



UFU – Universidade Federal de Uberlândia  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

LUIZ FERNANDO BRAGA LOPES

**METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES DE  
REALIDADE VIRTUAL ADAPTATIVOS**

Uberlândia – MG  
2011

LUIZ FERNANDO BRAGA LOPES

**METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES DE  
REALIDADE VIRTUAL ADAPTATIVOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Processamento da Informação

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cardoso

Uberlândia – MG  
2011

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não poderia ter acontecido de forma satisfatória se não fosse o empenho e suporte irrestrito prestado pelo professor Dr. Alexandre Cardoso, que sempre se mostrou atencioso no decorrer deste trabalho, apontando sempre uma direção a seguir. A ele, meu muito obrigado.

Minha imensa gratidão ao professor PhD. Edgard Afonso Lamounier Júnior pelo apoio e as importantes sugestões expressadas no decorrer deste trabalho.

Aos docentes do Programa de Doutorado em Engenharia Elétrica, pelos preciosos conhecimentos que foram transmitidos e principalmente pela sabedoria com que o fizeram. A essência real da grandeza dos homens não está escrita em livros nem pode ser encontrada em universidades, está dentro da consciência daqueles que procuram se aperfeiçoar de maneira criativa e compreensiva.

Às secretárias Marli Junqueira e Cinara Mattos, que sempre se mostraram prestativas e atenciosas, companheiras que proporcionaram auxílio em muitas ocasiões.

Às pessoas que fizeram parte da minha vida em Uberlândia e que sempre vou lembrar com carinho, pois tornaram os dias mais divertidos.

Agradeço à minha família e esposa que, presentes, sempre me estimularam a atingir meus objetivos e, ausentes, serviram como inspiração para que eu sempre desse o melhor de mim.

Aos meus amigos, companheiros e colegas que entenderam e respeitaram a minha ausência em certos momentos, meus sinceros agradecimentos.

A todos vocês que tanto me ensinaram, ajudaram e apoiaram em cada momento, o meu sincero agradecimento e que de alguma forma, fizeram parte da minha vida nestes anos... Alguns mais constantemente, outros mais distantes fisicamente, mas perto espiritualmente...

Agradeço aos membros da banca por disporem de seu precioso tempo para a leitura deste trabalho.

Peço desculpas se estiver esquecendo alguém, e provavelmente estou. Eu amo todos vocês.

Com certeza, sozinho eu não o realizaria.

**Carry On My Wayward Son**  
(Letra por Kansas, 1973)

Carry on my wayward son  
There'll be peace when you are done  
Lay your weary head to rest  
Don't you cry no more

Once I rose above the noise and confusion  
Just to get a glimpse beyond this illusion  
I was soaring ever higher  
But I flew too high

Though my eyes could see I still was a blind man  
Though my mind could think I still was a mad man  
I hear the voices when I'm dreaming  
I can hear them say

Carry on my wayward son  
There'll be peace when you are done  
Lay your weary head to rest  
Don't you cry no more

Masquerading as a man with a reason  
My charade is the event of the season  
And if I claim to be a wise man, well  
It surely means that I don't know

On a stormy sea of moving emotion  
Tossed about I'm like a ship on the ocean  
I set a course for winds of fortune  
But I hear the voices say

Carry on my wayward son  
There'll be peace when you are done  
Lay your weary head to rest  
Don't you cry no more  
No!

Carry on, you will always remember  
Carry on, nothing equals the splendor  
The center lights around your vanity  
But surely heaven waits for you

## SUMÁRIO

RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	8
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	9
LISTA DE QUADROS .....	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	13
1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1. Motivação.....	16
1.2. Justificativas .....	18
1.3. Objetivo do Trabalho .....	20
1.4. Objetivos Específicos e Metas .....	21
1.5. Contribuição do Trabalho.....	23
1.6. Organização dos Capítulos.....	24
2. INTERFACES DIGITAIS DE INTERAÇÃO .....	26
2.1. Introdução .....	26
2.2. Sistemas Adaptáveis e Adaptativos.....	27
2.3. A RV como Interface de Interação.....	30
2.3.1. Introdução à Tecnologia.....	31
2.3.2. Grafo de Cena.....	33
2.3.3. Classificações dos Dispositivos de Visualização e Interação.....	35
2.3.4. Interações Individuais e Coletivas.....	38
2.4. Considerações Finais.....	39
3. TRABALHOS CORRELATOS.....	40
3.1. Introdução .....	40
3.2. Trabalhos relacionados de AVs aderentes aos Usuários .....	41
3.2.1. Ensino de Física Adaptativo.....	42
3.2.2. Sistema para Simulação de um Laboratório Virtual.....	43
3.2.3. Salas Virtuais Destinadas a Alunos Hiperativos .....	45
3.2.4. O Sistema AdapTIVE.....	46
3.2.5. Direcionamentos de Rotas Adaptativas em Museus Virtuais.....	47
3.2.6. MEDEA.....	48
3.2.7. O Ambiente Operacional BumpTop.....	49
3.2.8. Interface para Comércio Eletrônico .....	50
3.2.9. Controle de Rotas em Espaços Urbanos em Sistemas de RA .....	51
3.2.10. Ambiente de Diálogo Textual .....	52

3.3.	Considerações Finais.....	55
4.	ABORDAGENS DAS ESTRUTURAS DA METODOLOGIA.....	56
4.1.	Introdução .....	56
4.2.	As Tecnologias envolvidas.....	57
4.2.1.	A Interface SAI .....	57
4.2.2.	Conceitos relacionados ao X3D .....	58
4.2.3.	Interação entre o <i>Browser</i> e a Cena Virtual por meio de monitoramento .....	63
4.2.4.	Lidando com a Incerteza, o Teorema de Bayes.....	64
4.3.	Considerações Finais.....	68
5.	COMPOSIÇÃO DA METODOLOGIA – FUNCIONALIDADES.....	69
5.1.	A Camada de Interação .....	70
5.2.	A Camada de Comportamento .....	73
5.3.	A Camada de Modelagem .....	74
5.4.	Avaliando Inicialmente a Abordagem da Tese .....	77
6.	TESTES E VALIDAÇÕES DA METODOLOGIA .....	84
6.1.	Recursos Utilizados.....	84
6.2.	Discussões iniciais sobre as Interfaces Aplicadas .....	85
6.3.	Aspectos das Interfaces Propostas.....	86
6.4.	Ensaio e Monitoramento da Interação .....	90
6.4.1.	Planejamento dos Testes de Usabilidade.....	92
6.4.2.	Descrição da Atividade Proposta .....	94
6.4.3.	Sobre os Questionários Aplicados.....	94
6.5.	Questões Abertas e Comentários.....	101
6.6.	Considerações Finais.....	103
7.	CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA PESQUISAS FUTURAS.....	104
7.1.	Aspectos gerais do trabalho.....	104
7.2.	Contribuições da pesquisa .....	105
7.3.	Pesquisas futuras .....	106
7.4.	Comentários finais.....	108
	REFERÊNCIAS .....	109
	ANEXOS.....	120
	Anexo A: Amostra de projetos desenvolvidos que nortearam a elaboração da metodologia .....	121
	Anexo B: Questionários sobre avaliação da metodologia.....	128
	Anexo C: Desenvolvimento de projetos na instituição e exposição em eventos .....	138

## RESUMO

LOPES, Luiz Fernando Braga. Metodologia para o desenvolvimento de ambientes de Realidade Virtual adaptativos. 2011. 138 p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2011.

A Realidade Virtual (RV) em sua natureza tem como fator motivante realçar a interação e propiciar a evolução dos Ambientes Virtuais (AV), bem como estabelecer e expressar o diálogo entre os usuários de forma atrativa, nas mais diversas ambiências informacionais. Sendo considerada como a interface mais avançada e interativa, na qual possibilita apresentar uma forma mais natural de comunicação e proporcionar recursos visualmente estimuladores aos usuários. Logo, com o avanço das tecnologias digitais de interação, faz-se necessário que os AVs sejam desenvolvidos de forma que consigam atrair e manter a atenção do usuário, além de apresentar informações em um contexto adequado. Partindo desta motivação, é levado a questionar se as limitações encontradas em AVs, tais como a: dificuldade no processo de compreensão de uma atividade decorrente da forma como foi exposta, a utilização e disposição dos controles de navegação ou mesmo a limitação por meio da sobrecarga de informações, usuários com objetivos, preferências, interesses ou conhecimento diferentes podem levar a perceber as exigências estabelecidas para o desenvolvimento de ferramentas nesta área. Desta forma, têm-se como hipóteses que os atributos de interação (controles) utilizados para navegação em AVs não contemplam descrições de recursos digitais que atendam as necessidades particulares dos usuários; a RV, na qualidade de tecnologia imersiva, carece de novos elementos com a finalidade de disponibilizar a cada usuário interfaces que respeitem suas necessidades individuais; as recomendações encontradas na literatura para o desenvolvimento de AVs, isoladamente, não garantem subsídios para o acesso e interação em uma condição pessoal. Sendo considerados pontos de discussão como quais são os atrativos, principalmente quando o objetivo é o treinamento e aprendizagem. O objetivo desta tese é a de apresentar, por meio de uma abordagem metodológica explorativa e descritiva, uma metodologia de arquitetura para a promoção de elementos de interação digital no desenvolvimento de AVs, para usuários com um perfil individualizado. O objetivo geral do estudo é contribuir para a elaboração de ambientes digitais direcionados, além de fornecer recomendações e tecnologias para a elaboração de parâmetros para as interfaces de RV. Em uma dimensão teórica, a pesquisa abrange uma revisão sobre os conceitos relacionados às interfaces adaptativas e apresenta um modelo de arquitetura para o desenvolvimento de interfaces de interação em ambientes de RV. Para tanto, foram realizados levantamentos das características dos AVs adaptativos e das tecnologias para o desenvolvimento de interfaces para RV. Além disso, foi adotado um modelo de Inteligência Artificial (IA) para a reorganização de informações baseado na interação entre o usuário e o contexto específico do ensino digital, por meio de princípios de Usabilidade. Portanto, apresenta-se que os elementos RV, IA e Usabilidade formem a base da arquitetura e forneçam um ambiente favorável ao desenvolvimento de abordagens interativas específicas, através da geração de contextos individualizados. Do ponto de vista educativo, potencializa o aprendizado a partir da relação entre o usuário e a interface gráfica do ambiente.

**Palavras-chave:** Interface Adaptativa, Realidade Virtual, Inteligência Artificial, Usabilidade.

## ABSTRACT

LOPES, Luiz Fernando Braga. A Methodology for development of adaptive Virtual Reality environments. 2011. 138 p. Thesis (Ph.D. in Electrical Engineering) – Post-Graduate in Electrical Engineering, Federal University of Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2011.

Virtual Reality (VR) is, by nature, motivating. It enhances interaction and propitiates the evolution of Virtual Environments (VE). It also establishes and expresses a dialogue between users in an attractive way, in the most diverse informational ambiances. It is considered the most advanced and interactive interface to date, in which is possible to present a more natural way of communicating, and provide visually stimulating resources to users. Thus, with the advance of interactive digital technologies, VEs should be developed in such a way that they not only attract and keep the users' attention, but also present information in an adequate context. Taking motivation as the starting point, we are led to question the limitations presently found in VEs, like the difficulties in understanding the activity process because the way it was exposed, the use and disposition of navigation controls or even the limitations imposed by information overload. Users with different objectives, preferences, interests or knowledge may help in identifying the demands established for the development of tools in this area. Therefore, it has been hypothesized that the interaction attributes (controls) used for navigating in VEs do not take on board the descriptions of digital resources that seem to users' particular needs. VR, as an immersive technology, lacks new elements which can deliver to each user interfaces that respect their individual needs. The recommendations found in the literature for the development of VEs alone do not guarantee the necessary subsidies to have access to interaction in a personal basis. Taking into consideration the points raised above, especially when the objective is training and learning, the objective of this study was to present, through a descriptive exploratory approach, a framework proposal to promote digital interaction elements for the development of VEs for users with individualized profiles. The general objective of this study was to contribute to the elaboration of directed digital environments, as well as to supply recommendations and technologies for the elaboration of parameters for VR interfaces. In a theoretical dimension, this research involves a revision of concepts related to adaptive interfaces and presents a methodology of framework for the development of interaction interfaces in VR environments. To that aim, a search of adaptive VEs characteristics, and of technologies for the development of interfaces for VR, was carried out. In addition to that, a model of Artificial Intelligence (AI) was adopted for information reorganization based on the interaction between the user and the digital context, specific to education, using Usability principles. Hence, VR, AI and Usability elements constitute the basis of this framework to provide a favorable environment to the development of specific interactive approaches with the generation of individualized contexts which, from an educational point of view, can boost learning through the relationship between users and the environment's graphic interface.

**Keywords:** Adaptive Interface, Virtual Reality, Artificial Intelligence, Usability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1: Intersecção de tecnologias provendo um elevado grau de interatividade.....	19
Figura 1.2: Metáfora entre um escritório e uma interface digital (AGARAWALA & BALAKRISHNAN, 2006) .....	20
Figura 2.1: Personalização de uma interface comercial (STUERZLINGER et al., 2006) .....	26
Figura 2.2: Configuração de componentes em menus.....	27
Figura 2.3: Ocultação de opções pouco utilizadas em um menu.....	28
Figura 2.4: Espaço de Adaptação (BAILEY et al., 2002) .....	29
Figura 2.5: Visualização interna de dispositivos representados digitalmente (ALMEIDA JR, CARDOSO & LAMOUNIER JR, 2008) .....	31
Figura 2.6: Representação da imersão em um AV .....	32
Figura 2.7: Hierarquia das ferramentas de desenvolvimento de AVs (KIRNER & SISCOOTTO, 2007).....	33
Figura 2.8: Ilustrações da composição hierárquica de um grafo de cena .....	34
Figura 2.9: Interfaces físicas que proveem sensações de manipulação próximas ao natural (IMMERSION, 2011).....	35
Figura 2.10: Exemplos de dispositivos de interação 3D (ABS-TECH, 2011) .....	36
Figura 2.11: Dispositivos de visualização em sistemas de RV (ABS-TECH, 2011).....	36
Figura 2.12: Dispositivos que exploram novos conceitos de visualização de informações (RASKAR & BIMBER, 2005).....	37
Figura 2.13: Aplicação de tecnologias de RV em dispositivos móveis (RASKAR & BIMBER, 2005).....	37
Figura 3.1: Alteração das propriedades de objetos em um AV .....	40
Figura 3.2: Aplicações correlatas à pesquisa.....	42
Figura 3.3: Diferentes níveis aplicados à mesma experiência (AQUINO et al., 2008).....	43
Figura 3.4: Componentes expostos em um laboratório virtual (SCHERP, 2002).....	44
Figura 3.5: Roteiro representando procedimentos para realização de uma experiência (SCHERP, 2002) .....	44
Figura 3.6: Sala de aula virtual para o monitoramento do comportamento (RIZZO et al., 2002) .....	45
Figura 3.7: Cenário constituído por elementos animados (RIZZO et al., 2002) .....	46
Figura 3.8: Navegação pelo ambiente AdapTIVE (SANTOS & OSÓRIO, 2004) .....	46

Figura 3.9: Trajetória criada pelo agente no museu virtual (CHITTARO, RANON & IERONUTTI, 2003) .....	47
Figura 3.10: Etapas para concepção de um percurso (CHITTARO, RANON & IERONUTTI, 2003).....	48
Figura 3.11: Arquitetura do MEDEA (Trella et al., 2005).....	49
Figura 3.12: Ilustração do ambiente BumpTop (AGARAWALA & BALAKRISHNAN, 2006) .....	50
Figura 3.13: Ambiente de localização de informações (TISSIANE et al., 2000) .....	51
Figura 3.14: Controle de rotas em espaços urbanos (LOPES et al., 2006) .....	52
Figura 3.15: Ambiente interativo de conversação (LAVEN, 2011).....	53
Figura 4.1: Ciclo proposto pela metodologia .....	56
Figura 4.2: Integração entre as diferentes tecnologias envolvidas na interface interativa .....	57
Figura 4.3: Ambientes reais representados computacionalmente .....	58
Figura 4.4: Tecnologias para exploração, visualização e interação de modelos X3D .....	60
Figura 4.5: Editor X3D desenvolvido durante definição de tecnologias.....	62
Figura 4.6: Alteração dinâmica do ambiente por meio de controles na interface (botões) .....	63
Figura 4.7: Interação através de um <i>browser</i> Xj3D nativo .....	64
Figura 4.8: Classificação de uma interface aplicada a um tema particular .....	66
Figura 4.9: Classificação do perfil de uma mensagem indesejável pelo usuário .....	67
Figura 5.1: Integração entre as camadas da metodologia.....	69
Figura 5.2: Representação visual dos processos no ciclo proposto pela metodologia .....	70
Figura 5.3: Registro para análise da relação entre programas com a atividade.....	71
Figura 5.4: Exemplo de um código XML que compõe parte da arquitetura.....	71
Figura 5.5: Protótipo desenvolvido para controlar a ausência de objetos no campo de visão .	72
Figura 5.6: Taxa de quadros por segundo exibidas nas interfaces .....	72
Figura 5.7: Sequência de serviços empregados por uma verificação de ociosidade .....	73
Figura 5.8: Incorporando vídeos ao projeto, agregando contextualidade para a atividade .....	74
Figura 5.9: Interface “ <i>StayOnTop</i> ” para sobreposição de janelas no ambiente.....	75
Figura 5.10: Interface que oferece o comportamento de um manual de consulta.....	75
Figura 5.11: Apresentação de um código no formato VRML, convertido para X3D, renderizando uma esfera.....	76
Figura 5.12: Representação de um alerta visual seguido do código-fonte .....	77
Figura 5.13: Sequência de tarefas do usuário aplicada pela estrutura.....	78
Figura 5.14: Controle de acesso ao sistema.....	79

Figura 5.15: Formulário para escolha e acompanhamento das atividades .....	79
Figura 5.16: Concepção do ambiente para acondicionar as questões.....	80
Figura 5.17: Mensagem apresentada no início de uma atividade.....	80
Figura 5.18: Atribuição de tópicos para avaliação (questões).....	81
Figura 5.19: Formulário de parâmetros responsável por abastecer a construção do AV .....	82
Figura 5.20: Variações de interfaces buscando acomodação ao perfil do usuário .....	83
Figura 5.21: Caixa de texto para armazenamento de notas sobre o assunto .....	83
Figura 6.1: Exploração de diversos fatores podendo ser incorporados na interface .....	87
Figura 6.2: Serviços possíveis de serem executados durante uma interação.....	88
Figura 6.3: Interfaces reproduzindo vídeos demonstrativos e elementos sonoros .....	88
Figura 6.4: Abrangendo o espaço visual disponibilizado pelo dispositivo de projeção.....	88
Figura 6.5: Emprego do AV adicionado a questões de múltiplas escolhas .....	89
Figura 6.6: Representação dos critérios utilizados na progressão do sistema.....	91
Figura 6.7: O Sistema Solar X3D mostrado através de um <i>plugin</i> comercial.....	93
Figura 6.8: Pretensão dos entrevistados para aprendizagem de novas tecnologias.....	95
Figura 6.9: Apresentação de expectativas em ferramentas de suporte ao ensino.....	96
Figura 6.10: Representação do nível do conhecimento dos entrevistados sobre RV .....	97
Figura 6.11: Concorrência entre as ferramentas considerando aspectos ergonômicos .....	98
Figura 6.12: Avaliação da navegação entre as interfaces .....	99
Figura 6.13: Parâmetros para avaliação da seleção em componentes dispostos na interface	100
Figura 6.14: Avaliação dos modelos de manipulação sugeridos pelas interfaces .....	101
Figura 7.1: Protótipo de uma intersecção entre interfaces.....	106
Figura 7.2: Representação de possíveis inter-relações entre interfaces.....	107
Figura 7.3: Personagens digitais no auxílio e explicação do ambiente .....	107

**LISTA DE QUADROS**

Quadro I: Dificuldades e possíveis soluções relacionadas às áreas correlatas. ....	18
Quadro II: Representação das fases da pesquisa. ....	25
Quadro III: Comparativo entre os ambientes apresentados. ....	54
Quadro IV: Lista de atributos de usabilidades. ....	55
Quadro V: Tecnologias de visualização de informações 3D. ....	61
Quadro VI: <i>Softwares</i> utilizados. ....	84
Quadro VII: Requisitos ideais para uma interface de interação. ....	85
Quadro VIII: Resumo dos protótipos das interfaces apresentadas. ....	89

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	<i>Bidimensional</i>
3D	<i>Tridimensional</i>
AA	<i>Ambientes Adaptativos</i>
AdapTIVE	<i>Adaptive Three-dimensional Intelligent and Virtual Environment</i>
ALICE	<i>Artificial Linguistic Internet Computer Entity</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
AV	<i>Ambiente Virtual</i>
CG	<i>Computação Gráfica</i>
DLL	<i>Dynamic Link Library</i>
EAD	<i>Educação a Distância</i>
ECMA	<i>European Computer Manufacturers Association</i>
FPS	<i>Frames per second (Quadros por segundo)</i>
HD	<i>Hard Disk</i>
HMD	<i>Head Mounted Display</i>
IA	<i>Inteligência Artificial</i>
IHC	<i>Interação Humano-Computador</i>
IM	<i>Inteligências Múltiplas</i>
Internet	<i>Interconnected Network</i>
JSP	<i>Java Server Pages</i>
OLED	<i>Organic Light Emitting Displays</i>
OpenGL	<i>Open Graphics Library</i>
RA	<i>Realidade Aumentada</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RB	<i>Redes Bayesianas</i>
RM	<i>Realidade Misturada</i>
RV	<i>Realidade Virtual</i>
SAI	<i>Scene Access Interface</i>
SO	<i>Sistema Operacional</i>
VRML	<i>Virtual Reality Modeling Language</i>
X3D	<i>Extensible 3D</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
XNA	<i>XNA's Not Acronymed</i>

# 1. INTRODUÇÃO

Diversos dispositivos interativos fazem parte da vida do homem contemporâneo. Em um dia normal, são usados telefones celulares, computadores, controle remoto de televisão, guichê eletrônico bancário, rádio, jogos eletrônicos, trata-se de uma lista possivelmente interminável. Partindo do ponto de vista da usabilidade, é possível perguntar quantos desses produtos são realmente fáceis e agradáveis de utilizar. Todos, alguns, ou apenas um ou dois. Assim, adotando a perspectiva da usabilidade, é provável que a lista dos dispositivos interativos se mostre consideravelmente menor, levando em consideração que cada indivíduo possui um perfil de satisfação diferenciado, particular (PREECE, ROGERS & SHARP, 2007).

Os projetos na área de inclusão digital, não devem apenas ensinar a utilizar máquinas. O usuário não deve ser habilitado apenas para o acesso, mas também para ministrar conteúdos relacionados à sua realidade (AUN, 2007).

Uma preocupação constante dos pesquisadores, de acordo com Ribeiro e Girardi (2003), Cockton (2004), Viera, Pontes e Palazzo (2002), para que as interfaces computacionais sejam potencializadas e maximizadas contemplam:

**a) Transmissão da informação:** a propagação da informação ao usuário é obtida por meio da utilização de técnicas de representação do conhecimento;

**b) Métodos de inferência:** são regras de comportamento inerentes à interface mediante a interação. Tais regras possibilitam à interface gerar respostas; e

**c) Estratégias de controle da interação:** o objetivo dessas estratégias é restringir e conduzir (ou direcionar), por meio de parâmetros lógicos preestabelecidos, a resposta correta, ou a mais próxima possível da intenção do usuário. Isto proporciona, assim, maior segurança na comunicação entre usuário e interface.

Para cumprir esses objetivos nos sistemas computacionais, um dos componentes de maior relevância é a interface de interação. Com base na afirmação exposta, Morville e Rosenfeld (2006) definem que o planejamento e a implementação de ambientes digitais acessíveis requerem condições ampliadas de acesso e uso a usuários heterogêneos e interativos diante de interfaces digitais, as quais podem tanto possibilitar quanto limitar a interação homem-computador a partir da intersecção usuário-conteúdo-contexto.

Gulliksen e Harker (2004) comentam sobre a TS ISO 16071 – *Ergonomics of Human-System Interaction – Guidance on Accessibility of Human-Computer Interfaces*, esclarecendo que essa norma fornece orientações para desenvolvedores na concepção da IHC (Interação

Humano-Computador) do *software* com o objetivo de proporcionar o mais alto nível de acessibilidade para usuários com ou sem necessidades especiais, temporárias ou não. Ela é baseada na premissa de que a concepção de boas interfaces, além da acessibilidade, promovem aumento da eficácia, eficiência e satisfação dos usuários e sua ampla variedade de necessidades, preferências e capacidades.

Deve-se destacar ainda, que até o início dos anos 90, a interface era um elemento secundário em sistemas computacionais. Criar uma interface amigável era um trabalho extremamente complexo que, além de tempo, exigia o emprego de grande quantidade de recursos tecnológicos. Além disso, tinha-se a concepção de que a interface do computador devia ser quase “transparente” para o usuário, ou seja, ser apenas um meio para executar uma tarefa. Com a explosão de tecnologias usadas para a construção de interfaces, há a necessidade de personalizar seu uso, tornando o usuário o elemento central para o projeto desse importante componente (CURILEM & DE AZEVEDO, 2002).

Diante dessa nova tendência, surgiram vários tipos de interface – de voz, tangíveis, hápticas, entre outras – que possibilitaram aos usuários acessarem aplicações como se estivessem atuando no mundo real, falando, tocando, realizando gestos (KIRNER & SISCOOTTO, 2007). A Realidade Virtual (RV), bem como a Realidade Aumentada (RA), surgem como uma nova geração de interfaces, na medida em que, usando representações Tridimensionais (3D) mais próximas da realidade do usuário, permitem romper a barreira da tela, além de proporcionar interações mais naturais.

Entretanto, cada usuário na frente de um computador, possui diferentes níveis de conhecimento, de necessidades, de habilidades e de preferências. Nesse contexto, a necessidade de se desenvolver sistemas computacionais que possam ser adaptáveis à diversidade de características de cada usuário, individualmente, ou grupos de usuários, aparece no prospecto de uma educação ou treinamento individualizado, para permitir a progressão de acordo com os seus interesses e objetivos, no seu próprio ritmo. Esta necessidade encontra no uso de Ambientes Adaptativos (AA) uma alternativa promissora.

Ambientes que provêm a adaptabilidade podem possibilitar ao usuário a utilização de seu próprio conhecimento prévio (sobre o domínio da interface e conteúdo). Assim, tais ambientes oferecem resultados satisfatórios ao serem aplicados a áreas da ciência que exijam treinamento, simulações ou experimentos científicos, em particular, em laboratórios virtuais como os citados por Iyer e Frieiberg (2005). Há, nesse sentido, a possibilidade de diminuir a repetição de atividades reais, o que oferece menos riscos, bem como a diminuição de custos ocasionados pelo desgaste de equipamentos e aquisição de materiais. A razão desse bom

desempenho deve-se à proximidade da realidade proporcionada pelo ambiente adaptativo, além de possibilitar a diversificação de alternativas interativas (seja na forma de visualização ou de exploração) adicionadas à condição de personalização. Tais características, sem dúvida, proporcionam mais agilidade ao processo de aprendizagem.

### **1.1. Motivação**

O surgimento do Macintosh da *Apple*, ocorrido em 1984, motivou o advento de tecnologias de interface gráficas de interação. Ao idealizar a programação, direcionando-a ao objeto (escondendo ao máximo possível os meandros de programação e a lógica matemática das máquinas), o Macintosh permitia que o usuário permanecesse livre para navegar e interagir com os programas através de ícones em ambientes gráficos. Com isso, a operação dos microcomputadores aproximou-se do senso comum e, desde então, evoluiu para um caminho de crescente facilitação, democratizando o seu uso (PREECE, ROGERS & SHARP, 2007).

Recentemente, a evolução tecnológica permitiu que os computadores lidassem de forma adequada com o usuário por meio de espaços ricos em informação, onde representações de mundos 3D e objetos reais ou abstratos são frequentemente usados como metáforas para representar o acesso às informações ou paradigmas de interação. Visualizações Científicas, Realidade Misturada (RM) e RV são exemplos dos campos nos quais representações em 3D são intensivamente experimentadas. Aplicações relacionadas ao entretenimento, cultura, turismo e educação são desenvolvidas por intermédio da mistura entre representações 3D e o ambiente da informação. Trata-se de uma interação orientada à navegação e à exploração dos paradigmas da informação (CELENTANO & PITTARELLO, 2004).

Aylett e Luck (2000) destacam que a RV tornou-se uma proposta atraente para o desenvolvimento de interfaces virtuais mais realistas e interessantes para o usuário. Presentemente, a estratégia responsável pela atração da atenção do usuário em um Ambiente Virtual (AV) faz uso da integração de técnicas de RV e de Inteligência Artificial (IA). O objetivo é obter maior usabilidade e realismo das interfaces, explorando a combinação de objetos 3D e entidades inteligentes.

Diversos fatores têm motivado a integração entre RV e IA. Em primeiro lugar, o aumento do poder computacional tem permitido, não apenas a exploração de um alto grau de realismo visual, mas a adição de uma camada de inteligência aos ambientes. O segundo fator é a disponibilidade de bibliotecas e padrões gráficos 3D, tais como OpenGL (*Open Graphics Library*), Java3D, VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) e, mais recentemente, o X3D

(*Extensible 3D*) que têm promovido o desenvolvimento de ambientes 3D. Finalmente, as técnicas de IA, tais como as de agentes inteligentes e de processamento de linguagem natural, têm amadurecido em paralelo às tecnologias citadas, podendo ser exploradas nas interações entre os usuários e o ambiente (DE MARSICO & LEVIALDI, 2004). Esse aprimoramento pode representar uma enorme evolução em termos da qualidade interativa das aplicações, principalmente porque a RV pode proporcionar aos usuários modos mais intuitivos de interação com essas aplicações.

Além do advento das interfaces gráficas e da integração de tecnologias computacionais, outro aspecto motivador à investigação desta tese é a dificuldade observada na disseminação de modelos de interface de interação em AV envolvidos na educação e treinamento, sobretudo quando se almeja uma tarefa direcionada a esse tipo de ambiente. Essa dificuldade provoca, por exemplo, a necessidade de aprendizagem de uma nova forma de interação toda vez que o usuário precise mudar de sistema, de plataforma ou até mesmo de dispositivo (PREECE, ROGERS & SHARP, 2007).

Quando as interfaces surgiram, eram geralmente entendidas como o *hardware* e o *software* através dos quais homem e computador se comunicavam. A evolução desse conceito levou à inclusão dos aspectos cognitivos e emocionais do usuário durante a comunicação. Os usuários possuem necessidades diversas em função de suas diferenças individuais. A adaptação do ambiente está relacionada às possibilidades de sua reorganização (por meio da inserção, remoção ou atualização das informações) e da personalização da apresentação dos conteúdos, segundo o perfil do usuário. Deste modo, o desenvolvimento de sistemas ergonômicos, com boa usabilidade e adaptativos, tende a impactar as ações no sentido da eficiência e produtividade na interação homem-máquina, fazendo com que o usuário atinja seus objetivos com menos esforço e mais satisfação (SILVA & DA SILVA, 2007).

É necessário ainda salientar que grande parte dos trabalhos relacionados à aquisição de perfis e à construção de AA estão concentrados em interfaces Bidimensionais (2D), o que cria uma inquietação no esforço desta pesquisa quanto à utilização de interface 3D.

Por fim, a maioria dos esforços na construção de AVs não prevêem a combinação dos seguintes elementos: utilização de perfis de usuário; auxílio à interação; recuperação de informações; reorganização do ambiente; auxílio à disposição dos conteúdos no espaço 3D; e metodologias de usabilidades. Em síntese, o Quadro I apresenta algumas dificuldades e possíveis soluções relacionadas às áreas de conhecimento desta pesquisa.

**Quadro I: Dificuldades e possíveis soluções relacionadas às áreas correlatas.**

Dificuldade	Proposta
Sobrecarga de informação e dificuldade no processo de análise, compreensão e utilização de dados (EDMUNDS & MORRIS, 2000), (REBELO et al. 2004).	Prover artefatos que possam auxiliar o usuário, facilitando o entendimento das informações contidas na interface.
Espaço para visualização restrito e limitado em ambientes 2D (SCHIMIGUEL, 2002), (HENRY, 2007).	Usar representações 3D para acrescentar uma nova dimensão à representação dos dados e tornar o espaço de visualização ilimitado.
Usuários com objetivos, preferências, interesses, experiências e conhecimentos diferentes sobre o domínio abrangido pelo sistema (DE ARAGÃO, 2004).	Empregar técnicas de adaptabilidade ao sistema para que o mesmo considere as características individuais e o caminho percorrido pelo usuário em uma aplicação.
Desorientação dos usuários no ambiente, o que pode ocasionar a desmotivação e dificuldades na realização de tarefas (BROCKMANN, HORTON & BROCK, 1989), (VIRVOU & KATSIONIS, 2008).	Usar técnicas de adaptabilidade para organizar as informações e orientar o usuário de acordo com seu perfil.

Diante das dificuldades comuns na interação, as soluções expressas na tabela compõem essencialmente os objetivos deste trabalho, o que será melhor discutido em seção específica.

A seguir, serão justificados os motivos que levam a considerar como opções válidas neste trabalho:

- a Realidade Virtual como opção de interface de ampla abrangência de interação;
- a Inteligência Artificial como opção de modelo comportamental; e
- a usabilidade como critério de controle da comunicação entre usuário e interface.

## 1.2. Justificativas

Segundo VIRVOU & KATSIONIS (2008), a utilização da RV vem se tornando cada vez mais acessível e popular. Isso permite ao usuário uma exploração menos restrita dos objetos, ou conteúdos, expostos nos mais diversos meios (dispositivos) de apresentação.

A interação entre o usuário e o AV torna-se mais rica e natural caso sejam respeitados os seguintes princípios:

- a. a interação do usuário com o AV em tempo real (BOWMAN et al., 2005).  
Trata-se da melhoria do tempo de resposta, o que evita a frustração do

usuário, ou melhor, caso a interface não apresente a agilidade desejada, o usuário sente-se desmotivado em manter a interação.

- b. A possibilidade de alteração da visualização das cenas como resposta aos comandos (como ocorre nos *video games* atuais). Esse reposicionamento dos objetos em um AV pode ocorrer em função das preferências do usuário; de sua capacidade cognitiva; ou de seu estilo de navegação (FRERY et al., 2002).

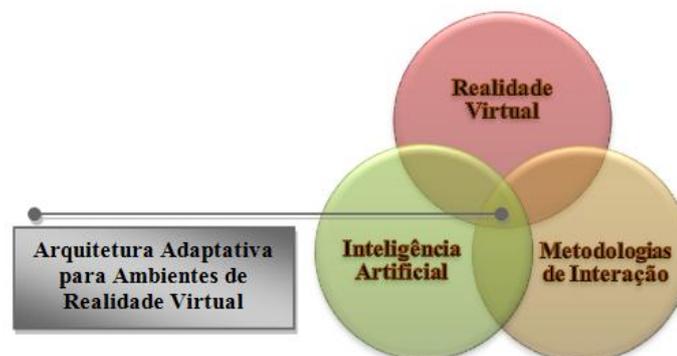
Esses fatores geram maior comprometimento entre o usuário e a interface. Da mesma forma, fazem com que a interação tenha maior eficiência (BOWMAN et al., 2005).

Para o atendimento e consecução dos itens expostos, a proposta deste trabalho pauta-se na utilização conjunta das Ciências Computacionais:

- Realidade Virtual – RV;
- Inteligência Artificial – IA; e
- metodologias de interação (usabilidade)<sup>1</sup>.

Individualmente essas ciências são de grande valia para a inovação tecnológica. Contudo, sua utilização conjunta, como é a proposta deste trabalho, é incipiente e têm demonstrado ser um campo promissor de pesquisa computacional. Assim, a justificativa principal da junção das referidas ciências é a potencialização do desenvolvimento de interfaces mais envolventes e aderentes ao usuário.

A relação entre os diferentes campos de conhecimento é ilustrado na Figura 1.1. O esquema exposto na referida ilustração demonstra que pesquisas relevantes não englobam os três conceitos concomitantemente. O que ressalta o valor e a atualidade deste trabalho, além de, como veremos adiante, possuir um grande campo de aplicação.



**Figura 1.1:** Intersecção de tecnologias provendo um elevado grau de interatividade

<sup>1</sup> Em linhas gerais usabilidade é o fator que assegura ao usuário facilidade de uso, a ISO 9126 trata deste assunto relacionando Usabilidade à qualidade de *software* no qual identifica seis características: Funcionalidade; Confiabilidade; Usabilidade; Eficiência; Manutenibilidade; e Portabilidade (ISO/IEC 9126, 1991).

Convém destacar que a intersecção exposta pode ser aplicada a um ambiente virtual, o que provê uma riquíssima interatividade entre a interface e o usuário. Da mesma forma, no capítulo 3, trabalhos significativos serão discutidos com o objetivo de levantar as características que formarão os diferenciais desenvolvidos nesta tese.

### 1.3. Objetivo do Trabalho

Na tentativa de favorecer o processo interativo inicial do usuário, um projeto de interfaces dispõe de instrumentos básicos muito semelhantes aos meios utilizados pela arquitetura real, tais como: a modelagem estética (elementos gráficos) ou plástica (formas geométricas); a consideração e classificação de aspectos relacionados à investigação e inovação tecnológica; a viabilização construtiva; a racionalização de elementos e recursos; a funcionalidade; o atendimento das necessidades básicas dos usuários; e os diferentes meios disponíveis para a execução de uma tarefa.

Embora as interfaces digitais tenham se tornado cada vez mais complexas, em razão dos sucessivos acréscimos de recursos, a maioria dos usuários somente usa uma fração das funcionalidades providas pelos programas. Conforme aponta STUERZLINGER et al., (2006):

[...] é necessário destacar que a grande maioria dos programas faz com que todos os comandos estejam disponíveis ao usuário ao mesmo tempo, o que diminui significativamente a área de trabalho disponível na tela, levando à poluição visual (Figura 1.2). Isso rapidamente se torna um problema especialmente quando o usuário necessita de espaço para o seu trabalho, como no caso da edição de imagens ou da redação de um documento[...].



**Figura 1.2:** Metáfora entre um escritório e uma interface digital (AGARAWALA & BALAKRISHNAN, 2006)

Outro motivo são as aplicações que contêm muitas informações que precisam ser apresentadas ao usuário, nestas aplicações é preciso utilizar técnicas para determinar quais informações são mais pertinentes àquele usuário, de maneira que não ocorra uma sobrecarga de informações (SILVA & DA SILVA, 2007).

A partir da observação acerca dos diferentes processos interativos e diante da constatação da existência dos problemas relatados, um objetivo se impôs como absolutamente necessário a este trabalho: propor o desenvolvimento de uma metodologia para uma arquitetura inteligente (atributos da interface) que se adapte às necessidades individuais de cada usuário em um AV. Ao mesmo tempo, é entendido como indispensável fornecer uma interface mais “limpa” na qual somente o essencial para o gerenciamento da atividade esteja disponível. Para isso, investigou-se alguns trabalhos relevantes sobre as diferentes características dos AA, bem como a aplicação tecnologias de modelagem 3D baseadas em XML (*Extensible Markup Language*), de modo a demonstrar a capacidade da arquitetura em atualizar seu conteúdo de modo dinâmico. Essa arquitetura fornece serviços inteligentes para AVs que se tornam aderentes ao usuário através da geração de um perfil personalizado em tempo real, aprimorando a usabilidade em um domínio de aplicação. Esse conjunto de fatores potencializa a interatividade entre o usuário e a máquina, sobretudo em contextos educativos, lúdicos e de entretenimento.

Neste trabalho, é apresentada uma metodologia de arquitetura para o gerenciamento de AV que identifique os interesses pessoais de um usuário, em razão da diversidade de suas características, criando um perfil a partir da interação e, por fim, a adaptação dos interesses do usuário ao processo de realização de uma tarefa em um ambiente ativo, oferecendo mecanismos familiares (opções) para ajudar a entender e aprender como utilizar o sistema.

#### **1.4. Objetivos Específicos e Metas**

Uma das características essenciais proposta pela metodologia apresentada neste trabalho é elevar o grau de interatividade. Essa característica torna o ambiente capaz de modificar o seu comportamento de forma dinâmica em resposta às variações detectadas na execução das tarefas pelo usuário. Portanto, tendo como foco um contexto interativo, os objetivos específicos deste trabalho compreenderam: (i) coletar informações sobre manipulações em interfaces 3D, identificando as características que podem contribuir para o gerenciamento da arquitetura; (ii) prover um ambiente composto de objetos que ofereçam detalhes interativos e relevantes à interface; (iii) aplicar um modelo de IA que forneça respostas em tempo adequado, não afetando negativamente o sentimento de envolvimento do

usuário; (iv) adaptar a interface aos usuários, e não os usuários à interface, minimizando a sobrecarga ou ausência de informações; (v) como estudo de caso deste trabalho, introduzir este modelo adaptativo em uma sala de aula, entendida como um espaço diversificado no qual ocorrem ações e interações entre os alunos e entre professor e alunos.

