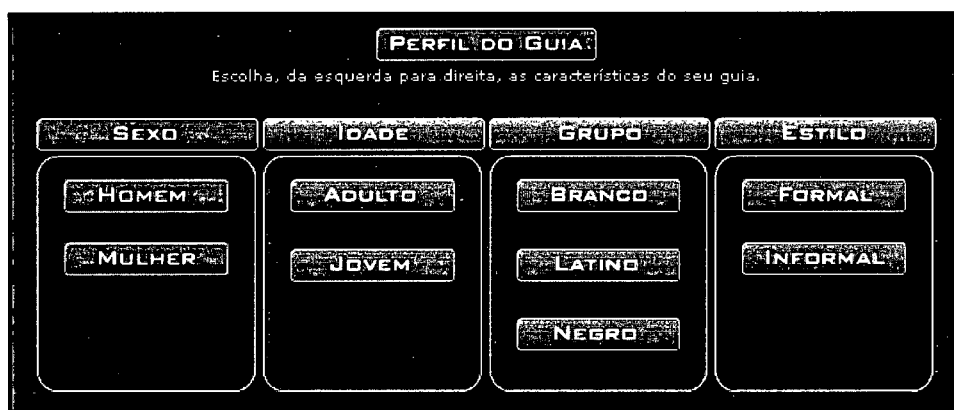


Figura 6.3: Tela para escolha das características do guia (agente) nos Testes 4 e 5.



Figura 6.4: Interface dos agentes inteligentes (guias)



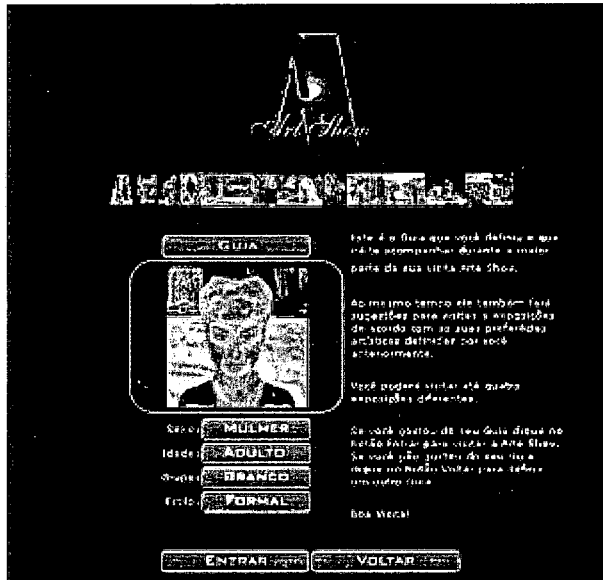


Figura 6.5: Tela de exibição de perfil do guia (agente) definido pelo usuário

A Tabela 6.3 mostra os resultados obtidos com a realização do Teste 4.

Comportamento dos usuários	Interações	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Seguem o agente		100%			58%		
Não seguem o agente		0%			42%		
Mantêm-se parados ouvindo o agente			67%			80%	
Passeiam pelo amb. ouvindo o agente			33%			20%	
Aceitam as sugestões do agente		86%	17%	67%	58%	60%	67%
Não aceitam as sugestões do agente		14%	83%	33%	42%	40%	33%

Tabela 6.3: Resultados do Teste 4

Aqui podemos observar que o nível de confiança do usuário em relação ao agente na primeira interação é o maior conseguido até momento em relação aos outros testes realizados, pois todos os usuários que realizaram o teste 4 seguiram o agente. Entretanto na quarta interação o nível de confiança cai consideravelmente chegando a ficar até menor do que os registrados no Teste 2 com o agente padrão. Esse fato pode ser explicado como uma tentativa instintiva por parte do usuário de equilibrar no nível de confiança atribuído ao agente uma vez que essa queda é natural mas não de maneira tão brusca.

Já na segunda interação o foco de atenção cai embora continue relativamente alto, 67% se mantêm parado ouvindo as sugestões do agente. Entretanto

esse nível ainda é menor que o apresentado no Teste com ao agente padrão (Teste 2) que foi de 84%. Este fato pode ser explicado pelo mesmo motivo da queda no nível de confiança apresentado na quarta interação e mencionada no parágrafo acima. Já na quinta interação detectamos que o agente recupera consideravelmente o foco de atenção do usuário pois 84% dos usuários se mantêm parados ouvindo as sugestões do agente. Este número é bem maior que no teste realizado com o agente padrão, 50%.

