

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Fernando Napoleão Fracaroli

***UM ESTUDO DE PERCEPÇÃO EM AMBIENTE SIMULADO COM
REALIDADE VIRTUAL EXPLORATÓRIA***

Campinas
2006

Fernando Napoleão Fracaroli

***UM ESTUDO DE PERCEPÇÃO EM AMBIENTE SIMULADO COM
REALIDADE VIRTUAL EXPLORATÓRIA***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Orientador: Prof. Dr. Regina Coeli Ruschel

Campinas
2006

Fernando Napoleão Fracacaroli

**UM ESTUDO DE PERCEPÇÃO EM AMBIENTE SIMULADO COM
REALIDADE VIRTUAL EXPLORATÓRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Banca Examinadora, constituída por:



Dra. Regina Coeli Ruschel
Presidente e Orientador – FEC/UNICAMP



Dra. Doris C.C.K. Kowaltowski
FEC/UNICAMP



Dra. Wu ShinTing
FEEC/UNICAMP

Dedicatória

À professora Regina por ter acreditado em mim.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

F117e Fracaroli, Fernando
Um estudo de percepção em ambiente simulado com realidade virtual exploratória / Fernando Fracaroli. -- Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: Regina Coeli Ruschel.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Realidade virtual. 2. Percepção. 3. Projeto arquitetônico. 4. Projetos - Avaliação. 5. Simulação por computador. I. Ruschel, Regina Coeli. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: A study of perception in simulated environment with exploratory virtual reality

Palavras-chave em Inglês: Virtual reality, Perception, Architectural design, Project evaluation, Simulation computer

Área de concentração: Edificações

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Doris Catharine Cornelie Knatz Kowaltowski, Wu Shin-Ting

Data da defesa: 23-02-2006

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

RESUMO

FRACAROLI, F. **Um estudo de percepção em ambiente simulado com realidade virtual exploratória**. 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Como se dá a percepção da realidade virtual pelas pessoas e como utilizá-la para fazer uma avaliação de um ambiente em fase de projeto? Esta é a questão que norteou a realização desta pesquisa. Um trabalho anterior verificou que questões subjetivas (com escala de valores de eficiência como respostas) são pouco eficientes para avaliar a percepção do usuário em um ambiente simulado por meio de realidade virtual passiva quando comparadas a questões objetivas (com respostas específicas do tipo sim, não ou lista de checagem). Entretanto são respostas às questões com escalas de valores que mais dão retorno ao projetista sobre a opinião do usuário em relação ao projeto. Acreditava-se que a manutenção da percepção entre ambiente simulado e protótipo medida por questões subjetivas seria melhorada se associada à experimentação livre de um ambiente simulado por realidade virtual exploratória, situação esta não possível com realidade virtual passiva. De acordo com este raciocínio foi realizado um experimento durante o evento UNICAMP de Portas Abertas (UPA) em 2005 para avaliar se a realidade virtual exploratória implementada pelos softwares QuicktimeVr e Quest3d auxiliariam o usuário e o projetista na compreensão do projeto arquitetônico e se haveria alguma diferença na manutenção de percepção entre os ambientes virtuais proporcionados por cada um destes aplicativos. O experimento comparou a percepção dos participantes do UPA 2005 entre ambiente simulado e protótipo. O ambiente estudado foi composto por mesa de estudo/trabalho, espaço para cadeira e armário. As questões utilizadas para avaliar a percepção relacionavam-se ao espaço/conforto para abrir a porta do armário e espaço/conforto para circular entre mesa e armário. O participante experimentava primeiramente o espaço simulado e respondia as questões e em seguida experimentava o protótipo respondendo mais uma vez as mesmas questões. A manutenção de percepção é calculada comparando as respostas entre questões idênticas sobre o ambiente simulado e o protótipo. Concluiu-se que a não imersão ou imersão mínima (ou menos interação e maior interação) oferecida nas implementações de realidade virtual com QuicktimeVr e Quest3d respectivamente, para a amostra analisada, influenciam de forma diversa e sem padrão na manutenção de percepção do usuário. Observou-se, diferentemente do esperado, com realidade virtual exploratória uma manutenção de percepção menor do que aquela apresentada por pesquisa desenvolvida com realidade virtual passiva. Verificou-se que os filtros de percepção influenciam de forma diversa na manutenção de percepção dependendo da questão sendo avaliada e do recurso de RV. Outra constatação é sobre a influência da escala de valores adotada para questões subjetivas no cálculo da manutenção de percepção, indicado extremo cuidado no desenvolvimento de um questionário para tal propósito.

Palavras-chave: realidade virtual, percepção, projeto arquitetônico, avaliação de projeto.

ABSTRACT

How do people perceive space simulated by virtual reality and can such resource can be used in the architectural design evaluation process? This is the question which guided this research. An earlier work verified that subjective questions (with a scale of values of efficiency) are less efficient to evaluate the user's perception in a simulated environment with passive virtual reality (VR) when compared with objective questions (with specific answers as yes or no or with checklists). Meanwhile questions with answers in scale of values give more return to designers about the users opinion of a project. Therefore, in order to improve performance of perception maintenance between the simulated environment and the prototype measured by subjective questions we believed that free experimentation of a simulated environment in exploratory VR would be better than passive VR. In agreement with this induction it was realized an experiment during the event *UNICAMP de PortasAbertas* (UPA) in 2005 to evaluate if exploratory virtual reality implemented by software Quicktime VR and Quest3d should help the user and the designer in understanding the architectural project and if there should be any difference in perception maintenance between these to kind of VR implementation. The experiment compared the participator's perception in the UPA 2005 between virtual environment and prototype. The studied environment was composed by a study/work table, space for chair and partially closed book shelve. The questions used to evaluate the perception were related with space/comfort to open the book shelve door and space/comfort to circulate between the table and the book shelve. The participant first experimented the simulated space and then answered to the questionnaire, after that he/she experimented the prototype answering the same questions. The perception maintenance was calculated between the answer comparison of identical questions about the simulated environment and the prototype. It was concluded that the non immersion or the minimal immersion (or less interaction and more interaction) offered in the VR implementations with Quicktime VR and Quest3d respectively influenced divisively and without pattern the perception maintenance in the studied sample. It was observed, on the contrary of the expected a smaller perception maintenance with exploratory VR than that presented by previous research using passive VR. It was verified that the filter perceptions such as age, sex, study level, familiarity with computer 3D animation and with the studied environment influence differently depending on the question used in the questionnaire and on the VR implementation. Another conclusion is about the scale of values adopted for subjective question in the perception maintenance calculation, they were not capable to confirm participant opinion and indicate extreme care in the development of a questionnare for this purpose.

Keywords: virtual reality, perception, architectural design, project evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Uma proposta para a diferenciação dos diversos ambientes tridimensionais e bidimensionais que compõe o universo virtual.	20
Figura 2.2: Dois exemplos de câmara em primeira pessoa, que dá ao usuário do ambiente a visão da cabeça do personagem virtual no ambiente imersivo.	30
Figura 2.3: Dois exemplos de câmara em terceira pessoa, onde o usuário tem a percepção de todo o cenário e o personagem que representa o usuário aparece distante.	30
Figura 2.4: Luvas de dados acopladas à mão do usuário.	40
Figura 2.5: Um bastão com botões configuráveis.	40
Figura 2.6: Uma representação de um bastão, interagindo com o ambiente virtual.	41
Figura 2.7: Um exemplo típico de <i>HMD</i> .	44
Figura 2.8: O dispositivo <i>BOOM</i> acoplado à cabeça.	44
Figura 2.9: Visão esquemática da caverna onde imagens estéreo são projetadas na parede e no chão.	46
Figura 2.10: Visão do usuário dentro da Caverna.	46
Figura 2.11: Dois modelos distintos de óculos 3D.	47
Figura 2.12: Um braço robótico para sistemas de tele-presença em ação.	48
Figura 2.13: Braço mecânico e sistema virtual acoplado ao braço humano.	48
Figura 2.14: O sistema utilizado por Hendrik et al (1998) para análise da percepção virtual.	53
Figura 2.15: A demonstração de um diagrama de ação-percepção virtual pela perspectiva da cibernética biológica.	55
Figura 2.16: Um exemplo da ausência e presença de elementos visuais para localização espacial.	57

Figura 2.17: As etapas do experimento realizado por Lee et al (1995).	58
Figura 3.1: Protótipo 1:1 e suas alternativas estudadas: módulo de escritório com mesa, cadeira e duas estantes.	62
Figura 3.2: 1ª. Etapa do experimento: participantes visitando ambiente simulado e respondendo questionário	62
Figura 3.3: 2ª. Etapa do experimento: participante visitando protótipo e respondendo questionário.	63
Figura 4.1: Fotos do público que participou do evento UPA 2005 e que serviu como amostra para a realização da pesquisa. Fonte: UPA (2005).	66
Figura 4.2: Perfis dos participantes dos 2 experimentos realizados segundo sua faixa etária.	69
Figura 4.3: Distribuição etária nos grupos do Quest3d e Quicktime VR	69
Figura 4.4: Distribuição total dos sexos para os 2 grupos pesquisados.	70
Figura 4.5: Distribuição total dos sexos para os 2 grupos pesquisados.	71
Figura 4.6: A distribuição da escolaridade dos participantes.	71
Figura 4.7: Nível de escolaridade dos participantes dos grupos QuicktimeVr e Quest3d.	72
Figura 4.8: A distribuição de escolaridade de acordo com a idade dos participantes para o grupo Quest3d.	73
Figura 4.9: A distribuição de escolaridade de acordo com a idade dos participantes para o grupo QuicktimeVr.	74
Figura 4.10: Comparação geral da proporção entre a familiaridade com recursos de animação tridimensional e sua negativa.	75
Figura 4.11: Comparação da proporção entre a familiaridade com recursos de	

animação tridimensional e sua negativa entre usuários de Quest3d e Quicktime VR.	75
Figura 4.12: Comparação geral das respostas para o item familiaridade com o ambiente de estudo.	76
Figura 4.13: Comparação geral das respostas para o item familiaridade entre o Quest3d e o Quicktime.	77
Figura 4.14: Comparativo da manutenção global de percepção para os grupos Quest3d e o Quicktime.	78
Figura 4.15: Comparativo Comparativo entre o desvio padrão da manutenção global de percepção para os grupos Quest3d e o Quicktime, em pontos	78
Figura 4.16: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 1 e 6 para o grupo Quest3d.	80
Figura 4.17: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 1 e 6 para o grupo Quicktime VR.	81
Figura 4.18: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 2 e 7 para o grupo Quest3d.	81
Figura 4.19: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 2 e 7 para o grupo Quest3d.	82
Figura 4.20: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 3 e 8 para o grupo Quest3d.	84
Figura 4.21: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 3 e 8 para o grupo Quicktime VR.	84
Figura 4.22: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 4 e 9 para o grupo Quest3d.	85
Figura 4.23: Manutenção de percepção para o dueto	86
Figura 4.24: Manutenção de percepção para maiores de 18 anos considerado o filtro idade para o grupo Quest3d.	88
Figura 4.25: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 4 e 9 para o grupo Quest3d.	89

Figura 4.26: Percentagem participantes que mantiveram resposta	91
Figura 4.27 Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por faixa etária.	92
Figura 4.28 Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quest3D o protótipo agrupados por gênero feminino (F) e masculino (M).	94
Figura 4.29: Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por gênero feminino (F) e masculino (M).	95
Figura 4.30: Percentagem participantes que mantiveram respostas iguais entre ambiente simulado com Quest3D e o protótipo agrupados por escolaridade.	96
Figura 4.31: Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por escolaridade.	97
Figura 4.32: Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quest3D e o protótipo agrupados por familiaridade com a animação tridimensional.	99
Figura 4.33: Percentagem participantes que mantiveram respostas iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por familiaridade com a animação tridimensional.	100
Figura 4.34: Percentagem de participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quest3D e o protótipo agrupados por familiaridade com o ambiente de estudo, sendo <1 equivalente a pouco similar, diferente ou não sei e >=1 equivalente a similar, muito similar ou igual.	101
Figura 4.35: Percentagem de participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por familiaridade com o ambiente de estudo sendo <1 equivalente a pouco similar, diferente ou não sei e >=1 equivalente a similar, muito similar ou igual.	103

Figura 4.36: Manutenção de percepção, considerando o filtro medida no ambiente de estudo, Quest3d. **104**

Figura 4.37: Manutenção Manutenção de percepção, considerando o filtro medida no ambiente de estudo, Quicktime VR. **104**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo	14
1.2 Estrutura da dissertação	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Definições	16
2.2. História	22
2.3. Software	24
2.4. Hardware	37
2.5. Percepção	49
3. O EXPERIMENTO	61
4. ANÁLISE DOS DADOS	67
4.1 Descrição geral da amostra	67
4.2 Perfil do participante	68
4.3 Manutenção de percepção global	77
4.4 Manutenção de percepção nas questões	79
4.5 Manutenção de percepção nos filtros de percepção	88
5. CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS	111
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO	116
APÊNDICE B – PRÉ-TESTE	120

1. INTRODUÇÃO

Como se dá a percepção da realidade virtual pelas pessoas e como utilizá-la para fazer uma avaliação pré-ocupação de um ambiente em fase de projeto? Esta é a questão que norteia esta pesquisa.