Para atingir o objetivo proposto, foram adotadas as seguintes metas:

- Levantar as necessidades e potencialidades de diferentes perfis de usuários em termos de interação com RV;
- Pesquisar trabalhos e projetos (sistemas) de interação em RV e investigar suas respectivas funcionalidades, juntamente às técnicas utilizadas para o desenvolvimento;
- Criar uma arquitetura para desenvolver aplicações adaptativas de interação com RV e aplicá-la a um estudo de caso para concretizar e viabilizar testes do modelo teórico concebido;
- Desenvolver um estudo de caso, onde será possível aplicar os serviços disponibilizados pela arquitetura, evidenciando a hipótese levantada pela tese; e
- Realizar testes e validar a abordagem, por meio de um estudo de caso com vários tipos de informações em um único ambiente. Pode-se analisar, por exemplo, os dados de um caso de uso sob o ponto de vista de diversos usuários, onde cada um necessita e busca uma informação diferente no mesmo ambiente. É desejável que o modelo desenvolvido apresente um ambiente em que as informações dispostas se adaptem aos interesses dos usuários à medida que os mesmos interajam com o ambiente.

As metas, alcançadas, foram divididas em quatro etapas, a saber:

- Etapa 1: Pesquisar sistemas de interações que demonstrem alguma forma de personalização de conteúdo com RV e, investigar suas respectivas funcionalidades e as técnicas utilizadas para o desenvolvimento. Nesta etapa, foram analisados alguns trabalhos existentes em relação às suas funcionalidades, ao tipo de interações permissíveis e a ergonomia da interface;
- Etapa 2: Investigar métodos de adaptação que podem ser usados em ambientes de RV;
- Etapa 3: Elaborar e desenvolver uma estratégia e arquitetura para unificar aplicações adaptativas com RV; e
- Etapa 4: Implementar um estudo de caso com a abordagem proposta, e avaliar os quesitos de usabilidade oferecidos pelo sistema.

### **1.5. Contribuição do Trabalho**

Uma questão de relevância para a comunidade que pesquisa AVs recai sobre a dificuldade do sistema em criar um perfil atualizado dos usuários, uma vez que, na grande maioria de sistemas de RV, o usuário possui no sistema um perfil estático, ou seja, não progride com o passar do tempo, no qual pode-se gerar desinteresse. Neste trabalho, apresenta-se uma metodologia aplicada a uma arquitetura capaz de auxiliar na preservação do interesse dos usuários. Baseando-se na interação dinâmica dos mesmos, é possível prever novos interesses, surpreendendo-os com objetos dispostos em espaços mais atraentes. Isso resulta-se em um ambiente de aprendizado ou treinamento adequado ao seu perfil, bem como o desenvolvimento de suas diferentes formas de competência, melhorando o seu processo de aquisição da informação.

Muitas interfaces digitais, que requerem a manipulação de informações por parte dos usuários para a realização de suas tarefas, não foram necessariamente projetadas tendo os usuários como foco central (PREECE, ROGERS & SHARP, 2007). De fato, foram apenas projetadas como sistemas que tipicamente realizam determinadas funções. Embora essas interfaces possam funcionar de maneira eficaz, a partir da perspectiva dos desenvolvedores, geralmente os usuários acabam por ser sacrificados. É o que acontece, por exemplo, com programas para desenho que possuem um tutorial com centenas de páginas. Ao contrário, um projeto que se queira interativo deve consistir em redirecionar as preocupações e necessidades do usuário mediante a interface. Essencialmente isso significa desenvolver interfaces interativas que sejam agradáveis, fáceis de utilizar e eficazes, sempre na perspectiva do usuário (PREECE, ROGERS & SHARP, 2007).

Portanto, com o avanço das tecnologias digitais de interação, faz-se necessário que sistemas, como os de RV, sejam desenvolvidos de forma que consigam atrair e manter a atenção do usuário, além de apresentar informações em um contexto adequado ao usuário. Dessa forma, com a arquitetura aqui apresentada, pretende-se contribuir para o estudo de AA na criação de ambientes ricos em informações e, dessa forma, incrementar o nível de satisfação dos usuários na realização de uma tarefa em um meio digital.

## **1.6. Organização dos Capítulos**

Além desta introdução, a presente tese está organizada em mais seis capítulos, descritos a seguir.

O Capítulo 2 apresenta uma breve exposição sobre interfaces digitais e um levantamento sobre a RV como tecnologia avançada de interface de usuário, como é possível a interação, atuando com um usuário e compartilhada com outros participantes.

No Capítulo 3, discorre-se sobre os AVs adaptativos, suas características e como essas interfaces podem ser direcionadas ao usuário. Trabalhos relacionados ao tema são apresentados, para o levantamento de características particulares consideradas necessárias ao desenvolvimento desta pesquisa.

O Capítulo 4 expõe a arquitetura proposta, enquanto que o Capítulo 5 especifica os módulos que compõem essa arquitetura, o relacionamento entre eles e suas características. Ao final do capítulo, um diagrama ilustrando o funcionamento da arquitetura é apresentado.

O Capítulo 6 demonstra a aplicação de testes e validações da arquitetura proposta.

As conclusões, seguidas de recomendações para trabalhos futuros são apresentadas no Capítulo 7. Por fim, são listadas as referências que forneceram a fundamentação teórica utilizada neste trabalho.

O Quadro II mostra uma representação elaborada para visualizar e compreender melhor as etapas da pesquisa e suas partes.

**Quadro II: Representação das fases da pesquisa.**



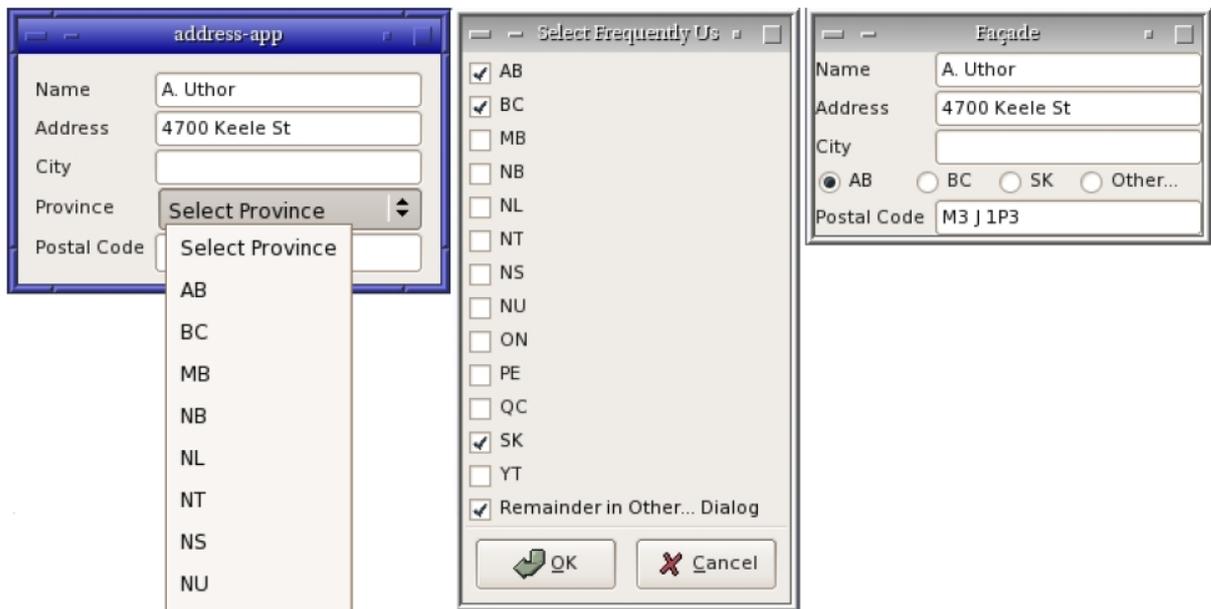
Fonte: Estratégia para o Desenvolvimento de Aplicações Adaptativas de Visualização de Informações com Realidade Aumentada (tese), 2009. Autores: Alexandre Cardoso; Ezequiel Roberto Zorzal. Modelo retirado sob concessão dos autores.

## 2. INTERFACES DIGITAIS DE INTERAÇÃO

### 2.1. Introdução

Um dos principais requisitos para o projeto de uma interface gráfica computacional é o favorecimento da interação, ou seja, dos meios que permitem ao usuário acessar e manipular o conteúdo de um dado sistema. O diálogo com o usuário não deve incluir informações que sejam irrelevantes, desnecessárias ou raramente procuradas. Deve ser apresentado em termos familiares, acomodando tanto usuários novatos como experientes (PREECE, ROGERS & SHARP, 2007).

Um modo de tratar o crescente número de funcionalidades das aplicações e o desejo de otimizar o espaço de trabalho é permitir ao usuário adaptar sua interface. A Figura 2.1 ilustra como um sistema adaptável pode prover maior dinamismo a uma aplicação. Em uma ficha de um cliente, por exemplo, na qual há uma caixa de seleção que mostra todos os estados do país, há uma tela de configuração que permite ao usuário deixar mais visíveis aqueles estados que são usualmente mais selecionados (STUERZLINGER et al., 2006).



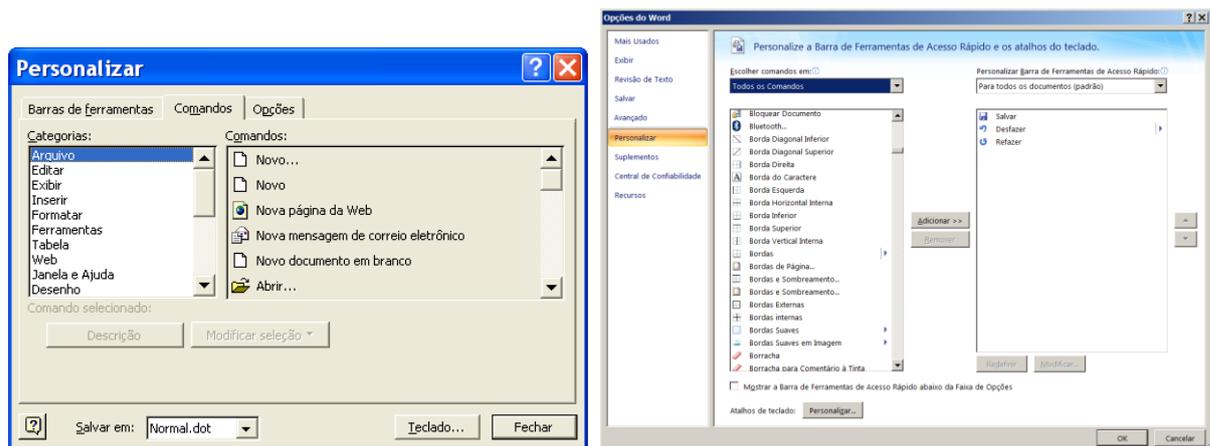
**Figura 2.1:** Personalização de uma interface comercial (STUERZLINGER et al., 2006)

Assim, é visto a necessidade de conceituar a diferença entre um conteúdo personalizado, onde o usuário pode escolher opções apresentadas, ou na forma dinâmica, disposta com uma interface reativa.

## 2.2. Sistemas Adaptáveis e Adaptativos

É chamado de sistema adaptável aquele em que o usuário pode iniciar, propor e selecionar adaptações, nesse caso, o sistema é alimentado por uma configuração explícita, contendo, por exemplo, questionários ou formulários. Esse tipo de sistema permite que as adaptações sejam produzidas (personalizadas) pelos usuários. São considerados sistemas adaptativos apenas os que executam todas as funções citadas de forma automática. Colman e Han (2005) exemplificam esses sistemas por meio de aplicações do Microsoft Office que permitem aos usuários adaptar (personalizar) seus menus e barras de ferramentas. Porém essa adaptação apresenta sérias falhas.

Dentre as falhas, observa-se a interface de personalização dos comandos de menus e barra de ferramentas do Microsoft Word, ilustrada na Figura 2.2, que exibe a sua esquerda 22 comandos de categorias. A lista da direita mostra os comandos relevantes à categoria selecionada. No total, têm-se mais de 1100 comandos disponíveis através dessa interface, o que representa uma quantidade excessiva de opções de escolha e versões antecedentes não possibilitava o redimensionamento da janela. Além disso, esses comandos podem ser arrastados para os menus e barra de ferramentas. Contudo, esse tipo de operação não pode ser desfeita. Comandos que já se encontram dentro dos menus ou da barra de ferramentas aparecem ainda na lista, mesmo já tendo sido adicionados. Devido às características citadas sobre essa interface, a personalização torna-se um ponto negativo para esse ambiente digital por causa das inúmeras opções providas (STUERZLINGER et al., 2006).

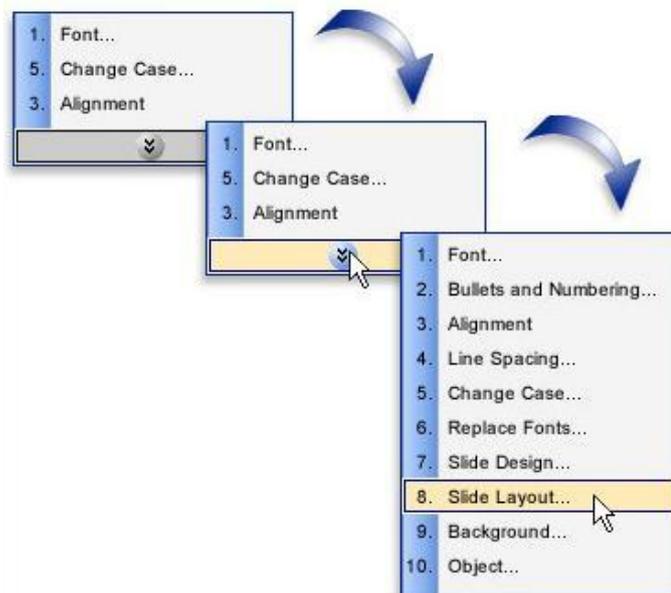


**Figura 2.2:** Configuração de componentes em menus

Para minimizar problemas dessa natureza, uma alternativa são interfaces adaptativas, utilizadas como opção por conferir praticidade ao manuseio. Tratam-se de interfaces que avaliam quais são as funções mais utilizadas em um sistema, ocultando as outras com menor frequência.

Uma das principais razões que levam ao desenvolvimento de aplicativos que se utilizam de interfaces adaptativas é a tentativa de estruturar a interface de forma a facilitar a navegação do usuário. Essa iniciativa é válida pela importância que a interface de um aplicativo possui, pois, caso ela seja bem definida, pode atuar como fonte de motivação à utilização do produto. Por outro lado, a Figura 2.3, apresenta uma situação em que a interface limita-se a dispor ao usuário apenas os comandos utilizados com maior frequência. Tais comandos são expandidos apenas em situações nas quais a interface é exigida, em que mais opções são necessárias para a realização de uma tarefa (VIEIRA, PONTES & PALAZZO, 2002).

As interfaces citadas apresentam um grau limitado de adaptação. De outra forma, as interfaces adaptativas são artefatos de *software* que se caracterizam por adaptar a interface de interação ao usuário mediante um modelo construído a partir de uma experiência parcial com esse usuário. Tal modelo de interface é denominado reativo ou não-deliberativo, estando a escolha da ação a ser executada relacionada de forma direta à ocorrência de eventos no ambiente.

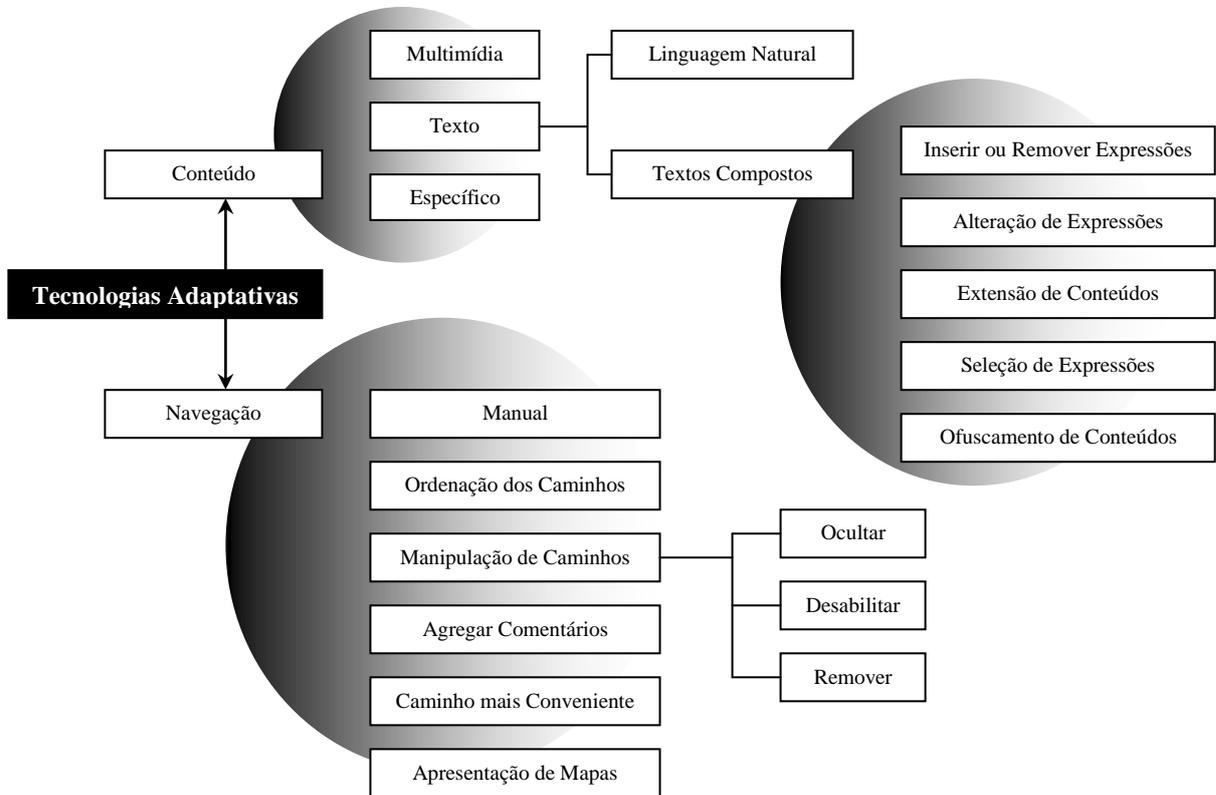


**Figura 2.3:** Ocultação de opções pouco utilizadas em um menu

Uma arquitetura adaptativa, como apresenta a Figura 2.4 pode ser classificada, segundo Bailey et al. (2002) em função dos seguintes fatores:

- do conteúdo adaptativo: o sistema apresenta diferentes conteúdos para diferentes usuários, ou seja, adapta o conteúdo da interface de acordo com o modelo de usuário; e

- da navegação adaptativa: o sistema realiza alterações em sua arquitetura visual (manipulando as informações que estão disponíveis para o usuário). Sua capacidade de modificar o comportamento dinamicamente é uma resposta a variações detectadas em seu ambiente de execução.



**Figura 2.4:** Espaço de Adaptação (BAILEY et al., 2002)

Após a exposição dos conceitos iniciais sobre a personalização de um ambiente, diretamente pelo usuário ou indiretamente pelo sistema, e a ilustração de condições que podem surgir por meio da modificação de pontos ou caminhos durante a navegação, destaca-se na próxima seção uma breve contextualização sobre RV, pela definição que a advém, como um instrumento de enriquecimento do próprio conteúdo. E os elementos que compõem como uma tecnologia de interface de interação.

### 2.3. A RV como Interface de Interação

**Gabriel:** Have you ever heard of Harry Houdini? Well he wasn't like today's magicians who are only interested in television ratings. He was an artist. He could make an elephant disappear in the middle of a theater filled with people, and do you know how he did that? Misdirection.

**Stanley:** What the fuck are you talking about?

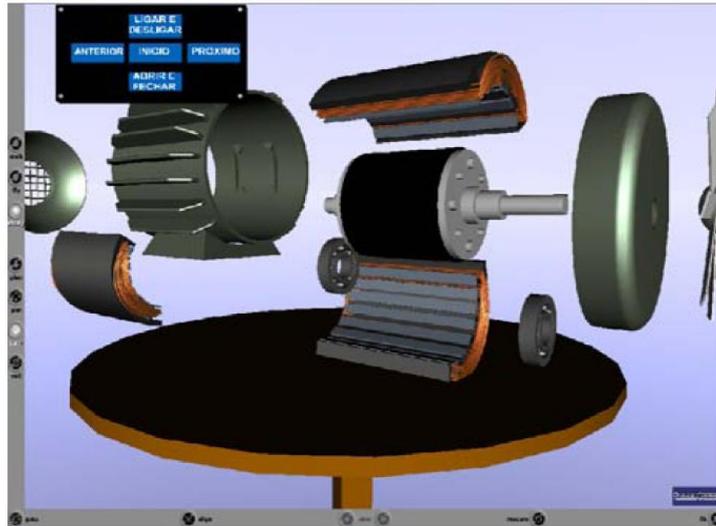
**Gabriel:** Misdirection. What the eyes see and the ears hear, the mind believes.”

(Diálogo retirado do filme *A Senha: Swordfish*)

Interações em ambientes 3D envolvem uma aproximação explorativa e requerem operações típicas do mundo real, tais como: mover-se, girar em volta dos objetos, mudar o ponto de vista sem mudar a posição do objeto, entre outros. A cada pequeno passo há um grande número de ações possíveis e diferentes modos para alternar movimentos e ações sobre os dispositivos de interação (CELENTANO & PITTARELLO, 2004).

Essas explorações podem potencializar operações cotidianas de visualização de informações 3D, como, por exemplo, em um ambiente pedagógico, no qual é possível ser usado para permitir aos estudantes verem em vários níveis de escala um objeto de estudo. Em atividades de ensino-aprendizagem na área da saúde, por exemplo, há a possibilidade de prover ao usuário a capacidade de visualização da anatomia humana em escalas variáveis, podendo acompanhar as relações entre um órgão e suas partes interiores até a composição de um tecido, chegando ao nível celular (PINHO et al., 2006).

Outro exemplo, é a possibilidade de simular uma visita a um laboratório, levando o estudante a inserção no contexto de um dado tópico ou assunto, sem riscos, como os presentes no manuseio de equipamentos, possibilitando, ainda, uma economia considerável quanto ao desgaste de equipamentos e a utilização dos diversos materiais disponibilizados em laboratório. Almeida Jr, Cardoso e Lamounier Jr (2008) apresentam um sistema que simula máquinas elétricas com a possibilidade de, interativamente, visualizar os componentes internos das mesmas. Permitindo, inclusive, visualizações impossíveis no ambiente real, tais como as partes internas de componentes em funcionamento (Figura 2.5).



**Figura 2.5:** Visualização interna de dispositivos representados digitalmente (ALMEIDA JR, CARDOSO & LAMOUNIER JR, 2008)

### 2.3.1. Introdução à Tecnologia

A RV é uma “interface avançada com o usuário” utilizada para acessar aplicações executadas no computador, propiciando visualização, movimentação e interação em tempo-real em ambientes 3D gerados por computador. O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de RV, mas outros sentidos, como tato e audição, também ser usados para enriquecer a experiência do usuário. Possibilitando ao usuário manipular as informações através de experiências similares àquelas vividas na realidade, ou seja, o AV possibilita criar a ilusão de realidade através da representação 3D. Dessa forma, a RV tem potencial para propiciar a aprendizagem como processo de exploração, descoberta, observação e construção de uma nova visão do conhecimento, oferecendo a oportunidade de melhor compreensão do objeto de estudo (SMITH & HARRISON, 2001).

Como na maioria dos sistemas de computação, um importante fator para o sucesso de sistemas com RV é a garantia quanto à satisfação dos usuários em relação à usabilidade desses sistemas (SMITH & HARRISON, 2001). Essa tecnologia tem aptidão de colaborar com o processo cognitivo do aprendiz, proporcionando não apenas a teoria, mas também a experimentação prática do conteúdo em questão. Por fim, convém destacar que os sistemas de RV devem apresentar desempenho em tempo real, de modo a garantir níveis de imersão, interação e navegação que correspondam ou sejam similares à realidade (SEO & KIM, 2002).

Um usuário imerso em um ambiente de RV pode experimentar sensações absolutamente diferentes das que são proporcionadas por interfaces tradicionais (CARDOSO et al., 2007). Uma metáfora dessa imersão é demonstrada na Figura 2.6.

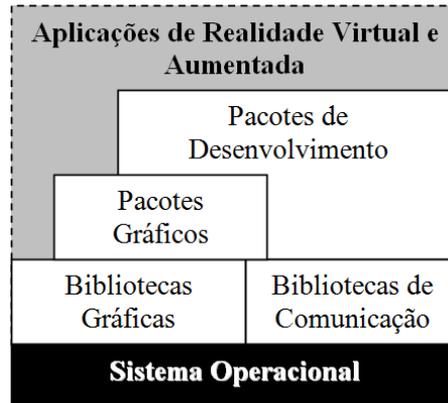


**Figura 2.6:** Representação da imersão em um AV

A criação de um mundo virtual requer a modelagem da cena, ou seja, dos elementos envolvidos, tais como a atmosfera, os personagens, os objetos, entre outros. Para fazer essa modelagem são usados programas capazes de manipular a geometria, texturas e reparar as animações dos objetos. Em alguns casos, é possível ainda atribuir ações ou comportamentos aos objetos dentro do próprio programa de modelagem (KIRNER & SISCOOTTO, 2007).

A modelagem dos AVs, usando linguagens de programação e ferramentas de autoria, permitem ao usuário visualizar ambientes 3D, movimentar-se dentro deles e manipular seus objetos virtuais. Tais objetos podem ser animados, apresentando comportamentos autônomos ou que sejam provocados por eventos.

A Figura 2.7 mostra uma visão geral da hierarquia das principais ferramentas de desenvolvimento para AV. Esta hierarquia é composta pelo Sistema Operacional (SO) como Windows, Linux, entre outros. Bibliotecas de comunicação e sincronização (utilizadas em aplicações distribuídas), bibliotecas como OpenGL e DirectX, e pacotes gráficos (coleção de classes que oferecem um conjunto de serviços) como GLScene, Ogre, ArToolKit, Java3D, e pacotes de desenvolvimento que são ferramentas direcionadas a confecção de AV ou expressa diretamente em uma linguagem de programação como Java, C++ ou Delphi. Nota-se que existe uma vasta gama de opções disponíveis para cada um dos graus da hierarquia, e que estas opções podem ser combinadas para criar um AV (GUIMARÃES, GNECCO & DAMAZIO, 2007).



**Figura 2.7:** Hierarquia das ferramentas de desenvolvimento de AVs (KIRNER & SISCOOTTO, 2007)

Ferramentas gráficas de alto nível evitam a necessidade de um conhecimento mais profundo sobre Computação Gráfica (CG) ou interfaces com o SO, permitindo que o desenvolvedor foque apenas no aplicativo em que está trabalhando. Ressalta-se ainda as características que devem ser supridas:

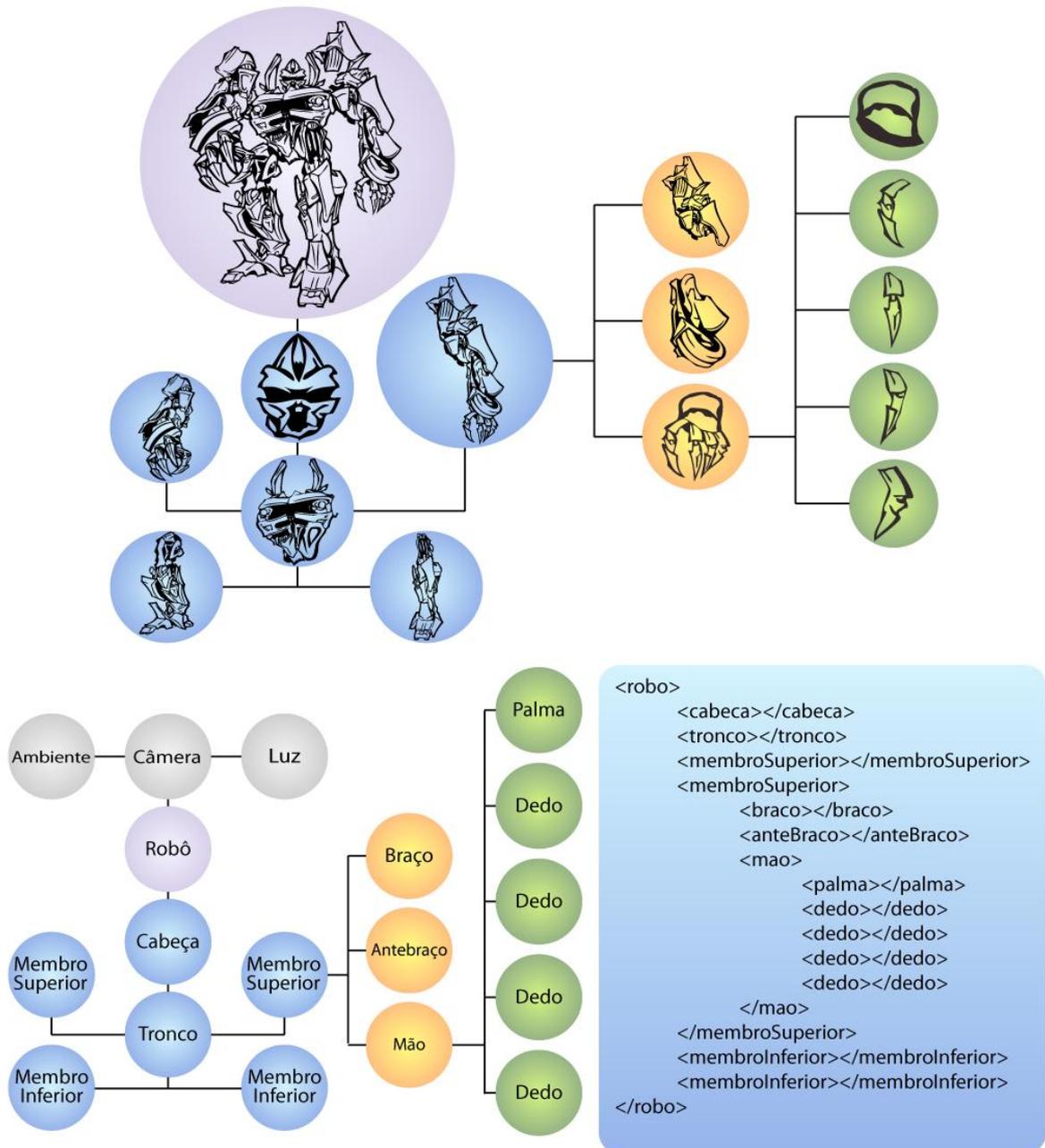
- Suporte à leitura de formatos de arquivos necessários ou integração com *softwares* de modelagem (importação);
- Suporte texturas e animações;
- Suporte ao dispositivo de entrada e saída;
- Existência de efeitos gráficos necessários ou desejados, como, por exemplo, animação de partículas ou sombras;
- Possibilidade de execução no equipamento disponível para o AV; e
- Ser de fácil utilização.

### 2.3.2. Grafo de Cena

A interação com objetos em um AV é condição essencial para a implementação de aplicações que traduzem ações do mundo real para objetos virtuais. A concepção de ambientes 3D deve começar pela definição de uma hierarquia de seus componentes que devem ser definidos e agrupados hierarquicamente através de um grafo de cena, como ilustra a Figura 2.8.

Grafos de cenas são ferramentas conceituais para a representação de AV nas aplicações de CG. Um AV é uma representação de diversos aspectos do mundo real ou abstrato. Os aspectos considerados em uma aplicação de CG são: disposições dos objetos, formas, textura de superfícies, iluminação, entre outros. Cada um desses aspectos deve ser

inserido em um grafo de cena para representar o AV. O grafo de cena é formado, portanto, por nós conectados por arestas, compondo um grafo acíclico direcionado. Cada nó possui um conjunto de atributos que podem, ou não, influenciar seus nós conectados. Os nós são organizados de uma maneira hierárquica correspondendo semântica e espacialmente ao mundo modelado (CARDOSO, PAIVA & SOARES, 2007).



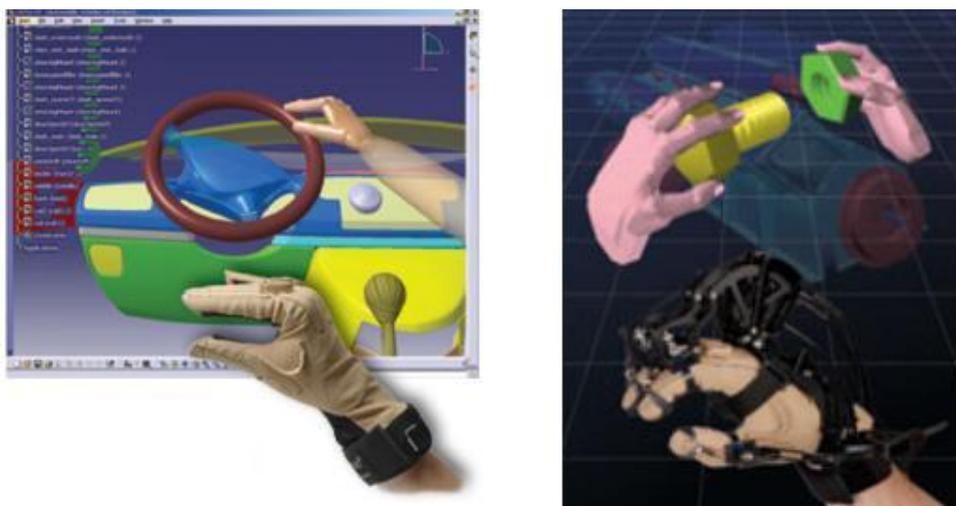
**Figura 2.8:** Ilustrações da composição hierárquica de um grafo de cena

### 2.3.3. Classificações dos Dispositivos de Visualização e Interação

Nos últimos anos, surgiram diferentes propostas para a classificação de RV pautadas em diferentes critérios. A classificação apresentada neste trabalho baseia-se na maneira como o usuário interage com o AV, considerando dispositivos multisensoriais usados ou não por ele. Assim, caracteriza-se, essencialmente, em duas frentes: RV imersiva e não-imersiva (CRONIN, 1997).

A RV imersiva tem por objetivo isolar o usuário por completo do mundo real. Para tanto, dispositivos especiais são usados para bloquear os sentidos (visão, audição e tato). A partir disso, os sentidos são aguçados intensamente em pelo menos uma categoria para que o usuário tenha a sensação de estar realmente dentro do AV. Nesses ambientes, o usuário utiliza equipamentos como: capacetes, luvas, rastreadores e fones de ouvido a fim de responder somente aos estímulos gerados pelo sistema computacional.

Um sistema de RV deve dar ao usuário a sensação de presença no AV e também permitir a interação deste usuário com o ambiente. Para proporcionar essas sensações, é necessária uma interface entre o usuário e o ambiente sintético. Ela deve ser capaz de, no mínimo, compreender os estímulos, passá-los para a forma de sinais digitais e fornecer uma resposta perceptível para o usuário (CARDOSO et al., 2007). Tal interface física é comumente representada por dispositivos que proveem uma considerável melhoria no grau de liberdade na manipulação de objetos virtuais (IMMERSION, 2011), como uma luva (Figura 2.9) ou um *mouse* 3D (Figura 2.10).



**Figura 2.9:** Interfaces físicas que proveem sensações de manipulação próximas ao natural (IMMERSION, 2011)



**Figura 2.10:** Exemplos de dispositivos de interação 3D (ABS-TECH, 2011)

O sentido da visão é o mais utilizado em RV. Seu estímulo pode ser feito por intermédio de um HMD (*Head Mounted Display*) na forma de capacete ou óculos, como ilustra a Figura 2.11, que podem isolar o usuário do ambiente real. Normalmente, esses dispositivos podem proporcionar ainda o estímulo da audição.



**Figura 2.11:** Dispositivos de visualização em sistemas de RV (ABS-TECH, 2011)

Na RV não-imersiva, o usuário tem acesso ao AV sem o isolamento do mundo real, isto é, através de dispositivos convencionais como o *mouse* e o monitor, de modo que a aplicação não envolve o usuário a ponto deste imaginar que esteja completamente presente dentro do ambiente.

Quanto aos dispositivos de visualização, convém destacar que, ao longo das últimas décadas, houve um grande desenvolvimento em pesquisas baseadas em materiais orgânicos. Os dispositivos de visualização obtidos através desses materiais são denominados OLED (*Organic Light Emitting Displays*), sem dúvida são fortes candidatos à substituição dos dispositivos de visualizações tradicionais, pois apresentam a possibilidade de serem construídos sobre vários tipos de compostos, incluindo os flexíveis. Essa possibilidade dá margem à fabricação de uma série de novos dispositivos (Figura 2.12) que podem ser usados em telas de computadores, televisões de telas planas, celulares, sensores ópticos, mostradores luminosos, iluminação de interiores em automóveis, aviões, estações de trem, metrô, aeroportos, entre outros.



**Figura 2.12:** Dispositivos que exploram novos conceitos de visualização de informações (RASKAR & BIMBER, 2005)

Atualmente, a tecnologia desenvolvida na área de computação móvel tem revolucionado a maneira como são vistos os sistemas de computação. No passado, um computador era destinado apenas para o uso fixo em uma mesa de escritório. Hoje, cada vez mais, equipamentos podem ser carregados pelo usuário, como telefones celulares ou *palms*, para acessar as últimas informações e serem utilizados na rotina de trabalho (RASKAR & BIMBER, 2005). Recentes trabalhos destacam a integração da tecnologia X3D com OpenGLES (NADALUTTI, CHITTARO & BUTTUSSI, 2006) para executar aplicações em dispositivos móveis, conforme ilustra a Figura 2.13.



**Figura 2.13:** Aplicação de tecnologias de RV em dispositivos móveis (RASKAR & BIMBER, 2005)

Devido às amplas possibilidades oferecidas pela RV, surge, igualmente, uma imensa variedade de aplicações suportadas por essa tecnologia. Diversas áreas como jogos, educação, medicina e engenharia, têm sido profundamente exploradas nos últimos anos. Porém, outras áreas que não se apresentavam receptivas, tais como: psicologia e artes cênicas, têm recebido uma expressiva atenção da comunidade científica (CARDOSO et al., 2007).

Outro aspecto necessário a ser considerado é a interação. Na perspectiva aqui adotada, a interação consiste na capacidade do usuário atuar em um AV. A interatividade baseia-se, portanto, nas alterações que o usuário pode realizar no AV, bem como as reações

apresentadas pelo AV diante das manipulações do usuário. Conseqüentemente, tanto maior for a interatividade, quanto maior forem as possibilidades de alteração por parte do usuário e de reação do AV às ações e manipulações do usuário. Essa é a principal característica dos jogos por computador, sendo o fator determinante para o envolvimento do usuário e o sucesso da aplicação.

RV e RA são áreas recentes do conhecimento que vêm proporcionando aos usuários melhores condições de interação com aplicações computacionais, fazendo com que elas sejam mais “naturais”. Para o incremento desse processo, são utilizados recursos que envolvem *hardwares*, *softwares*, periféricos, redes, técnicas de projeto e avaliação e desenvolvimento de aplicações (CARDOSO et al., 2007).

Nos AVs, a interação comumente realiza-se por meio da navegação, o que decorre da movimentação do usuário no espaço 3D através de algum dispositivo, como um *mouse* 3D, comandos de voz ou de gestos detectados por algum dispositivo de captura, resultando na visualização de novos pontos de vista do cenário. Nesses casos, não há mudanças no AV, mas somente um passeio exploratório. Interações, propriamente ditas, com alterações no AV, ocorrem quando o usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, explora, manipula, aciona ou altera os objetos virtuais, usando seus sentidos, incluindo os movimentos 3D de translação e rotação naturais do corpo humano (KIRNER & SISCOOTTO, 2007).

A interface baseada em RV permite que habilidades e conhecimentos intuitivos do usuário possam ser utilizados para a manipulação dos objetos virtuais. Esse tipo de interação é realizado através de dispositivos não-convencionais, tais como: capacete de visualização ou luvas; o próprio corpo (com gestos e comandos de voz); ou até mesmo dispositivos convencionais, como *mouse*, teclado e monitor de vídeo. Nessa interação o usuário deve ter a impressão de estar atuando dentro do AV, apontando, pegando, manipulando e executando outras ações sobre os objetos virtuais, todas essas ações são realizadas em tempo real.