Na primeira interação detectamos que 87% dos usuários aceitam as sugestões do agente. Este número cai na segunda interação numa tentativa do usuário de equilibrar sua relação de confiança com agente, um vez que todos os números apresentados na primeira interação foram bastante altos. Este número volta subir já na terceira interação e retorna a um patamar de 67% na sexta interação confirmando a retomada do poder de persuasão do agente em relação ao usuário. Em média 60% das sugestões do agente são aceitas pelo usuário. Entretanto essa média é menor que a média obtida pelo agente padrão que foi de 71%. Neste caso e o poder de persuasão do agente ficou abaixo da média do agente padrão (Teste 2).

Outro dado interessante é que 40% das exposições visitadas estavam na lista de favoritos. Este número é um pouco menor do que o obtido na teste com o agente padrão quando 48% das exposições visitadas estavam na lista de favoritos dos usuários.

#### **6.2.4 – Teste 5: Anti-Agente com Interface Definida pelo Usuário**

O Teste 5 é semelhante ao teste 4, porém o usuário navega pelo ambiente contando com o auxílio de um guia, que neste caso é um anti-agente, que sugere exposições para que o mesmo as visite baseado nas restrições de navegação estabelecidas anteriormente e tentando induzir o usuário a visitar exposições que o mesmo não marcou na sua lista de exposições favoritas. Seguindo a mesma sequência do Teste 2 e do Teste 4 o usuário, antes de iniciar sua navegação no ambiente, escolhe, de uma lista de todas as exposições disponíveis para visita, as 5 exposições que mais gostaria de visitar. Após esta etapa o usuário define o perfil do seu guia da mesma forma que o Teste 4.

A Tabela 6.4 apresenta os resultados obtidos com a realização do Teste 5.

Comportamento dos usuários	Interações	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Seguem o anti-agente		84%			50%		
Não seguem o anti-agente		16%			50%		
Mantêm-se parados ouvindo o anti-agente			25%			16%	
Passeiam pelo amb. ouvindo o anti-agente			75%			84%	
Aceitam as sugestões do anti-agente		50%	75%	20%	33%	33%	0%
Não aceitam as sugestões do anti-agente		50%	25%	80%	67%	67%	100%

Tabela 6.4: Resultados do Teste 5

Na primeira interação observamos que o nível de confiança e o poder de indução do anti-agente é bastante elevado (84%) entretanto menor que índice apresentado pelo agente no Teste 4 que foi de 100%. Já na quarta interação esse número cai para 50% o que indica uma queda considerável no nível de confiança e poder de indução do anti-agente. No teste realizado com agentes este nível foi maior (58%).

O declínio no foco de atenção do usuário no anti-agente já pode ser detectado logo na segunda interação quando apenas 25% dos usuários se mantêm parados ouvindo as sugestões do anti-agente o que indica uma baixa taxa de atenção por parte do usuário no anti-agente. Esse nível cai ainda mais (16%) na quinta interação, ainda consequência da queda no nível de confiança do usuário no anti-agente.

Apesar do nível de confiança elevado na primeira interação somente metade das sugestões do anti-agente são aceitas pelos usuários, entretanto na segunda interação esse nível sobe para 75%. Este fato pode ser explicado pela estratégia de implementação do anti-agente que pode eventualmente sugerir exposições que estão dentro da lista de favoritos do usuário numa tentativa de aumentar seu nível de confiança em relação ao mesmo. Como na primeira interação apenas 50% das sugestões são aceitas esta técnica é, na maioria das vezes, aplicada pelo anti-agente. Apesar disso o nível de aceitação de sugestões continua caindo com o avanço no número de interações chegando a 0% naqueles usuários que atingiram a sexta interação. Quando comparados com o agente (Teste 4) há uma diferença significativa para baixo entre o número de aceitação de sugestões do agente e do anti-agente.

Quando avaliamos o número de exposições visitadas verificamos que apenas 34% das exposições visitadas pertenciam à lista de favoritos dos usuários, número inferior ao obtidos nos agentes padrão e definido pelo usuário (Teste 2 e 4), respectivamente 48% e 40%. Este número é quase o mesmo quando comparado ao número obtido no teste realizado com o anti-agente padrão que foi de 31% das exposições visitadas constavam na lista de favoritos dos usuários.

### 6.3 – Análise Comparativa dos Resultados

Utilizando a técnica de análise de variância é possível estabelecer e confirmar ou refutar algumas hipóteses sobre os resultados obtidos nos 5 tipos de teste mencionados acima.

- Existe diferença significativa no grau de influência dos diferentes tipos de agentes.