A representação abstrata do desenho orientado por computador aponta para a virtualidade representacional e pode ser considerada um sub-sistema dos ambientes virtuais, tanto para simulações mentais como para ambientes concebidos pela mente do designer. Ambientes virtuais são uma hiper-realidade independentes de seu simulacro físico. A realidade virtual não necessariamente imita a realidade, podendo agregar valor, desta forma permite novos experimentos e complementa o processo de criação e desenvolvimento (ECO, 2000)

A tecnologia da realidade virtual faz com que o obstáculo da interface bidimensional e a tela, sejam eliminados na relação entre o usuário e seu ambiente de criação. A exploração e a experimentação não se comprometem e existe uma transposição mental na ilusão de sentir o ambiente (NOËL, 1996).

A construção de ambientes virtuais para pré-avaliações de ambientes reais deve exigir um planejamento da interface de navegação consistente: a *engine* onde o cenário tridimensional vai ser integrado, a possibilidade de integração com periféricos adicionais, simulações físicas e comportamentos inteligentes de certos elementos do ambiente. Logo a navegação e comunicação com o usuário devem possuir não apenas possibilidades de medição automatizada dos dados, mas também uma interação eficiente no ambiente, de modo que os resultados práticos minimizem eventuais distorções na percepção (NETTO, 2002).

Oliveira (2003) desenvolveu uma pesquisa para verificar a percepção dos usuários quando estes são submetidos à compreensão de um projeto arquitetônico, considerando seu programa de necessidades, através do uso de realidade virtual passiva (exploração automática e sem interferência do participante no ambiente virtual tridimensional). A referida autora executou um experimento para identificar a percepção do usuário ao assistir uma animação do projeto arquitetônico de uma cozinha comparada com o ambiente real desta. A percepção foi medida por respostas dos participantes a um questionário composto por questões objetivas e subjetivas. Nas questões objetivas as respostas eram específicas, nas questões subjetivas as respostas incluíam escala de conforto variando de eficiente a ineficiente. O ambiente foi representado através de dois tipos de realidade passiva, uma animação realista e outra simplificada. Verificou-se que existe um ganho de medida da percepção, utilizando-se questões objetivas com relação à experimentação do ambiente por meio da animação realista em comparação a animação simplificada. Já as questões subjetivas demonstraram-se ineficientes em relação à percepção do ambiente vivenciado, tanto na animação realista quanto na simplificada.

As respostas às questões subjetivas que qualificaram o ambiente em uma escala de valor, são mais úteis para o projetista na avaliação do espaço durante o processo de projeto. Questiona-se, desta maneira, se o uso de realidade virtual exploratória (ou até interativa) não seria mais eficiente para vivenciar um ambiente e, portanto, fornecer dados mais apropriados para a avaliação do projeto ao projetista. Segundo Lévy (1999), a realidade virtual exploratória especifica um tipo particular de simulação, na qual o explorador tem a sensação visual de estar imerso numa situação definida por uma base de dados. Na realidade virtual interativa, segundo Adams (1995), além da exploração dirigida pelo usuário no ambiente tridimensional, as entidades virtuais respondem e reagem às ações de participante. Acreditava-se assim, que ao acrescentarmos a exploração do usuário no ambiente simulado, haveria ganho de percepção por parte deste. Este ganho seria suficiente para incrementar a análise de pré-ocupação do projeto?

1.1 Objetivo

O objetivo desta pesquisa experimental é determinar o quão eficiente é a realidade virtual exploratória em termos de conforto e em termos de quantidade para a avaliação de

projeto. Acredita-se que a medida da percepção obtida por questões subjetivas (com resposta em forma de escala de valores) seria melhorada se associada à experimentação de um ambiente simulado por realidade virtual exploratória. Este trabalho buscou então fazer o usuário transitar mais livremente pelo ambiente. Duas situações de interação com o ambiente simulado serão comparadas: uma onde o usuário pode conhecer o ambiente por uma navegação panorâmica do espaço e outra onde o usuário pode escolher seu percurso e experimentar o mínimo de imersão utilizando um óculos 3D.

1.2 Estrutura da dissertação

Esta dissertação será composta pela de cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta uma introdução do trabalho incluído o objetivo da pesquisa. O Capítulo 2 trata da revisão bibliográfica, onde explana sobre as definições envolvendo realidade virtual, o equipamento utilizado para sua concepção e também sua interface com o usuário e sobre o tema percepção. O Capítulo 3 descreve o experimento realizado, o ambiente utilizado como protótipo e os ambientes virtuais escolhidos. O Capítulo 4 contém a análise dos dados coletados. O Capítulo 5 tece as conclusões do trabalho. São incluídos dois apêndices: o Apêndice A que apresenta o questionário utilizado na coleta de dados e o Apêndice B que descreve e apresenta os resultados do pré-teste do experimento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DEFINIÇÕES

A realidade virtual começou a aparecer quando os computadores se tornaram poderosos o suficiente para controlar a grande quantidade de dados exigida para a simulação completa da sensação de imersão que o termo realidade evoca (HEIM, 1998). A expressão realidade virtual, segundo os autores Beyer (2003), Heim (1998) foi cunhada por JaronLanier, entre 1986 e 1989. Há que se ressaltar que o aspecto histórico da formação da expressão está também calcado nos alicerces digitais desta tecnologia que tem relação com a percepção humana: o movimento, a interação, a capacidade de escolher caminhos e definir situações sensório-motoras e fundamentalmente de se desligar do ambiente real (BATTY, 1997).

Existe uma certa confusão com relação a utilização dos termos realidade virtual, ambiente virtual, espaços virtuais, mundos virtuais e expressões derivadas, como colocam Bertol (1997), Heim (1998). Muito disso se deve ao fato de este um meio recente que só se estabeleceu definitivamente na última década e que permanece em constante mutação. Pode-se relacionar esta mutação a alguns elementos que compõem o suporte deste tipo de interface: a rapidez no processamento dos computadores e o crescimento desta mídia; o papel desempenhado pelos jogos digitais, na massificação da tecnologia de imersão; a criação de novos *hardwares* para imersão completa, mesmo a aparição da *internet*.

Para Heim (1998) a realidade virtual antes de ser um meio é uma tecnologia, e secundariamente pode ser vivenciada pelos usuários através das interfaces que

proporciona. Na realidade virtual “real”, que o autor descreve como sendo a amostra da tecnologia contemporânea é o *hardware* que faz a interface com o usuário do sistema e constitui-se em um paradigma. Esta experiência só pode ser proporcionada em sua totalidade pela velocidade atual dos sistemas recentes. A realidade virtual na definição de Heim (1998) é um sistema imersivo, interativo e baseado em informação computável.

Bertol (1997) define a realidade virtual como um mundo gerado pelo computador, que pode proporcionar uma experiência imersiva em tempo real para um ou mais usuários. Para a autora, esta resposta em tempo real do sistema distingue a realidade virtual de outros tipos de simulações geradas por computador e o senso de imersão que existe quando o usuário é envolvido pelo ambiente. Bertol (1997) chama esta sensação de senso de presença.

Adams (1995) apresenta conceitos semelhantes aos encontrados em Bertol (1997), mas acrescenta-lhes outra classificação em termos de variável temporal. A realidade virtual é a simulação do espaço-tempo, que ele chama de quadridimensional, isto é, uma animação **apresentada em um contexto interativo, em tempo real. A realidade virtual segundo este** autor consiste na interação do participante com um ambiente simulado tridimensionalmente por meio de uma interface homem-computador. Adams (1995) classifica a base de dados utilizada pelo computador para construir o ambiente virtual como o espaço-tempo quadridimensional, e vai além, incluindo nesta visão específica a realidade artificial, o espaço virtual e as entidades e outros objetos virtuais que o espaço virtual contém. Seu raciocínio chega a três formas diferentes de realidade virtual: a forma **passiva**, onde a sessão de realidade virtual proporciona ao usuário a exploração automática, sem interferência através do ambiente 3D, com as rotas e as vistas sendo controladas pelo sistema. O usuário neste caso não tem controle algum, exceto para sair da sessão. A realidade virtual na forma **exploratória** proporciona algo dirigido pelo usuário em ambiente tridimensional. Ele pode escolher a rota e as vistas, mas não pode de outra forma interagir com entidades contidas na cena. E por fim a forma **interativa**, que além de uma exploração dirigida pelo usuário no ambiente tridimensional, apresenta entidades virtuais no ambiente que respondem e reagem às ações do participante.

Eco (2000) insere mais variáveis: “uma comunicação, para tornar-se experiência cultural, requer uma atitude crítica, a clara consciência da relação em que se está inserido,

e o intuito de fruir de tal relação” donde pode-se concluir que esta realidade virtual não pode ser criada apenas com os modelos tridimensionais no computador.

Noël (1996) abstrai o conceito da virtualidade, aproximando-se de Eco (2000): o virtual não é o que está em ação, mas o que pode estar, e a criação do novo no ambiente virtual reside na possibilidade da relação do usuário com este ambiente, na possibilidade de interação e de modificação do meio como se esta fosse sua própria realidade, onde ele possa sentir e sentir-se.

Para Lévy (1999) realidade virtual define um tipo de simulação interativa, na qual o explorador tem a sensação física de estar imerso na situação gerada a partir de um banco de dados. Pelo seu pensamento, quando é mantida uma interação sensório-motora com o conteúdo da memória de computador, o explorador tem "a ilusão de uma realidade: aquela que seria descrita como memória digital”.

Para Lévy (1999) uma virtualidade informática onde estariam contidos os jogos, o hipertexto e os próprios filmes, e estes seriam expoentes de realidades onde um simulacro do real é tomado. O autor define esta virtualidade informática em diversos contextos onde o virtual é apresentado: **virtual no sentido comum** que significaria falso, ilusório, irreal, imaginário, possível; **virtual no sentido filosófico**: existindo em potência e não em ato, sem estar presente; **mundo virtual no sentido da possibilidade de cálculo computacional**: universo de possíveis cálculos a partir de um modelo digital e de entradas fornecidas por um usuário; **mundo virtual no sentido do dispositivo informacional**: a mensagem é um espaço de interação por proximidade dentro do qual o explorador pode controlar diretamente um representante de si mesmo; **mundo virtual no sentido tecnológico estrito**: uso de óculos estereoscópicos, *datagloves* ou *datasuits* para visitas a monumentos reconstituídos, treinamento em cirurgias, etc.

Ainda citando Lévy (1999), tem-se que quando uma relação sensório-motora é mantida na memória do computador, o explorador adquire a visão de uma realidade onde estaria mergulhado, aquela que é descrita na memória digital. Considerando-se desta maneira a oposição entre o real e o virtual, a palavra virtual é por vezes levada a significar a ausência da existência, onde uma realidade física implicaria na materialização ou alguma espécie de presença tangível.