#### **2.3.4. Interações Individuais e Coletivas**

Pesquisas na área de interfaces estão sendo realizadas sob o ponto de vista da interação no ambiente 3D. Nesse cenário, navegação é considerada, de acordo com um notável número de estudos, como a primeira interação em um ambiente 3D e, ainda, como pré-requisito para atividades mais sofisticadas (BOWMAN et al., 2011).

Para a abordagem acerca da navegação, as pesquisas atuais têm considerado três pontos fundamentais: identificação da estrutura da cena, orientação e deslocamento. A manipulação desses pontos depende do conhecimento que o usuário adquiriu em atividades

passadas. Diferentes recursos são propostos para os pontos descritos acima, como: reforço na estrutura da cena, inserção de limites e diferentes paradigmas de navegação. Trabalhos recentes enfatizam que o usuário pode se beneficiar de ferramentas que o guiem através da cena e de navegações dirigidas. A combinação entre a orientação e a liberdade de movimentos pode ser, em muitos casos, proveitosa, pois evita a desorientação do usuário e aumenta a usabilidade dos mundos 3D (CELENTANO & PITTARELLO, 2004).

A evolução das tecnologias de informática e das redes de comunicação vem propiciando o crescimento da concepção e a implementação de sistemas que têm o aspecto distribuído ou compartilhado, como a computação ubíqua. Isso faz com que as aplicações computacionais possam estar em vários lugares ao mesmo tempo, é o que ocorre com telefones celulares e a Internet (*Interconnected Network*), entre outras aplicações. O objetivo final de um AV distribuído é reunir usuários geograficamente dispersos e permitir que eles tenham capacidade de utilização do sistema. A disseminação do uso dos computadores e da Internet fez surgir a gestão de recursos com o objetivo de promover a colaboração entre os usuários de grupos co-localizados e distribuídos geograficamente.

Como resultado dessas facilidades, as aplicações colaborativas vêm tendo um grande desenvolvimento, principalmente em educação, treinamento, elaboração de projetos e entretenimento, demandando ambientes mais realistas e potencializados, como ocorre com RV e RA (NUNES et al., 2007).

#### **2.4. Considerações Finais**

Neste capítulo, foram abordados conceitos de RV e os aspectos relativos a sua tecnologia, tais como: suas definições e finalidades, as tecnologias empregadas (equipamentos necessários) e formas de interação. A tecnologia RV, em sua natureza, tem como fator motivante realçar a interação e a evolução dos AVs, bem como estabelecer e expressar comunicação entre os usuários de forma atrativa. No capítulo 3, serão contextualizadas pesquisas na área de AA, sobretudo em função de sua utilização em aplicações que envolvem a reorganização de informações.

### 3. TRABALHOS CORRELATOS

#### 3.1. Introdução

A adaptividade em AVs, para exploração ou pesquisa nas diversas áreas da Ciência, tem como objetivo a apresentação de informações que se acomodem ao nível de conhecimento do usuário, de suas necessidades e preferências. Uma interface é dita adaptativa se for capaz de alterar automaticamente seu comportamento de acordo com seu contexto de uso (HENRICKSEN & INDULSKA, 2001).

Interfaces digitais estaticamente projetadas oferecem uma estrutura rígida que pode não atender aos requerimentos e tampouco motivar e orientar o interesse, do usuário. Em contraste, as interfaces adaptativas agregam e armazenam informações acerca do usuário durante o processo de definição da interface a ele apresentada.

O objetivo geral de tais sistemas é prover seus usuários com conteúdo atualizado, subjetivamente interessante, com informações pertinentes, num tamanho e profundidade adequados ao contexto e em correspondência direta ao seu perfil. Este perfil pode ser entendido como uma fonte de conhecimento que contém informações, explícita ou implicitamente adquiridas, de todos os aspectos relevantes ao usuário, com o objetivo de serem utilizadas no processo de adaptação de uma aplicação de *software*. A adaptatividade vem sendo estudada como uma possível solução para sobrepor os problemas de usabilidade e personalização das diferentes características dos mundos 3D, tais como a disposição das geometrias e os controles de interação (CELENTANO & PITTARELLO, 2004).

No decorrer do desenvolvimento desta tese, implementaram-se alguns experimentos (Anexo A), como, por exemplo, o protótipo observado na Figura 3.1 que procura ilustrar o processo de remodelagem em tempo real de um AV baseado em *tags XML*.



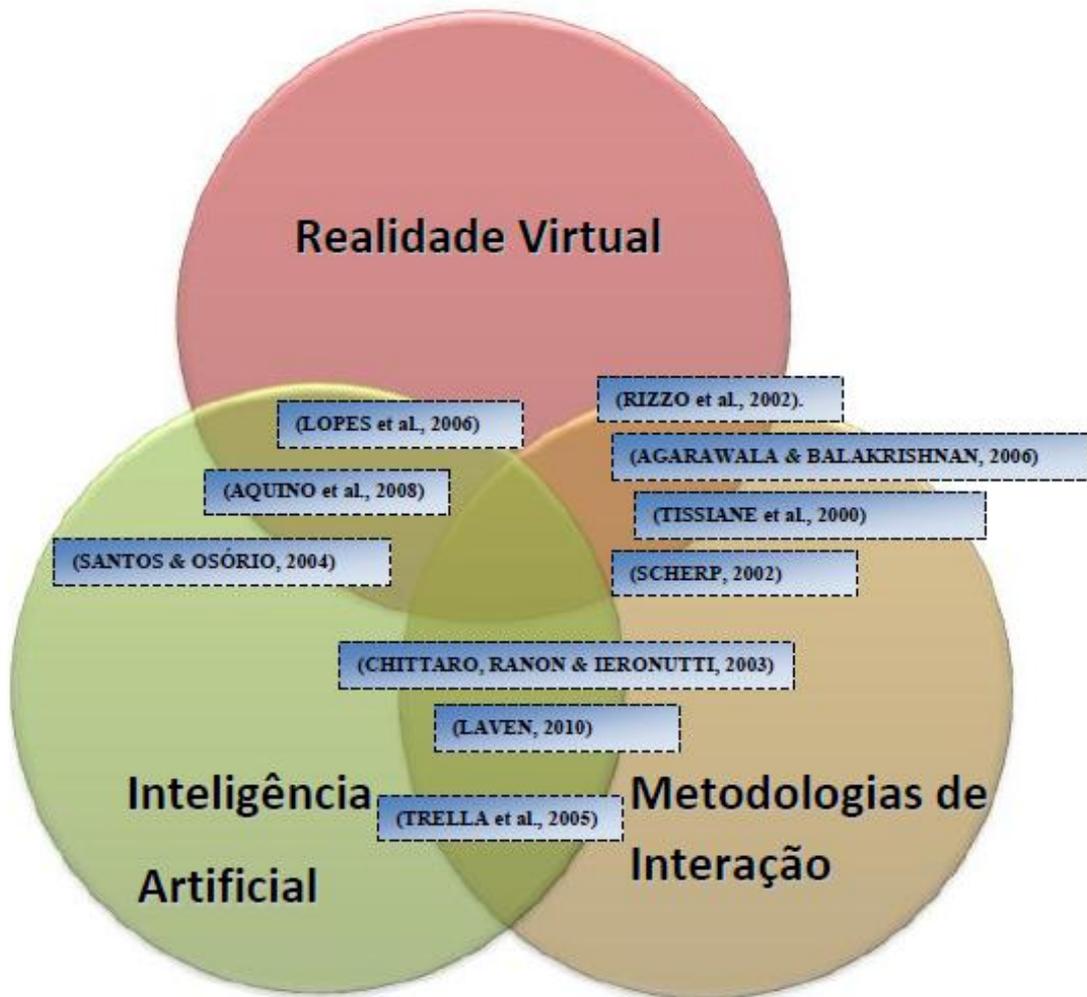
**Figura 3.1:** Alteração das propriedades de objetos em um AV

Uma atividade disposta em uma interface digital deveria se adaptar ao perfil, necessidades ou interesses dos usuários e não o contrário. De acordo com a teoria de Inteligências Múltiplas (IM) de Gardner (1993), cada indivíduo tem diferentes grupos de habilidades e, conseqüentemente, nem todos eles aprendem no mesmo ritmo. Portanto, é papel do educador descobrir formas alternativas de promover o desenvolvimento das várias habilidades dos alunos, o que possibilita maior incremento do relacionamento entre aluno e educador. Nesse sentido devem-se destacar o papel dos AA como ferramenta de auxílio ao professor, sobretudo no que se refere aos diferentes ritmos de aprendizagem.

### **3.2. Trabalhos relacionados de AVs aderentes aos Usuários**

Informações coletadas na forma de questionários preliminares são comumente usadas como técnicas adaptativas para personalizar a experiência do usuário. Tais técnicas são muito utilizadas em portais da Internet nos quais, através de uma identificação pessoal e de uma senha, as páginas são mostradas de forma individualizada. Como exemplo, pode-se citar livrarias virtuais que podem expor automaticamente assuntos pesquisados anteriormente pelo usuário (CELENTANO & PITTARELLO, 2004). Logo, um sistema informatizado é capaz, em grande medida, de se autogerenciar, uma vez que lhe foram atribuídos parâmetros de controle e limites de tolerância, oferecendo condições de aperfeiçoar o resultado pretendido.

O diagrama apresentado na Figura 3.2 distribui por áreas discutidas neste trabalho e os sistemas analisados sobre seus respectivos campos de pesquisa. Os sistemas sobrepostos às intersecções das áreas são correlacionados às mesmas e apresentam características de ambas. O centro do diagrama apresenta-se como a união dos campos, empregada no favorecimento de uma interface no qual se enfoca a pesquisa. A seguir, são listados sistemas adaptativos relevantes que contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.



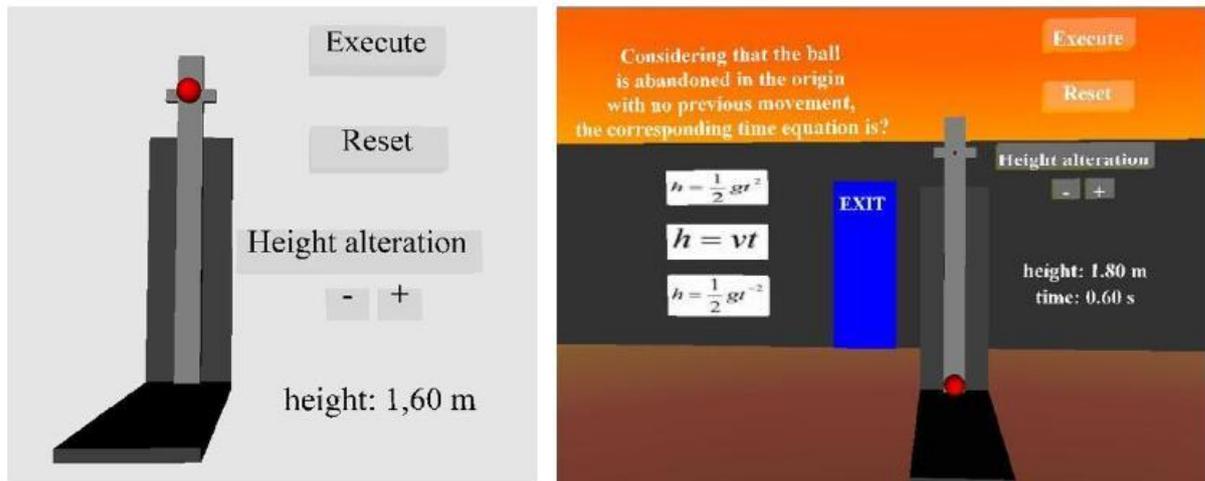
**Figura 3.2:** Aplicações correlatas à pesquisa

### 3.2.1. Ensino de Física Adaptativo

No trabalho sobre o ensino de Física, simulado computacionalmente (AQUINO et al., 2008), demonstram uma arquitetura para a criação e gerenciamento de AVs adaptativos que pode ser atualizada em tempo real. Uma atenção especial foi dada à comunicação cliente-servidor, o que torna possível tal adaptação. Essa arquitetura é capaz de apoiar várias aplicações tais como ambientes para educação ou simulação, possibilitando a evolução do ambiente enquanto o usuário está realizando tarefas e adquirindo um conhecimento maior do conteúdo.

A principal contribuição desse trabalho é a especificação e implementação de uma interface cliente-servidor que seja capaz de gerenciar AVs na máquina do cliente e adaptá-los em tempo real às suas necessidades. O estudo de caso desse trabalho enfoca um ambiente projetado para o ensino de física para alunos de escolas de segundo grau. Nesse contexto, os alunos podem interagir com experimentos, acessar informações sobre os seus conteúdos e

realizar testes sobre os conteúdos estudados. É necessário ressaltar que, nessa situação de uso, cada teste torna-se específico ao nível de conhecimento do usuário. O aluno é orientado a interagir com cada experimento (Figura 3.3), realizando uma série de tarefas que são propostas pelo sistema (AQUINO et al., 2008).

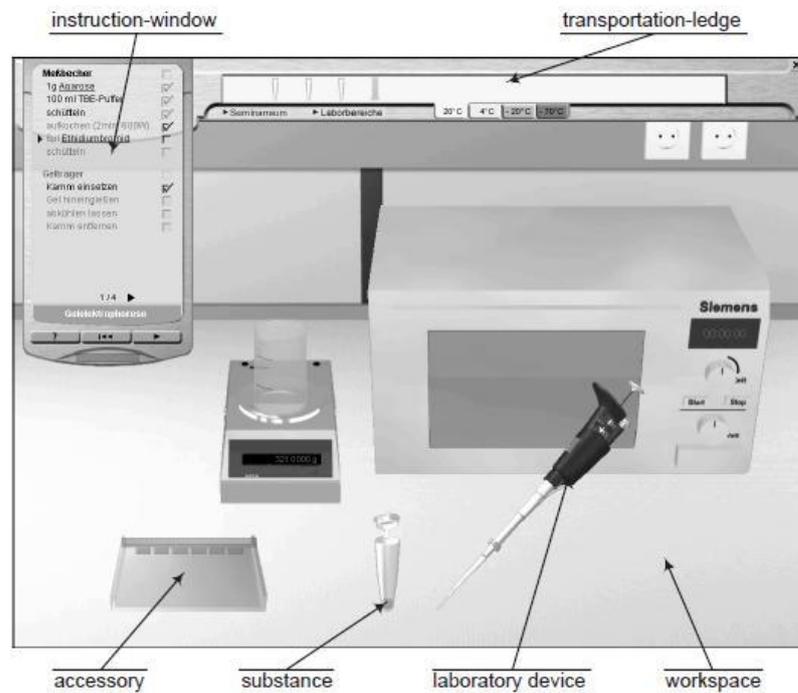


**Figura 3.3:** Diferentes níveis aplicados à mesma experiência (AQUINO et al., 2008)

Neste trabalho, diversos níveis de complexidade são agregados em um objeto virtual, com a finalidade de recuperação de informações próximas ao perfil do usuário. Estes níveis representam o conhecimento que o usuário tem sobre o ambiente e o grau de complexidade a ser apresentado. Entretanto, a reformulação do ambiente se apresenta na forma de escolhas de outras interfaces, não havendo um ponto de mensuração ou fatores de avaliação que possam dar suporte a decisões, como tempo de utilização ou restrições de comandos.

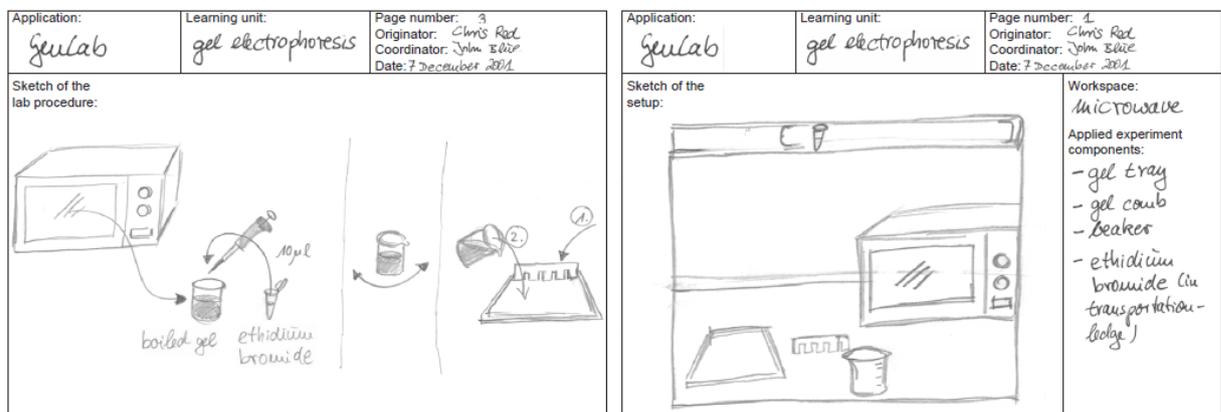
### 3.2.2. Sistema para Simulação de um Laboratório Virtual

Scherp (2002) propõe um modelo de processo de desenvolvimento de um *software*, com uma metodologia correspondente, que está especificamente orientada para o desenvolvimento de uma pequena aplicação para sala de aula de sistemas de multimídia, os assim chamados laboratórios virtuais. No projeto denominado VirtLab, uma reprodução multimídia de um laboratório real em um sistema computacional é apresentada como um laboratório virtual (Figura 3.4). Os componentes virtuais correspondem àqueles de um laboratório real e são, por exemplo, dispositivos, acessórios e substâncias normalmente encontrados nesse modelo de tarefas (SCHERP, 2002).



**Figura 3.4:** Componentes expostos em um laboratório virtual (SCHERP, 2002)

Além da representação visual de entidades presentes neste tipo de ambiente, a pesquisa aplica conceitos envolvidos no projeto de *software*, como casos de uso, para elaboração de atividades direcionada aos laboratórios virtuais (Figura 3.5).



**Figura 3.5:** Roteiro representando procedimentos para realização de uma experiência (SCHERP, 2002)

No entanto para se desenvolver um sistema de RV é necessário que os ambientes sejam direcionados e contextualizados ao conhecimento do usuário, para que ele possa assimilar, de modo a facilitar a comunicação entre a interface e a metáfora de interação adotada. Os requisitos de um sistema de RV são impostos diretamente pelos sentidos humanos mapeados pelo computador e abstraídos por uma capacidade dos desenvolvedores de representarem os modelos físicos e cinemáticos destes ambientes (LOPES, DAMASCENO & DIAS JUNIOR, 2009).

A intenção de representar experimentos, reproduzir objetos reais em 3D, projetar uma atividade de RV, são características que levam o usuário a um raciocínio similar ao real, de modo que isto favoreça a sua utilização. Porém, o trabalho persiste em qualificar um sistema de RV como um sistema convencional.

### 3.2.3. Salas Virtuais Destinadas a Alunos Hiperativos

Outro projeto de grande relevância, apresenta uma sala virtual 3D onde um avatar representa uma professora e os objetos no ambiente possuem comportamentos dinâmicos (RIZZO et al., 2002). Estes objetos virtuais apresentam procedimentos similares àqueles de um ambiente real. O objetivo foi adaptar a relação entre o real e o virtual, como mostrado na Figura 3.6, gerando um local onde se pode avaliar a postura do aluno de estimular e induzir novas formas de comportamento. A interação de crianças com o ambiente é monitorada e os dados coletados são usados para análise do comportamento das mesmas, assistindo no tratamento de crianças hiperativas. Esse projeto busca treinar o aluno com exercícios que aumentam as habilidades atencionais, espaciais e de memória, ou seja, utiliza estratégias educacionais que permitem realizar algum tipo de mensuração do desempenho e do progresso do aluno (RIZZO et al., 2002).



**Figura 3.6:** Sala de aula virtual para o monitoramento do comportamento (RIZZO et al., 2002)

Além da sala de aula virtual, o ambiente consiste na apresentação de um escritório virtual disposto de diversos objetos dinâmicos (telefones, computadores e avatares se movimentando), para a verificação de aspectos cognitivos (memória, percepção e atenção) dos usuários (Figura 3.7). A forma de visualização pelo usuário é feita por meio de um HMD (item 2.3.3), e um dos focos do sistema são denominados “agentes de interface”, ou seja, personagens reativos que indicam ou realizam tarefas no recinto (RIZZO et al., 2002).



**Figura 3.7:** Cenário constituído por elementos animados (RIZZO et al., 2002)

### 3.2.4. O Sistema AdapTIVE

O sistema AdapTIVE (*Adaptive Three-dimensional Intelligent and Virtual Environment*) exemplifica um AV adaptativo, tratando-se de um AV que tem sua estrutura e apresentação ajustadas aos interesses e às preferências dos usuários (representados em um modelo de usuário). Tais ajustes dão-se em conformidade à manipulação (inserção, remoção ou atualização) de conteúdos no ambiente (SANTOS & OSÓRIO, 2004). Para tanto, um processo de categorização automático de conteúdos é aplicado na criação de modelos de conteúdos utilizados na organização espacial dos mesmos no ambiente. Dessa forma, o processo de adaptação é baseado em modelos de usuário e de conteúdo, como ilustra a Figura 3.8, no qual o usuário tem a descrição do ponto de interesse através de placas indicativas. Além disso, um agente virtual inteligente atua como assistente do usuário na navegação pelo ambiente e na localização de informações relevantes.



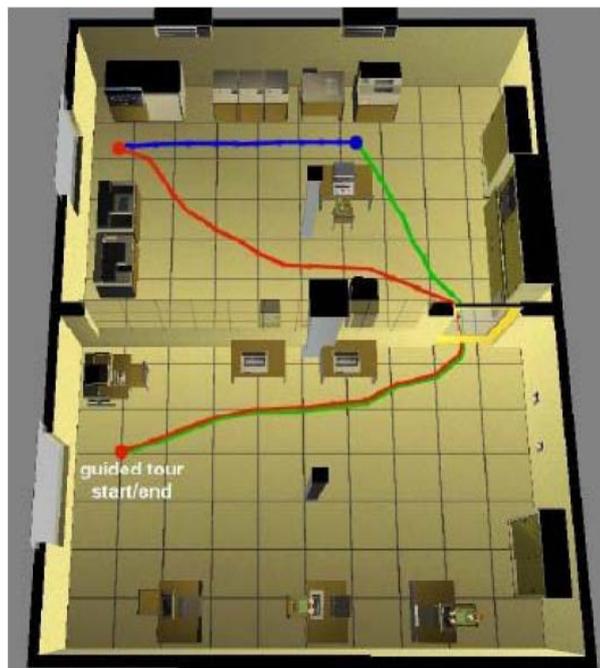
**Figura 3.8:** Navegação pelo ambiente AdapTIVE (SANTOS & OSÓRIO, 2004)

A representação das informações no ambiente é feita através de componentes 3D, tais como objetos gráficos e ícones, e *hiperlinks* para os conteúdos. Um conjunto de arquivos VRML, correspondendo a definição de estruturas e objetos 3D, é mantido em uma base de

dados e utilizado na construção dos ambientes. Um módulo, gerador de ambiente, é o responsável pela geração de diferentes ambientes, conforme os interesses e as preferências do usuário. A adaptação envolve a re-estruturação do ambiente, quanto à disposição das informações, e aspectos de *layout* do mesmo. Além disso, são repassadas a alguém responsável pela avaliação, informações pertinentes aos perfis dos usuários que estão interagindo e informações sobre os conteúdos e suas localizações, de forma que possua informações suficientes para o auxílio de forma presencial ou por alguma ferramenta de comunicação (*chat*) (SANTOS & OSÓRIO, 2004).

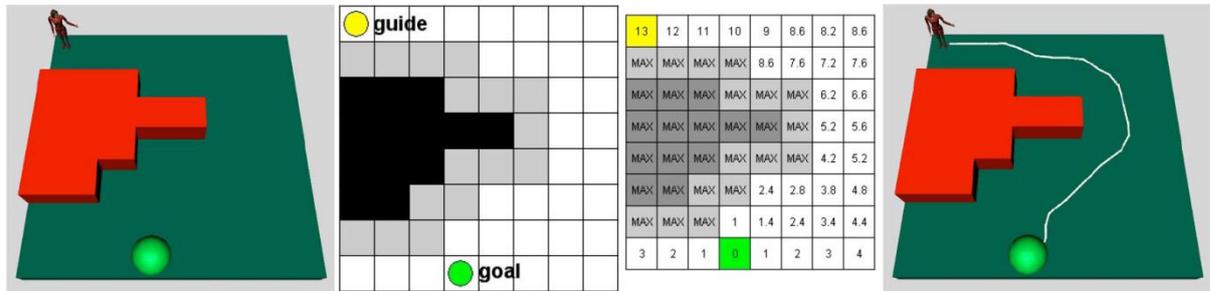
### 3.2.5. Direcionamentos de Rotas Adaptativas em Museus Virtuais

No presente trabalho (CHITTARO, RANON & IERONUTTI, 2003), apresenta uma técnica de planejamento de trajetória acopladas diretamente com uma animação 3D. Consistindo em encontrar o melhor caminho entre um ponto inicial e um ponto destino, considerando a presença de obstáculos nesse trajeto. Originalmente, exploradas em aplicações de robôs autônomos, sendo aplicada em AV, essa abordagem é utilizada para a navegação autônoma de um agente virtual (Figura 3.9), de acordo com os objetivos do usuário. No ambiente, o agente virtual é designado a auxiliar o usuário na navegação por um museu virtual. A partir da descrição dos lugares ou objetos de interesse a serem visitados, o agente cria a trajetória apropriada, proporcionando um passeio adaptado as suas preferências.



**Figura 3.9:** Trajetória criada pelo agente no museu virtual (CHITTARO, RANON & IERONUTTI, 2003)

Para a concepção da trajetória até o ponto de destino, o ambiente é mapeado bidimensionalmente (Figura 3.10) e decomposto em células, onde cada célula da grade pode, por exemplo, indicar a presença de um obstáculo na região correspondente do ambiente (ocupação).

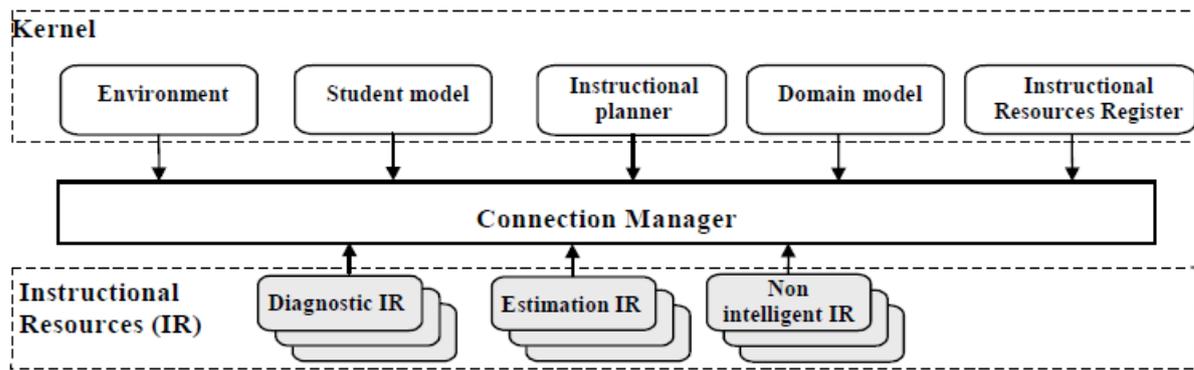


**Figura 3.10:** Etapas para concepção de um percurso (CHITTARO, RANON & IERONUTTI, 2003)

### 3.2.6. MEDEA

MEDEA (Trella et al., 2005) é uma plataforma baseada na *Web* e JSP (*Java Server Pages*) e que fornece suporte à autoria de cursos adaptativos, desenvolvida pelo Grupo de Investigação de Aplicações em IA da Universidade de Málaga. O MEDEA tem como objetivo fundamental prover aos professores uma ferramenta para desenvolver ambientes educacionais inteligentes baseados na *Web*, por meio da reutilização de materiais já existentes e fornecer aos alunos um ambiente educacional no qual eles tenham um tutor encarregado de auxiliá-los no processo de aprendizagem.

A arquitetura do MEDEA (Figura 3.11) é composta por dois elementos: os recursos de aprendizagem e o núcleo. Os recursos de aprendizagem são os ambientes educacionais externos que realizam tarefas pedagógicas concretas (livros eletrônicos, sistemas de simulação, ferramentas de avaliação, entre outros). Do ponto de vista do MEDEA, cada um destes recursos possui seu próprio modelo de domínio, uma interface de desenvolvimento para a autoria de conteúdos, uma interface do aluno e seu próprio modelo de aluno, o qual contém informações relevantes para serem transmitidas ao MEDEA. Já o núcleo do MEDEA é composto pelos seguintes elementos: o ambiente, o modelo do domínio, o modelo de aluno, o planejador instrucional e o administrador de conexão. O modelo de aluno no MEDEA possibilita a representação de um modelo comportamental do aluno, no qual se representam propriedades relevantes ao processo de aprendizagem.



**Figura 3.11:** Arquitetura do MEDEA (Trella et al., 2005)

O planejador instrucional é um componente encarregado de guiar o aluno durante o processo de aprendizagem e, conseqüentemente, de prover adaptação ao aluno quando o mesmo estiver sendo guiado. Tal processo de adaptação é composto por dois processos: micro-adaptação e macro-adaptação. O primeiro é responsável por selecionar os conceitos a serem ensinados ao aluno e o recurso instrucional mais adequado para tal fim. A macro-adaptação é encarregada de definir como apresentar o conceito ao aluno através do recurso instrucional selecionado. Por fim, o administrador de conexão é o componente responsável por gerir toda a comunicação existente entre os componentes do MEDEA (Trella et al., 2005).

### 3.2.7. O Ambiente Operacional BumpTop

Na observação dos trabalhos apresentados nesta seção, é perceptível que existe uma analogia em se representar um ambiente de trabalho no computador (desktop) com o espaço físico comum no mundo real, a exemplo de empilhar documentos, amassar papéis desnecessários ou mesmo pendurar anotações importantes. Os SOs 3D são exemplos de interfaces avançadas de interação e são representados por áreas de trabalho gráficas adicionadas a este novo contexto por intermédio de informações 3D dispostas em uma região espacial (AGARAWALA & BALAKRISHNAN, 2006).

Neste projeto a exploração da área de trabalho tem como proposta enriquecer a interface do computador com técnicas fáceis e expressivas usadas no mundo real: provendo comportamentos aos objetos virtuais similares aos objetos reais de um escritório; transferindo a física existente no mundo real para o virtual, como empurrar papéis, efeitos de colisões, ou mesmo a gravidade sobre os objetos (Figura 3.12); provendo uma sensação mais realística ou mais próxima do real. Essa mesa tem como objetivo adaptar o ambiente real de um escritório a um virtual. O problema evidenciado no exemplo é que na área de trabalho digital, costumeiramente são colocados arquivos ou lembretes importantes, o que pode acarretar o

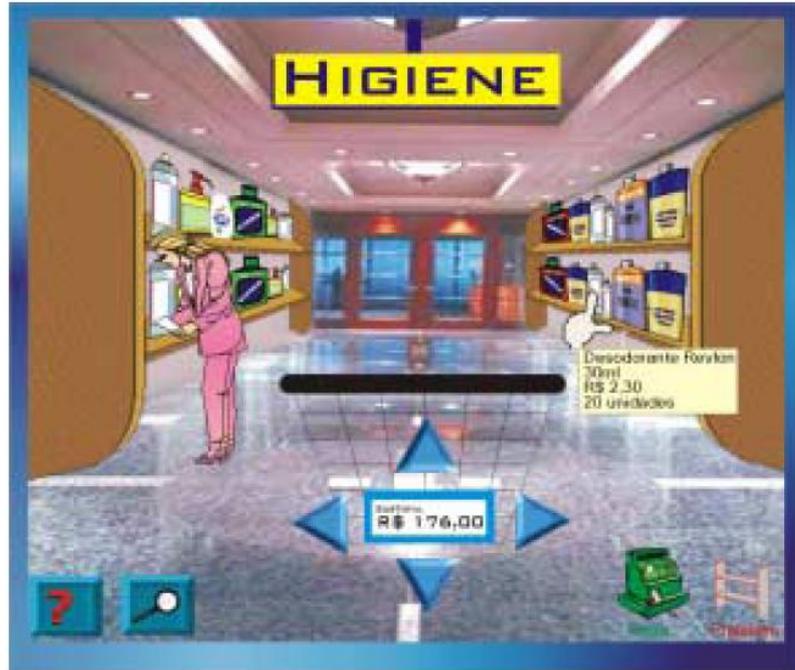
acúmulo de informações e a consequente poluição da interface caso esta não seja convenientemente administrada (AGARAWALA & BALAKRISHNAN, 2006). O exemplo comprova que apenas a junção entre a RV e a usabilidade não tornam o AV suficientemente satisfatório ao uso. Levanta-se, assim, uma questão importante: ao se adaptar o mundo físico para o mundo digital, a produtividade é mantida ou pode ser aumentada (WEISS, 2007).



**Figura 3.12:** Ilustração do ambiente BumpTop (AGARAWALA & BALAKRISHNAN, 2006)

### 3.2.8. Interface para Comércio Eletrônico

A ausência de uma IA mais sugestiva pode ser observada em outro trabalho (Figura 3.13) que explora os critérios essenciais para a concepção de interfaces para a venda de produtos. Além disso, também levanta questões sobre as vantagens e desvantagens do comércio eletrônico em AVs e os possíveis critérios para instituir normas ao seu projeto gráfico, buscando a funcionalidade e estética da navegação e apresentação do conteúdo (TISSIANE et al., 2000). Como dito inicialmente, a IA não propõe recomendações de produtos ao usuário embasadas em um perfil que considere as preferências, ou mesmo o histórico de compras do usuário, o que possibilitaria extrema agilidade ao AV e maior interatividade.

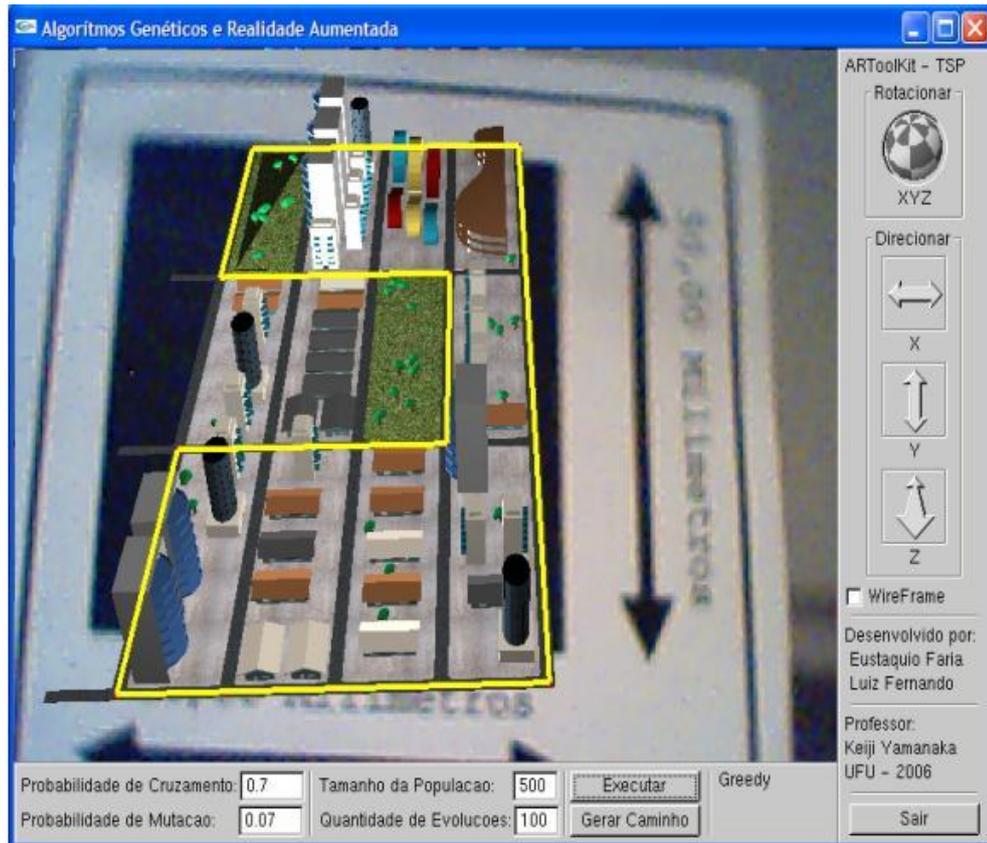


**Figura 3.13:** Ambiente de localização de informações (TISSIANE et al., 2000)

### 3.2.9. Controle de Rotas em Espaços Urbanos em Sistemas de RA

O sistema é dotado de uma técnica de IA para cálculo da menor distância percorrida entre um conjunto de pontos no espaço. O sistema considera a existência de um custo de transporte que pode ser aumentado ou diminuído de acordo com o itinerário a ser percorrido. Assim, deseja-se encontrar o itinerário com o menor custo possível (LOPES et al., 2006), considerando o aspecto cíclico, o que é denominado classicamente de o “problema do caixeiro viajante”.

Neste sistema são empregadas a RV e a IA, contudo a carência de uma metodologia de interação impossibilita a exploração total dos resultados por parte do usuário (Figura 3.14). Ou seja, a interface apresenta os resultados ao usuário, mas ele não consegue explorá-los convenientemente, pois não existem ferramentas flexíveis que possibilitem uma melhor interpretação dos resultados.



**Figura 3.14:** Controle de rotas em espaços urbanos (LOPES et al., 2006)

### 3.2.10. Ambiente de Diálogo Textual

O ALICE (*Artificial Linguistic Internet Computer Entity*) é um *chatbot*. Trata-se de um dos robôs mais populares da atualidade, sobretudo por sua inovação na forma de apresentação (Figura 3.15). O fato de apresentar um rosto que hipoteticamente dialoga com o usuário, torna-o atrativo. O *chatbot* apresenta uma saudação ao visitante, além de possuir um grande poder de comunicação e uma interface gráfica que estimula o diálogo, tendo uma base de conhecimento constituída por centenas de fatos, citações e idéias de seu criador em sua base de dados (LAVEN, 2011).

A interação é apenas visual, suas respostas possuem uma fixidez dada a entrada exclusiva por meio de texto, o que demonstra ausência de realismo, principalmente pela ausência da RV. Em suma, é uma interface digital que almeja realismo através unicamente da IA, sem, contudo, incorporar a RV.



*Human: hi*  
*ALICE: Hello there.*  
*Human: can you talk ?*  
*ALICE: Yes talking is my primary function.*  
*Human: talk!*  
*ALICE: I am talking to you.*  
You say:

## A. L. I. C. E. Artificial Intelligence Foundation

**Figura 3.15:** Ambiente interativo de conversação (LAVEN, 2011)

Muitos trabalhos encontrados na literatura dedicam-se a introduzir novas técnicas de interação ou descrever configurações particulares de *software*, assim como seu uso em situações distintas. O Quadro III descreve um resumo dos trabalhos apresentados.

**Quadro III: Comparativo entre os ambientes apresentados.**

<b>Sistema</b>	<b>Qualificação</b>	<b>Formatos de Adaptação</b>	<b>Tecnologias</b>
<b>Ensino de Física Adaptativo (AQUINO et al., 2008)</b>	Ambiente Adaptativo de Interfaces 3D	Gerenciador de experimentos relacionados a física, permitindo a reorganização dos componentes em função da dificuldade do usuário	X3D / Java / JDom / Xml
<b>Simulação de Laboratório Virtual (SCHERP, 2002)</b>	Adaptar um modelo de ambiente de natureza real ao computacional	Replicar objetos reais em um AV comumente encontrados em um laboratório, podendo desenvolver experimentos sem oferecer riscos	RUP – Rational Unified Process / Shockwave3D
<b>Salas Virtuais Destinadas a Alunos Hiperativos (RIZZO et al., 2002)</b>	Ambiente de Simulação 3D	Proporcionar o desenvolvimento cognitivo dos alunos, explorando comportamentos dos objetos presentes no AV	HMD
<b>AdaptIVE (SANTOS &amp; OSÓRIO, 2004)</b>	Ambiente de Pesquisa	Adota agentes de interfaces que colaboram com a navegação do usuário no AV	Java 3D
<b>Direcionamentos de Rotas Adaptativas em Museus Virtuais (CHITTARO, RANON &amp; IERONUTTI, 2003)</b>	Aplicativo de sugestão de caminhos	Gerenciador de rotas em AV em função da preferência do usuário, provendo auxílio na navegação	Vrml / H-Anim (avatares)
<b>MEDEA (Trella et al., 2005)</b>	Ambiente Educacional Inteligente	Fornecer aos alunos um ambiente educacional no qual eles tenham um tutor encarregado de auxiliá-los no processo de aprendizagem	Java e Html
<b>O Ambiente Operacional BumpTop (AGARAWALA &amp; BALAKRISHNAN, 2006)</b>	Ambiente Operacional 3D	Adaptar a natureza física (comportamento) de objetos reais transpostos para um AV	-
<b>Interface para Comércio Eletrônico (TISSIANE et al., 2000)</b>	Comércio Virtual Explicativo	Desenvolver <i>sites</i> por meio de técnicas adaptativas no auxílio dos usuários quanto a navegação e a obtenção de informações no ambiente	Vrml
<b>Controle de Rotas em Espaços Urbanos em Sistemas de RA (LOPES et al., 2006)</b>	Sistema de proposição	Integrar técnicas de IA à RA, propondo através de uma otimização computacional visualizar informações em ambientes 3D	Vrml, ArToolkit e OpenGL
<b>Ambiente de Diálogo Textual (LAVEN, 2011)</b>	Simulador (simular um ser humano na conversação com as pessoas)	Responder as perguntas de tal forma que o usuário tenha a impressão de estar conversando com outra pessoa e não com um programa de computador. Após o envio de perguntas em linguagem natural, o programa consulta uma base de conhecimento e em seguida fornece uma resposta que tenta imitar o comportamento humano	Html

### 3.3. Considerações Finais

Os ambientes apresentados, em geral, oferecem flexibilidade na interação 3D, introduzem particularidades na utilização, assim como propõem diferenciais relevantes na forma da avaliação interativa. O ponto comum entre os ambientes levantados são as suas interfaces dinâmicas (reativas). Essa característica faz com que o ambiente forneça alguma sugestão de localização ou orientação, no caso de o usuário perder a atenção ou não ter a aptidão necessária para a interação. Contudo, além dessas características, existem outros padrões de usabilidade que podem ser utilizados para explorar ainda mais o contexto de interação (Quadro IV).