Utilizando a ANOVA de 2 fatores (Spiegel, 1994) obtivemos um  $F = 1,089994$ , menor que o  $F$  crítico a 0,95% de significância = (2,09 – 2,0). Assim podemos confirmar nossa hipótese levantada acima, de que existe uma diferença significativa no grau de influência que os diferentes tipos de agentes exercem na navegação do usuário no ambiente virtual.

- Existe diferença significativa no grau de influência dos agentes quando comparados aos anti-agentes.

Encontramos uma diferença significativa nas médias de variância comparadas dos agentes com os anti-agentes o que confirma a nossa hipótese. O  $F$  encontrado foi de 0,68, bem menor que o  $F$  crítico ao nível de significância de 95% que é de 4,96 o que nos leva a aceitar a hipótese de igualdade das médias, ou seja, há diferença significativa entre os dois tipos de agentes, confirmando a lista montada acima.

- Existe diferença significativa no grau de influência dos agentes padrões quando comparados aos agentes definidos pelo usuário.

Encontramos diferença significativa nas médias de variância comparadas dos agentes padrões com os agentes definidos pelo usuário. O  $F$  encontrado foi de 1,26;

bem menor que o F crítico ao nível de significância de 95% que é de 4,3. Podemos então aceitar a hipótese de igualdade das médias, ou seja, há diferença significativa entre os dois tipos de agentes.

Essa diferença aponta a favor do agente padrão e não do agente cuja interface foi definida pelo usuário conforme era esperado. Esse fato refuta a nossa hipótese de que o agente com interface definida pelo usuário possui um poder de influência maior nas decisões tomadas pelo usuário durante os seu processo de navegação no ambiente virtual. Entretanto para o anti-agente os resultados confirmaram a nossa hipótese, ou seja, podemos classificar o anti-agente padrão com um grau de influência sobre o usuário maior que o do anti-agente com interface definida pelo usuário.

Assim, segundo nossas hipóteses comparativas e Observando os dados obtidos e comentados das tabelas 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 podemos estabelecer a seguinte escala em ordem decrescente de nível de influência que o agente inteligente exerce na navegação do usuário em ambientes virtuais:

1. Agente Padrão
2. Agente Com Interface Definida Pelo Usuário
3. Anti-Agente Com Interface Definida Pelo Usuário
4. Anti-Agente Padrão.

# Capítulo 7

## Conclusões e Perspectivas Futuras

Este trabalho teve como objetivo analisar de que forma agentes inteligentes podem influenciar a navegação de usuários em ambientes virtuais. Para isso foram implementados quatro tipos de agentes inteligentes: o agente com interface padrão, o anti-agente com interface padrão, o agente com interface definida pelo usuário e o anti-agente com interface definida pelo usuário. Para cada tipo de agente foram feitos testes de navegação com usuários em um ambiente virtual galeria de arte onde o agente funciona como guia do usuário em sua navegação, sugerindo exposições para que o mesmo as visite.

Além dos quatro tipos de testes realizados com os quatro tipos de agentes diferentes, ainda foi realizada mais um tipo de teste, dessa vez sem a presença do agente no ambiente virtual. O nosso objetivo, além de uma análise individual do comportamento do usuário relacionado a cada agente específico é também, analisar as diferenças de comportamento apresentada na navegação dos usuários quando interagindo com os diversos tipos de agentes e também em sua navegação sem a presença de agentes inteligentes.

Também foi nosso objetivo, não só fazer uma análise individual e comparativa da navegação dos usuários em ambientes virtuais com diferentes tipos de agentes e/ou sem agentes mas também verificar até que ponto os agentes podem influenciar a navegação do usuário. Para isso foram implementados os anti-agentes cujo objetivo foi tentar persuadir o usuário a navegar por caminhos (visitar exposições na galeria de arte) que muito provavelmente ele não navegaria.

Uma análise do perfil de cada usuário foi feita e enviada pelo sistema ao agente ou anti-agente para que o mesmo tome suas próprias decisões. Nesse sentido, nos testes com a presença de agente, foram analisados critérios como: nível de indução, poder de persuasão, foco de atenção e nível de confiança do usuário para com agente.

Na análise realizada no Teste 1 (teste sem a presença de agentes) verificou-se que a maior parte das exposições visitadas estavam na lista de favoritos do usuário, mas

que apenas metade das segundas exposições visitadas estava na lista de favoritos dos usuários. Explicamos este fato devido as regras de navegação estabelecidas anteriormente. Também é importante observar que este fato se repete proporcionalmente nos testes realizados com agentes.