A palavra virtual derivada do latim medieval *virtualis*(LÉVY, 1999) que por sua vez

deriva de *virtus*, significa força e poder. O mesmo movimento e poder que traz eventualidade ao virtual, na sua forma de interagir e coexistir com o mundo físico, também pode proporcionar informações empíricas, levando a exploração de outras perspectivas.

Beyer (2003) classifica as realidades virtuais de duas maneiras: **realidade virtual não imersiva**, que inclui navegação controlada por *mouse* em ambiente tridimensional usando monitores comuns e **realidade virtual imersiva**, cujas características são: visualização controlada pelo movimento da cabeça, interface natural para navegação em ambiente tridimensional, capacidade de locomoção, visão estereoscópica, senso espacial, representação em escala completa e dimensionada, interações realísticas com objetos virtuais, manipulação, operação, controle e tecnologias não visuais (acústica e tátil).

Wan e Mon-Williams (1996) propõem uma classificação que busca colocar as diversas tecnologias que compõem o universo virtual em seu lugar. Para isso, diferenciam ambientes bidimensionais e tridimensionais com base na presença ou não da profundidade de campo binocular nestes ambientes. A presença desta propriedade define o que os autores chamam de ambiente virtual estruturado. Assim a constituição de qualquer simulação, realidade ou ambiente virtual depende da presença da profundidade de campo para uma classificação precisa. A definição de presença (do indivíduo) no espaço virtual se coloca como uma consideração sobre a natureza da experiência humana. Os dois autores estendem o raciocínio e outra terminologia começa a aparecer: os critérios perceptivos dessa maneira representam um ponto de dependência e preponderância para distinção também de ambientes CAD e ambientes virtuais. Quando um determinado modelo é apresentado num monitor convencional, independente do grau de animação utilizada para a representação de seu conteúdo, a visão binocular informa que é apenas uma tela plana. Se a imagem, no entanto é projetada numa tela larga de cinema, com baixa iluminação ambiente, então a animação da imagem vai ter uma profundidade e pode produzir uma ilusão de movimento para o usuário estático. A distribuição ótica é coerente se existe um espaço tridimensional onde objetos aparecem e desaparecem atrás uns dos outros, construindo a noção de profundidade para o observador. O mesmo princípio se aplica para o uso de imagens estereoscópicas, que suportam a ilusão de superfícies em profundidade. Existe uma clara distinção entre o observador entendendo que ele está dentro e interagindo com um ambiente (virtual) e percebendo no monitor uma projeção bidimensional de um

modelo tridimensional animado. Perceber a si mesmo e estar dentro de um ambiente virtual, para os dois autores, é também raiz do senso de presença, e este pensamento para ambos propõe uma base para a identificação de sistemas que são construídos para simular o senso de imersão.

Analisando o papel e as funções de diversas tecnologias, Wan e Mon-Williams (1996) esboçam um gráfico do que chamam de universo virtual, ou seja, o conjunto das tecnologias que atuam sobre o meio, realidade virtual, dentro e fora dele, apresentado na Figura 2.1. onde se vê uma classificação das simulações realizadas por computador e de alguns termos comumente utilizados quando em referência ao universo virtual. Um modelo computacional no seu nível mais básico vai produzir uma saída de dados binários. Se esta saída é um ambiente virtual, uma animação ou um ambiente CAD, dependerá do nível de interação que possuir, e se sua estrutura suportar a noção de profundidade e de presença do indivíduo. Seguindo o esquema proposto pelo gráfico, existe o papel desempenhado pela tecnologia multimídia que pode ser usada para produzir ambientes virtuais (VE), mas a maioria das aplicações multimídia usa formatos convencionais e dispositivos de apresentação bidimensionais, e nem sempre o bidimensional, a exemplo dos sistemas CAD representa um sistema de realidade virtual. Desta forma é proposto por Wann e Mon-Williams (1996) que ambientes virtuais sejam uma sub-seção de simulações computadorizadas e que possam incluir o uso de tecnologia multimídia.

WHAT DOES VIRTUAL REALITY NEED?

831

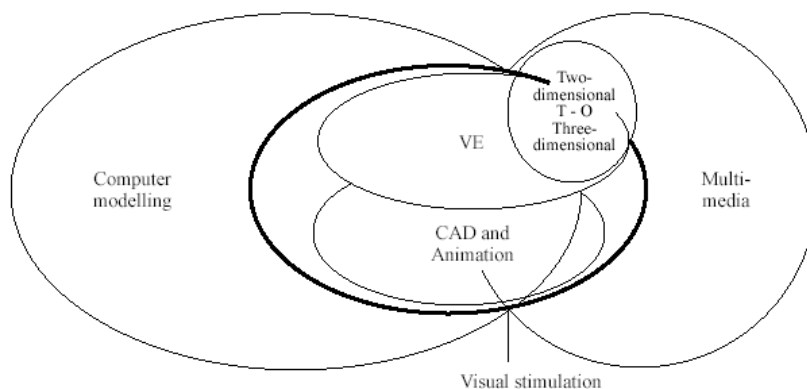


Figura 2.1: Uma proposta para a diferenciação dos diversos ambientes tridimensionais e bidimensionais que compõe o universo virtual (Fonte: Wann e Mon-Williams (1996), p.3.)

Bridges e Charitos (1997), no mesmo raciocínio que os levou a destacar a potencialidade inerente da realidade virtual enquanto ferramenta, observam as limitações que o meio apresenta: ambientes virtuais não têm a resolução e complexidade de ambientes físicos; dispositivos de coleta de dados como sensores táteis, visores e dispositivos de som só se prestam a 3 sentidos, o tato, a audição e a visão. Ainda, os usuários não têm sinestesia visual, auditiva e tátil suficiente para a representação de seus corpos. No ambiente virtual inexistente a coerência escalar, é necessário haver referenciais para a localização do corpo, o espaço virtual é multidimensional, não é contíguo e o tempo é não-linear.

Lee et al (1995), no entanto, ressaltam que é possível aprender com essas ferramentas e com o meio, realidade virtual.

2.2. HISTÓRIA

É difícil apontar um momento específico na história para a primeira aparição de uma aplicação de realidade virtual. Algumas publicações apontam para o sistema de Ivan Sutherland em 1962 (BERTOL, 1997), e por outro lado existe o papel dos simuladores visuais no campo da aviação. A aparição dos simuladores visuais teve impacto tanto na evolução da tecnologia correlata como na definição do vocabulário que constitui o meio. Desde os primeiros dias da aviação, os simuladores foram usados para o treinamento de pilotos e a aplicação militar dos aviões impulsionou pesquisas neste seguimento.

A seguir são colocados fatos históricos diretamente ligados ao aparecimento da realidade virtual, pesquisas diversas, o aparecimento das primeiras empresas do setor, eventos e acontecimentos diversos, na ordem apresentada por Sherman e Craig (2003).

A história apresentada pelos autores começa em 1916: aparece neste ano a primeira patente de um *HMD*, uma espécie de periscópio montado num capacete, inventado por Albert B. Pratt, nos Estados Unidos. Treze anos depois surgiu um dos primeiros simuladores de vôo, reproduzindo a cabine de comando do avião em escala real para o treinamento dos pilotos.

Em 1946 surgiu o primeiro computador eletrônico, o ENIAC e depois de 10 anos foi inventado o Sensorama, que consiste em um sistema onde o usuário experiencia gravações de sons, luzes, cheiros, vibrações e vento.

Os anos 60 foram prolíficos: surgiram os televisores estereoscópicos assim como *HMDs* para utilização com vídeo, desenvolvidos pela empresa Philco. Em 1962 Ivan Sutherland desenvolveu o sistema *Sketchpad*. O programa permitia o desenho de linhas vetoriais numa tela de computador utilizando uma caneta de luz. É possível identificá-lo como um sistema de computação gráfica que tentou criar uma interface através do qual a interação homem máquina poderia acontecer.

Inspirado por Sutherland, Fred Brooks iniciou em 1967 o desenvolvimento do sistema *GROPE*, na Universidade da Carolina do Norte. Este projeto desenvolveu um sistema virtual e imersivo para ajudar os bioquímicos a “sentir” as interações entre moléculas de proteínas em um sistema virtual de imersão.

Em 1972 a empresa *Atari* desenvolveu o jogo *Pong*, trazendo ao público um meio de interação multi-usuário que pode ser visualizado na televisão e que era controlado por meio de *joysticks*. Esta mesma empresa fundaria em 1981, um laboratório de pesquisas, que reuniria vários dos futuros pioneiros da pesquisa em realidade virtual.

Na década de 70 foram desenvolvidos *HMDs* mais avançados, assim como “data gloves” utilizando tubos condutivos de luz para transmitir a informação da inclinação dos dedos aos computadores. Os primeiros computadores pessoais foram vendidos pela *Apple*, enquanto Eric Howlett desenvolveu um sistema para a miniaturização de telas utilizadas nos *HMDs*.

A década posterior marcou o aparecimento de uma grande empresa do setor: a *SiliconGraphics, Inc.*, fundada em 1981, com o objetivo de produzir estações gráficas de alta velocidade. No mesmo ano, o MIT desenvolveu um projeto de ambiente estereoscópico que permitiu aos usuários explorar objetos tridimensionais sobrepostos a imagens reais.

No ano de 1984, a *Nasa* criou o laboratório *VIEW*, conectando diversas companhias desenvolvedoras de realidade virtual. Neste mesmo ano foi popularizado o termo ciberespaço, utilizado no livro *Neuromancer* de Willian Gibson, e foi fundado o *VPL Research Inc.* por JaronLanier sob a tutela da *Nasa*.

O *BOOM* foi construído em 1987 por Jim Humpries, um engenheiro do projeto *VIEW*. Simultaneamente, a empresa *Polhemius* introduziu o sistema *Isotrak*, que passou a ser utilizado para rastrear a localização de sensores magnéticos em ambientes imersivos virtuais.

Em 1989 o *VPL* anunciou um sistema completo de realidade virtual chamado *RB2* e a empresa *Autodesk* divulgou o projeto *Cyberspace*, um programa para criação de ambientes tridimensionais dentro do computador. A empresa *Mattel* introduziu o sistema *PowerGlove* para o vídeo-game *Nintendo*, que falhou neste mercado, mas se tornou um dispositivo popular para sistemas de realidade virtual de baixo custo.

A década de 90 marcou o aparecimento de diversas empresas e consolidou tecnologias. Surgiu a *Ascension* e seu sistema de rastreamento magnético e o periódico especializado em realidade virtual, o *CyberEdgeJournal*.

O sistema *CAVE* desenvolvido pelo *Electronic Visualization* foi apresentado na *SIGGRAPH* em 1992, tornando-se a sensação do evento, com uma variedade de aplicações científicas e artísticas apresentadas em seu ambiente imersivo. A *Sun* exibiu na mesma *SIGGRAPH* um produto semelhante, chamado *The Virtual Portal*, com a diferença de que este permitia apenas um usuário imerso na experiência.

Apareceram as primeiras conferências especialmente orientadas para a comunidade de realidade virtual: a *VRAIS 93* em Seattle; e a *ResearchFrontiers In Virtual Reality IEEE Workshop* em San Jose, nos Estados Unidos. Ambos os grupos se fundiram em 1995 formando a conferência *IEE VRAIS*, mais tarde conhecida apenas como *IEE VR*.

O sistema *CAVE* começou a ser comercializado pela *Pyramid Systems, Inc.* em 1995.

A empresa *Disney* abriu, em 1998, o primeiro empreendimento de sua família de parques de entretenimento, o *DisneyQuest*, com numerosas atrações em realidade virtual, utilizando *HMDs*. O primeiro dispositivo em estilo *CAVE* com seis lados foi inaugurado, no mesmo ano, no *Swedish Royal Institute of Technology, Center for Parallel Computers*, construído pela companhia alemã *TanProjektionstechnologieGmbH & Co. Kg*. A primeira *CAVE* norte-americana foi instalada na Universidade Estadual de Iowa em 2000.