**Quadro IV: Lista de atributos de usabilidades.**

<b>Atributo</b>	<b>Descrição</b>
<b>Aprendizagem</b>	A velocidade e a facilidade com que os usuários irão começar a realizar trabalhos produtivos ao utilizarem um novo sistema. Esse atributo deve ser combinado à facilidade de memorização do funcionamento do sistema.
<b>Eficiência de uso</b>	O número de tarefas por unidade de tempo que o usuário consegue realizar usando o sistema.
<b>Confiabilidade</b>	Às vezes chamado de “confiabilidade no uso”, refere-se à taxa de erro durante o uso do sistema e o tempo que ele demora para se recuperar dos erros.
<b>Satisfação</b>	As opiniões subjetivas que os usuários formam sobre o uso do sistema.

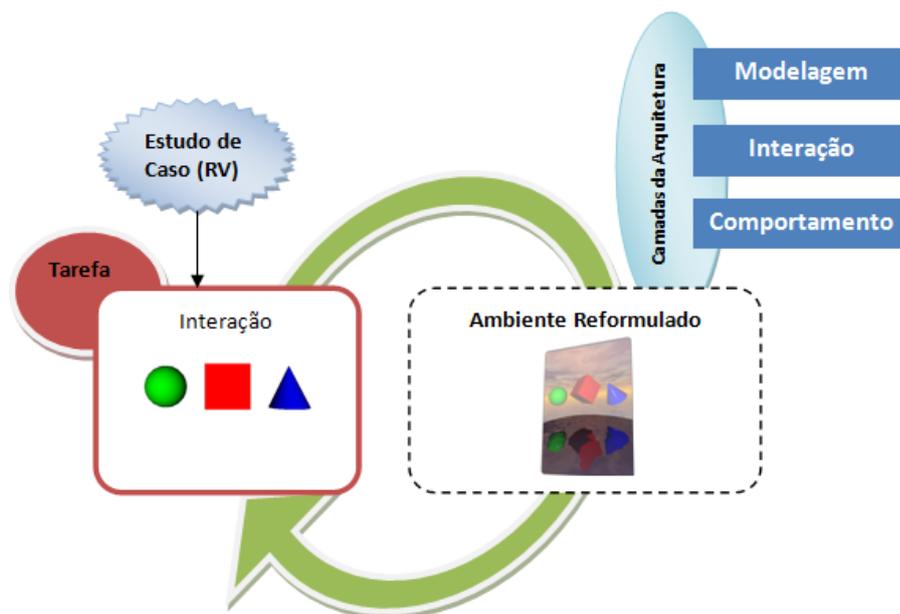
Exemplos dos atributos expostos podem ser explicitados digitalmente na forma de interfaces passo-a-passo, orientações navegacionais, gerenciamento de erros, ajuda padrão ou alertas audiovisuais (JURISTO et al., 2003). Aplicado a um domínio pedagógico, o AV deve ser suficientemente flexível e atraente para servir a todos os alunos, funcionar em todos os níveis de capacidade e rendimento acadêmico e engajar uma ampla variedade de possibilidades intelectuais, de modo que os alunos possam reunir todos os seus talentos para a resolução de suas tarefas (WISKE et al., 2007). Entre as tecnologias apresentadas neste capítulo, concluiu-se que todas contribuem de alguma forma na identificação de problemas de usabilidade, seja ao longo do processo de desenvolvimento do produto, seja na sua finalização.

## 4. ABORDAGENS DAS ESTRUTURAS DA METODOLOGIA

### 4.1. Introdução

Para o sucesso de um processo interativo, a necessidade do envolvimento de várias tecnologias acaba por levar a uma compreensão da importância de como usuários agem e de como reagem a diferentes situações, além disso, é necessária a análise do processo de comunicação e interação entre os usuários. Um dos principais benefícios de tecnologias como a RV, é oferecer maneiras alternativas de representar e interagir com a informação, o que não é plenamente possível com as tecnologias tradicionais de interação. Dessa forma, a RV tem o potencial de oferecer aos aprendizes a possibilidade de explorar ideias e conceitos de maneiras diferentes (PREECE, ROGERS & SHARP, 2007).

Levando em consideração este contexto, uma visão geral do modelo proposto nesta tese é ilustrado na Figura 4.1. A metodologia é composta de três classes que constituem um módulo aprimorador, no qual o perfil (modelo) do usuário é elaborado a partir de informações adquiridas em várias interações com o sistema (ação). Essas interações consistem em conteúdos acessados no AV e que são armazenados em uma base de dados. Isso faz com que a adaptação torne-se mais precisa, possibilitando a evolução ao longo das interações e respostas rápidas ao longo do tempo. Todo esse processo, desde a elaboração do perfil até a formação do AV individualizado (reação), é gerenciado por técnicas de IA (subseção 4.2.4).



**Figura 4.1:** Ciclo proposto pela metodologia

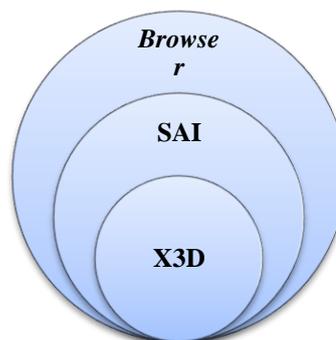
## 4.2. As Tecnologias envolvidas

Conforme os objetivos descritos inicialmente, a arquitetura desenvolvida nesta tese busca melhorar a experiência dos interagentes. As motivações para tanto, relacionam com identificar o perfil adequado do usuário e interatividades pouco produtivas, com o objetivo de propor formas de interação (alternativas) mais atraentes, fazendo uso de diversos mecanismos interativos.

Nesse ponto, a adaptatividade é uma funcionalidade especialmente importante, podendo ser implementada de diversas formas em sistemas educacionais, a fim de reconhecer a importância da comunicação de um indivíduo com o espaço de informação e ajudá-lo a ultrapassar dificuldades de navegação, interação e aprendizagem. São apresentadas nas seções seguintes as tecnologias empregadas nas camadas da arquitetura.

### 4.2.1. A Interface SAI

SAI (*Scene Access Interface*) é uma API (*Application Programming Interface*) usada para fazer a comunicação entre o padrão X3D e a linguagem Java, como ilustrado na Figura 4.2. Visa possibilitar o acesso a uma cena X3D através de uma aplicação externa. Por meio dessa API, torna-se possível a inserção e a remoção de objetos, bem como notificar eventos e realizar modificações que afetem a cena e, conseqüentemente, os elementos relacionados e externos a ela. Ou seja, a cena pode ser totalmente controlada de forma indireta através de um programa escrito em linguagens de programação ou *scripts*. Apesar das vantagens oferecidas, a única implementação da especificação SAI é o *browser* Xj3D, uma tecnologia de integração de desenvolvimento contínuo, disponibilizada pelo Consórcio Web3D. Trata-se de um conjunto de ferramentas (*toolkit*) encontrado em um pacote Java que pode ser usado para inicializar um *browser* de uma aplicação, possibilitando a criação e manipulação do conteúdo no grafo de cena (subseção 2.2.2). As interfaces usadas pelo SAI estão documentadas em sua API e nas especificações X3D (X3D, Xj3D & SAI, 2011).



**Figura 4.2:** Integração entre as diferentes tecnologias envolvidas na interface interativa

#### 4.2.2. Conceitos relacionados ao X3D

O desenvolvimento da apresentação de dados 3D em tempo real nas aplicações de redes e locais evoluiu desde as suas origens com o VRML até o padrão X3D, consideravelmente mais maduro e refinado. X3D é uma linguagem que descreve cenas 3D em um padrão aberto, capaz de representar e comunicar objetos, desenvolvida a partir da sintaxe XML (BRUTZMAN & DALY, 2007). Esta sintaxe foi escolhida porque permite uma melhor inter-operação com a Internet, além de permitir a incorporação de novas tecnologias de forma padronizada. Para que a visualização dos arquivos X3D seja possível no *browser*, é necessário a instalação de um *plugin* específico. A tecnologia X3D proporciona diferentes recursos para gráficos 3D, tais como transformações de geometria, iluminação, materiais, texturas, mapeamento, vértices e aceleração de *hardware*. Além disso, ela também permite animação com temporizadores e interpoladores de condução contínua, assim como a interação com dispositivos não-convencionais para a área de RV, como *mouse* e teclado. A navegação no ambiente acontece por meio de pontos de visão (câmeras do grafo de cena), além de características como colisão, proximidade, visibilidade, detecção e vários tipos de iluminação (BRUTZMAN & DALY, 2007).

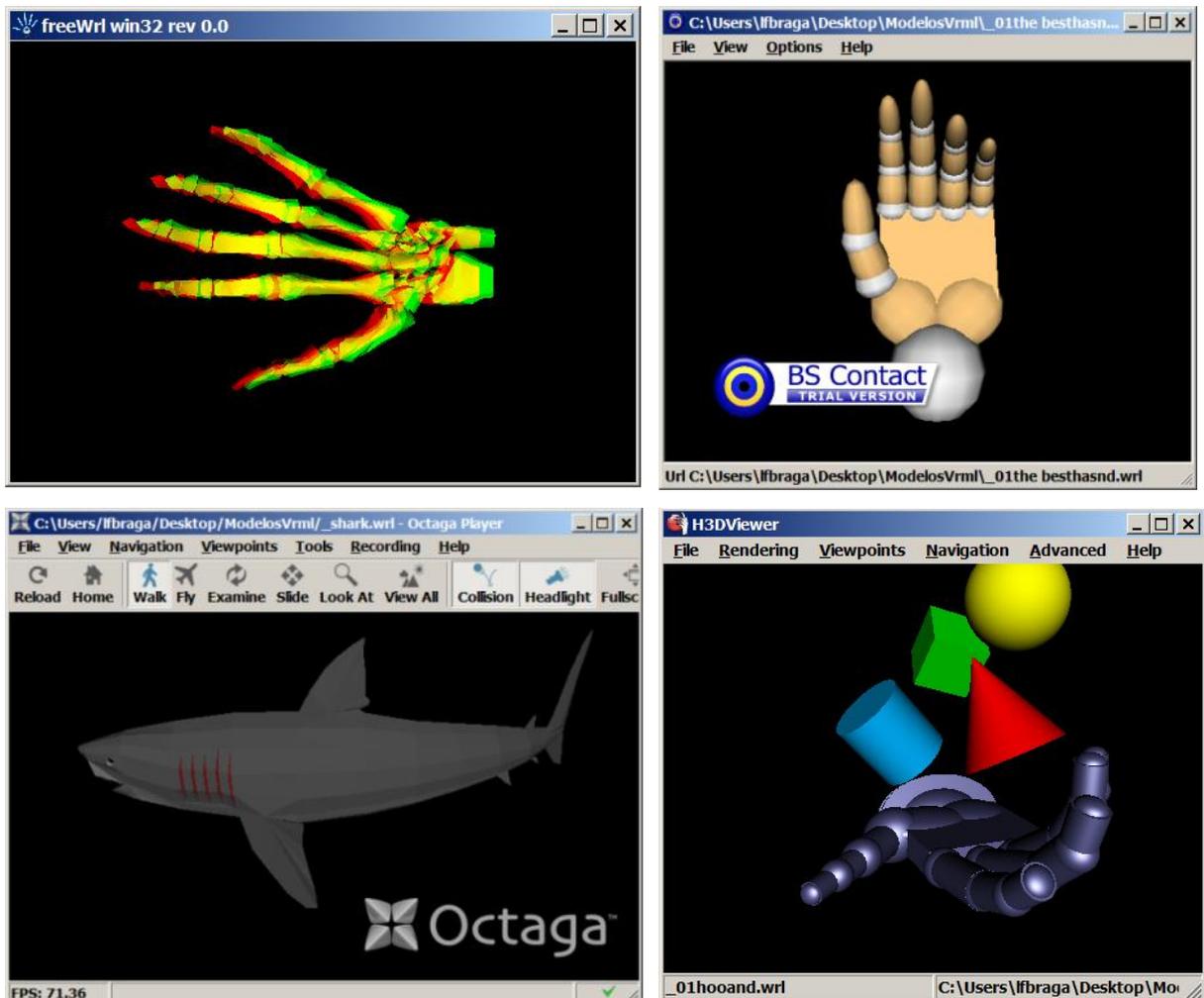
Por meio da modelagem, um dos pontos mais relevantes relacionados à RV é o fato de que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido diretamente para o AV (SMITH & HARRISON, 2001). A Figura 4.3 apresenta a visualização de monumentos de contexto histórico gerados computacionalmente, e que podem ser explorados pelos usuários em circunstâncias pedagógicas, sobretudo por possuir bons níveis de imersão, interação e navegação, conforme os destacados acima.

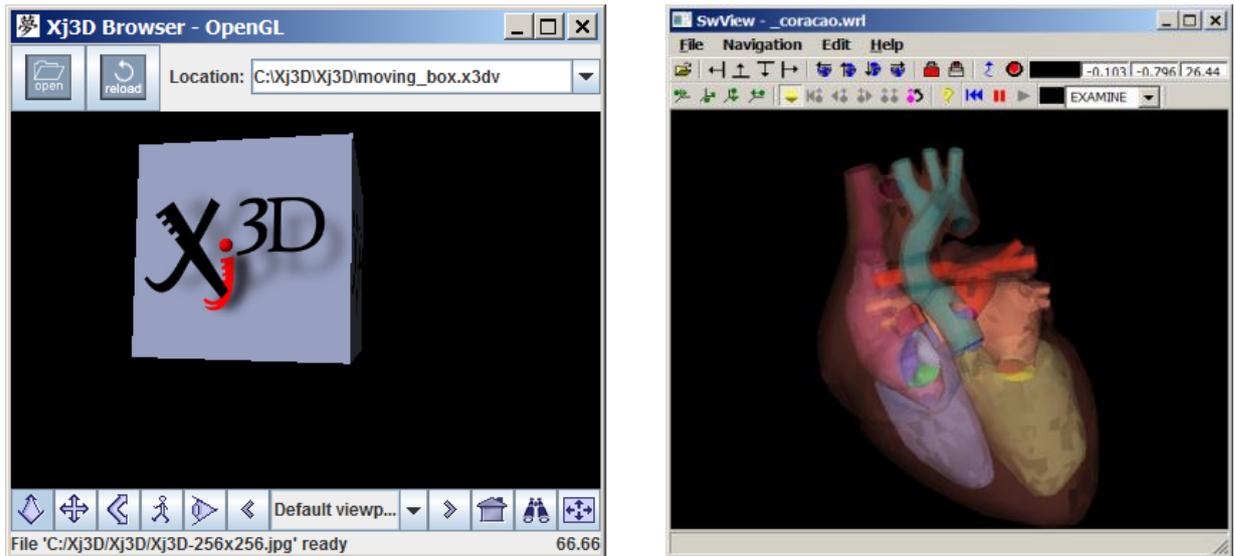


**Figura 4.3:** Ambientes reais representados computacionalmente

Um detalhe da implementação desta tese refere-se ao grafo de cena (subseção 2.3.2) que compõe o X3D, na arquitetura desenvolvida, irá dinamicamente evoluir de acordo com a entrada do usuário e por meio de outros eventos dinâmicos. Nós de eventos (sensores), comumente armazenados em uma estrutura ramificada de eventos, ao serem acionados, podem ser direcionados para dentro de outros nós, tais como interpoladores de animação. Os *browsers* também podem dar suporte ao *script* ECMA (*European Computer Manufacturers Association*) ou Java, que podem interagir tanto com os modelos de eventos em particular (nós de colisão), como a totalidade do grafo de cena (subseção 2.3.2), criando e manipulando nós, o que produz uma rica experiência interativa (KURMOS, JOHN & ROBERTS, 2009).

Ambientes de desenvolvimento e plataformas de execução, foram estudados para esta tese e ainda analisados como poderiam prover algum suporte tecnológico de integração com alguma ferramenta de desenvolvimento (linguagem de programação). São ilustrados pela Figura 4.4, exemplificando suporte ao formato X3D e suas potencialidades na aplicação de AVs.





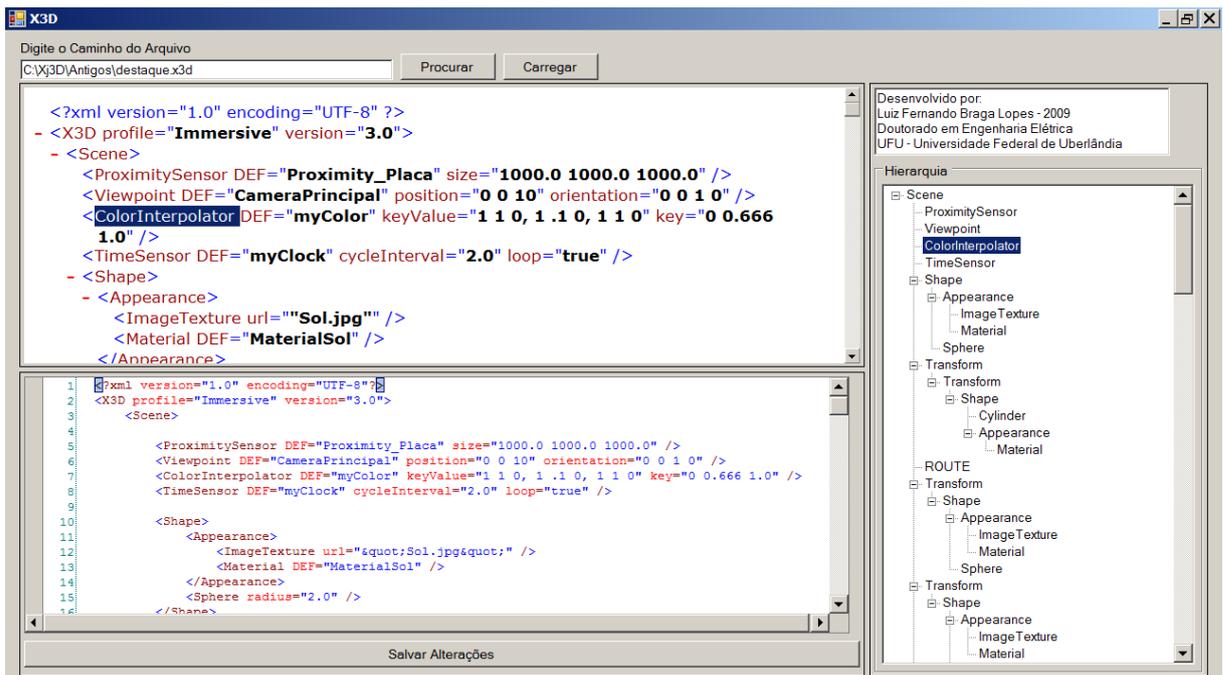
**Figura 4.4:** Tecnologias para exploração, visualização e interação de modelos X3D

No Quadro V, são descritas tecnologias para visualização de AV no formato X3D, analisadas durante essa tese, sendo que os componentes básicos são: interfaces lógicas, que especificam como os parâmetros do ambiente e de seus objetos podem ser alterados. Para um AV, é necessário existência de ferramentas que permitam ao usuário realizar a tarefa atribuída.

Quadro V: Tecnologias de visualização de informações 3D.

Navegadores ( <i>Browsers</i> )	Desenvolvedor	Versão Atual	Data	Características
<b>Xj3D</b>	Web3D Consortium	2.0 M1	18/05/09	<i>OpenSource</i> , Portabilidade (Multiplataforma), API, integração nativa com a Linguagem Java, suporte a Vrml e X3D, comunicação simplificada com os objetos da cena (XJ3D, 2011).
<b>Octaga Player</b>	Octaga	2.3.0.7	2009	Opções de gravar a cena (exportar vídeo e imagens), Comercial (apresentando o logotipo nas cenas), suporte a Vrml e X3D. Oferece componentes ActiveX para suporte em outras linguagens. Código-fonte semelhante ao Xj3D, exceto pela facilidade de interação (OCTAGA, 2011).
<b>BS Contact</b>	BitManagement	7.211	15/10/09	Navegador comercial ( <i>shareware</i> ), possuindo suporte para grandes números de formatos como Vrml, X3D, Collada, imagens, áudio e vídeo. A logomarca fica navegando entre a cena (BS Contact, 2011).
<b>FreeWRL FreeX3D</b>	Canadian Communications Research Centre	1.22.8	26/05/10	Gratuito (GNU License), provém API para C/C++, multiplataforma (ambiente simplificado de opções – sem elementos visuais de interação – botões, controles de rotação ou translação), mas oferece a opção de gerar cenas com estereoscopia (FreeWRL, 2011).
<b>H3DViewer</b>	SenseGraphics	2.1.1	06/04/10	Necessita de uma linguagem instalada (Python). Mostrou incompatibilidades com arquivos no formato Vrml. Possui internamente <i>plugins</i> para simulações hápticas e físicas (H3DViewer, 2011).
<b>SwirlX3D</b>	Pincoast Software	2.7.0.0	2010	Importação de modelos 3D estáticos, além de Vrml e X3D. A empresa se dedicou mais nos editores, sendo este navegador apenas uma ferramenta de visualização de formatos distintos (SwirlX3D, 2011).

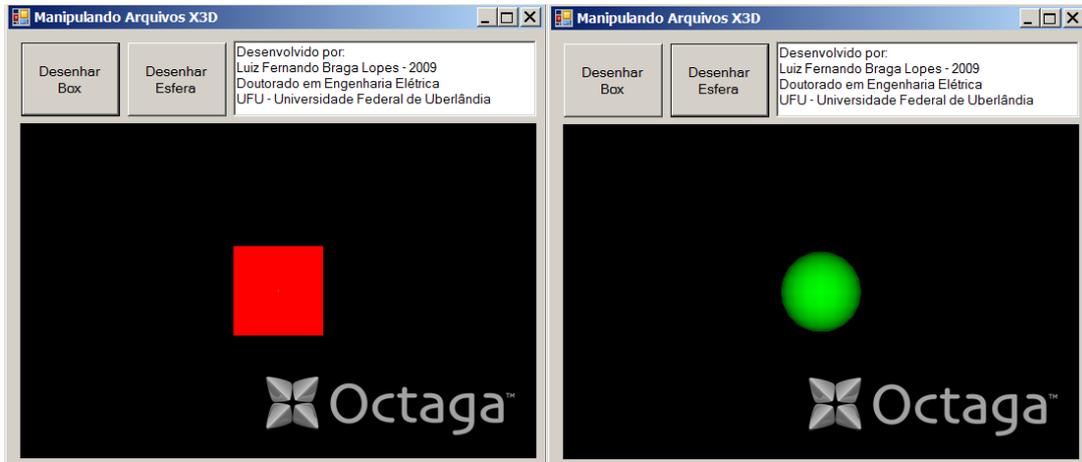
Com a finalidade de verificar a viabilidade de: (i) ferramentas para modelagem, (ii) programação gráfica, (iii) velocidade de processamento, (iv) compatibilidade e (v) processo de intercâmbio XML, inicialmente, foi objeto de estudo a ferramenta XNA (*XNA's Not Acronymed*) desenvolvida pela Microsoft, e implementado por meio da linguagem C# (lê-se C-Sharp). Destaca-se projetos como, um editor X3D (Figura 4.5) para concepção e administração de AVs, que explora o grafo de cena (subseção 2.3.2).



**Figura 4.5:** Editor X3D desenvolvido durante definição de tecnologias

Para a ferramenta XNA, determinados pontos foram notados, como a necessidade de um direcionamento maior às pesquisas científicas, ficando limitado à exploração comercial no desenvolvimento jogos.

No passo seguinte, buscou-se avaliar o desenvolvimento de experimentos usando *plugins* providos pelos navegadores Octaga Player e Bs Contact, funcionando como componentes ActiveX, disponibilizados no formato de DLL (*Dynamic Link Library*), que permitem a criação de AVs. Para fins de avaliação, um protótipo controlava o ambiente por meio de botões de ação, alterando atributos como formas ou aparência (Figura 4.6).



**Figura 4.6:** Alteração dinâmica do ambiente por meio de controles na interface (botões)

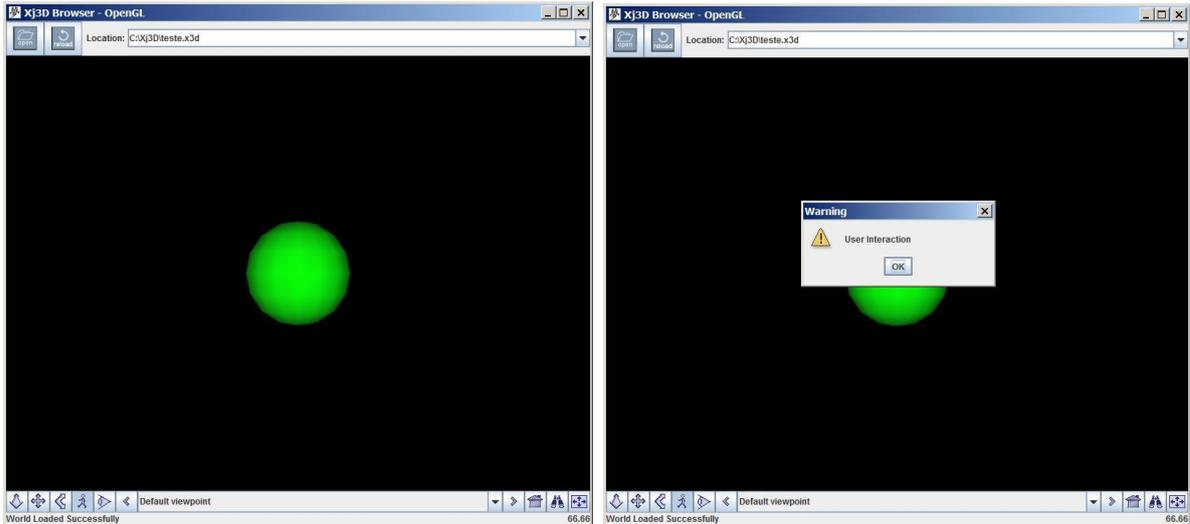
Uma das limitações encontradas foi devido ao fato da impossibilidade para inferir diretamente na cena, ou seja, a interação direta não foi projetada para esses componentes (item 2.2.3), segundo um dos fabricantes, essa restrição se resume às versões gratuitas.

A partir deste estudo sobre as tecnologias de interação, foi possível delinear um panorama sobre as ferramentas existentes e, também, escolher as mais apropriadas para os experimentos deste trabalho. Na implementação de uma interface, o que se busca, é que seja intuitiva para o usuário, posto que o interesse deste deve estar voltado para o ambiente e não para a tecnologia.

#### 4.2.3. Interação entre o *Browser* e a Cena Virtual por meio de monitoramento

A interação do usuário com a interface está relacionada à capacidade do computador em detectar e reagir às ações do usuário, promovendo alterações na aplicação. Apesar dos benefícios da tecnologia computacional, a sofisticação das interfaces fez com que as pessoas, durante muitas décadas, tivessem que se ajustar às máquinas. Felizmente, pesquisadores, desde o início da era dos computadores, têm buscado maneiras de fazer com que as máquinas se ajustem às pessoas. Esse objetivo está sendo conseguido com a evolução das tecnologias de *hardware*, *software* e telecomunicações (PINHO et al., 2006).

Seguidamente, ilustra-se a recepção de eventos da cena 3D através da utilização da SAI, que permite “escutar” (monitorar eventos de entrada) mudanças em qualquer campo da cena. Para tal, é necessário implementar um código `X3DfieldEventListener`, seguido da cena virtual apresentada na Figura 4.7 (a)-(b), incluso como uma classe “anônima”, da linguagem Java (GOSLING et al., 2005). O *browser* de código-livre Xj3D (XJ3D, 2011) escolhido para esta arquitetura, fornecem uma opção atraente e de baixo custo para o desenvolvimento de aplicações.



a) Aplicação sensível a interação sobre a esfera

```

// Registrando listener que 'escuta' evento de clique do usuário
X3DFieldEventListener listener = new X3DFieldEventListener()
{
    public void readableFieldChanged(X3DFieldEvent event)
    {
        showMessage("User Interaction");
    }
};

```

b) Código da aplicação para eventos relacionados ao contato com objetos virtuais

**Figura 4.7:** Interação através de um *browser* Xj3D nativo

#### 4.2.4. Lidando com a Incerteza, o Teorema de Bayes

A IA é uma área da Ciência da Computação cujo objetivo é desenvolver sistemas computacionais que exibam características associadas à inteligência no comportamento humano. A preocupação central é com o desenvolvimento de estruturas de representação do conhecimento que sejam utilizadas pelo ser humano no processo de solução de problemas.

A relação entre interfaces de interação e interfaces inteligentes nos sistemas de ajuda contextualizados devem, efetivamente, atender às necessidades dos usuários. Essa preocupação deve, também, ser observada quando o sistema necessita justificar uma recomendação ou de reduzir a sobrecarga cognitiva que muitos usuários têm ao lidar com a grande quantidade de informações apresentadas, na maioria das vezes, de forma textual (LUGER, 2004).

O modelo apresentado neste trabalho tem como principal objetivo formar AVs adaptativos por meio das atuações dos usuários no sistema. A estratégia de adaptação empregada é responsável por estabelecer a ligação entre as interfaces e o perfil de usuário, que é utilizado para prover uma ordenação das referidas interfaces. Para isso, as pesquisas na

área de IA vêm empregando vários recursos na solução de problemas, na busca de informações e na recomendação das melhores opções. Para facilitar esse processo, os recursos utilizados aplicam uma variedade de motores de busca, utilizando interfaces personalizáveis, sistemas de recomendação e assistentes inteligentes (MONTANER, LÓPEZ & ROSA, 2003).

Usando apenas a interação com o usuário, uma estratégia de adaptação ficaria restrita a modificar a interface para o próximo acesso do usuário, não permitindo a modificação em tempo de execução. Assim, com o objetivo de dotar o aplicativo de certo nível de “inteligência”, optou-se pela utilização de uma técnica de IA denominada Redes Bayesianas (RB). A partir de uma ação do usuário, o sistema tem a capacidade de se adiantar aos seus anseios, oferecendo um número variável de componentes relacionados à atividade presente, ou à próxima atividade a ser exibida, em tempo de execução.

A técnica, por estar fundamentada em teorias probabilísticas, permite que a atualização das crenças como resposta às evidências que se tornam disponíveis seja tratada satisfatoriamente por métodos igualmente probabilísticos. Essa atualização ocorre mesmo em situações onde há incerteza. Dessa forma, a partir de uma interação do usuário (como por exemplo, a seleção de um *link*), a estratégia de adaptação teria as informações necessárias para definir se a distribuição e a organização dos próximos *links* deverão ou não ser modificadas. A adoção dessa perspectiva de IA numa arquitetura pode influenciar a adaptação de um AV no sentido de criar um ambiente que direcione um determinado conteúdo adaptado ao usuário (CHENG & GREINER, 2001).

Essas redes são constituídas por uma forma específica de representação do conhecimento (que também é utilizada em sistemas especialistas probabilísticos), responsável pelo tratamento da imperfeição da informação nos sistemas baseados em conhecimento. Este teorema é baseado na probabilidade condicional e na expressão **SE ENTÃO**, que nas RB funcionam da seguinte forma: **SE CAUSA ENTÃO CONSEQUÊNCIA**, representado por: **P(CONSEQUÊNCIA/CAUSA)**. Por exemplo, considerando-se uma pessoa que tenha SARAMPO, qual a probabilidade de ela vir a ter FEBRE. A representação dessa probabilidade ocorre da seguinte forma: P(FEBRE/SARAMPO).

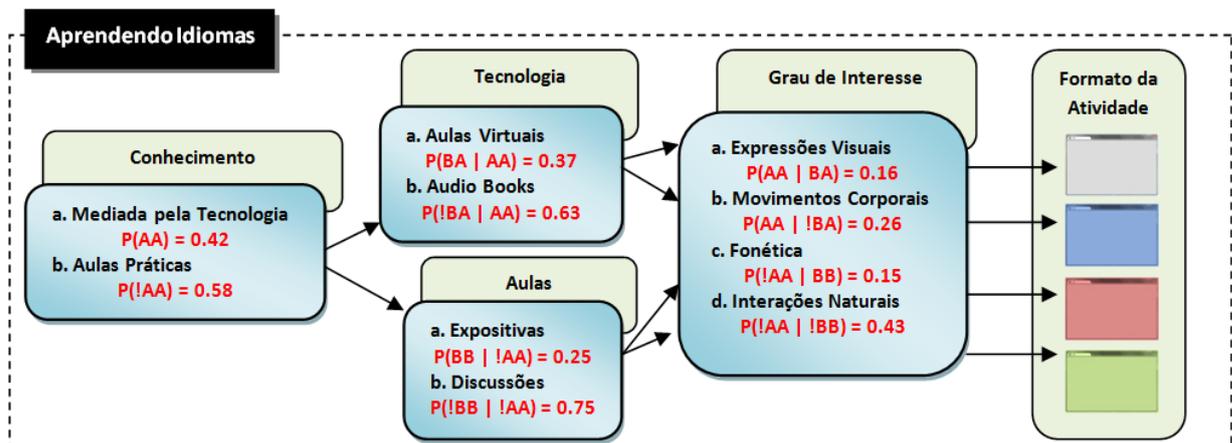
Denominados como sistemas probabilísticos, têm em sua base de conhecimento fatos e regras que representam o conhecimento do especialista num domínio de aplicação. A esses fatos e regras são associadas às incertezas da probabilidade. Deve-se considerar as probabilidades para, a partir dos dados de entrada, associá-las às hipóteses possíveis. Dessa forma, a hipótese de maior valor é considerada a conclusão do sistema (MATTOS et al., 2004).

Em outro exemplo, como numa disputa de cara ou coroa a probabilidade da chance de alguém ganhar é de 50%. Mas se o acordo for de jogar a moeda quatro vezes, o método bayesiano de previsão vai se ajustando a cada jogada. Se der “cara” nas duas primeiras jogadas, as chances para as jogadas posteriores não serão mais meio-a-meio, segundo Bayes. Usando esse método na previsão das chances de um time A vencer um time B, deve-se levar em conta as informações que se tem sobre resultados anteriores a essa disputa, como quantas vezes A venceu B, as experiências e opiniões de especialistas sobre esse jogo, sobre o campeonato e sobre os jogadores.

O modelo Bayesiano é interpretado no qual o grau de crença de um agente, causa um efeito em outro agente. Assim,  $P(A|B)$  reflete a probabilidade de A SE B ocorrer. Considerando  $P(B)$  a probabilidade a priori, pois corresponde à probabilidade existente antes de qualquer evidência, e  $P(A)$  a probabilidade a posteriori, sendo a probabilidade após conhecer a evidência de B, a regra de Bayes é dada pela equação ilustrada na Equação 1.

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad \text{Equação 1}$$

A Figura 4.8 (experimento do autor) ilustra como a RB se comporta quando um modelo pedagógico (ensino de idiomas) é empregado:



**Figura 4.8:** Classificação de uma interface aplicada a um tema particular

Na informática, muitos dos sistemas de classificação automática são baseados no teorema de Bayes. Inicialmente, o sistema é treinado, aceitando entradas de humanos que as classificam como pertencente a determinado grupo. Com o tempo, o sistema acumula um

grande banco dessas informações e, aplicando o teorema de Bayes, consegue estimar a probabilidade de cada novo dado pertencer a cada grupo já classificado (Lad, 2004).

Muitas ferramentas utilizam este modelo na classificação de mensagens eletrônicas invasivas, os Spam. O principal procedimento técnico contra o Spam é o uso de programas de bloqueio, também conhecidos como filtros. Esses programas baseiam-se na idéia de analisar o texto da mensagem a fim de obter a probabilidade de ela ser ou não um Spam. Uma vez identificada, a mensagem pode ser apagada ou movida para um local à parte, automaticamente. Filtros bayesianos utilizam técnicas estatísticas para identificar e controlar o recebimento de Spam.

A Figura 4.9 ilustra um filtro Bayesiano acoplado a um programa de mensagens eletrônicas.



**Figura 4.9:** Classificação do perfil de uma mensagem indesejável pelo usuário

Existem atualmente, vários filtros de Spam. A maior parte pode ser categorizada como:

- Filtros definidos pelos usuários: permitem a criação de regras pelos usuários;
- Filtros de cabeçalhos: analisam os cabeçalhos para detectar se são falsificados ou não; e
- Filtros de conteúdo: tipo de filtro mais comum, verificam a ocorrência de palavras-chave nos corpos dos e-mails para a distinção entre os legítimos e os Spams.

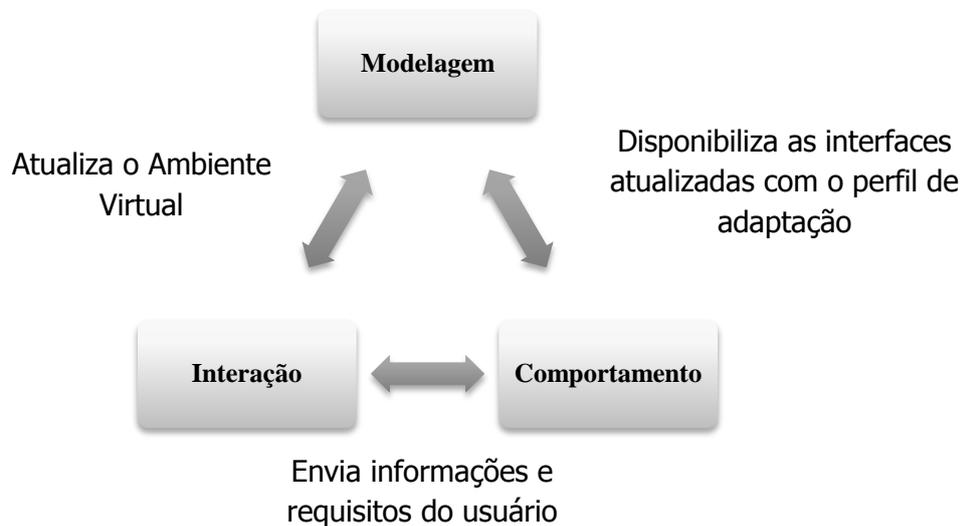
As redes bayesianas oferecem uma estrutura intuitiva de representar o raciocínio incerto, trabalham com crenças e se caracterizam por ser uma rede de conhecimento baseada na teoria de probabilidade. Informando o estilo cognitivo atual do aluno para que a interface adote uma decisão mais adequada, no que se refere à apresentação do material instrucional, segundo táticas de ensino definidas. Esta forma de adaptação proposta torna a interação do aluno com o sistema, mais próxima da realidade da interação humana.

### **4.3. Considerações Finais**

Neste capítulo, procurou-se demonstrar as tecnologias envolvidas e suas características. Essa caracterização fez-se necessária para projetar uma arquitetura que possa oferecer serviços na implementação de interfaces adaptativas, tendo por funções auxiliar o usuário na navegação pelo ambiente e na recuperação de informações, bem como na disposição espacial dos conteúdos.