Enquanto que nos teste sem a presença de agentes a maior parte das exposições visitadas estavam na lista de favoritos dos usuários nos testes realizados com a presença de agentes há uma inversão deste resultado. Esta inversão por si só demonstra que há uma forte influência do agente na negação de usuários em ambientes virtuais, entretanto cabe aqui verificar se esta influência é positiva ou negativa. Se analisarmos os números de forma puramente matemática podemos concluir que a influência é negativa, uma vez que os usuários visitaram poucas exposições das quais gostavam. Para os anti-agentes este argumento é aceitável porque confirma o cumprimento de seus objetivos. Entretanto, se analisarmos os números levando em consideração outros fatores como as regras de navegação o conhecimento deficitário por parte dos usuários sobre as manifestações artísticas presentes no ambiente galeria de arte, podemos concluir que os agentes acabaram cumprindo, também, o seu papel.

Em análise comparativa sobre que nível de influência possuem os agentes sobre a navegação dos usuários no ambiente virtual podemos estabelecer algumas hipóteses que foram confirmadas através do método estatístico da análise de variância aleatória (Spiegel, 1994). Aqui detectamos que o agente que mais influenciou a navegação dos usuários foi agente padrão. O agente com interface definida pelo usuário ficou em segundo lugar, seguido pelo anti-agente com interface definida pelo usuário e pelo anti-agente padrão.

Já era de se esperar que os agentes influenciassem mais os usuários que os anti-agentes. Entretanto, esperava-se que os agentes com interface definida pelo usuário tivessem maior que influência que os agentes padrões. Isso se confirmou com os anti-agentes mas não com os agentes. A influencia exercida pelo agente padrão foi maior que a do agente com interface definida pelo usuário. Esse é um dos fatores que podem ser estudados em trabalhos futuros. Por que agentes com interface padrão têm um grau de confiança e um poder de persuasão maior que um agente cuja interface foi definida pelo usuário? Hipóteses podem ser levantadas a esse respeito como por exemplo o fator

autoridade (Katagiri, 2001), ou seja, o agente padrão possui um nível de autoridade mais elevado que um agente cuja interface foi definida pelo usuário.

Como contribuições deste trabalho destacamos o estudo recente da comunicação mediada por computador utilizando a realidade virtual como meio principal desta comunicação. O estudo da interação humano computador em ambientes virtuais com agentes inteligentes utilizando técnicas de inteligência artificial e redes neurais, caracterizando assim uma interdisciplinaridade do trabalho, bem como a junção de técnicas de diversas áreas e a análise de seu uso de forma integrada.

Como perspectivas futuras podemos orientar o estudo da construção de ambientes virtuais terapêuticos com a presença de agentes inteligentes como por exemplo ambientes virtuais para reabilitação cognitiva (Costa, 2000) ou um ambiente virtual para tratamento de fobias humanas (Wauke, 2004) com a presença de agentes inteligentes e estudar de que forma e até que ponto os agentes podem realmente ajudar e aumentar a eficácia dos tratamentos já comprovadas neste tipo de ambiente virtual.



# Bibliografia

- (ACMSIGGRAPH, 2004) “Site da ACMSIGGRAPH”, Em <http://www.siggraph.org/>, consultado em agosto de 2004.
- (Ames, 1997) AMES, Andréa; NADEAU, David; MORELAND, John; 1997, “VRML 2.0 Sourcebook”, 2<sup>nd</sup> Edition, Ed. John Wiley & Sons, Inc.
- (Andres, 2001) ANDRES; “VRML – Virtual Reality Modeling Language”, Em <http://www.femanet.com.br/andres/vrml.htm>, consultado em setembro de 2001.
- (Aycock, 1995) AYCOCK, A.; BUCHIGNANI, N.; 1995, “The e-mail murders: Reflections on 'dead' letters”, In Steven G. Jones, ed. *CyberSociety: Computer-Mediated Communication and Community (pp. 184-231)*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- (Aylett, 2000) AYLETT, Ruth; LUCK, Michael; 2000, “Applying Artificial Intelligence to Virtual Reality: Intelligent Virtual Environments”, *Applied Artificial Intelligence*, 14(1), 3-32.
- (Azuma, 1997) AZUMA, R; “A Survey of Augmented Reality”, Em <http://www.cs.unc.edu/~azuma>, consultado de dezembro de 1997.
- (Babski, 2000) BABSKI, Christian; THALMANN, Daniel; 2000, “Real-Time Animation And Motion Capture In Web Human Director”, *Proceedings of the Fifth Symposium on Virtual Reality Modeling Language (Web3D-VRML)*, Monterey, California, USA, pages: 139 – 145.
- (Baym, 1995) BAYM, Nancy.; 1995, “The emergence of community in computer-mediated communication”, In Steven G. Jones, ed. *CyberSociety: Computer-Mediated Communication and Community (pp.138-163)*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- (Bjorn, 2004) BJORN, Hermans; “Intelligent Software Agents on the Internet”, *Journal First-Monday*, Em [http://www.firstmonday.dk/issues/issue2\\_3/ch\\_123/](http://www.firstmonday.dk/issues/issue2_3/ch_123/), consultado em setembro de 2004.
- (Booch, 2000) BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I.; 2000, “UML: Guia do Usuário”, 8<sup>a</sup> Edição, Ed. Campus.