2.3. SOFTWARE

O termo realidade virtual engloba vários contextos no sentido prático da expressão: o ambiente virtual, também chamado espaço virtual (BERTOL, 1997) e os equipamentos utilizados para a imersão e isolamento dentro do sistema. Esta sessão descreve o *software* que irá gerenciar os dados do usuário assim como a sensação de imersão proporcionada pelo conjunto; sendo a imersão o fator preponderante para a criação de uma “realidade” virtual separada do mundo real (SHERMAN e CRAIG, 2003). Num ambiente virtual alguns elementos são estacionários, enquanto outros são envolvidos nos processos de interação. Ambos são controlados por sistemas ou *software* que gerenciam os dados tridimensionais, fazem a interface entre o usuário e os dispositivos de imersão assim como o habilitam a navegar e interagir com os objetos tridimensionalmente representados pelo sistema. De forma geral todo o trabalho de tradução e interpretação dos dados é realizado pelo *software* ou pelo conjunto de *software* que compõe o sistema gerenciador da realidade virtual (BERTOL, 1997).

De acordo com Bertol (1997) é possível distinguir alguns termos principais que configuram as realidades virtuais, e que acordo com os quais estas são construídas: geometria, física de mundos virtuais, luzes, mapeamento de texturas, nível de detalhamento, instâncias, interação e *rendering*. Desta forma, segundo este autor serão discutidos a seguir as propriedades dos objetos tridimensionais e aspectos envolvidos no processo de *rendering* para a visualização do ambiente pelo usuário do ambiente virtual.

A construção visual dos ambientes virtuais, também chamada de *rendering* é realizada ao nível do *software*, contando com propriedades e características presentes na cena e nos objetos tridimensionais para ser processada pelo computador, e será discutida adiante. Ambientes virtuais são compostos por bases de dados tridimensionais e estes dados podem ser gerados utilizando-se vários tipos de programas CAD assim como *software* de modelagem tridimensional: *AutoCAD*, *Intergraph*, *3D Studio*, *Maya*, citando alguns dos mais populares. Modelos tridimensionais podem ser gerados de diversas maneiras: modelagem poligonal, modelagem NURBS, *Patch splines* e outros tipos de geometria. Um modelo baseado em polígonos é a maneira comum pela qual um ambiente virtual recebe os dados tridimensionais de outros *software* de modelagem.

A descrição geométrica é o único atributo necessário para que a definição de um modelo numa simulação em realidade virtual seja realizada, existe ainda para Bertol (1997) a **física dos mundos virtuais**, com suas ligações entre os objetos, organização hierárquica de suas partes e seu comportamento dinâmico. A detecção de colisão num mundo virtual por algoritmos que utilizam a física como base acontece quando os modelos geométricos de dois objetos diferentes se interceptam. A inclusão ou exclusão de detecção de colisão faz a simulação mais realista com uma navegação mais interativa, proporcionando assim uma melhor percepção da cena em seu *rendering*.

As **luzes** são um componente fundamental para o processo do *rendering*, e sobre a influência destas, a geometria vai produzir imagens mais complexas sobre diferentes estados de iluminação. Muitas luzes podem ser simuladas virtualmente: direcionais, holofotes, luz ambiente, e mesmo a luz difusa ou radiosidade. Ocorre que quando um algoritmo de radiosidade é utilizado, aumenta-se o processamento necessário para a exibição da cena. Opta-se, nestes casos pelo pré-cálculo das luzes aplicadas na cena e sua utilização como textura difusa nos objetos para a inserção na realidade virtual.

A geometria utilizada nos modelos é normalmente constituída de polígonos, tanto mais complexo o modelo, tanto será maior a quantidade deles nos modelos. O uso de um número muito grande de polígonos numa simulação virtual pode comprometer a interação em tempo real e desta maneira a percepção do usuário. Até que a velocidade e processamento dos computadores seja aumentada de forma considerável, tanto mais o *rendering* em tempo real se valerá do **mapeamento de texturas** para construir a forma coesa da cena a ser visualizada. Esta técnica é utilizada para ganho de processamento no computador, desde que a textura é uma imagem bidimensional, com luzes pré-renderizadas e armazenada na memória. Um efeito visual semelhante, com a utilização de polígonos iria requerer um cálculo adicional gigante para cada mudança de ângulo na visualização da cena pelo usuário. O mapa de textura é uma imagem em forma de mapa de bits ou bitmap, muitas vezes obtida de imagens fotográficas de objetos reais. Mapas de textura são usados para simular propriedades visuais dos objetos, como quando se quer representar tridimensionalmente as qualidades visuais do tronco de uma árvore, de metais, do concreto, pedra e assim por diante.

A simulação de um objeto real pode ser conseguida de diferentes graus de realismo de acordo com o **nível de detalhe** (LOD) presente. Em realidade virtual a geração em tempo real de imagens estereoscópicas a uma certa taxa por segundo demanda uma organização dos objetos que são representados no campo de visão do usuário e mesmo utilizando-se texturas, a representação realista da cena tridimensional às vezes requer um grande número de polígonos, grande demais para ser gerenciado a um determinado número de quadros por segundo na simulação da realidade virtual. Entretanto, nem todos os elementos presentes no campo de visão do usuário demandam o mesmo nível de detalhe, eles podem ser determinados de acordo com seu tamanho no campo visual e naturalmente de acordo com a escala do objeto na cena. O mesmo objeto pode ser representado por diferentes modelos com diferentes níveis de detalhe e texturas que podem ser trocados na medida de sua aproximação do campo visual do usuário. Os algoritmos para cálculos de LOD são de grande interesse nas diversas áreas de programação de um mundo virtual.

Os modelos gerados por computador podem ser organizados em **instâncias**, um processo que implica em utilizar-se o mesmo objeto várias vezes. Esta técnica reduz consideravelmente o nível de processamento de simulações em ambiente virtual reduzindo o tamanho das cadeias hierárquicas de carregamento para dentro da memória do sistema.

Existem diversos tipos de **interação** nas realidades virtuais.. Elas incluem desde o simples ato de andar no ambiente virtual, até operações mais complexas, incluindo a manipulação de objetos que fazem parte do cenário. Navegação é a mais básica das interações em um ambiente virtual e provavelmente a mais utilizada em simulações arquitetônicas, possibilitando que o participante caminhe por uma cidade, entre dentro de um edifício, caminhe por uma sala ou suba escadas.

Se o ambiente virtual é limitado ao passeio virtual dentro de um edifício ou espaço urbano, apenas modelos tridimensionais estáticos estarão presentes. O mundo estático será composto de modelos de construção ou outros elementos arquitetônicos. Quando o ambiente virtual é baseado apenas em objetos estáticos, a única interação disponível é a do movimento e da mudança da posição de visualização. Um mundo virtual dinâmico começa com todos os elementos que fazem parte do mundo estático e adicionam-lhe o atributo da interatividade. Componentes individuais do modelo podem ser movidos, rotacionados, escalados, espelhados e esticados. Quase todos padrões de

transformação de geometrias podem ser aplicados nestes objetos, de acordo com a aplicação utilizada.

Rendering é o processo da construção da imagem em sistemas de realidade virtual, jogos de computador e aplicativos *CAD* e para animação tridimensional em *software* como, *Intergraph*, *3D Studio*, *Maya* e *AutoCAD*. Neste processo são computadas as características de luz, cor, textura, forma, sombras e fenômenos físicos presentes na cena e disponíveis ao sistema na forma de dados binários. O computador transforma esses dados em imagens e os exibe ao usuário na forma de quadros por segundo(FPS). Quanto maior a quantidade de quadros por segundo, tanto mais fluida e suave para o usuário será a experiência na realidade virtual, jogo ou aplicativo correlato que utilize o *rendering* em tempo real como forma de exibição para o usuário. Para os jogos de computador e realidades virtuais o cálculo do FPS é feito pelo processador da placa de vídeo do sistema. Nos aplicativos como *3D Studio* e *Maya* este processo é realizado pelo processador central do sistema. Esta diferença se deve ao fato de as simulações utilizadas em realidades virtuais e jogos necessitarem de um *rendering* em tempo real, cujo processamento se vale de instruções implementadas no *hardware* destas placas. Desta forma o processo do *rendering* consegue utilizar atalhos para cálculos e funções complexas que não precisam ser computados pelo processador central, eles já estão prontos e presentes na unidade de processamento de vídeo da placa de vídeo do sistema, evitando gargalos e lapsos de processamento chamados *lags*. O *rendering* em *software* como *3D Studio* e *Maya* não é feito em tempo real, mas implica em um grau de realismo que beira a perfeição em aspectos visuais. Este tipo de processamento demanda cálculos e funções que os atuais dispositivos para visualização em tempo real não conseguem exibir. O *rendering* é a fase final de todos os cálculos que o sistema realiza decorrentes da interação do ambiente com o usuário e deste com o ambiente. Sua exibição é feita através de monitores comuns, *HMDs*, *BOOMs* e outros dispositivos (WATT, 2000).

2.3.1. FERRAMENTAS COMERCIAIS

Existem dezenas de ferramentas para a autoria e construção de ambientes virtuais atualmente comercializadas: *Apex Sdk*, *Cavelib*, *DIVISION*, *Gismo3d*, *Open Inventor*,

RenderWare, *Wordtookit*. A maioria destas ferramentas são interfaces de programação para construção de realidades virtuais complexas, como aquelas utilizadas em simulações militares e simuladores de voo.

Algumas ferramentas, por outro lado, possuem interface mais simples, mesmo que não disponibilizem tantos recursos, como o *QuicktimeVR* onde o ambiente virtual não possui navegação sofisticada. Outras se constituem de ferramentas completas com uma boa relação entre custo e benefício em termos de preço, funções apresentadas e facilidade para utilização. Neste quesito cita-se o *Director* e o *Quest3d*. Estas ferramentas têm em comum o fato de serem amplamente utilizadas para visualizações de realidade virtual imersiva ou semi-imersiva em ambientes *Desktop*. Segue-se uma breve descrição de suas funcionalidades.

O *QuicktimeVR* (APPLE, 2004) é um *software* multimídia desenvolvido pela *Apple Computer*, capaz de manipular diversos formatos de conteúdo digital como vídeo, texto, som, animação e música, aceitando extensões em diversos formatos: o *.mov* utilizado pela próprio *Quicktime*, *.mpeg*, *.txt*, *.mp3*, *.wav* entre outros. O *QuicktimeVR* é um aplicativo que funciona sob a interface do *Quicktime* e que possibilita uma semi-navegação por meio de uma câmara virtual inserida no centro de uma cena tridimensional simplificada. Esta câmara torna possível aproximar ou afastar o usuário das paredes virtuais da cena, assim como rotacioná-la em um ângulo de 360 graus. Não possui qualquer forma de movimento, de modo que a navegação é limitada a distanciamento e aproximação do foco da câmara. Porém, esse sistema distorce a visualização quando um grande distanciamento é feito em qualquer ângulo ou visão da câmara virtual. A câmara simula a aproximação da parede ou de um objeto utilizando a mudança da abertura da lente, para menos quando da aproximação (*zoom in*) e para mais quando do distanciamento (*zoom out*). Nas aproximações isso não é tão visível, mas quando existe o *zoom out* ou distanciamento do objeto virtual, a visão da perspectiva se distorce por completo. O cenário tridimensional utilizado dentro deste programa precisa ser construído em *software* específicos para modelagem tridimensional. Sequências de fotos panorâmicas também podem ser projetadas dentro do ambiente virtual simplificado do *QuicktimeVR* com o uso de um *software* específico para a montagem da panorâmica e exportação no formato do *QuicktimeVR*.