## 5. COMPOSIÇÃO DA METODOLOGIA – FUNCIONALIDADES

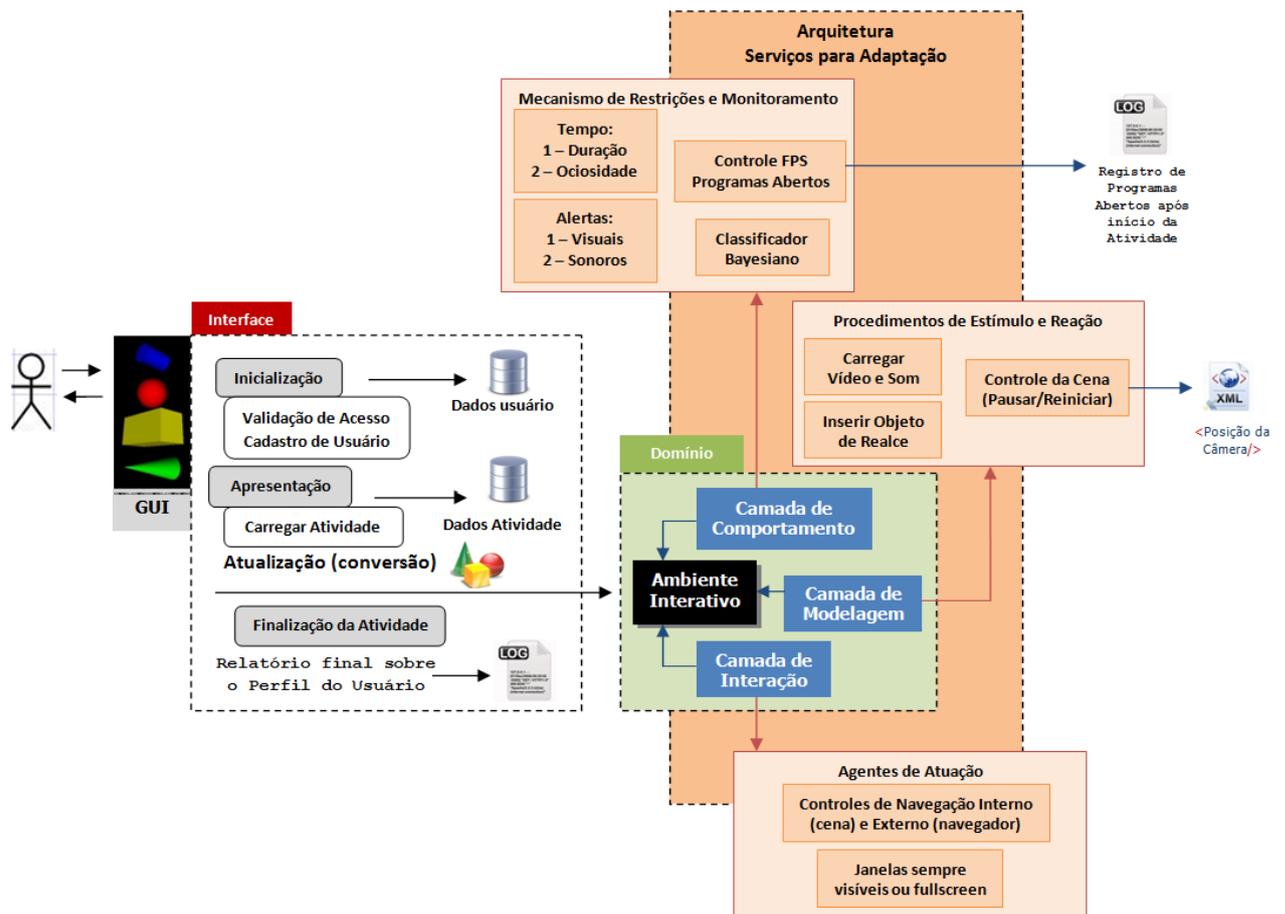
Esta tese tem por fim propor um modelo de metodologia aplicada a uma arquitetura que procurará abranger os principais elementos necessários para o desenvolvimento de AVs adaptativos, dos quais podem-se destacar a análise do ambiente para a detecção dos interesses dos usuários e a comunicação entre os componentes envolvidos. A arquitetura foi estruturada como uma biblioteca que provém serviços para a interação, dividida em três módulos integrados, como ilustra a Figura. 5.1.



**Figura 5.1:** Integração entre as camadas da metodologia

A arquitetura também fornece um módulo ao avaliador responsável pela atividade, onde sua função é auxiliar o processo de ensino qualitativo, avaliando os resultados das atividades oferecidas ao usuário durante sua interação com o sistema. São avaliados tanto aspectos formais (aprendizado) quanto informais (interação no sistema). Favorecendo a visualização do progresso do usuário conforme seu grau de aproveitamento no andamento de uma atividade. Isto é feito através da avaliação do histórico do perfil armazenado, onde pode proporcionar a exploração de sua capacidade (usuário) em outras formas de atividades.

O diagrama que representa essa arquitetura, ilustrado pela Figura 5.2, bem como suas funcionalidades e relações são descritas a seguir.



**Figura 5.2:** Representação visual dos processos no ciclo proposto pela metodologia

### 5.1. A Camada de Interação

Do ponto de vista interativo, buscou-se desenvolver uma arquitetura que potencializasse o aprendizado a partir da relação do usuário com a própria interface gráfica do ambiente. Dessa forma, o usuário se sente seguro para explorar os espaços virtuais disponibilizados. Logo, a Camada de Interação consiste em um grupo de objetos virtuais, cada qual associado a um evento ou grupo de eventos para auxiliar o usuário em suas tarefas. As principais responsabilidades dos objetos dessa camada são:

- apresentar uma interface inicial – caso o educando ainda não possua um modelo de usuário – ou personalizada, baseando-se no modelo de usuário corrente;
- receber requisições (entradas) dos usuários;
- colher informações sobre usuários, tais como suas características e comportamento durante o uso do computador ou do sistema, por meio do monitoramento do uso do

computador (registrar programas abertos paralelamente ao início da atividade, e monitorar os processos pertinentes à atividade – Figura 5.3) ou da requisição dessas informações diretamente do usuário (Figura 5.4), sendo variáveis necessárias para realizar a verificação dos procedimentos de interação dividindo em variáveis direcionadoras (perfil) e de verificação.

```

Detalhes da Atividade
-----
Arquivo.....: SistemaSolar.X3D
Aluno Logado..: Luiz Fernando
Data.....: 30/09/2010
Horario Inicio: 14:00:00
Horario Fim...: 14:10:00
-----

Programas abertos apos inicio da Atividade
-----
Processo          | Descricao
-----
firefox.exe       | Firefox
msnmsgr.exe       | Windows Live Messenger
winamp.exe         | Winamp
wmplayer.exe      | Windows Media Player
-----

```

**Figura 5.3:** Registro para análise da relação entre programas com a atividade

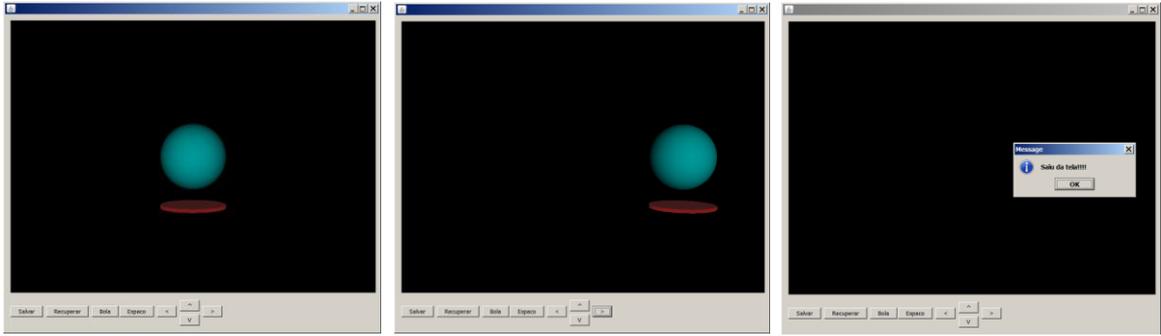
```

- <user>
<login>lfbraga</login>
<password>123</password>
<atividade>Espaco_1.x3d</atividade>
<atividadeConcluida>Parcial</atividadeConcluida>
<dataUltimoAcesso>19/11/2009</dataUltimoAcesso>
<duracaoAtividade>00:00:07</duracaoAtividade>
<duracaoUltimoAcesso>00:00:18</duracaoUltimoAcesso>
<horaUltimoAcesso>02:24:03</horaUltimoAcesso>
<quantidadeProgramasAbertos>0</quantidadeProgramasAbertos>
</user>

```

**Figura 5.4:** Exemplo de um código XML que compõe parte da arquitetura

d) controlar a navegação na cena, através de, por exemplo, restrições no deslocamento do ponto de vista (câmera), evitando a desorientação no ambiente ilustrado na Figura 5.5 (a)-(c);



**Figura 5.5:** Protótipo desenvolvido para controlar a ausência de objetos no campo de visão

- e) pausar e reiniciar a atividade, permitindo flexibilidade na realização e administração das atividades;
- f) registrar o tempo de operação da realização de uma atividade;
- g) registrar em tempo-real, a taxa de quadros por segundos (FPS), visando a garantia de um desempenho interessante na resolução da atividade (Figura 5.6); e



**Figura 5.6:** Taxa de quadros por segundo exibidas nas interfaces

- h) rerepresentar informações aos usuários de forma personalizada (individualizada).

Além das funcionalidades citadas, conforme Kelner e Teichrieb (2007), o projeto de técnicas de interação visa três objetivos principais:

- **O desempenho:** diz respeito a quão bem as atividades são realizadas pelo usuário e pelo sistema em cooperação, além de envolver a eficiência, a precisão e a produtividade.
- **A usabilidade:** se refere à facilidade em informar ao sistema sobre as intenções do usuário, a facilidade de uso e de aprendizado, além do conforto proporcionado ao usuário.
- **A utilidade:** mostra como a interação ajuda o usuário a atingir os seus objetivos, podendo focalizar sua tarefa.

A implementação das técnicas de controle do sistema deve facilitar o foco na tarefa a ser realizada pelo usuário, evitando que sua atenção seja desviada do objetivo inicial. Além

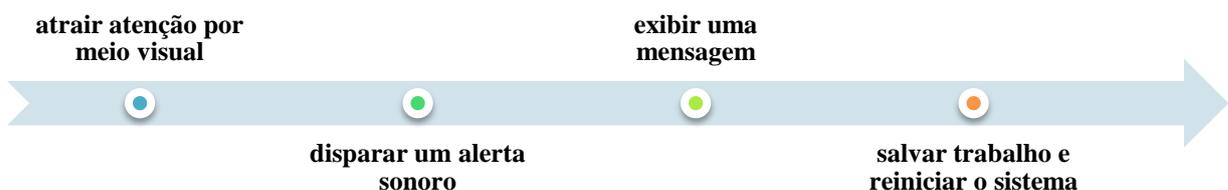
disso, é importante usar uma referência espacial consistente, posicionando corretamente os comandos no AV (KELNER & TEICHRIEB, 2007).

## 5.2. A Camada de Comportamento

O processo de elaboração do projeto de interface deve ser centrado no usuário. Uma interface deve interagir com os usuários em seus termos – principalmente em situações de ensino-aprendizagem – ser lógica, consistente nas informações e incluir recursos para auxiliar os usuários para que consigam evoluir na realização de suas tarefas a partir de erros (SOMMERVILLE, 2007). Portanto, fatores humanos relativos ao comportamento do usuário e recomendações ergonômicas para concepção de interfaces digitais são considerados tanto para deduzir automaticamente aspectos relativos à interação homem-computador, como para definir um mecanismo de adaptação das interfaces construídas.

A Camada de Comportamento consiste em um conjunto de informações que promovem a adequação da interface ao usuário. As funções que compõem essa camada são as seguintes:

- a) construir, representar e manter modelos de adaptação, de acordo com os modelos de usuários;
- b) atualizar os modelos de usuários de acordo com as regras de adaptação, adotando um sistema de retroalimentação e analisando os resultados para possíveis melhoras na eficácia do sistema através de uma RB (subseção 4.2.4);
- c) processar a informação provida pelo usuário através de um objeto de interface, atualizando ou, caso ainda não existam, criando modelos de usuários;
- d) formular metas ou inferir características sobre usuários, ou grupo de usuários, com base nos modelos de usuários;
- e) reformular consultas, tarefas e metas dos usuários de acordo com os modelos de usuários e disponibilizá-los para o objeto de adaptação correspondente; e
- f) controle de inatividade, caso o usuário não interagir com o ambiente uma sequência de serviços são executados entre intervalos de tempo, como ilustrado na Figura 5.7.



**Figura 5.7:** Sequência de serviços empregados por uma verificação de ociosidade

### 5.3. A Camada de Modelagem

Os usuários diferem em seus níveis de conhecimento, necessidades e preferências. A proposta da adaptabilidade é fornecer informações de acordo com as características do usuário, adaptando o estilo de apresentação dos elementos presentes a uma interface, durante a interação. Qualquer abordagem que apresente informação sob medida, envolve a criação e a manutenção de modelos que devem estar aptos a refletir as mudanças nas características dos perfis no decorrer do tempo. A modelagem é necessária, pois, através dela, pode-se sintetizar as características e habilidades com o fim de oferecer serviços personalizados (RIBEIRO & GIRARDI, 2003).

A Camada de Modelagem, por outro lado, pode ser definida como a representação de algumas características visuais dos objetos 3D inclusos na cena, bem como a evolução da própria interface de interação. Essa camada constrói o ambiente através da observação do comportamento do usuário ao longo do uso do sistema, coletando informações sobre suas características e seus interesses. Com isso, o sistema torna-se hábil para inferir fatos (reorganização do ambiente) acerca do usuário a partir de suas ações. Os serviços providos por essa camada são listados abaixo:

- a) o encapsulamento de características, como cores e tamanhos dos objetos inclusos na cena;
- b) oferecer serviços de carregamento de vídeos, como forma de exposição do conhecimento, conforme Dallacosta (2004), a linguagem do vídeo responde à sensibilidade dos jovens e da grande maioria da população adulta, cuja comunicação resulta do encontro entre palavras, gestos e movimentos, distanciando-se do gênero do livro didático, da linearidade das atividades da sala de aula e da rotina escolar (Figura 5.8);



**Figura 5.8:** Incorporando vídeos ao projeto, agregando contextualidade para a atividade

- c) a remodelagem do ambiente de visualização (objetos da cena), bem como do ambiente de interação (controles de navegação, disposição da interface);
- d) Manter a interface sobre outras janelas (programas), como forma de restrição da visualização de outros programas, ilustrado na Figura 5.9;



Figura 5.9: Interface “StayOnTop” para sobreposição de janelas no ambiente

- e) utilizar de uma ajuda que possa prover uma interação diferencial (natural), movendo página como uma analogia de guia de referência, conforme Figura 5.10.

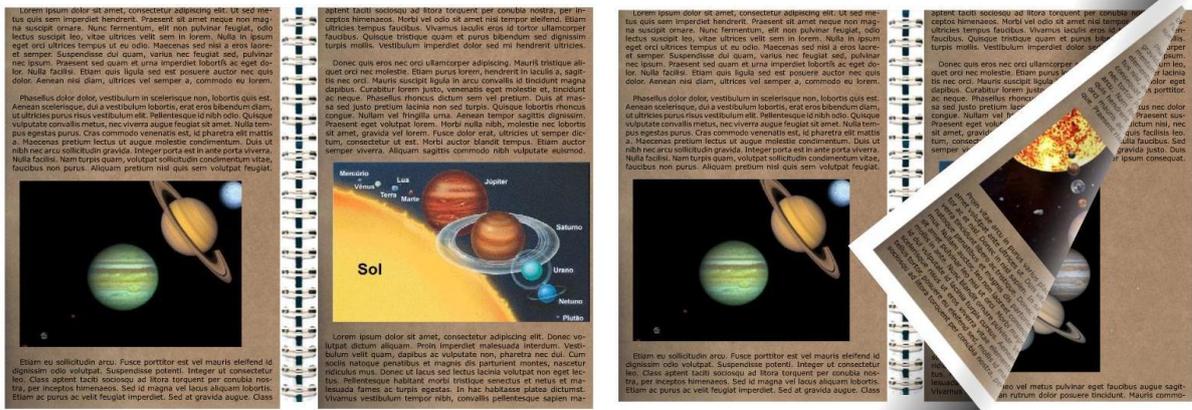
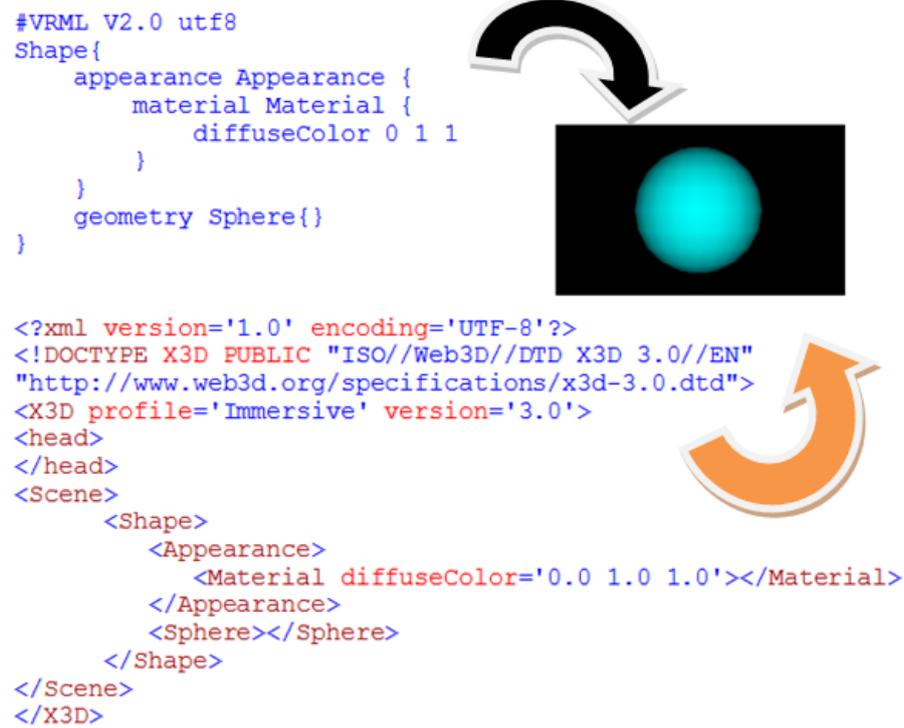


Figura 5.10: Interface que oferece o comportamento de um manual de consulta

- f) a conversão (atualização) de arquivos no formato VRML para X3D (Figura 5.11); e



**Figura 5.11:** Apresentação de um código no formato VRML, convertido para X3D, renderizando uma esfera

g) a inclusão de alertas sonoros e visuais, ilustrado na Figura 5.12 (a) - (b), mensagens de erros efetivas ajudam o usuário saber o que fazer quando o resultado de suas ações não produz o que se esperava.



a) Efeito visual de advertência, onde a janela agita-se para atrair atenção

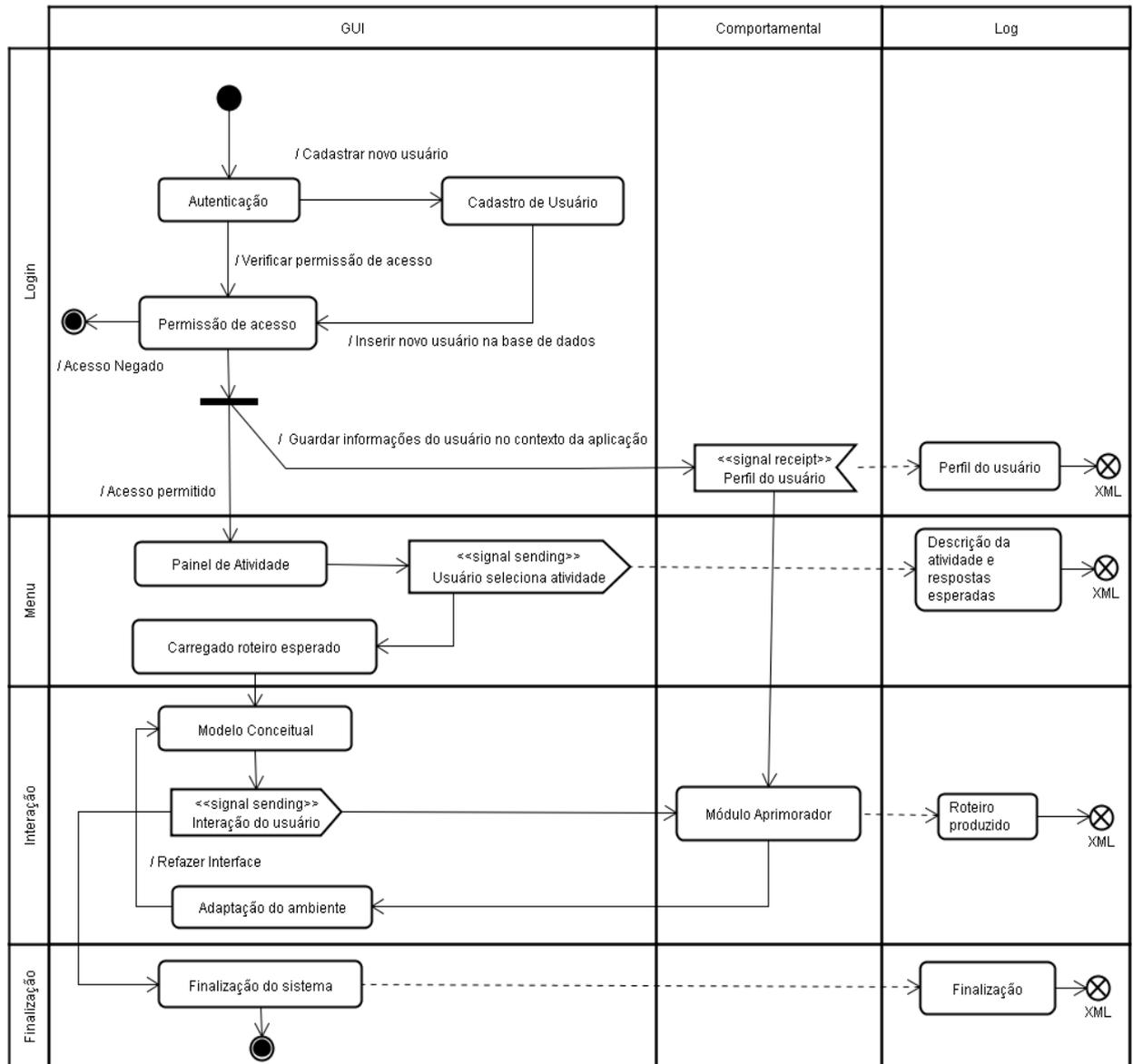
```
public void shakeFrame(Window frame)
{
    final int originalX = frame.getLocationOnScreen().x;
    final int originalY = frame.getLocationOnScreen().y;
    for (int i = 0; i < 20; i++)
    {
        Thread.sleep(10);
        frame.setLocation(frame.getLocationOnScreen().x, frame.getLocationOnScreen().y + 10);
        Thread.sleep(10);
        frame.setLocation(frame.getLocationOnScreen().x, frame.getLocationOnScreen().y - 10);
        Thread.sleep(10);
        frame.setLocation(frame.getLocationOnScreen().x - 10, frame.getLocationOnScreen().y);
        Thread.sleep(10);
        frame.setLocation(originalX, originalY);
    }
}
```

b) Código-fonte elucidando como foi desenvolvido este efeito

**Figura 5.12:** Representação de um alerta visual seguido do código-fonte

#### 5.4. Avaliando Inicialmente a Abordagem da Tese

O diagrama de atividades apresentado na Figura 5.13 ilustra o fluxo de ações que a arquitetura aplica em uma tarefa exposta por meio de um arquivo X3D, para que o objetivo do exercício seja concluído de forma intuitiva, através de comportamentos registrados em arquivos XMLs (elementos responsáveis pelo gerenciamento), e conseqüentemente finalizados de forma satisfatória.



**Figura 5.13:** Sequência de tarefas do usuário aplicada pela estrutura

O processo aqui abordado é iniciado quando o usuário (especificamente o acadêmico) utiliza-se de um controle de acesso ao sistema. Caso seja o primeiro acesso, o usuário é redirecionado para se cadastrar no sistema, conforme Figura 5.14 (a)-(b). Destaca-se o cadastro da data de nascimento, parâmetro este (idade), que poderá ser utilizado em versões futuras para adaptação.

a) Autenticação do Usuário

b) Adição de um novo usuário

**Figura 5.14:** Controle de acesso ao sistema

A partir desse passo, tem início a coleta de informações sobre o usuário com a definição de um arquivo que conterá dados sobre suas interações.

A interface seguinte apresenta contextos educacionais variados ao aluno para a escolha da atividade a ser realizada. Levando em consideração que o aluno já tenha acessado o sistema, ele poderá prosseguir para uma nova tarefa (partindo do início) ou continuar outra (recuperação), iniciada anteriormente (Figura 5.15).

Passo	Progresso
1	10%
2	80%
3	40%
4	0%
5	0%
6	100%

**Figura 5.15:** Formulário para escolha e acompanhamento das atividades

Uma das características de materiais didáticos proporcionados pela RV, é a interatividade, que permite ao usuário um papel ativo e proporcionando-lhe uma construção

do seu aprendizado em nível de sensibilização diferenciado. Neste ponto, cabe ao orientador responsável pela atividade, a contextualização do exercício que será exposto nas interfaces geradas (Figura 5.16).

The screenshot shows a software window with the following sections:

- Dados do Arquivo:**
  - Nome Real: SistemaSolar.wri
  - Nome após conversão para X3D: C:\tmp\SistemaSolar.x3d
  - Data de Criação: 10/10/2010
- Dados da Atividade:**
  - Descrição: Avaliar
  - Objetivos: Contextualizar
  - Questões: A table with two columns: 'Questão' and 'Possíveis Respostas'. The first row contains 'Quais planetas estão sendo iluminados pelo ...' and 'Terra - Principal (5) -'. There is an 'Adicionar Questão' button below the table.
- Caminho de Arquivos:**
  - Vídeo: c:\aula1.avi
  - Áudio: (empty field)

At the bottom of the window are 'Salvar' and 'Cancelar' buttons.

**Figura 5.16:** Concepção do ambiente para acondicionar as questões

Os serviços providos pela arquitetura podem avaliar o conhecimento, como o comportamento. Além disso, para cada tarefa, o orientador pode definir a data de vencimento, ou seja, estipular um prazo para a realização. Quando a interface inicial é apresentada, essa informação é repassada, bem como é levantado a hora do SO, e apresentado uma mensagem de boas vindas (Figura 5.17). Por mais simples que seja essa ação, transmite a ideia de uma de uma interface “viva” ao usuário. Outros fatores, como alteração do fundo de uma imagem, como a luminosidade podem ser empregadas na atividade por meio deste recurso.

The screenshot shows a file selection dialog box with the following fields:

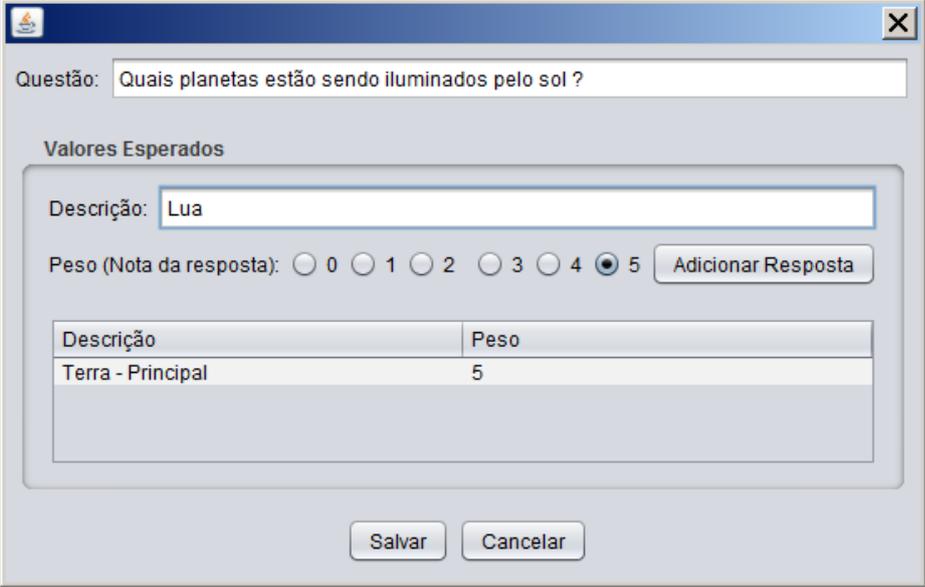
- Nome do arquivo: (empty text box)
- Tipo: WRL & X3D Files (dropdown menu)
- Carregar Arquivo: (button)

Below the dialog box, a red-bordered box contains a welcome message:

Bom dia **Luiz Fernando!**  
 Seu login foi efetuado em 16/10/2010 12:28:20 e você possui 4:00h para finalizar sua atividade.

**Figura 5.17:** Mensagem apresentada no início de uma atividade

No passo seguinte, a adição de questões e possíveis valores esperados para a atividade que está sendo ensinada (Figura 5.18). Sendo exercícios que serão corrigidos pelo professor ou automaticamente pelo sistema (para questões de múltipla-escolha).



Questão: Quais planetas estão sendo iluminados pelo sol ?

Valores Esperados

Descrição: Lua

Peso (Nota da resposta):  0  1  2  3  4  5

Descrição	Peso
Terra - Principal	5

**Figura 5.18:** Atribuição de tópicos para avaliação (questões)

Em um projeto informatizado, onde se pretende acompanhar o desempenho do usuário, algumas características como: o tempo para progressão no conteúdo, tempo de resolução e o nível de acerto em cada questão, são consideravelmente relevantes para um processo avaliativo. Como também, a análise do tempo de permanência em cada tópico, a participação em outras interfaces, como *chats* ou fóruns, utilizadas com muita frequência tanto para motivar quanto para facilitar a interação entre todos os participantes da atividade. Essas informações são abastecidas por meio de uma interface específica, como ilustrada na Figura 5.19.

**Parâmetros IA**

Tempo máximo de inatividade	<input type="text"/>	Qtd. Máxima de Reinício da Atividade	<input type="text"/>
Qtd. máxima de acessos ao Help	<input type="text"/>	Qtd. Máxima de Alertas	<input type="text"/>
Tempo máximo de permanência em uma Tela	<input type="text"/>	Qtd. Máxima Programas Abertos	<input type="text"/>
Número máximo de trocas de Tela	<input type="text"/>	Tempo máximo fora da aplicação *	<input type="text"/>
Qtd. máxima de questões permitidas por Atividade	<input type="text"/>		

**Caminhos para Arquivos**

Help	<input type="text"/>	...
Dados Do Usuário	<input type="text"/>	j...
Progresso da Atividade (X3D pausado)	<input type="text"/>	j...
Log	<input type="text"/>	j...
Arquivos Temporários (X3D com tags para controle interno da cena)	<input type="text"/>	...

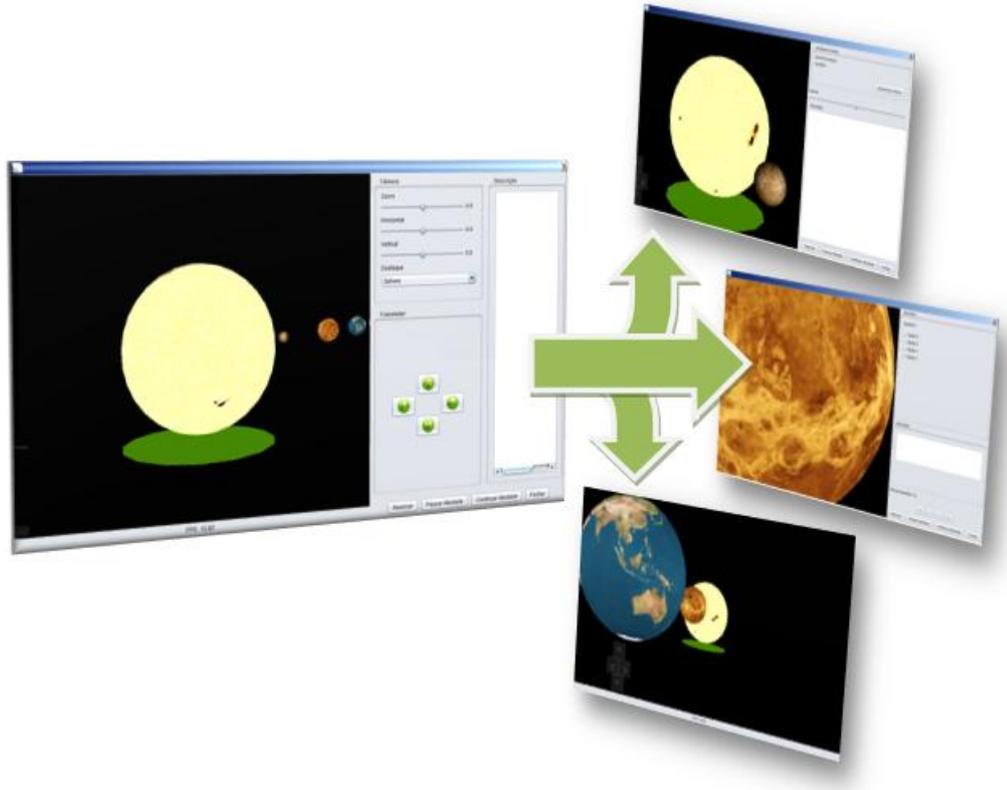
**Tema**

Look & Feel:

Salvar Configurações    Cancelar

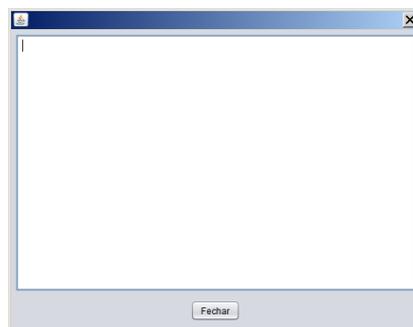
**Figura 5.19:** Formulário de parâmetros responsável por abastecer a construção do AV

Após a escolha da atividade, uma interface genérica é apresentada juntamente com o arquivo X3D que contém a cena virtual. A partir deste ponto, à medida que o usuário interage com o ambiente, os conceitos referentes ao perfil podem ser modificados, caso seja identificada uma evolução do seu estado de conhecimento. De acordo com o estado, o sistema determina se novos objetos devem ser inseridos ou atualizados no AV (Figura 5.20). Dessa forma, o sistema pode se adaptar ao usuário durante a sua interação com o ambiente. Ressalta-se ainda a existência de um efeito de transição entre interfaces, provendo assim uma suavidade entre as evoluções das adaptações.



**Figura 5.20:** Variações de interfaces buscando acomodação ao perfil do usuário

Ressalta-se também que as interfaces são providas de um campo para anotações (Figura 5.21), oferecendo vantagens em relação as ferramentas tradicionais de visualização 3D, como *browsers VRML*, pois favorece no apoio ao estudo dentro do AV, o usuário pode armazenar (registrar) notas sobre o assunto abordado em cada atividade, como resumos ou comentários, podendo ser recuperadas para alteração ou consulta em todo acesso.



**Figura 5.21:** Caixa de texto para armazenamento de notas sobre o assunto

Neste capítulo buscou-se apresentar os elementos que compõem a arquitetura, seguidamente dos serviços que são fornecidos por meio de camadas específicas, bem como a aplicação desta arquitetura em um AV. No próximo capítulo, funcionalidades da arquitetura serão apresentadas sucintamente, por meio de testes aplicados.

## 6. TESTES E VALIDAÇÕES DA METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os testes realizados, a fim de analisar a viabilidade e a qualidade dessa arquitetura em aplicações de interação de RV. Descrevendo o ambiente, as ferramentas aplicadas, o método para a coleta dos dados, a forma como foram aplicados os experimentos e os resultados obtidos durante o processo do estudo de caso aplicado.

### 6.1. Recursos Utilizados

Os principais recursos de *software* utilizados são demonstrados no Quadro VI.

**Quadro VI: Softwares utilizados**

Programa	Qualificação	Desenvolvedor	Versão	Objetivo
<b>NetBeans IDE</b>	Ambiente de Desenvolvimento Integrado	Sun Microsystems	6.7.1	Criação de soluções em linguagem Java
<b>Java Media Framework - JMF</b>	Biblioteca Multimídia	Sun Microsystems	2.1.1e	Permitir trabalhar com áudio e vídeo dentro de aplicações Java
<b>Xj3D</b>	Biblioteca 3D	Web3D Consortium	2-M1-DEV-20090518	Manipular arquivos no formato VRML97 e X3D dentro de aplicações Java
<b>J2SE SDK</b>	Conjunto de Desenvolvimento Java	Sun Microsystems	6 Update 17	Permitir o desenvolvimento de aplicações utilizando a linguagem Java
<b>Java Runtime Environment - JRE (Windows)</b>	Máquina Virtual	Sun Microsystems	6 Update 17	Permitir a execução de classes Java em ambiente Windows
<b>JInput</b>	Biblioteca para Controle de Jogos	Sun Microsystems	1.1.0-b04	API para acessar controladores (dispositivos de entrada) em ambientes Java
<b>JOAL</b>	Biblioteca OpenAL	Sun Microsystems	1.1.0-b04	Permitir acesso a áudio provido às aplicações
<b>JOGL</b>	Biblioteca OpenGL	Sun Microsystems	1.1.0-b04	Projeção de Matrizes e Renderização de Objetos 3D
<b>Windows Vista Business</b>	Sistema Operacional	Microsoft	2007-SP2	SO utilizado no desenvolvimento do Trabalho

Os principais recursos de *hardware* utilizados foram:

- *Notebook*, do fabricante HP, com 4.096 *megabytes* de memória RAM (*Random Access Memory*) e processador AMD Turion 64 X2 2.1 GHz;
- Placa aceleradora gráfica, da marca NVidia, modelo GeForce Go 7150M, 1.071 *megabytes* de memória, otimizada para DirectX e OpenGL;
- Capacidade do *hard disk* (HD) 320 *gigabytes*; e
- WebCam integrada, com 1.3 *megapixels* de resolução.

## 6.2. Discussões iniciais sobre as Interfaces Aplicadas

Deve-se considerar a avaliação da interface, objetivando um processo de análise da facilidade de uso e verificação do cumprimento dos requisitos do usuário. Portanto, deve ser parte do processo normal de verificação e validação para sistemas de *software*. Idealmente, uma avaliação deve ser conduzida em relação a uma especificação de facilidade de uso, com base em atributos dessa facilidade, como mostra o Quadro VII. Segundo Sommerville (2007), existem uma série de técnicas mais simples e menos dispendiosas de avaliação da interface com o usuário que possibilitam identificar determinadas deficiências de projeto:

1. questionários que coletam informações sobre o que os usuários pensam a respeito da interface;
2. observação dos usuários que trabalham com o sistema e relatam aos envolvidos sobre como estão tentando utilizar o sistema para realizar algumas tarefas;
3. registros de uso típico de sistema; e
4. inclusão de *software* que coleta informações sobre os recursos mais utilizados e os erros mais comuns.

**Quadro VII: Requisitos ideais para uma interface de interação.**

<b>Atributo</b>	<b>Descrição</b>
<b>Facilidade de aprendizado</b>	Quanto tempo leva um novo usuário para se tornar produtivo utilizando o sistema.
<b>Velocidade de operação</b>	Em que grau a resposta do sistema combina com a prática de trabalho do usuário.
<b>Robustez</b>	Qual é o nível de tolerância do sistema aos erros dos usuários.
<b>Facilidade de recuperação</b>	Com que eficiência o sistema se recupera a partir de erros cometidos pelos usuários.
<b>Facilidade de adaptação</b>	Até que ponto o sistema está integrado a um único modelo de trabalho.

Oferecer subsídios que suportem as tarefas mais elementares do usuário dentro de um AV, faz-se necessário considerar aspectos de acesso à informação e possibilidades de visualização de dados, de diferentes pontos de vista. Munir o usuário com elementos que indiquem sua posição ou oferecer opções de escolha por diferentes pontos de vista pode trazer satisfação ao usuário, que conseguirá controlar com mais facilidade sua navegação.

Lidar com o fato de que existem limitações nos modelos de interação reflete em um ponto a ser considerado, pois é necessário identificar novos modelos ou meios que permitam ao usuário adaptar-se ou mesmo tolerar essas limitações. Diante da complexidade dos AVs, é previsível a dificuldade de criação ou desenvolvimento de modelos naturais de interação. Por isso destaca-se a importância de introduzir aspectos de usabilidade que requerem suporte de interação cuidadosamente projetado (REBELO, 2004).

### **6.3. Aspectos das Interfaces Propostas**

As interfaces apresentadas nesta seção sugerem diversas formas possíveis para melhorar a compreensão de estilos interativos e, conseqüentemente, aprimorar a modelagem do projeto. Primeiramente, destaca-se a reformulação da interface externa com a combinação de diversos artefatos ergonômicos (componentes como botões, sugestões, multimídia, entre outros).