- (Bradshaw, 2002) BRADSHAW, J.; “How Might People Interact With Agents? Software Agents”, Em <http://www.jnd.org/dn.mss/agents.html>, consultado em setembro de 2002.
- (Buffet, 2003) BUFFET, Olivier; DUTECH, Alain; CHARPILLET, François; 2003, “Automatic Generation of an Agent’s basic Behaviors”, *2<sup>nd</sup> International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-2003)*, Melbourne, Australia.
- (Burdea, 2003) BURDEA, G.; COIFFET, P.; 2003, “Virtual Reality Technology” 2nd edition, Wiley-Interscience.
- (Cardieri, 1998) CARDIERI, M. A.; 1998, “Agentes Inteligentes: Noções Gerais”, *Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação – UNICAMP*.
- (Carey, 1996) CAREY, James W.; QUIRK, John J.; 1996, “A História do Futuro”, *Coleção Comunicação & Política*.
- (Chayko, 2002) CHAYKO, M.; 2002, “Connecting: How We Form Social Bonds and Communities in the Internet Age”, Albany, NY: State University of New York Press.
- (Costa, 2000) COSTA, Rosa M.; 2000, “Ambientes Virtuais na Reabilitação Cognitiva de Pacientes Neurológicos e Psiquiátricos”, Tese Submetida ao Corpo Docente da COPPE-UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de DSc. em Engenharia de Sistemas e Computação, setembro.
- (DARPA, 2004) “Site da Defense Advanced Research Projects Agency”, Em <http://www.darpa.mil>, consultado em junho de 2004.
- (December, 2004) DECEMBER, John.; “Computer Mediated Communication Magazine”, Em <http://www.december.com/cmc/mag/>, consultado em julho de 2004.
- (Dick et. Al, 2000) DICK, W.; CAREY, L.; CAREY, J.; 2000, “The systematic design of instruction”. 5th ed., Boston, Ed. Addison-Wesley.
- (Green, 2004) GREEN, Shaw et al.; “Get Smart: The Intelligent Sgent Group”, *Department Of Computer Science - Trinity College Dublin*, Em [http://www.cs.tcd.ie/research\\_groups/aig/iag](http://www.cs.tcd.ie/research_groups/aig/iag), consultado em agosto de 2004.
- (Geneserch, 1994) GENESERCH, M.; KETCHPEL, S.; 1994, “Software Agents”, *Communications of the ACM*, July.

- (Jacob, 2002) JACOB, Liliane Jacon; 2002, “Avaliação de Técnicas de Integração Egocêntricas em Ambientes Virtuais”, *PPG em Computação - Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, setembro.
- (Jones, 1998) JONES, Steve et al.; 1998, “Cybersociety 2.0 : Revisiting Computer-Mediated Community and Technology”, Sage Publications, ASIN: 0761914617.
- (Jung, 1999) JUNG, Bernhard; MILDE, Jan-Torsten; 1999, “An Open Virtual Environment for Autonomous Agents Using VRML and Java”, *Proceedings of the Fourth Symposium on Virtual Reality Modeling Language*, Paderborn, Germany, pages: 7 – 11.
- (Kalawsky, 2001) KALAWSKY, R.S; 2001, “The Science of Virtual Reality and Virtual Environments”, Ed. Addison-Wesley.
- (Katagiri, 2001) KATAGIRI, Y.; TAKAHASHI, T.; TAKEUCHI, Y.; “Social Persuasion in Human-Agent Interaction”, *Second IJCAI Workshop on Knowledge and Reasoning in Practical Dialogue Systems - IJCAI-2001*, Seattle, pp. 64-69, Agosto.
- (Lafayette, 2003) LAFAYETTE, Lev; “A Social Theory of the Internet”, Em [http://au.geocities.com/lev\\_lafayette/](http://au.geocities.com/lev_lafayette/), consultado em dezembro de 2003.
- (Lashkari, 2004) LASHKARI, Yedzi et al.; “Collaborative Interface Agents”, *MIT Media Laboratory*, Em [agents.www.media.mit.edu/groups/agents/publications/aaai-ymp/aaai.html](http://agents.www.media.mit.edu/groups/agents/publications/aaai-ymp/aaai.html), consultado em julho de 2004.
- (Lieberman, 2004) LIEBERMAN, Henry. “Autonomous Interface Agents at MIT”, Em <http://lcs.www.media.mit.edu/people/lieber/Lieberary/Letizia/AIA/AIA.html>, consultado em junho de 2004.
- (Lucas, 1996) LUCAS, Clarinda Rodrigues.; 1996, “A Organização do Conhecimento e Tecnologias da Informação”, *Revista Transinformação*, Setembro / Dezembro.
- (MacKinnon, 1997) MacKinnon, R; 1997, “Virtual Rape”, *Journal of Computer Mediated Communication*, 2 (4). Available: [ascusc.org/jcmc/vol2/issue4/mackinnon.html](http://ascusc.org/jcmc/vol2/issue4/mackinnon.html).
- (Maes, 1994) MAES, Pattie.; 1994, “Agents That Reduce Work and Information Overload”, *Communications of the ACM*, July.