O **Director** (MACROMEDIA, 2004) é um *software* para construção de aplicações multimídia bastante utilizado para desenvolvimento de jogos e realidades virtuais imersivas com possibilidade de distribuição pela *internet* através do *plugin Shockwave*. Este *plugin* funciona como um *player* executando os arquivos gerados pelo *Director* em navegadores de *internet*: o *plugin/player Shockwave* permite que os arquivos construídos pelo *Director* sejam pequenos e contêm apenas os dados utilizados para o ambiente tridimensional e para interface de navegação, habilitando sua distribuição pela *internet*, mesmo em conexões de baixa velocidade. Os dados necessários para a execução do ambiente ficam todos dentro do *player Shockwave*. O *Director* possui interface amigável para a construção de ambientes imersivos, tanto como uma linguagem de programação, chamada *Lingo*. Com ela é possível estabelecer a ligação do ambiente imersivo com dispositivos para entrada e saída de dados, como *HMDs*, luvas e sensores diversos. O *software* não constrói o ambiente tridimensional, que deve ser modelado com todas as suas características finais dentro de outro *software* específico para modelagem. No entanto, permite a definição de qualquer tipo de câmara para a navegação. Em geral, ambientes que possuam imersão e navegação com interação do usuário através de dispositivos (*HMD* ou luva de dados) utilizam a **câmara em primeira pessoa**. Este tipo de câmara apresenta como peculiaridade principal a tentativa de reproduzir a visão humana dentro do ambiente de imersão e é colocada no personagem virtual que navega dentro da cena, no lugar onde ficaria sua cabeça, dois exemplos dela podem ser conferida na Figura 2.2. Existe ainda um outro tipo de câmara, denominada **câmara em terceira pessoa** que é utilizada quando se necessita de visualizações de ambientes inteiros com distorção mínima, desta forma ela aparece distante do personagem que navega pelo ambiente, mas dá ao usuário do sistema uma completa visão do que está acontecendo ao redor, a Figura 2.3 mostra dois exemplos deste tipo de câmara. O *Director* possibilita a definição destas câmaras de forma quase automática a partir de *templates* prontos onde só é necessária a importação do modelo tridimensional do cenário. Toda a interação e montagem de interface de navegação pode ser feita no *Director*. Os ambientes podem aproveitar-se da disponibilidade de aceleração de visualização via *hardware*, um recurso utilizado pelo programa para acessar funções presentes na placa de vídeo do sistema em *OpenGL* ou *Direct3D*. A construção de simulações virtuais com visual elaborado pode ser feita via a linguagem *Lingo* ou utilizando-se *templates* pré-configurados

dentro do *software*: uma navegação a partir de uma câmara com a visão de um ser humano pode ser produzida rapidamente com o modelo tridimensional. É possível atribuir a representação do usuário a um personagem virtual que será sua personagem ou avatar dentro do ambiente, desta forma navega-se pela cena desenvolvida e interage-se com o ambiente agarrando e movendo coisas que podem reagir a fenômenos físicos como gravidade e vento. A ligação do ambiente desenvolvido pelo *Director* com dispositivos para imersão virtual como *HMD* e luvas de dados pode ser programada a partir da linguagem *Lingo*.



Figura 2.2: dois exemplos de câmara em primeira pessoa, que dá ao usuário do ambiente a visão da cabeça do personagem virtual no ambiente imersivo (Fonte: 3dgamers (2005))



Figura 2.3: dois exemplos de câmara em terceira pessoa, onde o usuário tem a percepção de todo o cenário e o personagem que representa o usuário aparece distante (Fonte: 3dgamers (2005))

O *Quest3d* (ACT-3D, 2004) é um *software* para construção de realidades e simulações virtuais. Ele permite que exista no ambiente virtual uma navegação com câmeras em primeira ou terceira pessoa, de forma a adaptar a câmara tanto quanto se queira ao efeito desejado de imersão. Possui uma similaridade conceitual com o *Director*, descrito anteriormente, mas sua interface é ainda mais elaborada para a conquista de um maior número de usuários: a maioria de seus recursos se baseia em arrastar e soltar funções no organograma criado por ele para a construção dos ambientes virtuais. Alia-se a Ito o fato de que existe grande quantidade de *templates* para a construção rápida de ambientes virtuais já presentes no pacote, facilitando o trabalho do usuário do *software*. Isto não impede que funções avançadas sejam utilizadas: para tanto há uma interface de programação que utiliza a linguagem LUA para a elaboração de funções não presentes nos *templates* prontos que o *software* disponibiliza. A diferença principal com relação ao *Director* é que o *Quest3d* se presta exclusivamente à criação destes ambientes imersivos de realidade virtual, enquanto a funcionalidade do *Director* se estende também a outras áreas como desenvolvimento de *DVDs*, *CD-ROMs* e mesmo aplicações voltadas à *internet*. Com o *Quest3d* pode-se construir toda espécie de ambientes interativos, com usuários virtuais que interagem com o ambiente, navegam por ele e o exploram, interagindo com objetos e reagindo com propriedades baseadas nas leis da física. Há que se ressaltar sua capacidade de realizar simulações físicas baseadas em animações de partículas de forma simples. Ambientes com fumaça, chuva ou névoa podem ser facilmente construídos. É um dos programas mais utilizados no campo de simulações virtuais para arquitetura.

2.3.2. FERRAMENTAS GRATUITAS

Outra dezena de ferramentas é disponibilizada para utilização gratuita e mesmo para a modificação de seu código fonte por qualquer usuário. A maioria delas pode construir vários tipos de sistemas, sua limitação é apenas a complexidade das linguagens de programação dos quais são constituídas: realidades virtuais complexas como as que dispõem de *hardware* imersivo e aquelas do tipo *Desktop* (LEE et al, 1995) são diferentes apenas no nível de implementação. Ressalta-se, no entanto, uma diferença

significativa para com aquelas ferramentas apresentadas anteriormente como comerciais: *software* comerciais têm como objetivo conquistar o maior número possível de usuários, há desta forma um ponto de grande consideração em seu processo de desenvolvimento: existir facilidade de manipulação de seus recursos. Se houve na classificação anterior um foco em algumas ferramentas principais disponíveis a um baixo custo e com funções interessantes do ponto de vista prático, a mesma situação já não ocorre aqui. Quando se observa as ferramentas gratuitas, a maioria se baseia em linguagens de programação. E em geral aquelas que se baseiam em uma interface simples possuem menos recursos, ao contrário do exemplo de aplicativos comerciais como o *Director* e o *Quest3D*, descritos anteriormente.

Desta forma optou-se por uma seleção de algumas ferramentas e por uma breve descrição a respeito de suas características: VRML, *Java3d*, *Alice*, *OpenGL*, *DirectX*, *Crystal Space*, *DIVERSE*, *Gênesis 3D Engine*, *Maverik*, *Mesa3D*, *Open SceneGraph*, *OpenSG*, *Panda 3D*, *Virtual Rendering System*, *VTk*, serão comentadas nesta ordem, algumas com mais profundidade por seu estágio de desenvolvimento, facilidade de uso e popularidade. Fator comum entre todas estas é sua constante evolução: aparecem na *internet* sob as licenças de utilização diversas: GNU (*General Public Licence* ou *GPL*) ou ainda disponíveis em fóruns e *sites* de desenvolvimento (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005) sobre condições diversas.

VRML

VRML é a abreviatura para *Virtual Reality Modeling Language*. É uma linguagem de programação para a representação de gráficos tridimensionais interativos, projetada com a intenção de publicar arquivos interativos na *internet* (SILVA, 2001). Seu formato simples constitui-se de um arquivo texto onde se implementam cenas para exibição em um navegador de *internet*. Arquivos em formato VRML são na verdade uma descrição *ASCII*, possibilitando ao programador descrever mundos e ambientes virtuais em simples editores de texto. O VRML aceita também a implementação de *scripts* em outras linguagens de programação como *Java* e *JavaScript*, complementando a troca de informações com o ambiente virtual. Um arquivo VRML possui quatro elementos principais: o cabeçalho, protótipos, *scripts* e as rotas. O cabeçalho é composto pela informação necessária para a leitura num navegador de *internet* no formato *.wrl*, através

de um *plugin* de visualização. Por exemplo, ela pode construir uma primitiva tridimensional com texturas e brilho, que pode possuir um *web link* associado a alguma face do objeto (WIKIPEDIA, 2004). Através dela é possível se construir inteiramente uma cena tridimensional navegável sem a necessidade de programas externos. .

Java3D

O Java3D é uma linguagem similar ao *VRML*. Possui uma interface para a criação de programas e *applets*, que são pequenos aplicativos compilados por esta linguagem. Ela possibilita a criação e implementação de ambientes tridimensionais, e a inserção de personagens virtuais que interagem entre si e com o usuário (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

Alice

Alice é uma ferramenta para autoria tridimensional e de realidade virtual que requer pouco conhecimento sobre programação para a implementação de ambientes virtuais. Através de comandos de arrastar e soltar o usuário pode construir mundos e ambientes virtuais numa interface totalmente gráfica. Seu conceito de desenvolvimento de interatividade é baseado em programação orientada a objeto e o usuário da ferramenta pode construir organogramas com as funções que objetos ou personagens vão executar (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

OpenGL

OpenGL é a sigla para *Open Graphics Library*, uma especificação que define uma *API* (abreviatura para Interfaces Gráficas de Programação) multiplataforma para o desenvolvimento de aplicações ou aplicativos que produzam gráficos tridimensionais e bidimensionais. Uma *API* (WICKIPEDIA, 2004) é um conjunto de definições e caminhos pelos quais uma parte de um programa de computador se comunica com outra, um método de adquirir abstração, normalmente entre um *software* de alto-nível, neste caso o sistema de realidade virtual empregado, onde os dados são mais facilmente manipuláveis pelo programador, porém com maior demanda de processamento e as camadas de baixo-nível, onde os conjuntos de dados binários se encontram. A interface do *Opengl* consiste de aproximadamente 250 diferentes chamadas de função para o

desenho de cenas tridimensionais complexas a partir de primitivas simples (WICKIPEDIA, 2004). É muito popular na indústria de videogames onde compete com o *DirectX*. O *OpenGL* é utilizado comumente em aplicações *CAD*, realidade virtual, programas de visualização científica e desenvolvimento de jogos e possui um formato aberto, podendo ser implementado e modificado por qualquer pessoa. Eficientes implementações em *OpenGL* proporcionam uma boa aceleração por parte do *hardware* empregado no desenho dos objetos tridimensionais e mesmo bidimensionais. Sendo multi-plataforma, o *OpenGL* pode ser utilizada em vários sistemas operacionais: *Windows*, *Unix*, *Mac Os*, *Solaris* e outros (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

DirectX

DirectX é uma coleção de diversas *APIs* para fácil manipulação de tarefas relacionadas com programação de gráficos tridimensionais cujo conjunto de *software* é disponibilizado gratuitamente pela *Microsoft*, empresa que o desenvolve. Para a construção de gráficos tridimensionais, o *DirectX* utiliza um subconjunto de instruções denominado *Direct3d* e sua aplicação mais comum são os jogos de computador. O *Directx* foi originalmente distribuído por desenvolvedores de jogos e posteriormente incluído no sistema operacional *Windows* (WICKIPEDIA, 2004).