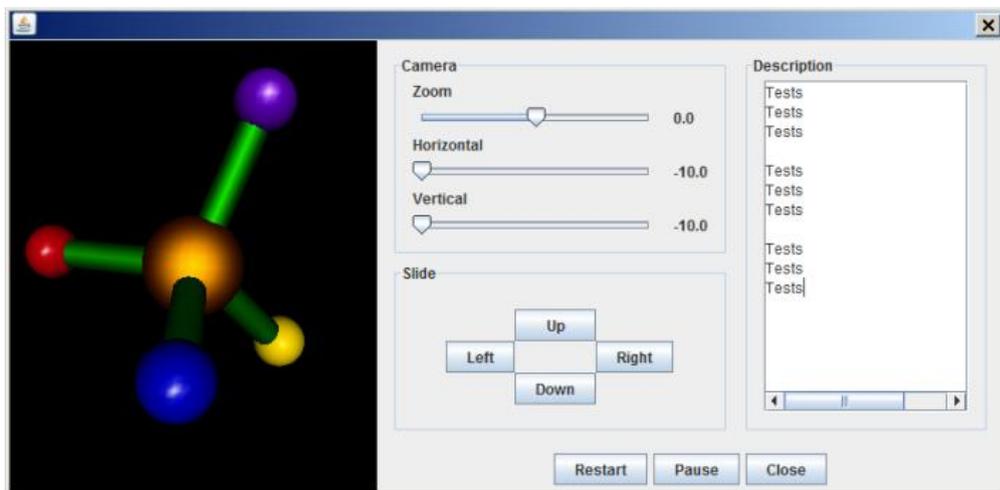
São registradas informações interativas para análise e comparativos, por meio de ações e reações através de simulações dos modelos de interação, com número limitado de soluções (serviços) pré-programadas. No entanto, aspectos relacionados a interação tem definido um nível de interatividade em partes, caracterizando-a como três variáveis: frequência (taxa de repetição, quantas vezes o usuário pode interagir), quantidade (número de escolhas, opções disponíveis) e definição (o quanto as escolhas realmente afetam as respostas) (LAUREL, STRICKLAND & TOW, 1993). A condição de interatividade também pode ser vista avaliando a velocidade de resposta, o intervalo entre interações e mapeamento (eventos) dos controles (NUNAMAKER, 1997).

Os elementos mencionados foram selecionados a partir da literatura para refletir a natureza do foco, com a finalidade de fornecer um elevado nível de interação gerenciado pela arquitetura, tendo como objetivo a limitação da área de interesse.

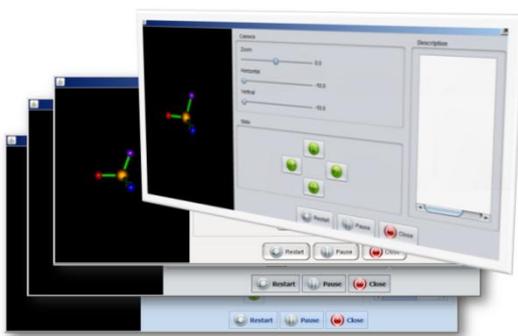
A utilização dos serviços abordados seção 5.3, está ligado a capacidade do sistema em detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele (capacidade reativa), além de desenhar interfaces gráficas que possuam valor estético e funcional (Figura 6.1). A ideia de envolvimento com o AV, por sua vez, está ligada ao grau de

motivação para engajamento de uma pessoa com determinada atividade, como artifícios (restrições, advertências ou realce) para assegurar o nível de interatividade (Figura 6.2). O envolvimento pode ser passivo, como o de ler um texto ou assistir a um vídeo convencional (Figura 6.3), ou ativo, quando se participa de uma exploração. A RV tem potencial para os dois tipos de envolvimento ao permitir a exploração de um AV, e propiciar a integração do usuário com interfaces dinâmicas.

A funcionalidade de um sistema deve se adequar exatamente aos requisitos da tarefa que o usuário irá desempenhar, ou seja, o desenho do sistema deve permitir que o usuário execute a tarefa desejada com facilidade e eficiência. Para que o usuário não tenha sua atenção dispersada por outros aplicativos, a arquitetura pode prover uma interface executada exclusivamente no modo *full-screen* (tela-cheia) como apresentado na Figura 6.4. Além disso, a integração de questionários de múltiplas escolhas (Figura 6.5) com a exploração de informações no AV, pode permitir a adoção de uma estratégia pedagógica (orientar e motivar), no sentido de cumprir a função de contribuinte na decisão da resposta.



a) Interface inicial apresentada ao usuário



b) Aplicação de temas

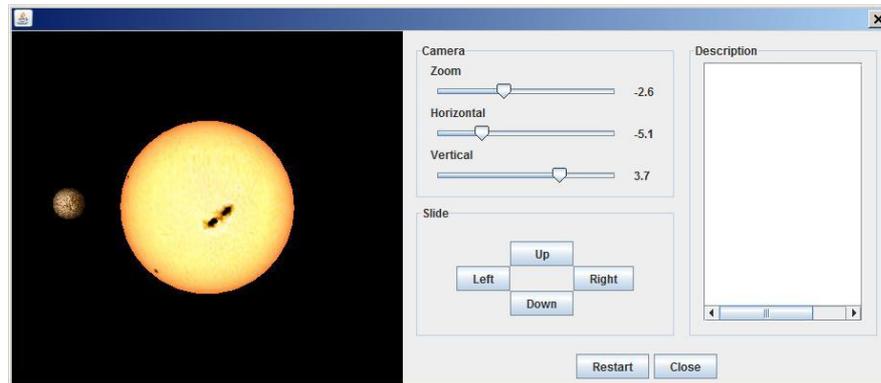


c) Elementos de usabilidade aplicados



d) Representações visuais distintas para o mesmo evento

**Figura 6.1:** Exploração de diversos fatores podendo ser incorporados na interface

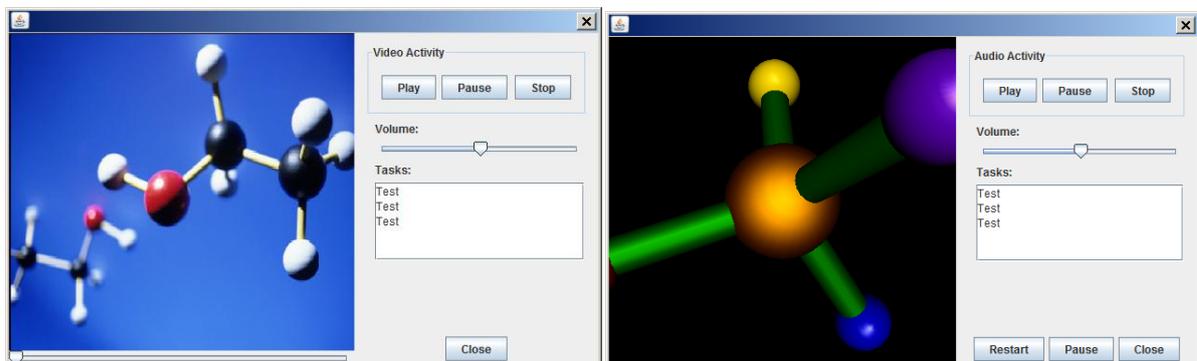


a) Aplicação de efeitos visuais atenuantes para visualização



b) Emprego de advertências, restrições, destaques de pontos de interesse e sons de alerta

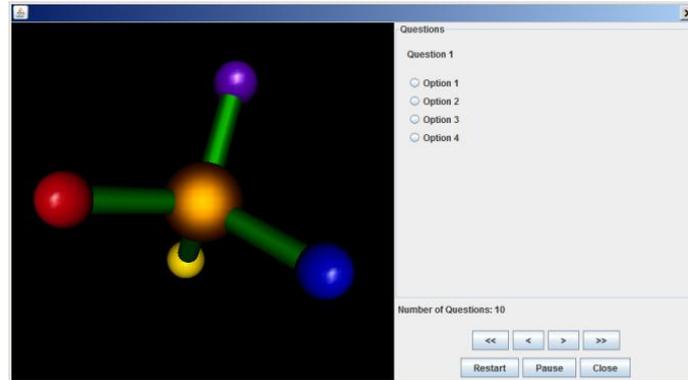
**Figura 6.2:** Serviços possíveis de serem executados durante uma interação



**Figura 6.3:** Interfaces reproduzindo vídeos demonstrativos e elementos sonoros



**Figura 6.4:** Abrangendo o espaço visual disponibilizado pelo dispositivo de projeção



**Figura 6.5:** Emprego do AV adicionado a questões de múltiplas escolhas

Como resultados deste estudo até o momento são apresentados no Quadro VIII um comparativo das interfaces que compõem a sucessão entre as interações.

**Quadro VIII: Resumo dos protótipos das interfaces apresentadas.**

Interface	Característica	Vantagens (Estratégias de Ações)	Desvantagens
<b>Inicial</b>	Aparência física, atributos e representações dos componentes (controles de interação)	Satisfação Estética, Modelos Mentais, Metáforas, Ícones, Atalhos	Ao se adaptar metáforas do mundo físico para o AV, a produtividade é mantida ou pode ser aumentada
<b>Inicial com aplicações de restrições</b>	Aplicação de regras, validações	Documentações de ajuda, alertas sonoros e visuais, comportamento reativo (animações)	Advertências, limitações
<b>Múltiplas Escolhas</b>	Sequência de questões	Questionários aliados à exploração de informações no AV	Selecionar opções inapropriadas sem relutância
<b>Audiovisuais</b>	Exploração através de canais verbais e visuais	Reduzir o conteúdo de informações de interação na interface, diminuindo a demanda visual, logo a sensação de áudio e vídeo são mais valorizadas. Um exemplo são os <i>AudioBooks</i> , muito interessantes em viagens onde a leitura é prejudicada com o movimento ou iluminação	Pessoas com deficiência auditiva ou visual podem ser prejudicadas, ou a interpretação auditiva pode não expressar o significado atraente ao usuário (alterar o significado da mensagem), mensagens de voz pré-definidas
<b>Full Screen</b>	Estruturar melhor o espaço do AV e controlar a interação fornecida pela cena	Melhor aproveitamento do espaço (tela), disponibiliza controles de interação independente dos <i>plugins</i> de outros fabricantes	Dificuldade de visualizar informações de apoio, exploração de graus de liberdade podem ocorrer desorientação no AV

Com base nos resultados obtidos através de interações realizadas ao longo do processo, o ambiente pode levar à adoção de estratégias mais adequadas para conduzir a aprendizagem do aluno acerca de determinado assunto. Assim os objetos compostos por eventos e suas respectivas características podem ser reavaliados e alterados a qualquer momento. O conjunto de todos esses processos resulta na interface adaptativa que deverá ser única para cada usuário, contendo fácil acesso a todos os recursos que, em tese, melhor contribuirão para a evolução do seu aprendizado.

#### **6.4. Ensaios e Monitoramento da Interação**

Ensaios de interação referem-se a simulações de uma situação de trabalho que valida empiricamente os procedimentos de interação do usuário. Isso ocorre através de observações diretas e tem por meta revelar problemas ligados à utilização real do sistema, obtendo dados sobre a produtividade na interação, tais observações podem ser realizadas por meio de sistemas de monitoramento. São, na verdade, regras inseridas no sistema com o objetivo de capturar e registrar todos os aspectos da interação realizada pelo usuário enquanto este interage com o sistema (seção 5.1). Em geral, existem duas formas de obter as informações necessárias sobre o usuário. A primeira refere-se à aplicação de questionários em que o próprio usuário define suas preferências e anseios. A outra, seria obter tais informações, conhecendo e deduzindo o usuário através da monitoração de suas interações com o sistema (OLIVEIRA et al., 2003).

Os resultados são cruzados entre os valores esperados com os itens de verificação referentes aos procedimentos de interação identificados (como tempo de inatividade ou número de programas abertos paralelamente), que, caso não estejam sendo cumpridos, oferecem ao usuário uma recomendação associada e expostos em um gráfico para acompanhamento.

As recomendações são resultados de pesquisas sobre procedimentos de interação mais comuns em AVs. Dessa forma, a recomendação representa a usabilidade como critério de avaliação da ferramenta considerada de acordo com características que determinam a “capacidade do *software*” de ser usável, com medições da análise das características requeridas do produto em um contexto específico (perfil) e análise do processo de interação.

A importância da definição de critérios é declarar de forma objetiva a identificação de aspectos relevantes para as inspeções do sistema, evitando, dessa forma, ambiguidade e imprecisão na avaliação. Forma-se, dessa maneira, um conjunto de requisitos que representam a estrutura de procedimentos da avaliação (Figura 6.6). Primeiro, devem ser definidos os

requisitos para identificar o perfil de uma aplicação em avaliação, o que deve resultar em um relatório dos procedimentos de interação. Em seguida, devem ser estabelecidas variáveis para a construção dos itens de verificação que deverão identificar critérios de usabilidade através de recomendações para itens não-conformes. Nesta última fase, um relatório final é gerado com a descrição dos itens de verificação analisados.

```

Professor.....:Luiz Fernando Braga Lopes
Aluno.....:maeda
-----
Arquivo.....:_Espaco.x3d
Descrição.....:Atividade 3D contendo o Sistema Solar para que o
aluno aprenda a identificar os planetas que o compõem.
-----
Horário do Login.....:03/05/2010 09:53:39
Duração do Login.....:00:01:04
Data Ultimo Acesso.....:03/05/2010
Hora Ultimo Acesso.....:09:53:39
Chamadas ao Help.....:0
Mudanças de tela.....:3
Alertas.....:0
Reinício de Atividade....:0

Tempo permitido de inatividade.....:30
Quantidade permitida de acessos ao help.....:3
Tempo permitido de permanencia na tela.....:10
Quantidade permitida de trocas de tela.....:5

TELA PADRAO
Programas abertos...:0
Tempo gasto.....:00:00:39

TELA DE AUDIO
Programas abertos...:0
Tempo gasto.....:00:00:07

TELA DE VIDEO
Programas abertos...:1
Tempo gasto.....:00:00:07

TELA DE QUESTÕES
Programas abertos...:0
Tempo gasto.....:

TELA CHEIA
Programas abertos...:0
Tempo gasto.....:
-----
Tempo total.....:00:00:45
-----
Data do Log.....:03/05/2010
Hora do Log.....:09:54:43
Nome do Computador...:NOTE

```

**Figura 6.6:** Representação dos critérios utilizados na progressão do sistema

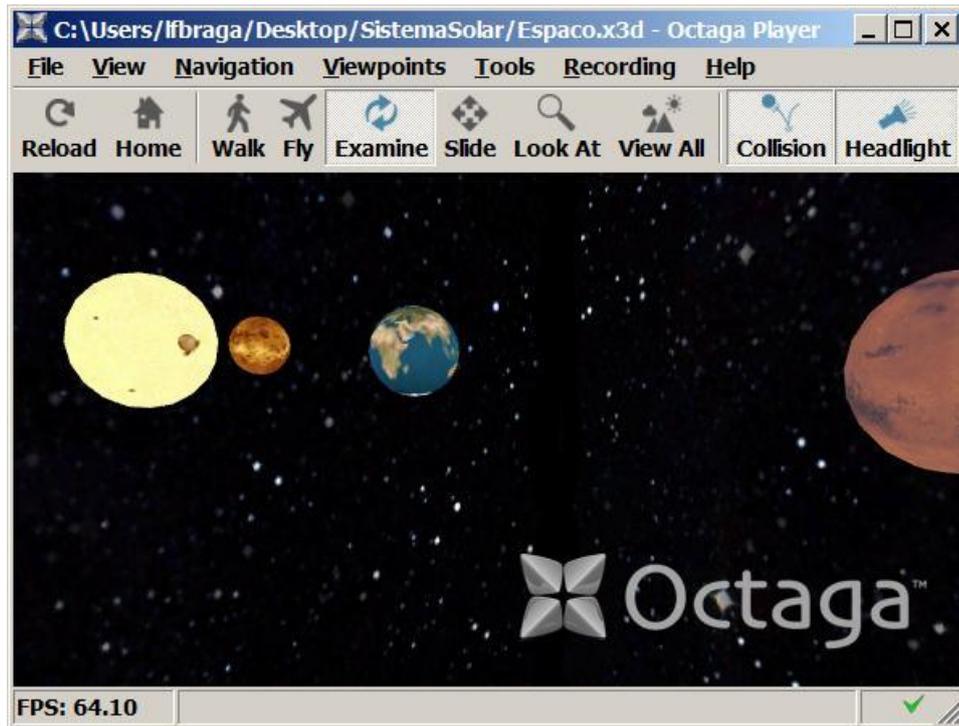
#### 6.4.1. Planejamento dos Testes de Usabilidade

Os objetivos da avaliação estabelecem quais aspectos da interação do usuário com o sistema serão examinados. Para este teste, os objetivos são:

- a) Definir se os componentes dispostos na interface são compreensíveis pelo usuário;
- b) Conhecimento prévio da tecnologia de RV, além da aplicação no processo educacional;
- c) Avaliar aspectos ergonômicos durante a realização da atividade;
- d) Navegação, Seleção e Manipulação no AV;
- e) Questões abertas, para comentários, críticas ou sugestões; e
- f) Verificar se o usuário consegue cumprir sua meta no sistema, através de metas (regras/parâmetros) definidas inicialmente, contrapondo o resultado da sua interação.

Os testes foram realizados na Instituição Cesumar – Centro Universitário de Maringá, por alunos do curso de Sistemas de Informação e Análise e Desenvolvimento de Sistemas, matriculados no primeiro e segundo ano letivo. Para a pesquisa, dez acadêmicos se dispuseram voluntariamente a participar da avaliação, onde a aplicação da atividade foi dividida em dois momentos, cinco alunos acessaram a atividade digital, utilizando um *plugin* comercial (Octaga), o restante por meio da arquitetura desenvolvida.

A análise e o trabalho de adaptação, discutidos nas seções anteriores, foram validados com a implementação de um protótipo do sistema solar (Figura 6.7), carregada por um *plugin* comercial adicionado ao *browser* (OCTAGA, 2011). A ação de carregar diretamente um arquivo X3D resulta na instalação de algum tipo de *plugin*, no qual os controles de interação são expostos de forma fixa e em posições diferentes que podem ser modificados por atualizações introduzidas pelos fabricantes.



**Figura 6.7:** O Sistema Solar X3D mostrado através de um *plugin* comercial

O propósito da realização dos testes foi de verificar o entendimento das funções providas pela arquitetura por seus usuários. Foram avaliados os erros e dificuldades de interação envolvendo a utilização da interface em tarefas específicas, tendo em vista metas que orientaram a construção de uma interface produtiva, facilitando o aprendizado e o uso. Com isto, espera-se identificar dificuldade na atual versão, além de validar as qualidades que ela dispõe. Ao final, se obtém um conjunto de recomendações de usabilidade que serão priorizadas em uma futura versão do projeto.

Os participantes receberam um documento de boas vindas, explicando o propósito e os objetivos do teste (Anexo B). Com a finalidade de conduzir o estudo, foi transmitido o seu escopo, enfatizando que o produto é o centro da avaliação e não o participante e que as tarefas devem ser executadas de forma bastante confortável. Foi informado ao participante que ele seria observado e que as manipulações estariam sendo registradas.

#### **6.4.2. Descrição da Atividade Proposta**

O objetivo desta seção foi de ilustrar alguns dos questionamentos feitos aos usuários, especificamente em dois pontos: fazer com que os componentes da interface fossem explorados e conseguir completar a atividade. Além de motivar o usuário a não se limitar somente a interface, mas que a atividade contribuísse para buscar algo mais (determinadas perguntas foram além do espaço 3D, necessitando auxílio de pesquisas na Internet), produzindo o interesse próprio na continuação do estudo e ampliação do conhecimento.

Algumas das questões são apresentadas:

**“Identifique os nomes dos planetas, eles estão na ordem correta?”**

**“Qual a distância da Terra ao Sol? Qual o planeta mais distante do Sol?”**

**“Quanto ao tamanho (escala), estão corretos as proporções? Quais planetas são maiores e menores que a Terra?”**

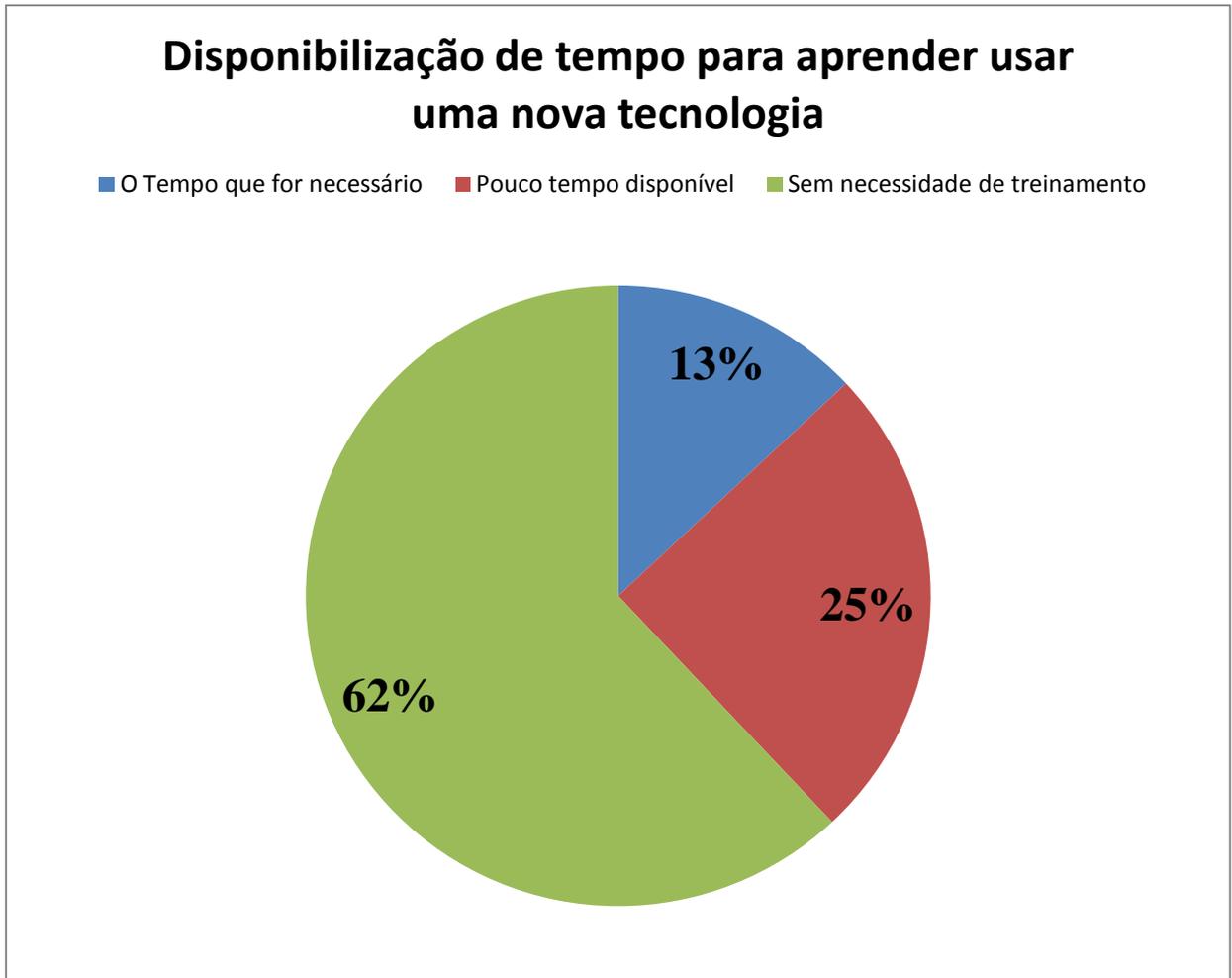
A partir destas questões, iniciou-se o processo de avaliação da arquitetura e a comparação da atividade em um *plugin* X3D comercial, levantando primeiramente algumas informações dos entrevistados e as questões que envolvem a validação do trabalho.

#### **6.4.3. Sobre os Questionários Aplicados**

Na primeira parte da entrevista, o conjunto de questões teve por objetivo o levantamento do perfil dos entrevistados, que foram alunos com faixa etária entre 18 à 24 anos totalizando o maior percentual no valor de (58%), relatando o grau de experiência ao utilizar um computador com (75%) para o grau intermediário, onde o ambiente mais empregado do computador consistiu no local de trabalho e casa. Mostrando-se ainda, muito interesse como ferramenta de trabalho e estudo.

A importância do computador na vida acadêmica, a facilidade provida para execução de tarefas, o interesse em utilizar como complemento educativo foram os outros pontos de maior destaque, utilizado quase todos os dias, como ferramenta no auxílio de atividades escolares. Outro fator que reforça elementos explorados nesta pesquisa foram as respostas relativas ao treinamento para operação em sistemas, em particular os pedagógicos.

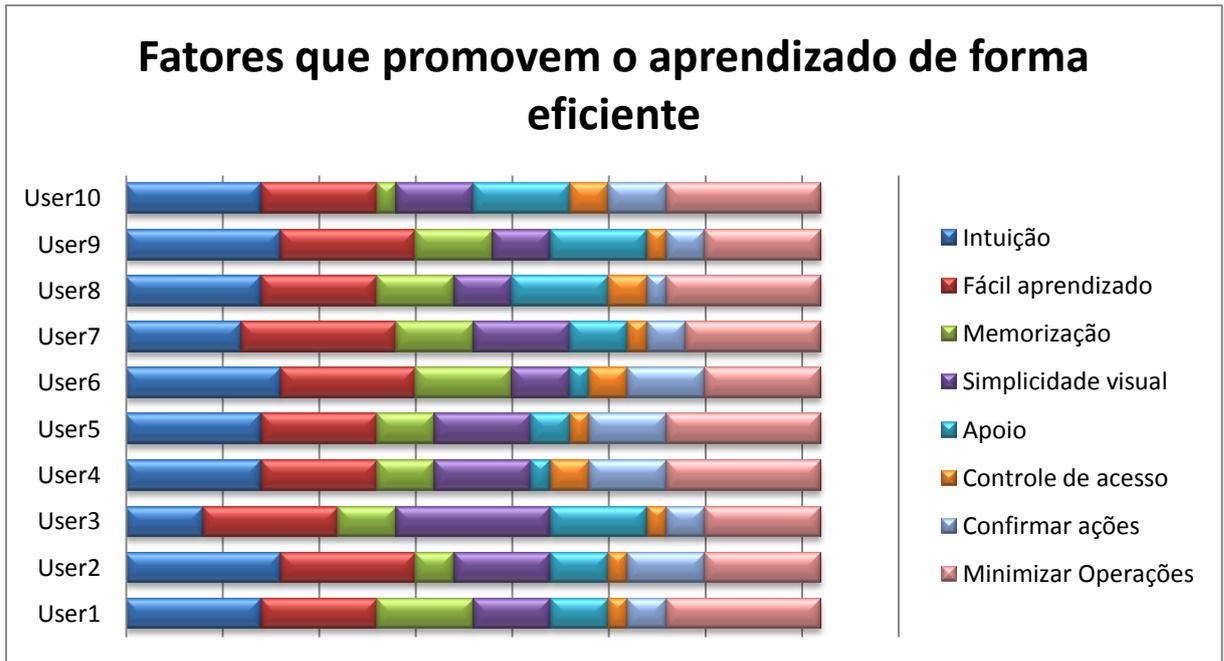
O gráfico seguinte ilustra o grau de interesse vinculado diretamente ao tempo disponível que o acadêmico disponibilizaria para aprender uma nova ferramenta (tecnologia), que viesse a aumentar o seu aprendizado (Figura 6.8).



**Figura 6.8:** Pretensão dos entrevistados para aprendizagem de novas tecnologias

De acordo com os resultados, pode-se concluir que a grande maioria dos entrevistados gostaria que não houvesse treinamento para utilizar uma nova tecnologia. A intenção inicial deste questionamento decorreu-se na avaliação dos participantes, sendo candidatos aptos para a investigação do trabalho, ou seja, pessoas que acreditam que uma tecnologia digital deve ser utilizada sem a necessidade de algum treinamento específico.

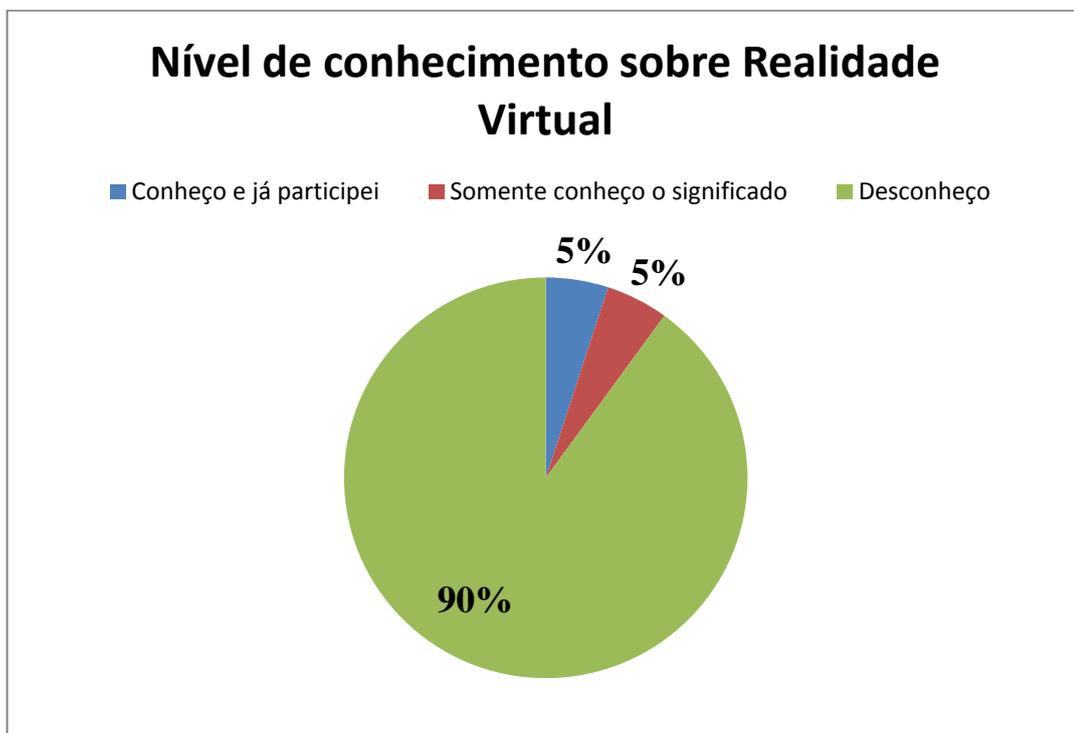
O próximo gráfico (Figura 6.9), evidenciou condições determinantes que seriam cativantes para que o entrevistado passasse a utilizar um sistema que desse suporte ao seu aprendizado.



**Figura 6.9:** Apresentação de expectativas em ferramentas de suporte ao ensino

Determinados fatores considerados interessantes ilustrado no gráfico, foram agilidades na forma de minimizar as operações através de atalhos, ou objetos que possam deixar o sistema mais intuitivo, com pouca relevância para o controle de acesso. Visto também que, o aluno não se importa caso o sistema esteja monitorando seus passos, mas sim a eficiência da ferramenta.

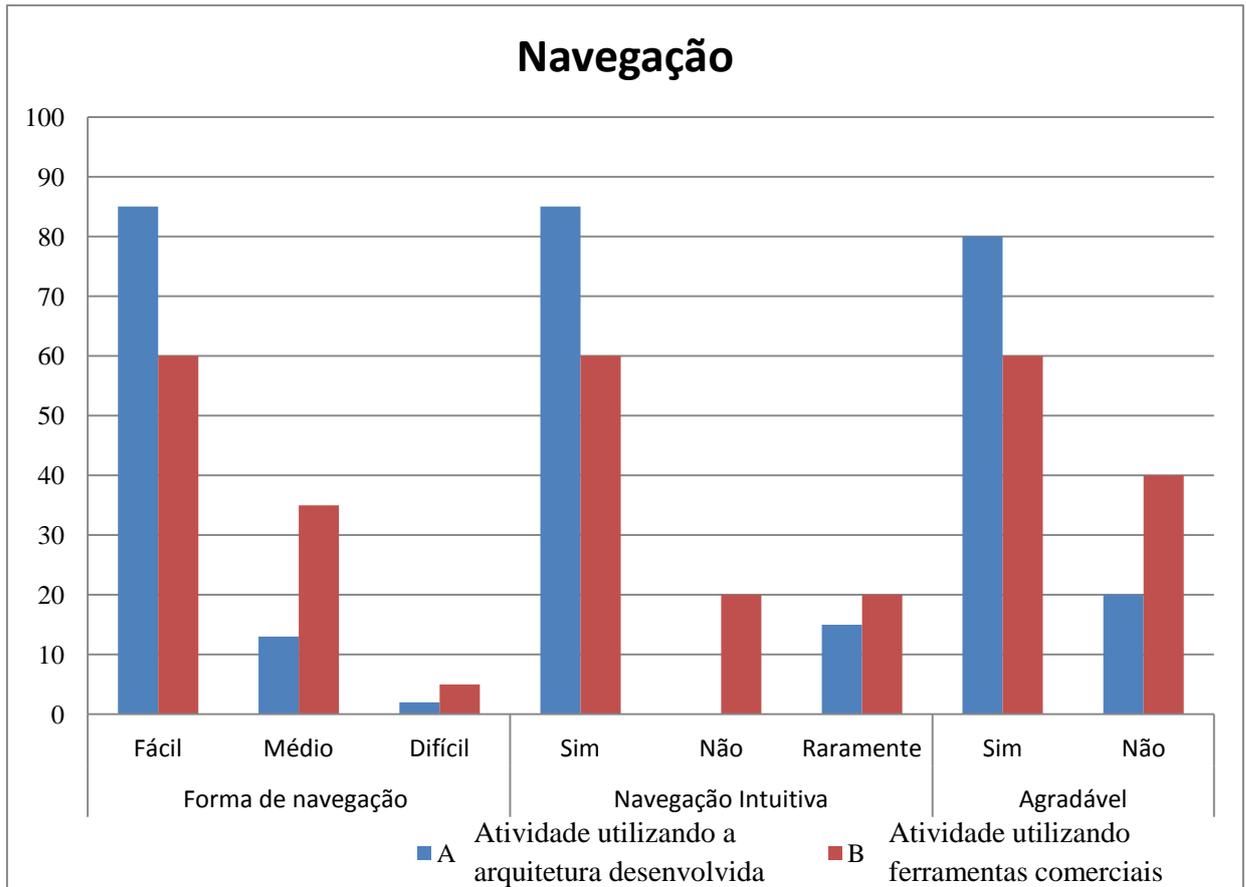
A segunda parte determinou se o entrevistado já teve algum tipo de informação sobre tecnologias interativas, mais especificamente a RV. Encontrou-se aqui pouca predominância de conhecimento sobre esta tecnologia, e um maior índice para ambientes animados e jogos 3D (Figura 6.10). Prevalecendo uma mínima parte onde o aluno conhece ou até mesmo participou de atividades com RV.



**Figura 6.10:** Representação do nível do conhecimento dos entrevistados sobre RV

Após a identificação do perfil do usuário, o conhecimento da tecnologia de RV, inicia-se a terceira seção para definir o grau de satisfação dos usuários através de requisitos de usabilidade para interfaces computacionais obtidos a partir do processo de análise das tarefas realizadas e identificação das dificuldades na utilização do sistema. Para tanto, o questionário ficou dividido em duas partes, referente a tecnologia comercial empregada e a arquitetura desenvolvida, sendo aplicado por quatro pontos considerativos de Usabilidade: **Ergonomia, Navegação, Seleção e Manipulação.**

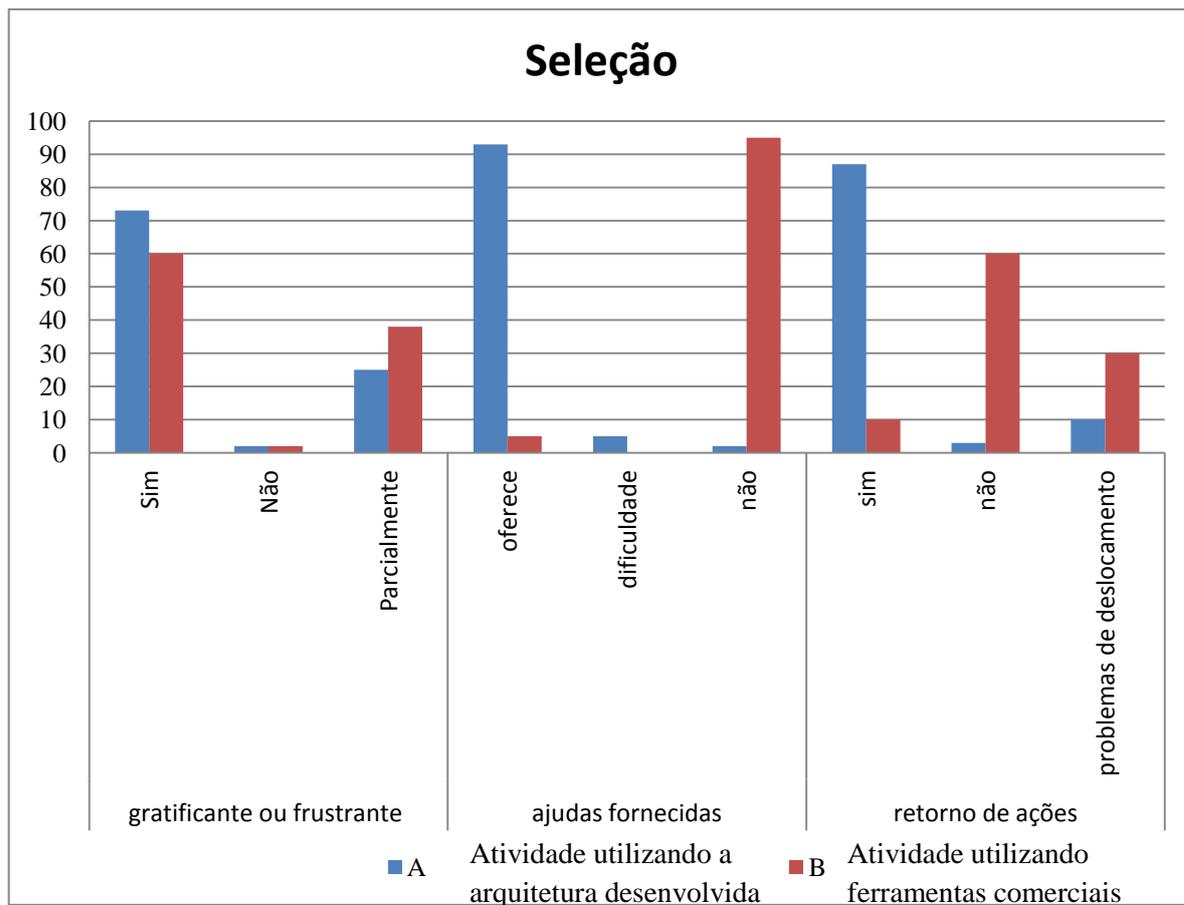




**Figura 6.12:** Avaliação da navegação entre as interfaces

Uma pequena vantagem foi identificada para a tecnologia proposta em relação à forma de navegação, intuição e satisfação de usabilidade.