- (Minsk, 1994) MINSK, Marvin.; 1994, “A Conversation with Marvin Minsk About Agents”, *Communications of the ACM*, July.
- (Minsk, 1998) MINSK, Marvin.; 1998, “Entrevista: A Mente, Inteligência Artificial e Emoções”, Universidade Estadual de Campinas.
- (MIT, 2004) “Site do Software Agents - MIT Media Lab”, *Autonomous Agent Group*, Em <http://agents.media.mit.edu/>, consultado em julho de 2004.
- (Morreale, 1998) MORREALE, Patricia.; 1998, “Agents on the Move”, *IEEE Spectrum*, April.
- (NASA, 2004) “Site da National Aeronautics and Space Administration”, Em <http://www.nasa.gov>, consultado em agosto de 2004.
- (NETSCAPE, 2004) “Site da Netscape”, Em <http://www.netscape.com>, consultado em junho de 2004.
- (Nilsson, 1998) NILSSON, Nils; 1998, “Artificial Intelligence: A New Synthesis”, *1<sup>st</sup> Edition*, Ed. Morgan Kaufmann.
- (NINTENDO, 2004) “Site da Nintendo”, Em <http://www.nintendo.com>, consultado em julho de 2004.
- (NSF, 2004) “Site da National Science Foundation”, Em <http://www.nsf.gov>, consultado em julho de 2004.
- (Olguin, 2000) OLGUIN, Carlos J. M.; “Computer-Mediated Communication”, Em <http://www.dca.fee.unicamp.br/projects/sapiens/Reports/cmc-resumo.html>, consultado em março de 2000.
- (Oliveira, 2001) OLIVEIRA, Jauvane C.; 2001, “Issues in Large Scale Collaborative Virtual Environments”, *A thesis submitted to the University of Ottawa in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy*.
- (PARALLEL, 2004) “Site da Parallel Graphics”, Em <http://www.parallelgraphics.com>, consultado em setembro de 2004.
- (Pasquier, 2003) PASQUIER, Philippe; CHAIB-DRAA, Brahum; 2003, “The Cognitive Coherence Approach for Agent Communication Pragmatic”, *Second International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagents Systems*, Melbourne, Australia.