Crystal Space

Crystal Space é uma engrenagem para livre utilização escrita em C++ que suporta 6-*DOF* (seis graus de liberdade), luz colorida, sistemas de *mipmapping*, espelhamentos, transparência com canal alfa, superfícies reflexivas, várias profundidades de cor, suportando a aceleração proporcionada pelo *Direct3d* dentro de sistemas *Windows*, e aceleração *Glide* e *OpenGL* em outras plataformas. Possui interface de programação baseada em linguagem *Python* e é um projeto de código fonte aberto, como o *OpenGL* (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

DIVERSE

DIVERSE é uma *API* de código aberto para desenvolvimento de aplicações de realidade virtual multiplataforma que funciona em diversos sistemas como *Linux*, *Irix*, *Solaris*, *Mac Os X* e *Windows XP*. Seu objetivo é habilitar os desenvolvedores a construir

aplicações que possam rodar tanto em sistemas *Desktop* como em sistemas imersivos mais avançados de realidade virtual. É possível utilizá-la em conjunto com outras *API's* ou mesmo em conjunto com outros *software* proprietários de realidade virtual (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

Gênesis 3D Engine

Gênesis 3D Engine é uma engrenagem gratuita para desenvolvimento de jogos. Possui *rendering* em tempo real e um grande potencial para desenvolvimento de realidades virtuais interativas, sejam elas imersivas ou não (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

Maverik

Maverik é um sistema para gerenciamento de visualização e interação em aplicações de realidade virtual. Foi desenvolvido para endereçar as mudanças dos ambientes virtuais onde muitos objetos tenham densa geometria, e para possibilitar interação. É disponibilizado sob a licença GNU (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

Mesa3D

Mesa3D é um clone da *API OpenGL*, possui grande portabilidade entre os diversos sistemas operacionais (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

Open SceneGraph

Open SceneGraph é uma ferramenta para construção de sistemas tridimensionais de alta performance, usado por desenvolvedores nos campos de simulação visual, jogos, realidade virtual, visualização científica e modelagem. Escrito inteiramente em linguagem C++ e *OpenGL* roda em *Windows* e diversas outras plataformas como *OSX*, *Solaris*, *Linux*, *Irix* e *FreeBSD* (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

OpenSG

Open SG é um sistema em tempo real para a criação de programas gráficos e realidade virtual. É desenvolvido seguindo os princípios da Licença de Código Livre (LGPL) e

pode ser utilizada gratuitamente. Roda em *IRIX*, *Windows* e *Linux* sendo baseada em *OpenGL*(VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

Panda 3D

Panda 3D é uma *engine* de *rendering* construída para funcionar em sistemas *SGL*, *Linux*, *Sun* e *Windows*. Seu núcleo é baseado em C++ oferecendo uma interface para *scripst* em linguagem *Python*. Foi originalmente desenvolvido nos estúdios *Disney VR*, utilizando um sistema proprietário para plataformas *IRIX* chamado *DWD* (*Disney Worlds Designer*) para a criação de diversas aplicações de realidade virtual em seus parques de diversão. Em 2002, a empresa decidiu fazer de sua *engine* um código aberto para facilitar sua integração com universidades em projetos de realidade virtual (ENTERTAINMENT TECHNOLOGY CENTER, 2005).

VTK

VTK é um sistema gratuito para desenvolvimento de aplicações 3D, processamento de imagens e visualização, suportando um grande número de algoritmos de visualização incluindo escala, vetores, tensão, texturas e métodos volumétricos. Possui implícitas diversas técnicas de modelagem como redução poligonal, suavização de malha geométrica, cortes, contornos e triangulação Delaunay. Roda também em diversos sistemas operacionais (VIRTUAL REALITY RESOURCES, 2005).

Dark Basic

Dark Basic é uma linguagem de programação para desenvolvimento de aplicações interativas como jogos e realidades virtuais imersíveis e não imersíveis, baseada na linguagem de programação *Basic*. Possui suporte para diversos formatos de arquivos para exportação livres assim como suporte ao *Direct3D*. É livre para utilização em escolas e universidades (THE GAME CREATORS, 2005).

2.4. HARDWARE

O universo virtual é composto por conjuntos de elementos de diversas naturezas, e este universo, como destacado anteriormente não compreende apenas conceitos e *software*. Existem, como já discutido, os dispositivos físicos que captam informações no mundo real e do usuário e as transferem para a realidade virtual em forma de impulsos elétricos. Sherman e Craig (2003) classificam estes dispositivos como *transducers*. Um *transducer* pode ser entendido como qualquer dispositivo que capte um fenômeno no mundo físico e o traduza em forma de sinal para um sistema. Tais dispositivos podem ser *mouses*, teclados, luvas, óculos especiais, etc. Em falando-se sobre realidades virtuais, estes sinais possuem diversas naturezas, as quais serão colocadas à frente.

Os sistemas virtuais mais simples dispõem geralmente de apenas de uma visão monoscópica do mundo simulado, visualizada no monitor de um computador comum. Com meios simples de locomoção e interação ambiente estes sistemas na maioria das vezes usam o teclado e *mouse* do próprio computador como ferramentas de interação e navegação. A navegação é provida pelos atalhos do teclado que se traduzem na ação de ir para frente e para trás ou para esquerda e direita. As demais teclas, assim como o uso de *mouses* e *joysticks* podem configurar outros movimentos. Nos sistemas mais avançados, dispositivos de captura detectam a posição e movimentos do participante, acrescentando uma visualização estereoscópica ao ambiente virtual. Ao mesmo tempo, provêem o usuário de interação total por meio de luvas especiais que interagem com a realidade virtual através de uma linguagem de sinais e movimentos programados especialmente para este fim. Nestes sistemas a imersão completa é proporcionada por óculos 3D (tridimensional) que trabalham conjuntamente com projeções em alta resolução sobre telas que circundam o usuário, isolando-o do mundo externo (BERTOL, 1997).

De acordo com Sherman e Craig (2003), o usuário na experiência de sua interação virtual tanto recebe dados do ambiente na forma de estímulos aos sentidos, como envia dados para o sistema de realidade virtual na forma de sinais elétricos, ultra-sônicos, magnéticos, óticos entre outros. Numa classificação semelhante, Bertol (1997) divide o conjunto de dispositivos utilizados em sistemas de realidade virtual de acordo com a natureza dos sinais utilizados pelo dispositivo: dispositivos e sistemas para **entrada de**

dados e dispositivos e sistemas para **saída de dados**. São descritos a seguir os principais dispositivos para a interface do usuário com os sistemas de realidade virtual na classificação de Bertol (1997), utilizando informações adicionais de Sherman e Craig (2003).

2.4.1. DISPOSITIVOS E SISTEMAS PARA ENTRADA DE DADOS

Pela complexidade na aquisição de realismo e das ações humanas nas simulações virtuais, os dispositivos para a entrada de dados são ideais enquanto meio mais natural e próximo da comunicação humana com o sistema. O desenvolvimento de novos sistemas para entrada de dados é direcionado ao *design* dos aparelhos, para que estes melhor correspondam à complexidade da ação do corpo do usuário.

Sistema de controle de entrada de dados

O uso do corpo em realidade virtual como controle e dispositivo de representação proporciona um conceito interessante da relação e interação homem-máquina. A realidade virtual se estende além de outras típicas aplicações onde o computador é um objeto completamente separado do corpo. Na realidade virtual, o computador se torna um acessório dos sentidos humanos. Em alguns dispositivos como a luvas de dados, o computador se torna uma extensão das mãos humanas. Entre os diversos dispositivos utilizados para o controle de mundos virtuais, que suprem o sistema com dados, Bertol (1997) destaca os seguintes:

- **Teclado e Mouse:** são os mais primitivos dispositivos para entrada de dados num sistema virtual. As setas do teclado assumem a função de navegação direcionando o participante para frente, para trás, para os lados, para cima e para baixo. As teclas podem ser também mapeadas para funções e assim providenciam outros tipos de controle dentro da realidade virtual. O *mouse* é um dispositivo simples, apenas ligeiramente mais avançado que o teclado desde que o movimento das mãos pode ser impresso nas direções da navegação. A funcionalidade do *mouse* pode ser expandida para mais opções de controle: *mouses* com *6-DOF* (6 graus de liberdade) permitem interação com o mundo virtual usando 6 diferentes tipos de rotação e movimento, 3 de

cada um. Os botões no mouse podem ser programados para controlar outras coisas no ambiente virtual, como pegar objetos, rotacionar e escalar coisas. O *Feedback*tátil (ou retorno tátil) ligado a diferentes eventos pode também ser programado (BERTOL, 1997).

- **Data gloves:** são dispositivos que o usuário veste como luvas usuais ou ligadas através estruturas mecânicas, como mostra a Figura 2.4 (BEYER, 2004; IMMERSION, 2004). Seu princípio é simples: sensores de pressão ligados a fios informam ao computador se alguma coisa no ambiente foi tocada e em resposta enviam uma informação em forma de estímulo sensório-motor aos sensores das luvas. Luvas de dados fazem com que os participantes se comuniquem com o computador através de movimentos das mãos. Muitas vezes os gestos das mãos são mostrados em tempo real nas representações geradas. A inclinação e flexibilidade dos dedos podem ser rastreadas de forma acurada: fibra ótica e *LEDs* são usados pra detectar a curvatura dos dedos enquanto a posição e orientação são detectados pelos dispositivos magnéticos incorporados à luva. Os movimentos da mão podem ser programados para invocar determinados comandos no ambiente virtual de acordo com o projeto da realidade virtual. Esse tipo de luva representa um dos meios mais simples para o usuário em sua experiência de interação com o ambiente virtual por causa de sua forma natural e espontânea de controle, podendo ser utilizadas também em outros tipos de atividades e aplicações além do que a realidade virtual em si: sistemas CAD e CAM, entretenimento, treinamento médico, simulações militares, etc (BERTOL, 1997).



Figura 2.4: Luvas de dados acopladas à mão do usuário (Fontes: Beyer (2003); Immersion, 2004)

- **Bastões:** são outro tipo de dispositivos de interações baseados em *6-DOF*. Sua implementação é simples e alguns modelos possuem botões e interruptores que podem ser programados para diversas funções, como mostra a Figura 2.5, onde o dispositivo mais se assemelha a um *mouse*. Com os bastões é possível selecionar um comando dentro da realidade virtual apontando uma determinada direção. Na Figura 2.6, um exemplo desta interação: um laser é emitido e sua intersecção com o objeto realiza uma seleção no ambiente virtual.



Figura 2.5: Um bastão com botões configuráveis (Fonte: Wanda (2004))

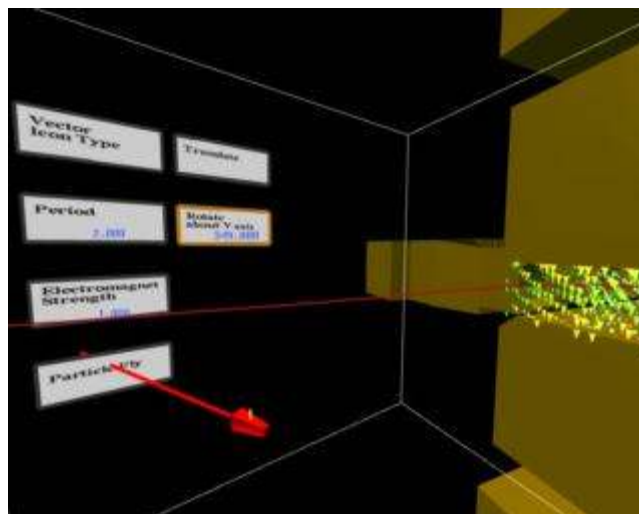


Figura 2.6: uma representação de um bastão, interagindo com o ambiente virtual (Fonte: Pape (2004))

- **Esteiras:** são outro dispositivo natural de navegação na realidade virtual desde que o movimento de andar é uma ação espontânea e se reproduz inteiramente no ambiente virtual. A esteira utilizada em realidade virtual é um dispositivo rastreador estacionário e lembra as esteiras utilizadas em academias de ginástica.
- **Detectores de sinais biológicos:** são dispositivos de realidade virtual baseados em controles que fazem uso da leitura de sinais biológicos. Alguns destes reconhecem a atividade muscular através de eletrodos aplicados a certas áreas do corpo. O *software* de realidade virtual transforma esses sinais em ações no ambiente virtual, em uma grande variedade de formas. Estes dispositivos baseados em atividade biológica são utilizados não apenas em ambientes virtuais, mas no mundo real também, como por exemplo, em pessoas com deficiências físicas. A voz proporciona outro tipo de entrada biológica de dados, cuja implementação se baseia em algoritmos desenvolvidos para o reconhecimento vocal.