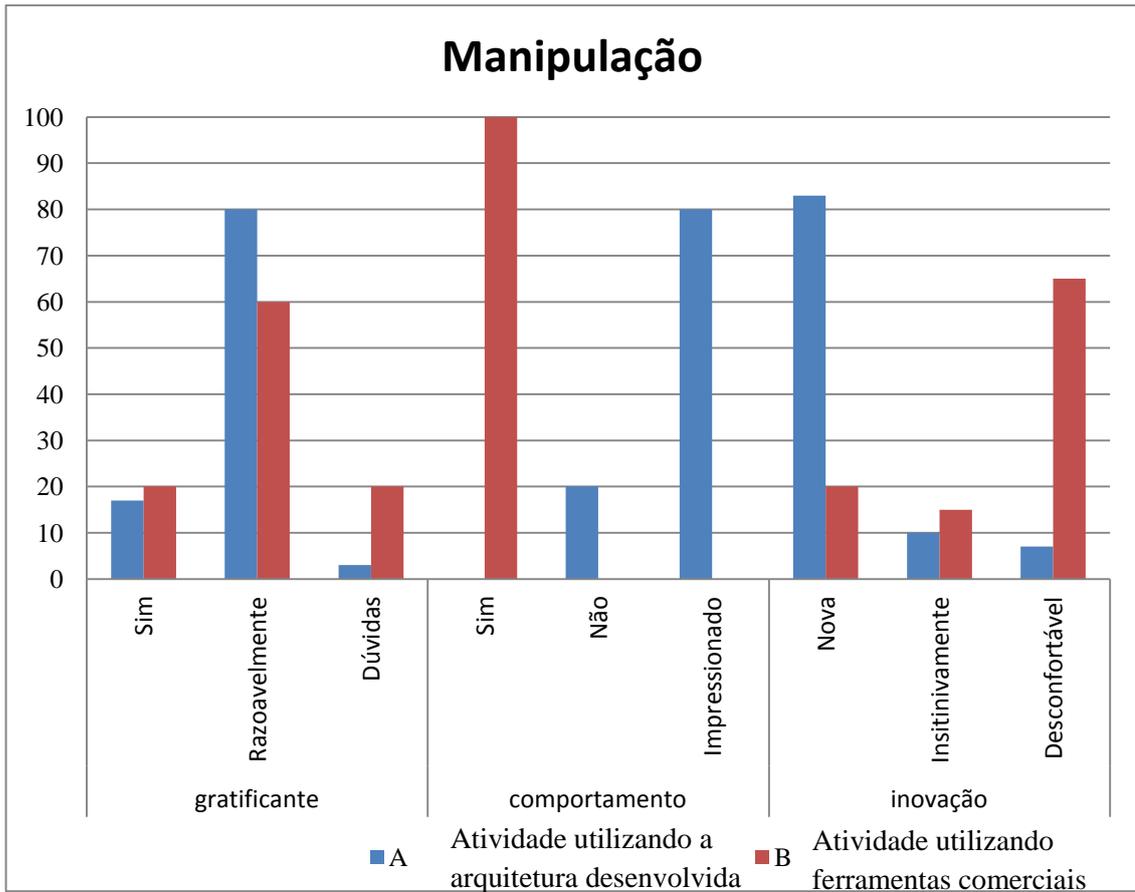
Assim como a Navegação, a Seleção e a Manipulação de objetos são de igual importância na interação em AV. Formando uma combinação de mecanismos para controle e realização das tarefas, representando, dessa forma, uma descrição do perfil da aplicação. A Seleção refere-se à tarefa de identificação e indicação de elementos virtuais no ambiente, logo, foi solicitado ao usuário avaliar esses aspectos (Figura 6.13).



**Figura 6.13:** Parâmetros para avaliação da seleção em componentes dispostos na interface

Para a questão de seleção dos objetos na cena, foi muito importante a ajuda fornecida pela ferramenta proposta para que o aluno pudesse identificar os objetos na tela dispensando ajustes entre as tarefas para interações mais produtivas.

Na Manipulação questionaram-se valores, como, a forma de comunicação entre os componentes da interface e o usuário (Figura 6.14).



**Figura 6.14:** Avaliação dos modelos de manipulação sugeridos pelas interfaces

O gráfico apresentou a influência do conhecimento prévio do usuário na utilização da ferramenta proposta, onde apesar de boa parte dos entrevistados possuírem conhecimento razoável, muitos deles ficaram impressionados com a modificação do ambiente, não entendendo claramente quais decisões foram tomadas para orientá-lo ao objetivo.

### 6.5. Questões Abertas e Comentários

Nesta seção, são apresentados os comentários e sugestões propostos abertamente pelos participantes do teste. As questões estão listadas no Anexo B e suas respostas e comentários foram reunidos em categorias, como referências positivas, negativas e comentários, possibilitando visualizar os resultados rapidamente através do agrupamento realizado.

Vale ressaltar ainda que uma aula amparada pela tecnologia RV por si só, demonstrou motivadora, comparada com as aulas convencionais que os alunos participam no seu cotidiano (antes da realização da dos testes, os alunos demonstraram uma sensação de euforia, simplesmente ao se anunciar que eles teriam uma aula de RV de caráter experimental), os alunos ficaram fascinados com o tipo de aula que a RV pode proporcionar.

**Referências Positivas:**

- A atividade não é linear, não expressa a idéia de passar do mais fácil para o difícil.
- Anotar as dúvidas na própria atividade (diário de aprendizagem), ou anotações de cunho pessoal.
- Interessante. Quando eu ficava na dúvida, o programa me dava um outro ponto de vista. Consegui responder.
- Massa! Gostei!

**Referências Negativas:**

- Já enroscaram no idioma, palavras como “*slide*”...
- Um dos usuários solicitou uma forma de recuperar a senha, visto que o trabalho pode ser continuando em outro período.
- Não gostei porque enquanto eu estava procurando uma resposta o sistema ficava chamando a minha atenção.
- Achei o sistema confuso.
- O arquivo de ajuda não abriu na página correspondente (Não havia um arquivo de ajuda correspondente a interface).
- Volume baixo – se o computador está com volume baixo, o sistema não aumenta.
- Alguma forma de discutir com os colegas (interação com os demais participantes), como um *chat* ou fórum.
- As perguntas são muito básicas. Não entendi o propósito do exercício.
- Travou!

**Comentários:**

- Não entendi porque ele ficava trocando as telas antes de eu acertar a resposta e perguntava a mesma coisa.
- O sistema fazia as mesmas perguntas em diferentes telas.

**Observações da interação por meio da configuração aplicada:**

- Maior número de programas abertos simultaneamente 10 (dez);
- Maior incidência de reinício da atividade foram 3 (três) vezes;
- Inatividade – foi disparada pelo menos uma advertência;
- Somente 2 (dois) alunos não responderam ou resposta sem sentido; e
- Muitos navegaram por todas as interfaces e acabaram voltando para a primeira e acharam que ela era a melhor (eles quiseram ver todas).

## 6.6. Considerações Finais

Pelas observações feitas foi possível notar que os usuários normalmente tentam buscar semelhanças com outros aplicativos que eles já conhecem, como semelhança entre os botões e as barras de menus. Em geral tentam executar as tarefas por métodos de tentativa e erro. Com isto raramente buscaram a Ajuda do sistema.

O questionário de avaliação do sistema (Anexo B) e a sessão de questionamento aberto aplicado aos participantes após a realização da atividade foram especialmente importantes na confirmação das características de interfaces usáveis que o sistema contempla. Na opinião dos participantes – de maneira geral e sem considerar os entraves específicos – o sistema é fácil de usar, de aprender, usa uma linguagem simples e lógica e proporciona uma agradável exploração do ambiente.

Alguns usuários perceberam falhas na clareza ao se utilizar o *plugin* comercial na realização da tarefa. Por não prover a qualidade de auto-explicativo, os usuários não sabiam expressar o que estava errado e achavam que a culpa do problema era dele, alguns tentaram disfarçar a falta de conhecimento.

Por fim, os resultados indicam que os usuários não encontraram dificuldades para utilizar o sistema proposto que proporciona uma lógica de funcionamento semelhante aos programas que eles já estão habituados a usar. Quando se menciona “metáfora”, refere-se ao estilo gráfico da interface, por exemplo, interfaces com ícones e menus representativos, que sugerem típicas ações para o usuário. Além disso, o uso de AA não é uma atividade rotineira atualmente, e, pelo que se pôde constatar, o usuário não se opõe a esta realidade. Assim, foi possível identificar importantes recomendações de usabilidade com este estudo.

O próximo capítulo visa à conclusão do trabalho, apresentando os aspectos gerais, as pesquisas futuras e os comentários finais sobre as interações em sistemas adaptativos de RV.

## 7. CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA PESQUISAS FUTURAS

Este capítulo busca concluir o trabalho, apresentando os aspectos gerais sobre a investigação desta tese, as contribuições, as possibilidades de pesquisas futuras e os comentários finais sobre as interações em sistemas de RV Adaptativos.

### 7.1. Aspectos gerais do trabalho

Novas formas de interação em sistemas computacionais estão minimizando a distância existente entre o relacionamento do homem com o computador, de forma a facilitar a sua usabilidade. Consoante a esse contexto, a RV possibilita a visualização e a manipulação de objetos virtuais modelados por computador no mundo real. Com isso, é possível desenvolver ferramentas que auxiliem o processo de construção do conhecimento do usuário.

A facilidade com que palavras da linguagem de interface podem ser lembradas, como o tipo de fontes de caracteres, afeta a legibilidade e a velocidade com que é lido as informações na tela de um computador. Esse é um exemplo simples de como nossa interação com computadores pode ser afetada pelo funcionamento de nossos mecanismos perceptuais, motores e de memória.

Com o advento das metodologias cognitivas, os educadores passaram a interessar-se cada vez mais por ajudar os alunos a desenvolverem estratégias de pensamento. Como os alunos pensam tornou-se quase mais importante do que aquilo sobre o qual pensam.

Uma das principais razões para se ter um melhor entendimento acerca dos usuários se deve ao fato de que os usuários diferentes têm necessidades diferentes e interfaces interativas precisam ser projetadas de acordo com tais necessidades.

Conclui-se que as atuais metodologias e recomendações utilizadas para o desenvolvimento de ambientes informacionais digitais não garantem eficientemente elementos de acessibilidade com foco nas necessidades dos usuários especificadamente. Para tanto, a presente pesquisa apresentou, por meio de uma abordagem metodológica, explorativa e descritiva, uma proposta para acessibilidade digital visando o desenvolvimento de ambientes de RV, para usuários com ou sem necessidades especiais (descrição dos recursos, quanto da sua acessibilidade). Trazendo propostas que contribuíssem para a elaboração de novos ambientes por meio de uma arquitetura que provêem serviços com foco na acessibilidade, favorecendo assim a usabilidade.

Além disso, a adaptação de um AV em função do perfil do usuário pode aumentar o interesse e a participação do usuário no ambiente. Técnicas de adaptatividade foram propostas, gerando novas funcionalidades e proporcionando novos rumos para a personalização de ambientes virtuais. Essas técnicas visam gerar aplicações mais atrativas e, conseqüentemente, aumentar a produtividade do usuário.

Essa abordagem promove contribuições em AVs, por trabalhar com interfaces abastecidas com uma estrutura inteligente (arquitetura reativa) mais complexa que os encontrados nos trabalhos da área.

Onde estes tratavam a configuração dos parâmetros que condicionariam o comportamento do usuário de modo previamente estipulado e formatado e que não são atualizados conforme a evolução do usuário imerso no ambiente.

Esse novo escopo de pesquisas promovido pela integração do comportamento inteligente ao desenvolvimento de AV reforça o conceito da apresentação de pesquisas em RV. Esboçando assim, um reforço ao treinamento e aprendizagem, onde os resultados confirmam uma evolução desses aspectos.

## **7.2. Contribuições da pesquisa**

A evolução das linguagens de representação de objetos 3D, o aumento da capacidade de transmissão de dados pela Internet e a integração de tecnologias computacionais, contribuíram para a expansão e acesso aos AVs. Este acesso possibilitou aos usuários com diferentes níveis de conhecimento, a interação com ambientes dinâmicos e interativos. Apesar desse avanço, verifica-se que nesses ambientes faltam mecanismos para identificar a evolução do conhecimento do usuário e propor atualizações, em tempo real, que satisfaçam as suas necessidades.

Os ambientes que propõem algum tipo de adaptação de conteúdo fazem apenas uma reorganização dos objetos no ambiente, não aproveitando o potencial existente de modificação dos objetos e de outras mídias para gerar conteúdos mais apropriados ao nível de conhecimento do usuário ou mais adequados ao seu perfil.

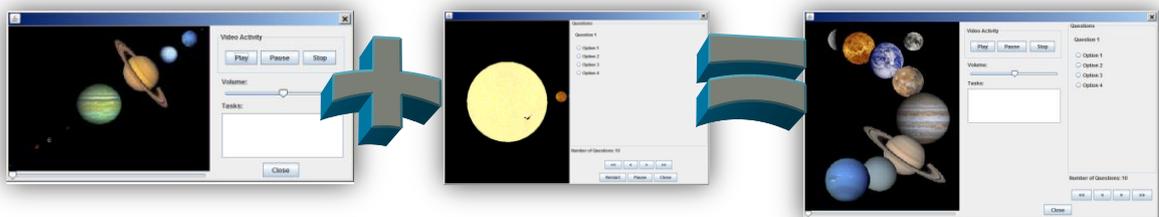
Esta tese procurou contribuir, principalmente para a concepção de uma metodologia de arquitetura que provê serviços adicionais em um AV, de forma reativa, por meio de avaliações interativas. Assim, o usuário poderá entreter-se mais no manuseio dessas aplicações, dado o aprimoramento da qualidade da interação com o computador, o que é considerado um benefício aos usuários de sistemas computacionais.

### 7.3. Pesquisas futuras

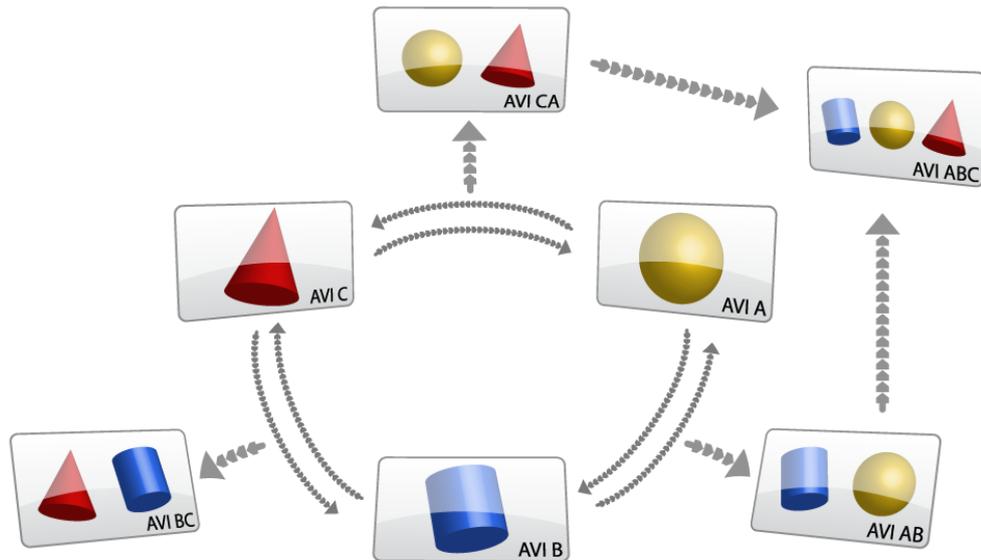
As interações em sistemas de RV possuem grande potencial para exploração de suas funcionalidades, melhoramento das técnicas já existentes e proposições de novas aplicações. Este trabalho busca colaborar para a expansão dos modelos de representação de objetos virtuais, propondo novas técnicas e funcionalidades e, também, criando protótipos que consolidem os trabalhos relacionados, existindo diversos pontos que podem ser melhorados ou explorados de forma a estender a capacidade das proposições apresentadas, tornando-as mais completas.

Algumas das extensões são dispostas a seguir e buscam orientar a continuação dos trabalhos que contribuíram para interação em sistemas de RV:

- Aplicar em uma interface distribuída para validar o tempo de respostas, como exemplo, na Educação a Distância (EAD), citado por Cardoso e Lamounier (2009), em que a qualidade de dispositivos visuais tem aumentado cada vez mais em contraste com seu tamanho e peso. Portanto, como os educadores tendem a possuir habilidade para o trabalho com novas tecnologias, o uso de RV e RA na educação e no treinamento não será, no futuro, uma exceção.
- Após o desenvolvimento deste projeto, propõe-se a concepção de novas interfaces partindo do intercâmbio de elementos (componentes visuais) entre os cenários, como ilustrado na Figura 7.1. Dessa forma podem-se constituir novos ambientes, permitindo o compartilhamento ou a competição por recursos, em função do que foi apresentado por meio da observação e experimentação, com um grau de satisfação aceitável. A Figura 7.2 deriva essa situação de forma mais genérica e ilustrativa.



**Figura 7.1:** Protótipo de uma intersecção entre interfaces



**Figura 7.2:** Representação de possíveis inter-relações entre interfaces

- Padronizar um modelo de XML (modelo de usuário) para que seja possível a utilização em outros ambientes provendo a interoperabilidade entre AAs, visto que após os levantamentos dos sistemas apresentados nesta pesquisa, nenhum apresentou um modelo ou até mesmo um relatório de perfil que possa ser aplicado em outro ambiente.
- A utilização de Agentes Virtuais (avatares) nas interfaces é outra possibilidade promissora de interação. A intervenção do personagem pode ser tanto para questionar o usuário sobre alguma parte do conteúdo estudado como, também, para expressar sentimentos e emoções, como felicidade, cansaço, tranquilidade ou, até mesmo, impaciência (Figura 7.3). Os avatares são personagens capazes de atuar em ambientes interativos de aprendizagem, tendo como principais propósitos guiar os alunos nestes ambientes, acompanhá-los na realização de tarefas e trazerem dicas e responder questões (BISWAS et al., 2003).



**Figura 7.3:** Personagens digitais no auxílio e explicação do ambiente

#### **7.4. Comentários finais**

Permanecem ainda muitos problemas a serem resolvidos na área de projetos de interfaces, como a necessidade de adequar as representações virtuais de forma que possam ser utilizadas mais ergonomicamente pelos usuários, como uma possível proposta de avaliação de técnicas de interação.

Embora as técnicas de interação possibilitem a investigação de vários outros tipos de simulações, as avaliações dos protótipos mostraram novas alternativas para otimizar o processo de interação em sistemas de RV, bem como novos caminhos no sentido de viabilizar o uso desse tipo de recurso em aplicações presentes no cotidiano, utilizando-se de equipamentos comumente encontrados no mercado.

Sabe-se que a tarefa de simular o comportamento dos usuários ainda está longe de ser concluída. Devido a sua enorme complexidade, foram necessárias várias simplificações nos protótipos de interação. Apesar disso, acredita-se que uma gama variada de aplicações pode ser beneficiada com os serviços do suporte implementado, que podem variar desde jogos a simulações da vida real.

Durante a execução deste trabalho, diversas informações foram coletadas servindo como base de dados para nossa conclusão, indicando um caminho promissor a ser seguido dentro da pesquisa científica na área de RV: a geração de interfaces inteligentes para AVs.

## REFERÊNCIAS

ABS-TECH. *Absolut Technologies: Visualizações Inteligentes*. 2011. Disponível em: <<http://www.abs-tech.com>>. Último acesso: 20/01/11.

AGARAWALA, A; BALAKRISHNAN, R. 2006. *Keepin' it real: pushing the desktop metaphor with physics, piles and the pen*. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Montréal, Québec, Canada, April 22 - 27, 2006). R. Grinter, T. Rodden, P. Aoki, E. Cutrell, R. Jeffries, and G. Olson, Eds. CHI '06. ACM Press, New York, NY, 1283-1292.

ALMEIDA JUNIOR, Afonso Bernardino; CARDOSO, Alexandre; LAMOUNIER JÚNIOR, Edgard Afonso. *Estudo de Máquinas Elétricas auxiliado por técnicas de Realidade Virtual*. 5. Workshop de Realidade Virtual e Aumentada – WRVA. Bauru, 2008.

AQUINO, Marcus S.; SOUZA, Fernando F.; FRERY, Alejandro C.; SOUZA, D. A. C. M.; FUJIOKA, R. C.; VIEIRA, M. M. S. *An Infrastructure to Generate Adaptive Virtual Environments with the Management of Client-Server Communication in Real Time*. In: X Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2008, João Pessoa. X Symposium on Virtual and Augmented Reality. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2008. P. 61-69.

AUN, Marta Pinheiro. *Observatório da Inclusão Digital: descrição e avaliação dos indicadores adotados nos programas governamentais de infoinclusão*. Belo Horizonte: Orion, 2007. 258 p. ISBN: 978-85-60588-00-8.

AYLETT, R.; LUCK, M. *Applying artificial intelligence to virtual reality: intelligent virtual environments*. Applied Artificial Intelligence An International Journal. v. 14, n. 1, p. 3-32, 2000.

BAILEY, C., HALL, W., MILLARD, D. E.; WEAL, M. J. *Towards Open Adaptive Hypermedia*. Proceedings: Second International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web Based Systems, Malaga, Spain. 2002. LNCS 2347, Springer, pp. 36-46.

BISWAS, G.; LEELANWONG, K.; SCHWARTZ, D.; VYE, N. *Learning by Teaching: A New Agent Paradigm for Educational Software*. Applied Artificial Intelligence special Issue "Educational Agents - Beyond Virtual Tutors", n. 19, 2005.

BOWMAN, Doug A.; KRUIFF, C.; LA VIOLA JR J.; POUPYREV, I. *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Boston, MA, 2005, Addison-Wesley.

BOWMAN, Doug A.; NI, Tao; NORTH, Chris; MCMAHAN, Ryan P. *Design and evaluation of freehand menu selection interfaces using tilt and pinch gestures*. Int. J. Hum.-Comput. Stud. 69, 9 (August 2011), 551-562.

BROCKMANN, R. J.; HORTON, W.; BROCK, K. *From database to hypertext via electronic publishing: an information odyssey*. In R. Barrett (ed.), *The Society of Text: Hypertext, Hypermedia, and the Social Construction of Information*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 162-205, 1989.

BRUTZMAN, D., DALY, L. *X3D: Extensible 3D Graphics for Web Authors*. The Morgan Kaufmann Series in Interactive 3D Technology. Morgan Kaufmann, April, 2007.

BS Contact. *Bitmanagement Interactive Web3d Graphics*. Disponível em: <<http://www.bitmanagement.com/>>. Último acesso: 22/01/11.

CARDOSO, Alexandre; LAMOUNIER JÚNIOR, Edgar Afonso. *Aplicações de RV e RA na Educação e Treinamento*. Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada: Livro do Pré-simpósio cp 3 pg 53-68. Porto Alegre - RS, 2009.

CARDOSO, Alexandre; LAMOUNIER JÚNIOR, Edgar Afonso; KIRNER, Cláudio; KELNER, Judith. *Tecnologias para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada*. Cardoso et al. cp 1 pg 1-15. Recife, 2007.

CARDOSO, Alexandre; PAIVA, José Gustavo; SOARES, Luciano Pereira. *Tecnologias para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada*. CARDOSO, Alexandre; LAMOUNIER JÚNIOR, Edgar Afonso; KIRNER, Cláudio; KELNER, Judith. cp 3 pg 51-74. Recife, 2007.

CELENTANO, A.; PITTARELLO, F. *Observing and adapting user behavior in navigational 3D interfaces*. Proceedings: Working Conference on Advanced Visual Interfaces (Gallipoli, Italy, May 25 — 28, 2004). AVI '04. ACM Press, New York, NY, 275-282.

CHENG, J.; GREINER, R. *Learning Bayesian Belief Network Classifiers: Algorithms and System*. Proceedings: 14th Biennial Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence, Vol. 2056, p.141-151, 2001.

CHITTARO, L.; RANON, R.; IERONUTTI, L. *Guiding Visitors of Web3D Worlds Through Automatically Generated Tours*. Proceedings: 8th International Conference on 3D Web Technology, ACM Press, New York, March 2003.

COCKTON, Gilbert. *Value-centred HCI*. ACM International Conference Proceeding Series; Vol. 82. Proceedings of the third Nordic conference on Human-computer interaction. Tampere, Finland. Pages: 149 – 160. ISBN:1-58113-857-1. 2004.

COLMAN, A.; HAN, J. *Organizational Abstractions for Adaptive Systems*. Proceedings: 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (Hicss'05) – Track 9 – Volume 09 (January 03 – 06, 2005). HICSS. IEEE Computer Society, Washington, DC, 276.2.

CRONIN, P. *Report on the application of virtual reality to education*. Report, HCRC, University of Edinburgh, 1997.

CURILEM, Gloria M. J.; DE AZEVEDO, Fernando Mendes. *Ergonomia Didática na Interface de Sistemas Tutores Inteligentes*. In: VI Congresso Ibero-americano de Informática Educativa (IE2002), 2002. Vigo, Espanha.

DALLACOSTA, Adriana. *Possibilidades Educacionais do Uso de Vídeos Anotados no Youtube*. Departamento de Educação e Cultura do Exército Brasileiro, Relatório de Pesquisa. Rio de Janeiro - RJ - Abril 2004.

DE ARAGÃO, A. L. *Utilização de aprendizado de máquina para adaptação de estruturas em hipermídia adaptativa*. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC - Universidade de São Paulo (USP). São Carlos - SP. Mar. 2004.

DE MARSICO, M.; LEVIALDI, S. *Evaluating web sites: exploiting user's expectations*. International Journal of Human-Computer Studies. Volume 60 , Issue 3 (March 2004). Incorporating knowledge acquisition. Pages: 381 – 416. ISSN:1071-5819. 2004.

EDMUNDS, A.; MORRIS, A. *The problem of information overload in business organizations: a review of the literature*. International Journal of Information Management, 20, 17-28, 2000.

FreeWRL. Disponível em: <<http://freewrl.sourceforge.net/>>. Último acesso: 22/01/11.

FRERY, A. C.; KELNER, J.; MOREIRA, J. R.; TEICHRIEB, V. *User satisfaction through empathy and orientation in three-dimensional worlds*. Cyber Psychology and Behavior Journal. United States of America. 2002, V.5, n.5, pp.451 – 459.

GARDNER, Howard. *Estruturas da mente: a teoria das inteligências múltiplas*. Rio de Janeiro, Editora Objetiva, 1995.

GOSLING, James; JOY, Bill; STEELE, Guy L; BRACHA, Gilad. *The Java Language Specification*. Addison Wesley. 3 ed. 2005.

GUIMARÃES, Marcelo de Paiva; GNECCO, Bruno Barbieri; DAMAZIO, Rodrigo. *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Kirner & Siscoutto. cp. 6, pg 108 -128. 2007. Petrópolis – RJ.

GULLIKSEN, Jan; HARKER, Susan. *The software accessibility of human-computer interfaces - ISO Technical Specification 16071*. Universal Access in the Information Society. Volume 3, Issue 1 (March 2004). Pages: 6 – 16. ISSN:1615-5289. 2004.

H3DViewer. *H3D.Org Open Source. Haptics*. Disponível em: <<http://www.h3dapi.org/>>. Último acesso: 22/01/11.

HENRICKSEN, K.; INDULSKA, J. *Adapting the Web Interface: An Adaptive Web Browser*. Proceedings: 2 Australasian User Interface Conference (AUIC.01) 0-7695-0969-X/01, IEEE , 2001.

HENRY, Shawn Lawton. *Just Ask: integrating accessibility throughout design*. EUA: Lulu.com, 2007.

IMMERSION. *Immersion Corporation – Haptics for the Digital User Experience*. 2011. Disponível em: <<http://www.immersion.com>>. Último acesso: 20/01/2011.

ISO/IEC 9126. *Software Product evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use*. International organization for Standardization (ISO)/ International Electrotechnical Commission (IEC). 1.ed., Genève 1991.

IYER, R. Mahalinga; FRIEIBERG C. *Use of Non-Immersive Virtual Reality in Mechanical Engineering Laboratory*. Proceedings: ASEE/AaeE 4th Global Colloquium on Engineering Education. 2005.

JURISTO, N.; LOPEZ, M.; MORENO, A.; SÁNCHEZ, M. *Improving Software Usability through Architectural Patterns*. In: Workshop Bridging the Gaps between SE and HCI - International Conference on Software Engineering (ICSE), 2003, USA. 2003, pp. 12 -19.

KELNER, Judith; TEICHRIEB, Veronica. *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Kirner & Siscoutto. cp. 3, pg 52-70. 2007. Petrópolis – RJ.

KIRNER, Cláudio; SISCOOTTO, Robson A. *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Kirner & Siscoutto. cp. 1, pg 2-21. 2007. Petrópolis – RJ Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, 2007.

KURMOS, L.; JOHN, N. W.; ROBERTS, J. C. *Integration of haptics with Web3D using the SAI*. Proceedings: 14th International Conference on 3D Web Technology (Darmstadt, Germany, June 16 - 17, 2009). S. N. Spencer, Ed. Web3D '09. ACM, New York, NY, 25-32.

LAD, Abhimanyu. *SpamNet – Spam detection using PCA and Neural Networks*. In: Proceedings Lecture Notes in Computer Science, pgs 205-213, 2004.

LAUREL, Brenda; STRICKLAND, R. TOW, R. *PLACEHOLDER: Landscape and Narrative in Virtual Environments*. In: Dodsworth C (ed) Digital Illusion: Entertaining the Future with High Technology. ACM Press, New York, 181-208, 1998.

LAVEN, Simon. *The Simon Laven Page*. Disponível em: <<http://www.simonlaven.com>>. Último acesso: 20/01/11.

LOPES, Luiz Fernando Braga; DAMASCENO, Eduardo Filgueiras; DIAS JUNIOR, José Barbosa. *Aplicação da Técnica de redesenho de Ambientes 3d por meio de Engenharia Semiótica*. 6.WRVA – UNISANTA – Santos – SP. 2009.

LOPES, Luiz Fernando Braga; FARIA, Eustáquio São José; CARDOSO, Alexandre; YAMANAKA, Keiji. *Implementação de Algoritmos Genéticos para Controle de Rotas em Espaços Urbanos em Sistemas de Realidade Aumentada*. III Wra Workshop de Realidade Aumentada, COPPE/UFRJ 2006.

LUGER, George F. *Inteligência Artificial: Estruturas e Estratégias para a Resolução de Problemas Complexos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2004.

MATTOS, Merisandra Côrtes de; SIMÕES, Priscyla Waleska Targino de Azevedo; ANTUNES, Luciano; CECHINEL, Cristian; TRAEBERT JUNIOR, Frank. *Apoio ao diagnóstico de Doenças Exantemáticas Maculopapulosas por meio do Raciocínio Probabilístico*. In: IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2004, Ribeirão Preto, SP.

MONTANER, Miquel; LÓPEZ, B.; de la ROSA, J. L. *A Taxonomy of Recommender Agents on the Internet*. In: Artificial Intelligence Review, Volume 19, Number 4, June 2003, pp. 285-330 (46), Springer Netherlands.

MORVILLE, Peter; ROSENFELD, Louis. *Information Architecture for the World Wide Web*. 3 Ed., Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2006.

NADALUTTI, Daniele; CHITTARO, Luca; BUTTUSSI, Fabio. *Rendering of X3D content on mobile devices with OpenGL ES*. Proceedings: 11 International Conference on 3D Web Technology (Columbia, Maryland, April 18 - 21, 2006). Web3D '06. ACM, New York, NY, 19-26.

NUNAMAKER, JF. *Future research in group support systems: needs, some questions and possible directions*. International Journal of Human-Computer Studies 47(3): 357-385, 1997.

NUNES, Fátima L. S; RODELLO, Ildeberto A; SEMENTILLE, Antonio C.; BREGA, José R. F. *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Kirner & Siscoutto. cp. 7, pg 129-150. 2007. Petrópolis – RJ.

NUNES, M. A. S. N.; DIHL, L. L.; OLIVEIRA, L. C.; WOSZEZENKI, C. R.; FRAGA, L.; FRANCISCO, D. J.; MACHADO, G. J. C.; NOGUEIRA, C. R. D.; NOTARGIACOMO, M. G. C. *Agentes Reativos no Ambiente Virtual de Ensino Inteligente utilizando Java 3D*. In: XXVII Conferencia Latinoamericana de Informática - CLEI, 2001, Mérida-Venezuela.

OCTAGA. *Octaga - bringing enterprise data to life*. 2011. Disponível em: <<http://www.octaga.com>>. Último acesso: 20/01/11.

OLIVEIRA, Fernando L.; BET, Sabrina; OLIVEIRA, Anderson Luiz de; NASSAR, Sílvia Modesto; FAGUNDES, Fabiano. *Modelo de Interfaces Adaptativas Utilizando Redes Bayesianas*. In: V Encontro de Estudantes de Informática do Estado do Tocantins, 2003, Palmas. Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins - Encoinfo, 2003. p. 139-148.

PINHO, Marcio Serolli; KOPPER, Regis; NI, Tao; BOWMAN, Doug. *Design and Evaluation of Navigation Techniques for Multiscale Virtual Environments*. In: IEEE VIRTUAL REALITY 2006, Alexandria. IEEE Virtual Reality. IEEE Computer Society, 2006. p. 24-31.

PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. Wiley; 2 edition, March 23, 2007.

RASKAR, Ramesh; BIMBER, Oliver. *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. Wellesley, Massachusetts: A K Peters, 2005, pp. 369.

REBELO, Irla Bocianoski, BARCIA, Ricardo M., MERINO, Eugenio. LUZ, Rodolfo P. *Evaluation of VR Systems: More Usable Interactions*. IEEE VRIC, Proceedings, Laval, France, 2004, p.241-249

REBELO, Irla Bocianoski. *Proposta de uma Ferramenta de Verificação dos Procedimentos de Interação em Sistemas de Realidade Virtual*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) UFSC, Florianópolis, 2004.

RIBEIRO, Ismênia; GIRARDI, Rosario. *Padrões Arquiteturais e de Projeto para a Modelagem de Usuários baseada em Agentes*. In: Terceira Conferência Latino-americana em Linguagens de Padrões para Programação, 2003, Porto de Galinhas, 2003.

RIZZO, Albert A.; BOWERLY, Todd; BUCKWALTER, Galen J.; SCHULTHEIS, Maria; MATHEIS, Robert; SHAHABI, Cyrus.; NEUMANN, Ulrich; KIM, Laehyun; SHARIFZADEH, Mehdi. *Virtual Environments for the Assessment of Attention and Memory Processes: The Virtual Classroom and Office*. Proceedings: International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technology, Vesaprem, Hungary, September (2002).

SAI. *Scene access interface*. 2011. Disponível em: <<http://www.web3d.org/x3d/specifications/ISO-IEC-19775-2-X3D-SceneAccessInterface>>. Último acesso: 20/01/11.

SANTOS, Cássia Trojahn; OSÓRIO, Fernando Santos. *An Intelligent and Adaptive Virtual Environment and its Application in Distance Learning*. In: Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces, (Gallipoli, Italy, May 25 - 28, 2004). AVI '04. ACM Press, New York, NY, 362-365.

SCHERP, Ansgar. *Software Development Process Model and Methodology for Virtual Laboratories*. Proceedings: 20<sup>th</sup> IASTED International Multi-Conference 'Applied Informatics' (AI 2002), Innsbruck, Austria, February 18-21, 2002.

SCHIMIGUEL, J. *Interface 3D de Aplicações SIG como Espaço de Comunicação*. Dissertação de mestrado, IC. Unicamp, 2002.

SEO, J., KIM, G. J. *Design for Presence: A Structured Approach to Virtual Reality System Design*. In: Teleoperators and Virtual Environments 11, 4 (August 2002), 378-403.

SILVA, P. E. C.; DA SILVA, P. F. P. *Interfaces Adaptativas Aplicadas a Sistemas de Informação - Características Desejáveis*. Revista Abstração. Ano 4. Ed. 2. Florianópolis – SC, Nov. 2007.

SMITH, Shamus P., HARRISON, Michael D. *User centred design and implementation of virtual environments*. In: Journal of Human-Computer Studies 55, 2 (August 2001), 109-114.

SOMMERVILLE, Ian. *Engenharia de Software*. São Paulo: Editora: Addison Wesley, 2007, 8 ed.

STUERZLINGER, W.; CHAPUIS, O.; PHILLIPS, D.; ROUSSEL, N. *User interface façades: towards fully adaptable user interfaces*. Proceedings: 19<sup>th</sup> Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (Montreux, Switzerland, October 15 - 18, 2006). UIST '06. ACM Press, New York, NY, 309-318.

SWIRLX3D. *Pinecoast Software*. Disponível em: <<http://www.pinecoast.com>>. Último acesso: 22/01/11.

TISSIANI, Gabriela; PEREIRA, Alice T. Cybis; RBORNMAMM, Rosana; MIRANDA, Daniela Cristina Souza; MARINHO, José E.; CANTO, Adriana. *Supervirtual: Desenvolvimento do Design de uma Interface em 3D para comércio na Internet*. In: Sigradi 2000 - Cuarto Congreso Internacional sobre media digital en el diseño, 2000, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Anais do IV Congresso Ibero-Americano de Gráfica Digital e CD-ROM. Rio de Janeiro, RJ, Brasil : UFRJ/PROURB, 2000. v. 1. p. 328-333.

TRELLA, Mónica; CARMONA, Cristina; CONEJO, Ricardo. *MEDEA: an Open Service-Based Learning Platform for Developing Intelligent Educational Systems for the Web*. In: Workshop on Adaptive Systems for Web-Based Education: Tools and reusability, 2005, Amsterdam, Holanda.

VIEIRA, Ana Cláudia Helmann; PONTES, Adéle Malta; PALAZZO, Luiz Antônio Moro. *Projetando Interfaces Adaptativas para Comunidades Virtuais de Aprendizado*. In: XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Vl. 5, Florianópolis, 2002, p.383-387.

VIRVOU, Maria; KATSIONIS, George. 2008. *On the usability and likeability of virtual reality games for education: The case of VR-ENGAGE*. Comput. Educ. 50, 1 (January 2008), 154-178.

WEISS, Aaron. *Desktops in 3D*. netWorker Volume 11 Issue 1, March 2007 ACM New York, NY, USA.

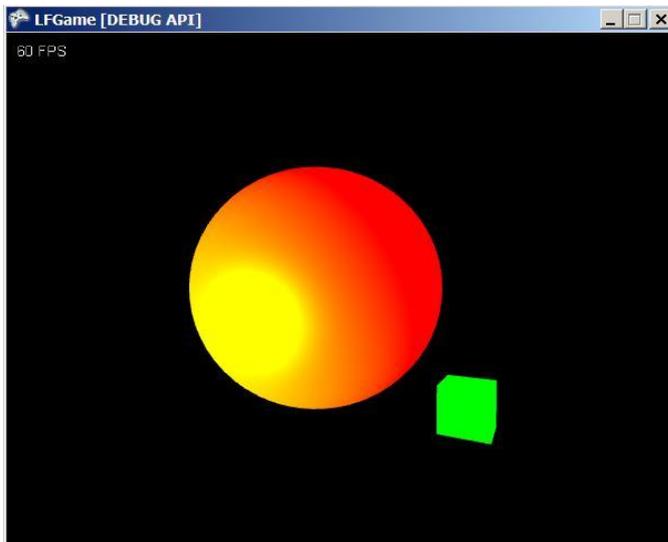
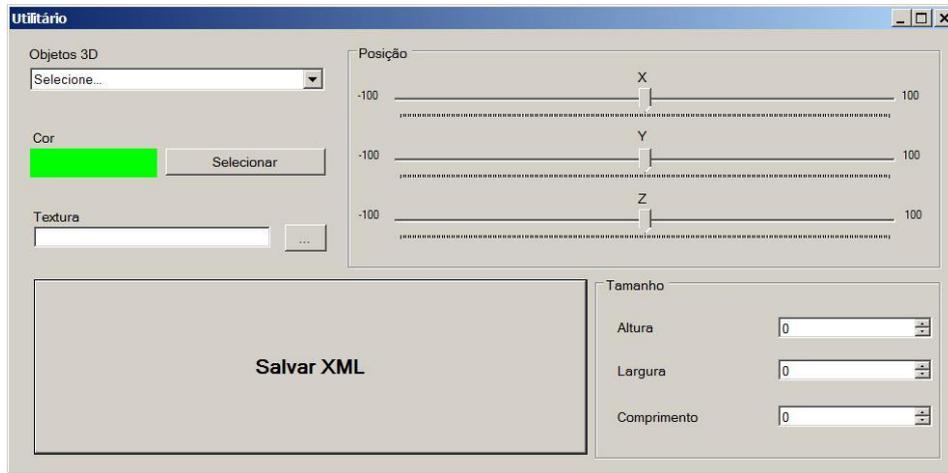
WISKE, Martha Stone; GARDNER, Howard; PERKINS, David; PERRONE, Vito. *Ensino para a Compreensão: A pesquisa na prática*. Porto Alegre: Artmed, 2007.

X3D. *X3D International Specification Standards*. 2011. Disponível em: <<http://www.web3d.org/x3d>>. Último acesso: 20/01/11.

XJ3D. *Java based X3D Toolkit and X3D Browser*. 2011. Disponível em: <<http://www.web3d.org/x3d/xj3d>>. Último acesso: 20/01/11.