- (Pinho, 1999) PINHO, Márcio Serolli; KIRNER, Cláudio; 1999, “Uma Introdução à Realidade Virtual”, Em <http://www.di.ufpe.br/~if124/tutrv/tutrv.htm>.
- (Purezza, 2003) PERUZZA, Ana Paula; ZUFFO, Marcelo; 2003, “Ferramenta Educacional ConstruíRV: Construir Conhecimento Utilizando realidade Virtual”, *Symposium on Virtual reality*, Ribeirão Preto, Outubro.
- (Redon, 2002) REDON, S.; KHEDDAR, A.; 2002, “Fast Continuous Collision Detection between Rigid Bodies”, *EUROGRAPHICS 2002 Proceedings*, Vol 2.
- (Reid, 1991) REID, E.; 1991, “Electropolis: Communication and community on Internet Relay Chat”, *Unpublished honors thesis*, Department of History, University of Melbourne, Melbourne, Australia.
- (Russel, 2002) RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter; 2002, “Artificial Intelligent: A Modern Approach”, *2<sup>nd</sup> Edition*, Ed. Prentice Hall.
- (Sarjoughian, 2003) SARJOUGHIAN, H.; 2003 “Modeling & Simulation Theory and Application Course”, Em <http://www.eas.asu.edu/~hsarjou/>.
- (Schwaiger, 2001) SCHWAIGER, Roland; LANG, Konrad; 2001, “Evolution of Wandering Behavior in a Multi Agent System: An Experiment”, *WSES International Conference on Neural Networks and Applications*, Puerto de La Cruz, Tenerife, Spain, February.
- (SEGA, 2004) “Site da Sega”, Em <http://www.sega.com>, consultado em agosto de 2004.
- (Shaw, 1993) SHAW, C.; et al.; 1993, “Decoupled Simulation in Virtual Reality with MR Toolkit”, *ACM Transection of Information Systems*, 11(3);287-317, July.
- (Shirmohammad, 2000) SHIRMOHAMMAD, Shervin.; GEORGANAS, Nicolas D.; 2000, “Collaborating in 3D Virtual Environments: A Synchronous Architecture”, *IEEE 9th International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WET ICE'00)*, Gaithersburg, Maryland, USA.
- (Shoham, 1993) SHOHAM, Yoav; 1993, “Agent Oriented Programming. Artificial Intelligence”, (60), pp. 51-92, Elsevier.
- (Spiegel, 1994) SPIEGEL, Murray R.; 1994, “Estatística”, *3<sup>a</sup> Edição*, Ed. Makron Books.
- (Stytz, 2002) STYTZ, M.R.; BANKS, S.B.; 2002, “Introduction to Modeling and Simulation”, *SimTecT 2002*, Melbourne, Australia, 13-16 May.

- (SUN, 2004) *Site da Sun Microsystems*, Em <http://java.sun.com>, consultado em agosto de 2004.
- (Talagala, 2000) TALAGALA, S.; ASAMI, D.; PATTERSON, B.; FUTERNICK, D.; 2000, “HART – The Art Of Massive Storage: A Web Image Archive”, *Computer Magazine*.
- (Tanenbaum, 2003) TANENBAUM, Andrew.; 2003, “Sistemas Operacionais Modernos”, 2ª edição, Ed. Prentice-Hall.
- (Tavares, 2003) TAVARES, Tatiana. et al.; 2003, “Mecanismos de Percepção e Agentes Guia no Espaço Cultural Casa da Ribeira”, *Symposium on Virtual Reality*, Ribeirão Preto, Outubro.
- (Tavares, 2001) TAVARES, Tatiana; ARAÚJO, Anderson; SOUZA FILHO, Guido Lemos de.; 2001 “ICSspace: Internet Cultural Space”, *Sixth International Computer Science Conference – Active Media Technology ( IEEE)*, Hong Kong, China.
- (Torres, 2002) TORRES, Jorge; MACIEL, Anderson; NEDEL, Luciana; 2002, “Uma Arquitetura para Animação de Humanos Virtuais com Raciocínio Cognitivo”, *V Symposium on Virtual Reality*, Fortaleza, Outubro.
- (Vince, 2001) VINCE, J; 2001, “Virtual Reality Systems”, Ed. Addison-Wesley.
- (Wauke, 2004) WAUKE, Ana Paula T.; 2004, “VESUP: Um Sistema Virtual Para o Tratamento de Fobias Humanas”, *Tese Submetida ao Corpo Docente da COPPE-UFRJ como parte dos requisitos para obtenção do grau de MSc. em Engenharia de Sistemas em Computação*, março.

# Anexo 1

## Formulário de Classificação do Usuário

### FORMULÁRIO I: Classificação do Usuário

1 - PESSOAIS		2 - FREQUÊNCIA DE USO DO COMP.	
a) Sexo:	Masculino Feminino	a) Diariamente:	Entre 1 a 3 hs Entre 3 a 5 hs Mais de 5 hs
b) Faixa Etária:	18 a 30 anos 30 a 45 anos 45 a 58 anos	b) Algumas vezes por semana:	1 ou 2 vezes 2 ou 3 vezes Mais de 3
c) Profissão:		c) Somente nos fins de semana:	Entre 1 a 3 hs Entre 3 a 5 hs Mais de 5 hs
d) Tempo de Profissão:			

3 - HABILIDADE COM COMPUTADOR		4 - DOMÍNIO DA APLICAÇÃO	
a) Usa computador desde:		a) Navega em ambiente virtual:	Sim Uma única vez Algumas vezes Muitas vezes Não
b) Usa computador no trabalho:	Sim Não		
c) Usa computador em casa:	Sim Não		
d) O usuário se classifica como:	Iniciante Intermediário Experiente		
e) Podemos classificar o usuário como:	Iniciante Intermediário Experiente		