Sistemas de rastreamento para a entrada de dados

Um objeto físico possui seis tipos de movimentos diferentes, que nos termos da tecnologia ligada à realidade virtual se diz seis graus de liberdade ou *6-DOF*: três translações e três rotações ao longo de três eixos x, y, z. Qualquer tipo de movimento pode resultar da combinação destas 6 operações básicas. Os sistemas de rastreamento informam a posição e o movimento do participante em forma de sinais para serem processados pelo computador.

Três componentes principais são necessários para que um sensor de rastreamento funcione: uma fonte de sinal, um sensor recebendo o sinal e um controle que processe o sinal e o transmita ao computador. Muitos fatores, no entanto, estão envolvidos no processo de funcionamento dos rastreadores, e para que exista proveito em sua utilização eles precisam ser observados os seguintes fatores: a precisão na localização da posição e orientação do sensor, o intervalo entre o movimento do participante e processamento do

sinal, a distância entre o indivíduo e o sensor. Sensores de rastreamento podem ser classificados de acordo com a natureza do sinal: magnéticos, óticos, ultra-sônicos, mecânicos e giroscópicos. **Sensores magnéticos** compõem a maioria dos dispositivos de rastreamento e são baseados em campos eletromagnéticos gerados a partir de bobinas. Graças ao seu tamanho pequeno, eles podem ser facilmente integrados a diversos sistemas. Os participantes mudam de posição e orientação e o sensor faz a leitura do movimento através da alternância dos campos magnéticos. A desvantagem desses sensores de rastreamento é o atraso do tempo entre o movimento dos participantes e a resposta do sistema ao sinal. **Sensores óticos** são baseados em sinais infravermelhos e compõe-se de vários *LEDs* (diodos emissores de luz) montados numa superfície. Embora sejam precisos e possam cobrir uma ampla área de movimento, são dispositivos caros e na maioria das vezes utilizados apenas em simuladores de voo. **Sensores ultra-sônicos** são baseados em dispositivos ultra-sônicos ou microfones e são baratos para se construir, permitem a transmissão quase que imediatas dos dados captados do sistema de realidade virtual. Apesar disso ainda não representam uma solução viável por estarem susceptíveis a interferências externas (BERTOL, 1997).

2.4.2. DISPOSITIVOS E SISTEMAS PARA A SAÍDA DE DADOS

A classificação de dispositivos de saída de dados é baseada nos sentidos humanos envolvidos na percepção das diferentes representações geradas no ambiente virtual, segundo Bertol (1997). Em algumas situações o mesmo dispositivo combina dois ou mais diferentes tipos de percepção sensorial, geralmente visual e auditiva. O sentido do toque é objeto de estudo de muitos projetos de pesquisa em desenvolvimento, muito embora sistemas táteis não sejam implementados na maioria dos sistemas comerciais de realidade virtual.

Sistemas de visualização para a saída de dados

A visão, mais do que qualquer outro sentido é responsável pelo reconhecimento do mundo físico. Consequentemente, a maioria das aplicações de realidade virtual se foca na

simulação visual. De uma forma geral os sistemas de realidades virtuais mais simples simulam a percepção de profundidade através de perspectiva e paralaxe em monitores comuns. A perspectiva proporciona uma imagem que diminui em tamanho proporcionalmente em relação à distância do observador, no caso a tela do monitor utilizado. A visão binocular, de onde resulta a percepção estereoscópica, proporciona a profundidade através da convergência da visão dos 2 olhos. Este processo pode ser descrito da seguinte maneira: quando percebe-se um objeto com ambos os olhos, obtêm-se duas diferentes visões, uma em cada retina. Ambas as vistas convergem para a imagem final. Nos visualizadores de realidade virtual este processo é recriado para que se adquira o maior realismo possível na percepção (BERTOL, 1997).

Um dos mais populares dispositivos associados à tecnologia de realidade virtual é o *HMD* ou *Head-mounted display*, visto na Figura 2.7. O uso do *HMD* possibilita uma completa imersão do participante dentro do mundo virtual, isolando-o do ambiente real. Os componentes essenciais de um *HMD* são a fonte de imagens e um sistema ótico. O sistema ótico de visualização foca a imagem a alguns centímetros de distância dos olhos do usuário. O campo de visão do *HMD* varia de 40 até mais ou menos 110 graus, sendo que a visão humana tem uma percepção ótima de 180 graus horizontais e 120 verticais. As telas do *HMD* podem ser monitores *LCDs* (abreviatura para cristal líquido) ou monitores *CRT* (abreviatura para tubo de raios catódicos). As resoluções apresentadas por ambos são bem menores que a resolução suportada pela visão humana, estes apresentam em média uma resolução 10 vezes menos. Os *HMDs* podem incorporar também um sistema de rastreamento para localização do corpo dentro de um ambiente virtual. Ele é usualmente um dispositivo caro (BERTOL, 1997).



Figura 2.7: um exemplo típico de *HMD* (Fonte Beyer (2004))

O ***BOOM***(**Monitor Binocular de Omni-Orientação**), que pode ser visto na Figura 2.8, representa outro tipo de veste para ser utilizada na cabeça. Como o aparelho utiliza uma haste com balanceamento que proporciona uma melhor ergonomia, o problema do peso sobre a cabeça, presente nos *HMDs*, é eliminado. Além disso, seu atraso de processamento é menor que o do *HMD* e que ele pode utilizar monitores *CRT* que têm maior resolução que *LCDs*, constituindo-se em uma ótima solução de visualização e rastreamento para uma ampla gama de aplicações (BERTOL, 1997).



Figura 2.8: O dispositivo *BOOM* acoplado à cabeça (Fonte: Beyer (2004))

Projeções representam uma alternativa para as vestes para as vestes acopladas à cabeça. Mesmo que o sistema de visualização não isole o participante do mundo real, ele ainda pode criar mais realismo na simulação. Através das projeções a realidade virtual se torna uma janela. Em sistemas de uma única projeção, as paredes podem ser

utilizadas como telas e a escala da representação se aproxima da escala humana, favorecendo a imersão.

A *CAVE* (*Cave Automatic Virtual Environment*) é um dos mais avançados sistemas de visualização para realidades virtuais. Se estiver utilizando sistema de realidade virtual do tipo *CAVE*, o usuário poderá desfrutar de uma ampla sensação de imersão. Adentrando ao espaço virtual ele terá uma percepção sensorial quase integral da cena (DHOMBRES et al, 1996). Foi inicialmente desenvolvida em 1992 no Centro Nacional de Aplicações de Super-Computação na Universidade de Illinois, concebida por Tom DeFanti e implementada por Carolina Cruz-Neira. A Caverna, cuja vista esquemática pode ser vista na Figura 2.9 consiste de uma sala de 3 metros de lado onde as faces do cubo são as costas de telas de projeção, incluindo o chão. O participante dentro da sala cúbica é circundado por imagens geradas por uma estação gráfica e seus movimentos são rastreados por sensores eletromagnéticos. As imagens estereoscópicas são visualizadas com óculos 3D, que serão descritos a seguir. Diferindo dos outros tipos de ambientes imersivos, como aqueles proporcionados pelos *HMDs*, a experiência virtual na *CAVE* não é limitada a um único participante; múltiplos usuários podem compartilhar o ambiente virtual, interagindo entre si. A alta resolução das imagens projetadas e a grande escala da sala de imersão proporcionam um ambiente ideal para visualizações científicas e outras de natureza variada. Dentro de tal ambiente o usuário é livre para caminhar sem estar preso a nenhum empecilho técnico que interfira em sua percepção (BERTOL, 1997). Uma visão interna da Caverna pelos olhos do usuário da realidade virtual pode ser vista na Figura 2.10.

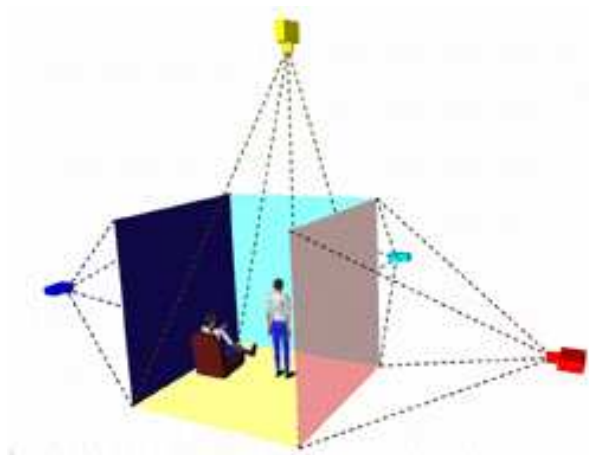


Figura 2.9: Visão esquemática da caverna onde imagens estéreo são projetadas na parede e no chão (Fonte: Beyer (2004))

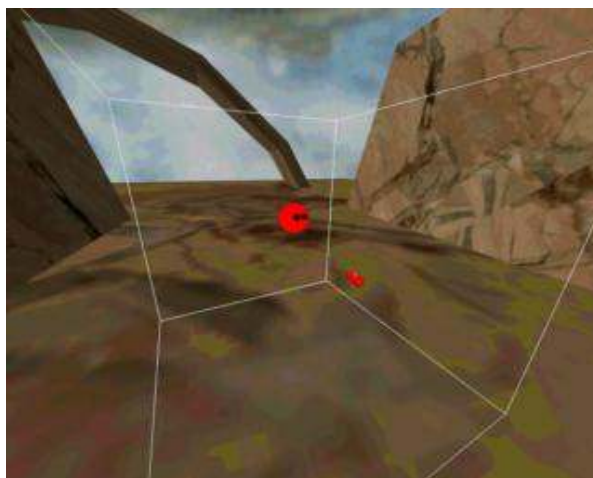


Figura 2.10: visão do usuário dentro da Caverna (Fonte: Pape (2004))

Os **óculos 3D**, vistos na Figura 2.11 são um outro dispositivo bastante utilizado para visualizações de realidade virtual, adicionando a profundidade estereoscópica nas imagens mostradas no monitor do computador. Eles são em geral compostos de telas de cristal líquido e controlados pelo computador, que alterna a exibição das imagens que aparecem em suas telas, respectivamente, vistas direita e esquerda de um objeto tridimensional. Dessa forma eles são sincronizados, abrindo e fechando cada uma de suas lentes por uma fração de tempo. Cada lente recebe assim a imagem correta para proporcionar a ilusão tridimensional aos olhos do usuário (BERTOL, 1997).



Figura 2.11: dois modelos distintos de óculos 3D (Fonte: Edimensional (2004))

O **VRD (visualizador virtual de retina)** é um tipo único de tecnologia de visualização desenvolvido pelo Laboratório de Tecnologia de Interface Humana da Universidade de Washington. Ele projeta uma imagem na retina do participante e dispõe de características peculiares: utiliza pequenos óculos com amplo campo de visão, maior que 120 graus, possui alta resolução e luz suficiente para utilização em ambientes externos, além de dispor de visualização transparente para utilização em fusões de realidade virtual e real (BERTOL, 1997).

Sistemas táteis para saída de dados

Estes sistemas recentemente, têm se tornado presentes em grande parte dos ambientes virtuais disponíveis no mercado. Uma ampla faixa de aplicações pode se beneficiar destes dispositivos que permitem que o usuário controle objetos no mundo virtual com o sentido do tato, além disso a visualização pode se beneficiar com a sensação quando interagindo com objetos. Com os sistemas apropriados é possível dispor de sensações como rugosidade, suavidade, viscosidade, fricção além de outras.

Nos sistemas táteis, cujos exemplos podem ser observados nas Figuras 2.12 e 2.13, o sinal eletrônico ativa sensores com bolsas infláveis de ar na ponta dos dedos. A sensação de pressão provocada pelo agarrar de algum objeto no mundo virtual é gerada pela pressão exercida pelas bolsas de ar sobre os dedos. A simulação de temperatura é outro fator importante proporcionado pelos sensores táteis: eles podem melhorar a imersão no mundo virtual, uma vez que os sensores podem se aquecer quando algum objeto é agarrado. Desta forma este tipo de sistema provê tanto a saída como a entrada de dados para o sistema, mas respeita-se aqui a classificação colocada por Bertol (1997).