## **ANEXOS**

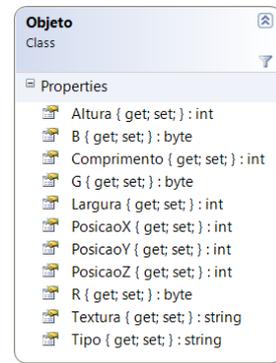
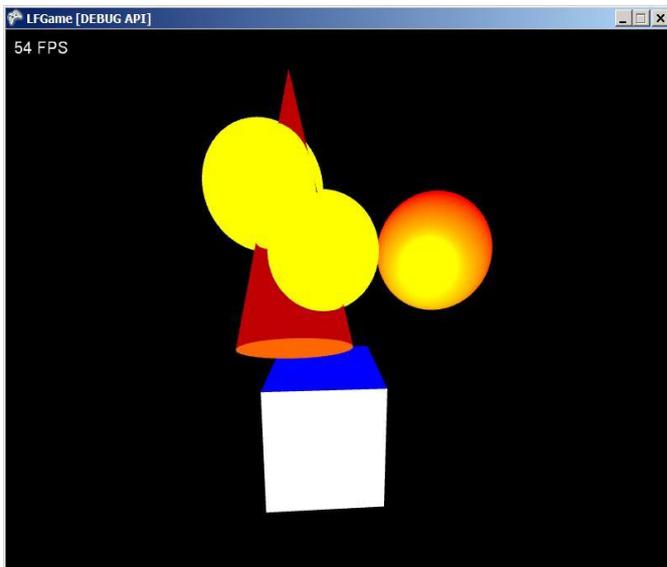
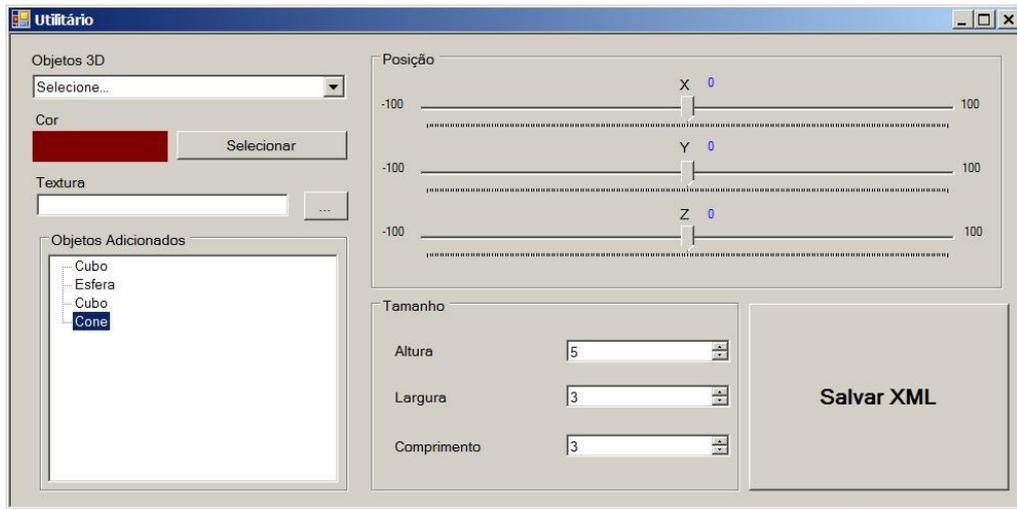
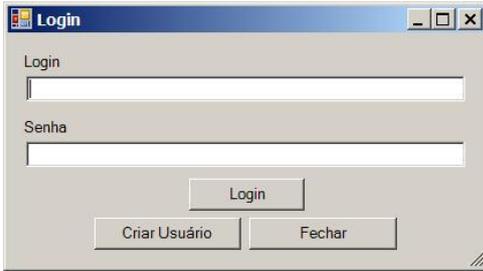
## Anexo A: Amostra de projetos desenvolvidos que nortearam a elaboração da metodologia



```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
- <Objetos>
- <Objeto>
  <Tipo>Cubo</Tipo>
  <Textura />
  <PosicaoX>0</PosicaoX>
  <PosicaoY>0</PosicaoY>
  <PosicaoZ>0</PosicaoZ>
  <Altura>0</Altura>
  <Largura>0</Largura>
  <Comprimento>0</Comprimento>
  <R>0</R>
  <G>255</G>
  <B>0</B>
</Objeto>
- <Objeto>
  <Tipo>Esfera</Tipo>
  <Textura />
  <PosicaoX>0</PosicaoX>
  <PosicaoY>0</PosicaoY>
  <PosicaoZ>0</PosicaoZ>
  <Altura>2</Altura>
  <Largura>2</Largura>
  <Comprimento>2</Comprimento>
  <R>255</R>
  <G>0</G>
  <B>0</B>
</Objeto>
</Objetos>
    
```

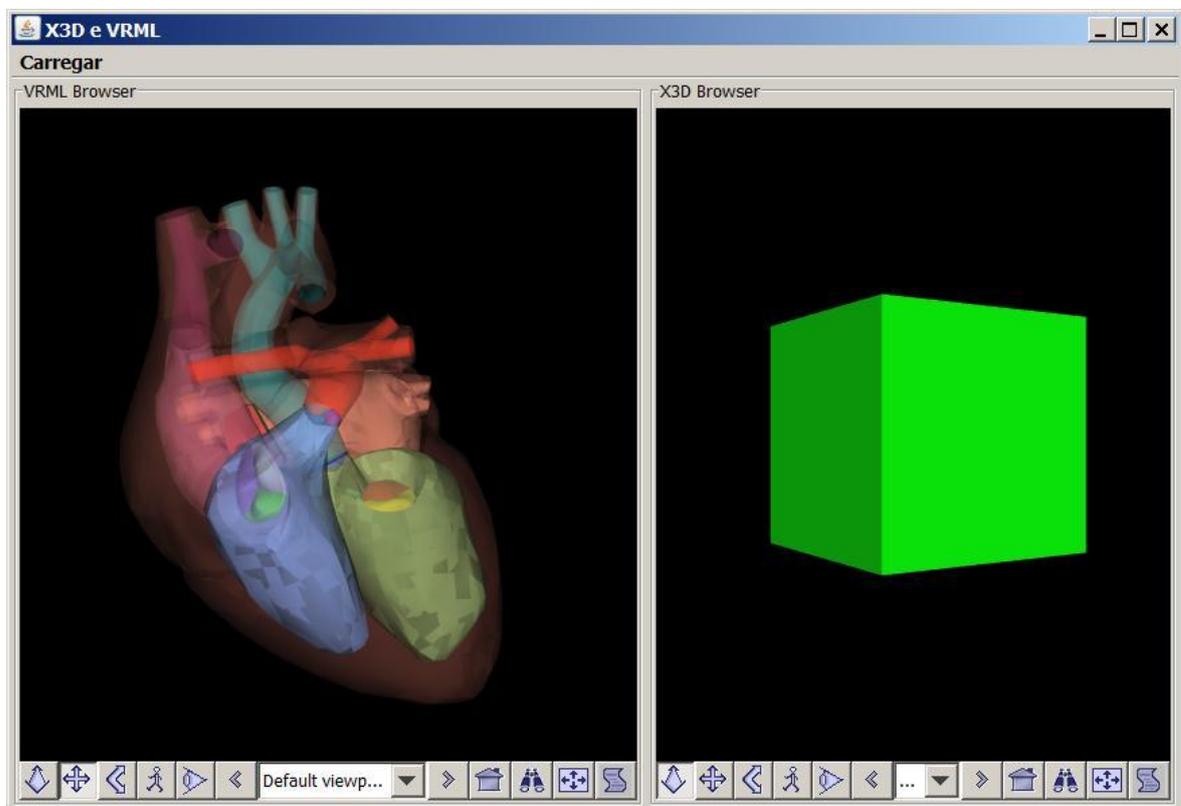
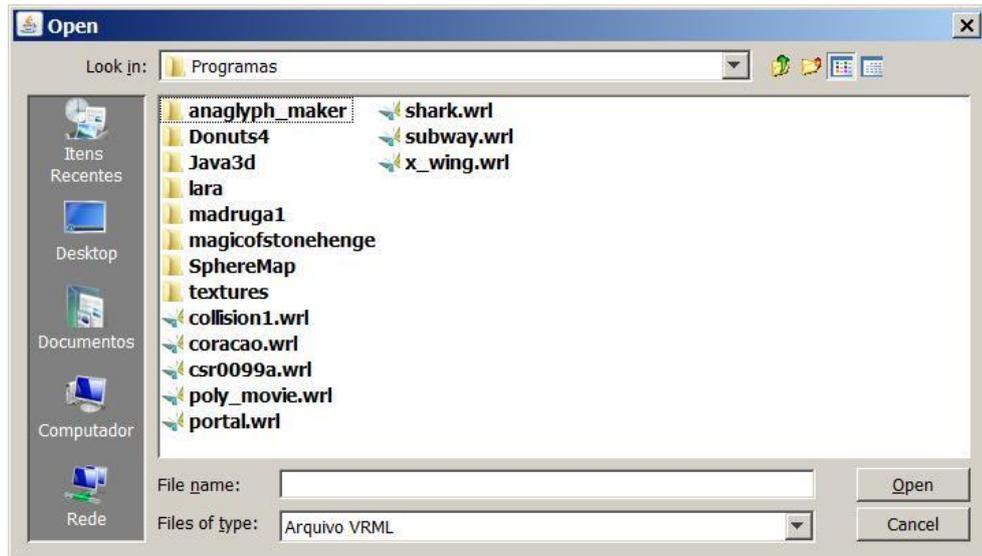
Tecnologias	Controles de Interação
<b>Linguagem C#</b> <b>XNA (Framework Gráfico)</b> <b>XML (Armazena características dos objetos 3D)</b>	Mouse – Controle da Câmera Scroll Mouse – Avançar e recuar Teclas A,D – Direita, esquerda Teclas W,S – Cima, baixo
<b>Objetivo do Protótipo</b>	Remodelagem em Tempo Real usando XML Taxa de Quadros por Segundo (FPS)



```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<Usuarios>
  <Usuario>
    <Nome>teste</Nome>
    <Login>teste</Login>
    <Senha>teste</Senha>
  </Usuario>
</Usuarios>
    
```

Tecnologias	Controles de Interação
Linguagem C# XNA (Framework Gráfico) XML (Armazena características dos objetos 3D)	Mouse – Controle da Câmera Scroll Mouse – Avançar e recuar Teclas A,D – Direita, esquerda Teclas W,S – Cima, baixo
<b>Objetivo do Protótipo</b>	Remodelagem em Tempo Real usando XML Controle de Acesso (Usuário) Adição de Primitivas (Manipulação de múltiplos objetos incluso na Cena)



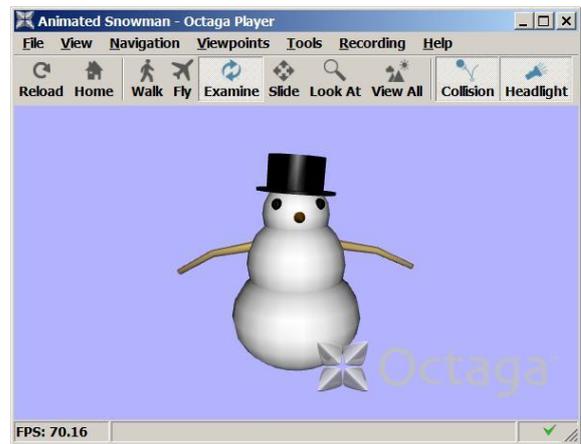
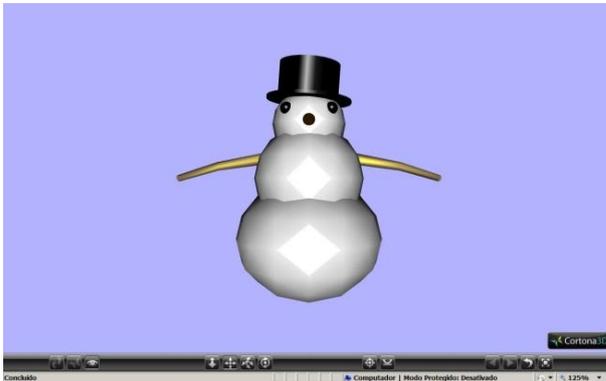
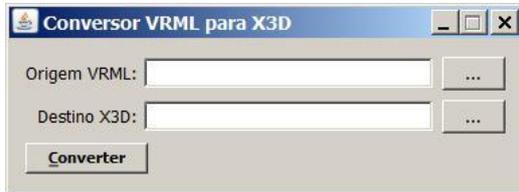
### Tecnologias

Linguagem Java  
 Xj3D (Api Gráfica)  
 VRML e X3D (Objetos 3D)  
 NetBeans e Eclipse (Editores)  
 Objetivo do Protótipo

### Controles de Interação

Mouse – Controle da Câmera  
 Controle de Navegação via Browser Nativo

Demonstrar a potencialidade da tecnologia Xj3D em carregar (administrar) tanto objetos no formato WRL, quanto X3D.  
 VRML – Precisa da inclusão na primeira linha do código:  
 PROFILE Immersive



## Tecnologias

## Controles de Interação

Linguagem Java

Botões e Janelas de Seleção

Xj3D (Api Gráfica)

X3D e VRML (Objetos 3D)

NetBeans (Editor)

Objetivo do Protótipo

Utiliza recursos nativos da Api Xj3D (Classe CDFFilter)

Garantir que o professor não se preocupe com o formato do arquivo.

**Adiciona o profile immersive automaticamente (Show!!!)**

```

package lfbraga;

import java.io.File;
import xj3d.filter.CDFFilter;

public class Converter {
    private CDFFilter filter = new CDFFilter();

    public void converter(File vrmlInput, File x3dOutput) throws Exception {
        filter.filter(new String[]{"Identity"}, vrmlInput, x3dOutput.getAbsolutePath(), new
String[0]);
    }
}

```

O método filter da classe CDFFilter declara 4 parâmetros, nessa ordem:

1) (array de String): 1 ou mais nomes de filtros que serão utilizados na conversão. Algumas opções são:

1.1) "Identity": Realiza a conversão sem alterar o arquivo de entrada

1.2) "Material": Search for Appearance nodes which do not specify a Material node, and add material Material { diffuseColor 0.8 0.8 0.8 }

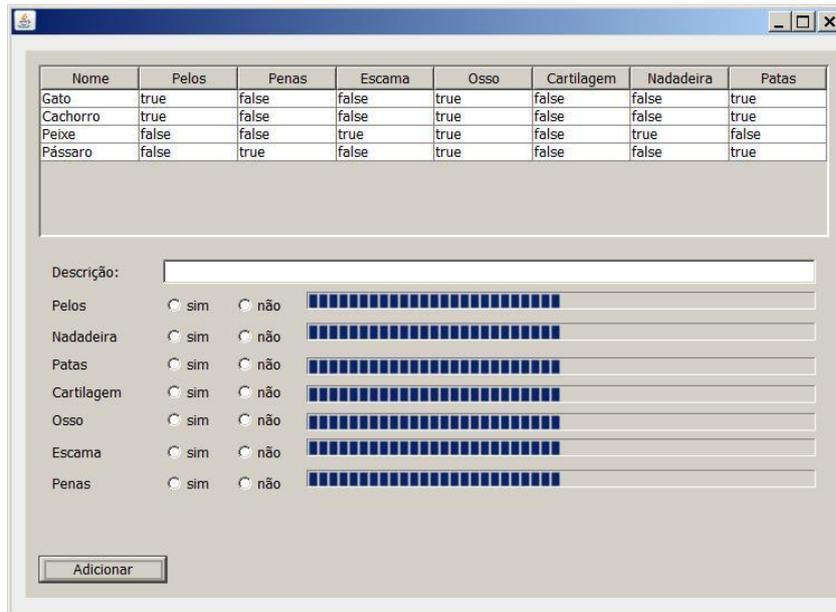
to those nodes.

2) (objeto File): Arquivo VRML de entrada

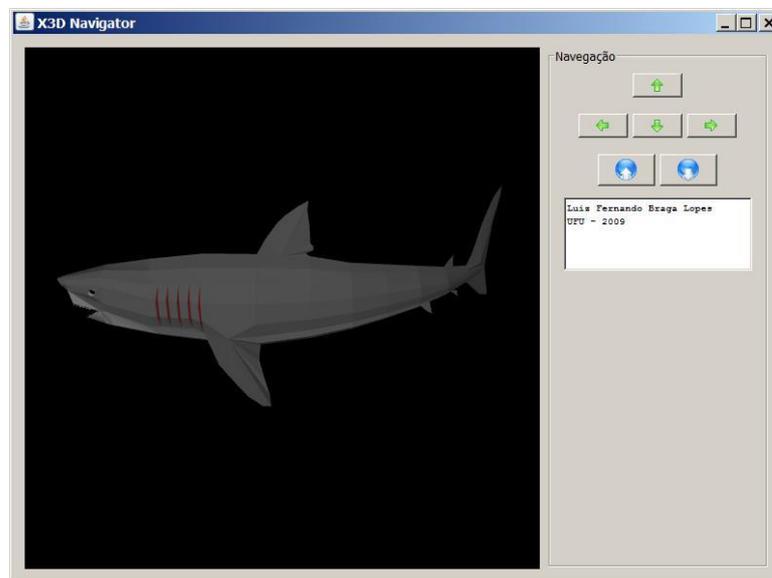
3) (String): Nome (caminho completo – getAbsolutePath()) do arquivo de saída

4) (array de String): Parâmetros que podem ser passados para o filtro escolhido em (1). Não é permitido passar null, por isso o array vazio (new String[0]) nos casos do filtro não requerer parâmetros adicionais (que é o caso do Identity). O filtro Material, por exemplo, poderia receber o parâmetro "-diffuse a b c". Logo, a chamada ficaria:

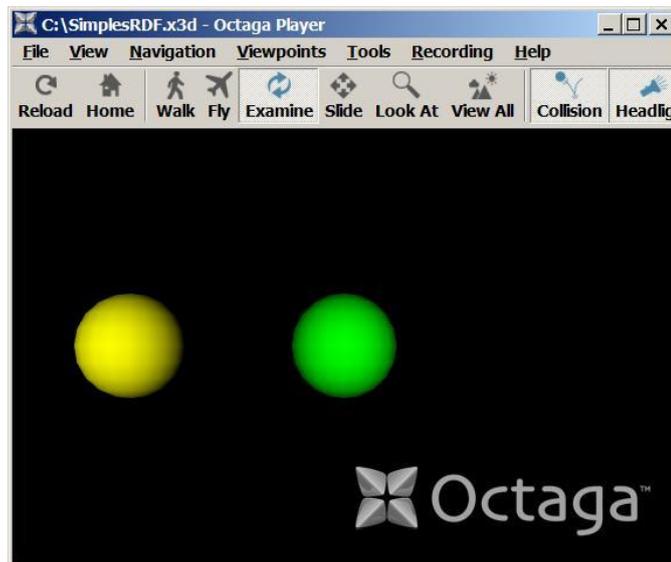
```
filter.filter(new String[]{"Material"}, vrmlInput, output, new String[]{"-diffuse", "a", "b", "c"});
```



Tecnologias	Controles de Interação
<b>Linguagem Java</b> <b>NetBeans e Eclipse (Editores)</b> <b>Objetivo do Protótipo</b>	<b>Objetos de Seleção (Radio Buttons)</b> Protótipo incompleto (inicial / em desenvolvimento) para aprendizagem de uma Rede Bayesiana. O objetivo é demonstrar no final a probabilidade de um animal aproximar as características com outro animal cadastrado na tabela.



Tecnologias	Controles de Interação
<b>Linguagem Java</b> <b>Xj3D (Api Gráfica)</b> <b>X3D (Objetos 3D)</b> <b>NetBeans (Editor)</b> <b>Objetivo do Protótipo</b>	<b>Botões para navegação na Cena</b> Investigação das classes relacionadas ao SAIBrowser em busca de métodos de navegação. É possível navegar com o mouse e botões na cena X3D/VRML.



```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<X3D>
<rdf:RDF>
<rdf:Description>
<lf:Atividade>Interagir com uma Cena</lf:Atividade>
<dc:Professor>MestreX</dc:Professor>
<dc:Objetivos>Validar a Interação</dc:Objetivos>
<dc>Data>Julho</dc>Data>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

<Scene>
<Transform translation='0 0 0' >
  <Shape>
    <Appearance>
      <Material DEF='material' diffuseColor='0 1 0'/>
    </Appearance>

<rdf:RDF>
<rdf:Description>
<dc:Objeto3D_1>Esfera1</dc:Objeto3D_1>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

    <Sphere/>
  </Shape>
</Transform>

<Transform translation='-4 0 0' >
  <Shape>
    <Appearance>
      <Material DEF='material' diffuseColor='1 1 0'/>
    </Appearance>

<rdf:RDF>
<rdf:Description>
<dc:Objeto3D_2>Esfera2</dc:Objeto3D_2>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

    <Sphere/>
  </Shape>
</Transform>

</Scene>
</X3D>

```

RDF - Resource Description Framework  
 WebSemântica  
 Vocabulários - recursos e seus significados  
 Ligação entre sentenças  
 Descrição e intercâmbio de metadados

#### Injetar no X3D um RDF

Abrir a tela de Login

Criar Usuário

Gravar o usuário (identificação) dentro do  
 X3D em um RDF

Marcar o tempo de duração no RDF

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
- <Geral.xml>
- <config.xml>
  <!-- configuração do sistema -->
  - <critérios>
    <tempoInatividade>10</tempoInatividade>
    <!-- tempo máximo de inatividade -->
    <numeroDeVezezHelp>5</numeroDeVezezHelp>
    <!-- quantidade máxima de vezes que o help foi acessado -->
    <tempoDeMudançaTela>5</tempoDeMudançaTela>
    <!-- tempo que o usuário pode permanecer em uma tela -->
    <numeroDeMudançasDeTela>4</numeroDeMudançasDeTela>
    <!-- qual o ideal de modificação -->
  </critérios>
</config.xml>
- <user.xml>
  <dataUltimoAcesso>20/12/2009</dataUltimoAcesso>
  <horaUltimoAcesso>09:57:30</horaUltimoAcesso>
  <login>luiz</login>
  <password>1</password>
</user.xml>
- <atividadeIncial.xml>
  <!-- informações sobre a atividade inicial (Objetivos) -->
  <atividade>Nome do Arquivo</atividade>
  <!-- aguardo as respostas corretas -->
  <saidasConhecidas>Concluir as Tarefas Através de Interações</saidasConhecidas>
</atividadeIncial.xml>
- <atividadeConcluida.xml>
  <!-- Log de Conclusão -->
  <!-- parâmetros para avaliação -->
  <quantidadeProgramasAbertos>0</quantidadeProgramasAbertos>
  <duracaoAtividade>00:00:36</duracaoAtividade>
  <duracaoUltimoAcesso>00:00:27</duracaoUltimoAcesso>
  <quantidadeRestart>0</quantidadeRestart>
  <roteiroDeTelas>passou por 3 telas</roteiroDeTelas>
  <!-- aguardo as respostas -->
  <concluiuAtividade>Parcial</concluiuAtividade>
  <repetiçãoDaAtividade>3</repetiçãoDaAtividade>
  <ocorrenciaErros>Sim</ocorrenciaErros>
</atividadeConcluida.xml>
</Geral.xml>

```

## Tecnologias

## Objetivos

**XML**

Arquivo responsável por fornecer as informações (critérios) iniciais para a avaliação de uma atividade.

**Anexo B: Questionários sobre avaliação da metodologia**  
**Termo de Consentimento entre Instituições**



UFU – Universidade Federal de Uberlândia  
 Faculdade de Engenharia Elétrica  
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica



CESUMAR – Centro Universitário de Maringá

Eu, **Flávio Bortolozzi, Pró-reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão pelo CESUMAR – Centro universitário de Maringá**, declaro que o acadêmico Luiz Fernando Braga Lopes, está autorizado a realizar nesta Instituição a avaliação do projeto de pesquisa intitulado: ARQUITETURA PARA O DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES VIRTUAIS ADAPTATIVOS ASSISTENTE DE ENSINO, sob a responsabilidade do professor Orientador Dr. Alexandre Cardoso, cujo objetivo geral é fornecer um ambiente favorável ao desenvolvimento de abordagens educacionais específicas, através da geração de contextos individualizados.

Sob a supervisão do professor Orientador, ressalto que estou ciente de que serão garantidos os seguintes termos:

- 1) A confidencialidade, o anonimato e a não utilização das informações em prejuízo dos outros;**
- 2) Não haverá riscos para o sujeito de pesquisa; e**
- 3) Os dados serão empregados somente para fins previstos nesta pesquisa.**

---

Flávio Bortolozzi  
 Pró-reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão

---

Alexandre Cardoso  
 Professor Orientador

---

Luiz Fernando Braga Lopes  
 Acadêmico Pesquisador

Alexandre Cardoso, Dr.  
 Engenheiro Eletricista  
 Professor Universitário

Professor Adjunto – Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
 Contato: Faculdade de Engenharia Elétrica - FEELT (da Computação)  
 Av. João Naves de Ávila, 2121  
 Campus Santa Mônica - Universidade Federal de Uberlândia  
 CEP 38400-902 - Uberlândia MG - Brasil - Fone (sala coordenação): (34) 3239-4706  
 Fax: (34) 3239-4704 - email: alexandre@ufu.br

## **Termo de Consentimento para Realização de Pesquisa**

**Prezado(a) Acadêmico(a)**

O objetivo da sua participação nesta pesquisa é promover um estudo que permita verificar se o processo de avaliação proposto foi capaz de identificar problemas de usabilidade e comunicabilidade em interfaces. Com os resultados apresentados, será possível propor recomendações para a melhoria da interface de interações.

Por essas razões, solicitamos seu consentimento para a realização da referida entrevista, bem como para a gravação do vídeo ou capturas de imagens. Para tanto, é importante que você tenha algumas informações adicionais:

- a) Os dados coletados durante o estudo destinam-se estritamente a atividades de pesquisa e desenvolvimento;
- b) A divulgação dos resultados provenientes do estudo pauta-se no respeito a sua privacidade. O anonimato é preservado em quaisquer documentos que venham a ser elaborados; e
- c) O consentimento para sua participação neste estudo é uma escolha livre, feita mediante a prestação de todos os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa realizada. Portanto, você tem toda a liberdade para interromper sua participação no momento em que desejar.

De posse das informações acima, gostaríamos que você se pronunciasse acerca da realização do estudo apresentado:

**Dou meu consentimento para sua realização.**

**Não autorizo sua realização.**

Tenho pleno entendimento de que minha identidade permanecerá anônima. Estou ciente de que os dados acima serão usados somente para uso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, pela UFU - Universidade Federal de Uberlândia. Autorizo, ainda, que os dados obtidos sejam usados para os fins da pesquisa.

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_ / \_\_ / 2010

## Documento de Orientação

### Prezado(a) Acadêmico(a)

*Visando o aprimoramento do processo ensino-aprendizagem, através de uma arquitetura projetada para contribuir com um modelo pedagógico individualizado, estamos fazendo testes de usabilidade para verificar a adequação deste projeto às necessidades e expectativas de seus usuários. O(a) senhor(a) foi selecionado a partir de um levantamento feito previamente, relativo ao perfil de usuário de nosso sistema, de modo que acreditamos que a sua colaboração será de extrema valia para nossa pesquisa.*

*Para o teste de usabilidade da interface, você receberá algumas tarefas para serem executadas através do sistema. As tarefas serão passadas sequencialmente, ou seja, uma após o término da outra. Antes e depois da execução das tarefas, será entregue um questionário a ser respondido. Durante a execução de cada tarefa, o observador coletará alguns dados que também servirão de auxílio em nossa pesquisa.*

*É possível que existam dúvidas ou dificuldades na execução das tarefas propostas. Caso isso ocorra, o observador não poderá responder a eventuais dúvidas durante a execução do teste. Tentar superar os eventuais problemas faz parte de qualquer teste de usabilidade e, por essa razão, durante a execução do mesmo, o observador não poderá lhe dirigir a palavra.*

*Gostaríamos de lembrá-lo que nosso objeto de estudo é avaliar o sistema e não o usuário. De modo que se, a qualquer momento, houver interesse da sua parte por desistir da execução de uma tarefa, ou ainda desistir de todo teste, sua opção será respeitada e seus dados (parciais ou totais) serão desconsiderados de nosso estudo.*

*Agradecemos por sua colaboração, sua ajuda é muito importante para nós.*



**9. Suponha que será implantado um novo sistema para fins educacionais na instituição onde você estuda, quanto do seu tempo você disponibilizaria para aprender a usar este sistema?**

- O tempo que fosse necessário
- Pouco tempo, pois minha rotina diária não permite
- Gostaria que não fosse preciso passar por um treinamento

**10. Na sua visão acadêmica, que características uma ferramenta que provê um suporte ao ensino deve agregar para oferecer uma tarefa que promova o aprendizado de forma eficiente. Enumere as características de acordo com a importância (escala de 1 - 8).**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Facilidade de uso (intuitivo, ilustra claramente o que se pode fazer)                              | <input type="checkbox"/> Módulo de ajuda prático, eficaz   |
| <input type="checkbox"/> Fácil de aprender (pouco ou nenhum treinamento)  | <input type="checkbox"/> Módulo de segurança (autenticação do usuário)                             |
| <input type="checkbox"/> Fácil de lembrar como usar (após um tempo sem utilizá-lo, você é capaz de voltar a usar sem ajuda) | <input type="checkbox"/> Diálogos de confirmação (confirmar para o usuário a execução da sua ação) |
| <input type="checkbox"/> Simplicidade visual (cores, fontes, ícones bem visíveis)   | <input type="checkbox"/> Rapidez e Robustez (minimizar operações através de atalhos, digitação)    |

### **b) Características de Tecnologias empregadas em Ambientes Virtuais**

Entende-se por uma tarefa digital, a interação que o usuário pode realizar para alcançar objetivos explorando um ambiente virtual por meio da navegação, seleção e manipulação de objetos. A navegação depende, por exemplo, da identificação do tipo de deslocamento e procedimento para controle da cena. Na seleção, são analisadas características de identificação e indicação do objeto. Na manipulação, são considerados aspectos sobre o estado do objeto.

**1) Qual o seu nível de conhecimento sobre Realidade Virtual ?**

- Sei o que significa e já participei de atividades que envolveram tecnologias de Realidade Virtual
- Sei o que significa, porém, nunca participei de atividades que envolveram tecnologias de Realidade Virtual
- Não sei o que é Realidade Virtual

**2) Já realizou ou participou de algum tipo de atividade que envolvesse linhas de pesquisa como Computação Gráfica ou outro meio multimídia ?**

- Atualmente, por meio de filmes e animações (flash) em páginas Web
- Programas de modelagem ou representação visuais como CorelDraw ou PhotoShop
- Tenho conhecimento ou já ouvi comentários sobre OpenGL ou outras APIs gráficas

**3) Avalie sua experiência a respeito da interação tridimensional (3D), como, por exemplo, jogos em terceira pessoa.**

- Nenhuma Experiência
- Já acompanhei e participei de algumas demonstrações
- Tenho informação sobre o assunto

**4) Sobre os termos abaixo, escolha a opção em que o significado é conhecido:**

- X3D / VRML  
 Avatar  
 Anaglifos / Estereoscopia  
 Realidade Aumentada / ArtoolKit  
 Inteligência Artificial / Redes Neurais / Algoritmos Genéticos / Redes Bayesianas  
 Tenho conhecimento de uma pequena parcela dos termos citados  
 Desconheço os significados das palavras

**c) Usabilidade do sistema, Aspectos Ergonômicos****1) Sobre a interface inicialmente apresentada:**

Critérios	Opções
Tempo de aprendizagem da interface	<input type="checkbox"/> <b>Requer muito tempo</b> <input type="checkbox"/> <b>Requer pouco tempo</b>
É imprescindível a simplicidade de informações dispostas na interface	<input type="checkbox"/> <b>Concordo veementemente</b> <input type="checkbox"/> <b>Discordo veementemente</b> <input type="checkbox"/> <b>Indeciso</b>
A apresentação dos componentes atraiu ou conseguiu manter sua atenção?	<input type="checkbox"/> <b>Sim</b> <input type="checkbox"/> <b>Não</b> <input type="checkbox"/> <b>Deixa a desejar</b>
As mensagens (nomes dos botões, alertas, teclas de atalho) do sistema o auxiliaram de forma adequada?	<input type="checkbox"/> <b>Sim, claramente</b> <input type="checkbox"/> <b>Não, estiveram dispersas</b>

**2) Seguidamente, avalie a segunda interface, sob os mesmos parâmetros:**

Critérios	Opções
Tempo de aprendizagem da interface	<input type="checkbox"/> <b>Requer muito tempo</b> <input type="checkbox"/> <b>Requer pouco tempo</b>
É imprescindível a simplicidade de informações dispostas na interface	<input type="checkbox"/> <b>Concordo veementemente</b> <input type="checkbox"/> <b>Discordo veementemente</b> <input type="checkbox"/> <b>Indeciso</b>
A apresentação dos componentes atraiu ou conseguiu manter sua atenção?	<input type="checkbox"/> <b>Sim</b> <input type="checkbox"/> <b>Não</b> <input type="checkbox"/> <b>Deixa a desejar</b>
As mensagens (nomes dos botões, alertas, teclas de atalho) do sistema o auxiliaram de forma adequada?	<input type="checkbox"/> <b>Sim, claramente</b> <input type="checkbox"/> <b>Não, estiveram dispersas</b>

**3) Caso deseje colaborar com mais alguma informação, idéia ou crítica, por favor, utilize este espaço.**

**d) Usabilidade do sistema, Navegação**

**1) Sobre a interface inicialmente apresentada:**

Critérios	Opções
Como você avalia a forma de navegação com o ambiente?	<input type="checkbox"/> Fácil <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Difícil
A navegação neste sistema é uma atividade:	<input type="checkbox"/> Muito difícil <input type="checkbox"/> Difícil Fácil <input type="checkbox"/> Muito Fácil
A navegação é intuitiva (forneceu ferramentas de orientação satisfatória)?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Raramente
É agradável navegar no sistema?	<input type="checkbox"/> Fácil <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Difícil

**2) Seguidamente, avalie a segunda interface, sob os mesmos parâmetros:**

Critérios	Opções
Como você avalia a forma de navegação com o ambiente?	<input type="checkbox"/> Fácil <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Difícil
A navegação neste sistema é uma atividade:	<input type="checkbox"/> Muito difícil <input type="checkbox"/> Difícil Fácil <input type="checkbox"/> Muito Fácil
A navegação é intuitiva (forneceu ferramentas de orientação satisfatória)?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Raramente
É agradável navegar no sistema?	<input type="checkbox"/> Fácil <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Difícil

**3) Caso deseje colaborar com mais alguma informação, idéia ou crítica, por favor, utilize este espaço.**

**e) Usabilidade do sistema, Seleção**

**1) Sobre a interface inicialmente apresentada:**

Critérios	Opções
É gratificante selecionar os objetos no sistema?	<input type="checkbox"/> Sim, os objetos estavam bem dispostos <input type="checkbox"/> Parcialmente, precisei do auxílio nos controles de localização <input type="checkbox"/> Não encontrei recursos que me apontassem ao meu destino
As informações ou ajudas fornecidas são suficientes para identificar um objeto virtual?	<input type="checkbox"/> Sim, pois a interface oferece suporte para identificação dos objetos <input type="checkbox"/> Há dificuldade em relação ao conhecimento espacial oferecido <input type="checkbox"/> Não, a tarefa foi realizada parcialmente ou descartada
O sistema lhe proporcionou um retorno perceptível de todas suas ações?	<input type="checkbox"/> Sim, fácil compreensão e uso <input type="checkbox"/> Não, necessita de ajustes entre as tarefas

	<p>tornando a interação mais produtiva</p> <p><input type="checkbox"/> Tive problemas com o deslocamento dentro do ambiente</p>
Os aspectos visuais facilitam a identificação da direção do deslocamento?	<p><input type="checkbox"/> Não houve indicações de direção do movimento</p> <p><input type="checkbox"/> O sistema ofereceu alguma indicação da direção</p> <p><input type="checkbox"/> Foram apresentados componentes de apoio, como comandos de “desfazer” ações já realizadas</p>

**2) Seguidamente, avalie a segunda interface, sob os mesmos parâmetros:**

<b>Crítérios</b>	<b>Opções</b>
É gratificante selecionar os objetos no sistema?	<p><input type="checkbox"/> Sim, os objetos estavam bem dispostos</p> <p><input type="checkbox"/> Parcialmente, precisei do auxílio nos controles de localização</p> <p><input type="checkbox"/> Não encontrei recursos que me apontassem ao meu destino</p>
As informações ou ajudas fornecidas são suficientes para identificar um objeto virtual?	<p><input type="checkbox"/> Sim, pois a interface oferece suporte para identificação dos objetos</p> <p><input type="checkbox"/> Há dificuldade em relação ao conhecimento espacial oferecido</p> <p><input type="checkbox"/> Não, a tarefa foi realizada parcialmente ou descartada</p>
O sistema lhe proporcionou um retorno perceptível de todas suas ações?	<p><input type="checkbox"/> Sim, fácil compreensão e uso</p> <p><input type="checkbox"/> Não, necessita de ajustes entre as tarefas tornando a interação mais produtiva</p> <p><input type="checkbox"/> Tive problemas com o deslocamento dentro do ambiente</p>
Os aspectos visuais facilitam a identificação da direção do deslocamento?	<p><input type="checkbox"/> Não houve indicações de direção do movimento</p> <p><input type="checkbox"/> O sistema ofereceu alguma indicação da direção</p> <p><input type="checkbox"/> Foram apresentados componentes de apoio, como comandos de “desfazer” ações já realizadas</p>

**3) Caso deseje colaborar com mais alguma informação, ideia ou crítica, por favor, utilize este espaço.**

### **f) Usabilidade do sistema, Manipulação**

#### **1) Sobre a interface inicialmente apresentada:**

<b>Critérios</b>	<b>Opções</b>
Você considera que o seu nível de conhecimento sobre computadores e sistemas foi suficiente para interagir com o aplicativo?	<input type="checkbox"/> <b>Sim</b> <input type="checkbox"/> <b>Razoavelmente, com algumas dificuldades</b> <input type="checkbox"/> <b>Tive muitas dúvidas</b>
Os elementos demonstram comportamento estável (estáticos)?	<input type="checkbox"/> <b>Sim</b> <input type="checkbox"/> <b>Não</b> <input type="checkbox"/> <b>Fiquei impressionado com as alterações</b>
É cansativo? Tendo em foco os comandos.	<input type="checkbox"/> <b>Sim</b> <input type="checkbox"/> <b>Fiquei confuso ou desorientado</b> <input type="checkbox"/> <b>Não entendi claramente as funções</b>
Por se caracterizar com uma inovação interativa, como você define o processo de desempenho de atividades nesta interface?	<input type="checkbox"/> <b>Simplemente, completamente nova</b> <input type="checkbox"/> <b>Parcialmente, consegui instintivamente</b> <input type="checkbox"/> <b>Não me senti confortável com esse modelo</b>

#### **2) Seguidamente, avalie a segunda interface, sob os mesmos parâmetros:**

<b>Critérios</b>	<b>Opções</b>
Você considera que o seu nível de conhecimento sobre computadores e sistemas foi suficiente para interagir com o aplicativo?	<input type="checkbox"/> <b>Sim</b> <input type="checkbox"/> <b>Razoavelmente, com algumas dificuldades</b> <input type="checkbox"/> <b>Tive muitas dúvidas</b>
Os elementos demonstram comportamento estável (estáticos)?	<input type="checkbox"/> <b>Sim</b> <input type="checkbox"/> <b>Não</b> <input type="checkbox"/> <b>Fiquei impressionado com as alterações</b>
É cansativo? Tendo em foco os comandos.	<input type="checkbox"/> <b>Sim</b> <input type="checkbox"/> <b>Fiquei confuso ou desorientado</b> <input type="checkbox"/> <b>Não entendi claramente as funções</b>
Por se caracterizar com uma inovação interativa, como você define o processo de desempenho de atividades nesta interface?	<input type="checkbox"/> <b>Simplemente, completamente nova</b> <input type="checkbox"/> <b>Parcialmente, consegui instintivamente</b> <input type="checkbox"/> <b>Não me senti confortável com esse modelo</b>

#### **3) Caso deseje colaborar com mais alguma informação, idéia ou crítica, por favor, utilize este espaço.**

**g) Questões Abertas e Comentários**

**1) O que você achou do processo como um todo?**

**2) Quais as ocorrências que você considerou importantes? Houve alguma que você achou desnecessária (que poderia ser retirada ou modificada)? Qual e Por quê? Havendo algum valor que você quisesse acrescentar ao processo, nos indique.**

**3) Que outros comentários você poderia fazer a respeito da sua participação no projeto?**

## Anexo C: Desenvolvimento de projetos na instituição e exposição em eventos


English Japanese Español

[Contatos](#) | [WebMail](#) | [Campus](#) | [Missão](#) | [Currículos](#) | [RUC](#)

[Home](#) | [Ambiente Online](#)

# Assessoria de Imprensa

Bloco 6 - 1º andar - ramal 140

[Entre em contato](#)

Busca de Notícias

27/04/2010

### Equipe do Cesumar desenvolve tecnologia interativa

Assessoria de Imprensa Cesumar  
[@ fale com a assessoria de imprensa](#)



#### Tecnologia

O professor Luiz Fernando Braga Lopes vem desenvolvendo pesquisas para criar a tecnologia que vai servir para o museu interativo do Cesumar. Ele desenvolve o trabalho junto com doze alunos da área de informática e expôs os primeiros resultados na semana passada.