Observações:

---

---

---

---

---

---

---

## Anexo 2

### Formulário para Preenchimento do Perfil do Usuário e Perfil Visitado

#### FORMULÁRIO II: Perfil do Usuário & Perfil Visitado

EXPOSIÇÕES												
OUTROS TIPOS			FOTOS			DESENHOS			PINTURAS			
E	V	E	E	V	E	E	V	E	E	V	E	
			Abstrata			Deserto			Arquitetônicos			Arte Digital
			Arte Sacra			Paisagens			Charges			Artesanato
			Contemporânea			Preto & Branco			Coloridos			Colagens
			Flores			Urbanas			Preto & Branco			Escultura
			Moderna									
			Natureza									
			Óleo									
			Paisagens									
			Retratos									
			Urbanas									
			Watercolor									

OBS: E = Opção escolhida.  
 V = Opção visitada.  
 A marcação é feita por numeração ordinal.

#### OBSERVAÇÕES:

---



---



---



---



---



---



---



---



### Anexo 3

## Formulário para Preenchimento do Comportamento do Usuário Durante a Navegação pelo Ambiente Virtual

### FORMULÁRIO III: Comportamento do Usuário

<b>PRIMEIRA &amp; QUARTA INTERAÇÕES – Sala I</b>	
<p>ALTA INFLUÊNCIA</p> <p>↓</p> <p>BAIXA INFLUÊNCIA</p>	<p><b>O usuário segue o agente</b></p> <p>O usuário aceita a 1º sugestão do agente.                      O usuário aceita a 2º sugestão do agente.                      O usuário aceita a 3º sugestão do agente.                      O usuário ouve todas as sugestões do agente e escolhe uma.                        O usuário ouve todas as sugestões do agente, mas escolhe outra.                        O usuário não ouve todas as sugestões e escolhe aleatoriamente.</p>
	<p><b>O usuário inicialmente passeia pelo ambiente e depois segue o agente</b></p> <p>O usuário aceita a 1º sugestão do agente.                      O usuário aceita a 2º sugestão do agente.                      O usuário aceita a 3º sugestão do agente.                      O usuário ouve todas as sugestões do agente e escolhe uma.                      O usuário ouve todas as sugestões do agente, mas escolhe outra.                      O usuário não ouve todas as sugestões e escolhe aleatoriamente.</p>
	<p><b>O usuário não segue o agente</b></p> <p>Mas aceita a 1º sugestão do agente.                      Mas aceita a 2º sugestão do agente.                      Mas aceita a 3º sugestão do agente.                      Mas ouve todas as sugestões do agente e escolhe uma.                      Ouve todas as sugestões do agente, mas escolhe outra.                      Não ouve as sugestões e escolhe aleatoriamente.</p>
<b>NA SEGUNDA &amp; QUINTA INTERAÇÕES – Sala II</b>	
<p>ALTA INFLUÊNCIA</p> <p>↓</p> <p>BAIXA INFLUÊNCIA</p>	<p><b>O usuário se mantém parado ouvindo as sugestões do agente</b></p> <p>O usuário aceita a 1º sugestão do agente.                      O usuário aceita a 2º sugestão do agente.                      O usuário ouve todas as sugestões do agente e escolhe uma.                      O usuário ouve todas as sugestões do agente, mas escolhe outra.</p>
	<p><b>O usuário passeia pelo ambiente ouvindo as sugestões do agente</b></p> <p>O usuário aceita a 1º sugestão do agente.                      O usuário aceita a 2º sugestão do agente.                      O usuário ouve todas as sugestões do agente e escolhe uma.                      O usuário ouve todas as sugestões do agente, mas escolhe outra.                      O usuário escolhe aleatoriamente.</p>
<b>NA TERCEIRA &amp; SEXTA INTERAÇÕES – Sala II (o agente não está presente)</b>	
<p>ALTA INFLUÊNCIA</p> <p>↓</p> <p>BAIXA INFLUÊNCIA</p>	<p>O usuário escolhe diretamente uma das salas anteriormente sugerida pelo agente                      O usuário passeia pelo ambiente e escolhe uma das salas anteriormente sugerida pelo agente.                      O usuário passeia pelo ambiente e escolhe uma sala não sugerida pelo agente anteriormente.                      O usuário não escolhe uma nova exposição e volta a sala principal                      O usuário escolhe diretamente uma sala não sugerida pelo agente anteriormente.</p>