Sistemas que apresentem sensores do tipo *force-feedback* também permitem um retorno tátil quando algum objeto é agarrado na cena. Estes tipos de sensores tem sido usados desde os primeiros dias das pesquisas com realidade virtual e foram inicialmente desenvolvidos na Universidade da Carolina do Norte por Frederick Brooks, para o sistema *GROPE*. A cena virtual reflete o movimento do usuário, assim como é dada ao participante uma sensação de pressão (BERTOL, 1997).



Figura 2.12: Um braço robótico para sistemas de tele-presença em ação (Fonte: Beyer (2004))



Figura 2.13: Braço mecânico e sistema virtual acoplado ao braço humano) Fonte: Beyer (2004)

Sistemas sonoros para a saída de dados

O som pode ser essencial para o ambiente virtual e o aumento do volume quando da aproximação de sua fonte pode transformar por completo a experiência imersiva ou semi-imersiva. Sistemas de som em realidade virtual mapeiam o espaço tridimensional em diferentes localizações resultando em um sistema estereofônico. Um sistema de som estéreo onde o som vem de fontes separadas aumenta ainda mais a percepção espacial do ambiente virtual, pois a localização das fontes sonoras aumentam a noção de profundidade do usuário em relação ao espaço que está sendo explorado (BERTOL, 1997).

2.5. PERCEPÇÃO

Os sentidos são o mecanismo de interface do indivíduo para com a realidade externa. A informação que recebem é o início do reconhecimento do ambiente exterior. Essa interpretação dos estímulos para Okamoto (1999) resulta no fenômeno da percepção. O mecanismo sensorio humano em seu contato com o ambiente faz uma inter-relação entre as diversas vias de acesso da informação para o organismo, surgindo a noção da percepção ambiental. Segundo Gifford (2002) o ser humano, embora sendo primariamente um ser visual, encontra na percepção ambiental os meios e caminhos para coletar a informação do mundo ao seu redor.

Gifford (2002) apresenta duas maneiras de tratar a percepção pelo indivíduo. A primeira delas diz que na percepção dos objetos há uma ênfase da assimilação em propriedades de pequenos estímulos: luz, cor, profundidade, constância perceptual, forma e movimento aparente. Na segunda delas, a percepção ambiental, esta ênfase se faz na cena como um todo, ela é tratada como uma entidade pelo ser humano. Se Gifford (2002) coloca que os participantes desse ambiente fazem parte da cena, experimentando-a de várias perspectivas e em geral estão conectadas a ela através de um propósito ou objetivo.

A diferença entre estes dois tipos de percepção não é meramente sua escala e complexidade. A percepção como um todo é processada de forma diferente.

O ambiente geralmente fornece mais informação do que o ser humano consegue assimilar, e desta forma a percepção a seleciona em pequenos grupos. O ser humano consegue ignorar partes da informação que chega até ele, filtrando-a e concentrando seu foco naquilo que é do seu interesse, passando da consciência de um determinado contexto assimilado para a adaptação da cena ao seu redor. Gifford (2002) sugere que a percepção de fatores como tamanho, distância, altura são amplamente dependentes dos elementos físicos da cena onde estão arranjados, tanto como recebem ampla influência de características humanas pessoais: a familiaridade e afinidade ao lugar, ligações culturais e treinamento.

Existe ainda uma outra instância do processo de captação da informação ambiente pelo ser humano que diz respeito ao modo como esta informação é tratada pelo indivíduo no momento posterior a sua assimilação do ambiente. O processamento, armazenagem e resgate desta informação se traduz na idéia de cognição ambiental defendida por Gifford (2002) e dentro dela está incluído o conceito de cognição espacial. A cognição espacial é um ato pensante, é a maneira pelo qual o ser humano estima distâncias, reconhece ambientes, entende mapas e conceitualiza mentalmente os espaços com os quais interage. Para Okamoto (1999) esta noção espacial é uma constante mutação, plena de proporções e juízos de valor. Notadamente, sendo o fenômeno perceptivo e cognitivo um ato complexo, ele é passível de interferências pelo meio externo ao indivíduo e de sua própria interferência, especialmente quando existe a transposição para uma realidade virtual e artificial.

No contexto virtual, o processamento visual inicial envolve a transformação de formas de uma representação pura em uma representação que é adequada para o reconhecimento. Daí em diante o reconhecimento de formas e objetos se baseia numa descrição estável que não depende de um ponto de vista momentâneo específico. Um esquema para representar a forma num ambiente virtual envolve o uso de um sistema de coordenadas e eixos componentes identificados a partir de uma imagem que capta o que é específico a respeito dos objetos em questão (NOËL, 1996).

A percepção da visão no âmbito virtual inclui processos como a recuperação da forma em movimento, a partir de imagens efêmeras quando da interação do usuário com o ambiente tridimensional e a capacidade de obter percepção estereoscópica. Estas

características são ambas decorrentes de uma ilusão proporcionada através da interface com o equipamento de realidade virtual. A ilusão estereoscópica virtual sustenta-se na habilidade de um mecanismo binocular de computar profundidade combinando à informação obtida de dois pontos de vista ligeiramente diferentes, como discutido anteriormente. É assim que se tem a impressão e a sensação de imersão quando da utilização de um *HMD* (NOËL, 1996).

No entanto, tal como descrito por Lee et al (1995), existem variações no senso de imersão dentro de uma realidade virtual, sejam estas decorrentes da utilização de computador de mesa em sistemas do tipo *Desktop* ou em configurações imersivas mais avançadas. Lee et al (1995) colocam que não apenas a configuração física de uma realidade virtual afeta a percepção do usuário do sistema, mas também os próprios fatores virtuais envolvidos: o comportamento anormal dos objetos de uma determinada cena, os lapsos no processamento do computador em ambientes mais complexos, e mesmo o desconforto causado pelo peso dos equipamentos utilizados para proporcionar a sensação de imersão ao aparato perceptivo. Estes fatores influenciam diretamente a percepção do ambiente tanto como criam ruídos resultantes de sua imperfeição.

Diversos estudos analisam estas variações e ruídos de percepção no espaço e na própria percepção virtual, assim como salientam aspectos decorrentes da implementação de ambientes virtuais, dos quais alguns serão mostrados a seguir.

Antonietti e Cantoia (2000) dirigiram um estudo onde estudantes adentraram a uma pintura através de um *software* de realidade virtual e fizeram comparações com a representação da pintura a eles apresentada em suporte bidimensional. Seu experimento teve foco na atividade cognitiva e perceptual dos usuários, e foi conduzido com estudantes voluntários de pedagogia e psicologia. Os participantes foram expostos a duas situações: na primeira analisar uma reprodução bidimensional da pintura, na segunda fazer um passeio virtual dentro da pintura, utilizando um *software* para este fim. Em seguida a cada um destes processos os estudantes responderam a perguntas em um questionário com quatro tarefas: encontrar o nome da pintura, descobrir o que significava a pintura, listar as questões que a pintura sugeria e escrever um breve comentário sobre ela. Nos dois tipos de exposição à pintura houve reações diferentes. Antonietti e Cantoia (2000) destacam que apenas na condição da imersão do passeio virtual o grupo estudado teve uma postura

espontânea, uma meta-percepção onde demonstraram variações dentro do método do questionário, onde pensou-se não “o que”, mas “como” algo estava na frente deles. Dentro da situação de imersão, casos onde participantes demonstraram o interesse pela técnica utilizada na pintura foram comuns. A realidade virtual possibilitou que os participantes traduzissem suas experiências, interpretações e comentários de forma mais abstrata quando responderam ao questionário apresentado. Para Antonietti e Cantoia (2000) a realidade virtual não tenta reproduzir o mundo, mas prover outro ambiente que pode ser usado para entender o que as pessoas pensam.

Hendrik et al (1998) conduziram experimentos de percepção em ambiente virtual utilizando como referência a cidade alemã de Tübingen. O trabalho possibilitou comparar pessoas com experiência em um determinado ambiente físico para confrontar com um ambiente correspondente em realidade virtual. A pesquisa da ação humana e da percepção neste ambiente complexo demandou uma grande plataforma experimental: parte dos experimentos virtuais pôde ser ajustada de acordo com sensações dos usuários na cidade de Tübingen, comparando-se a navegação e orientação nos dois contextos e estabelecendo-se relações entre ambos.

Seu experimento foi conduzido dentro de um simulador que consiste de uma grande tela cilíndrica de projeção com 7 metros de diâmetro, um supercomputador gráfico e uma bicicleta virtual, como visto na Figura 2.14. Para um observador sentado na bicicleta, a imagem projetada cobria aproximadamente 180 graus horizontais e 50 verticais de visão.



Figura 2.14: O sistema utilizado por Hendrik et al (1998) para análise da percepção virtual

(Fonte: Bültholff e Veen(1999, p. 6))

Bültholff e Veen (1999), que também utilizaram o ambiente da cidade virtual de Tübingen para pesquisa, fizeram outras observações pertinentes à percepção, no entanto dentro do campo da psicofísica e cibernética. Para Bültholff e Veen a psicofísica clássica da percepção humana tem estudado apenas aspectos isolados da percepção usando laboratórios, onde os estímulos são controlados e fortemente simplificados. Os autores colocam que as situações reais diferem do ambiente onde são feitos os estímulos dos testes psicofísicos em laboratório, porque o contexto da vida diária é muitas vezes impossível de ser reproduzido em laboratório.

O estudo de comportamentos cognitivos de alto nível como o reconhecimento de objetos, análise de cenas e navegação requer um outro tipo de metodologia. A realidade virtual para Bültholff e Veen (1999) é essencialmente uma técnica que cria a ilusão da experiência física sem a presença do ambiente físico: a ação do participante é medida e usada para atualizar uma representação computacional de um ambiente virtual, que é então representado para o participante através de meios visuais, táteis, auditivos e etc. As técnicas de realidade virtual possibilitam dessa maneira manipular todos os aspectos dos

estímulos sensoriais tanto como dos efeitos nas ações dos participantes e de suas experiências no campo virtual.

De acordo com Bültholffe Veen, a cibernética é um campo da biologia que estuda o ciclo completo da ação e percepção dos organismos, desde a maneira como a informação é adquirida, processada até sua armazenagem pelos organismos e sua gestão pelo indivíduo na forma de comportamento. A pesquisa deste sistema de *feedback* requer um controle preciso sobre os elementos do ciclo de ação-percepção do ambiente onde o indivíduo aparece e dessa maneira, interceptar este ciclo contínuo de *feedback* pela manipulação dos parâmetros desse mundo altera a maneira como a ação influencia a mesma percepção. As técnicas de realidade virtual possibilitam pela primeira vez a realização de experimentos no complexo domínio do comportamento humano (BÜLTHOLFF; VEEN, 1999).

A Figura 2.15 apresenta um diagrama do ciclo básico de ação da percepção de um organismo sob a perspectiva da cibernética biológica, simbolizando o fluxo de informação entre o organismo e o ambiente. Neste diagrama está ilustrado como os ambientes virtuais podem ser utilizados para a estudar o ciclo de ação-percepção. Dentro de ambientes reais um segundo ambiente é criado por meio da interface homem-computador, uma parte maior ou menor do comportamento do usuário é monitorado pelos dispositivos de entrada de dados como sensores táteis e usado para atualizar a representação computacional do organismo no ambiente virtual. Monitores do tipo *HMD* e fones de ouvido são usados para comunicar esta representação ao usuário.

Algumas experiências retratam esta disparidade e a imperfeição dos ambientes virtuais, tanto como lhe salientam as vantagens de utilização para pesquisa no campo perceptivo e cognitivo. Para efeitos de comparação são apresentadas a seguir algumas pesquisas destacadas por Bültholffe Veen, (1999) no campo da percepção virtual, assim como alguns contrastes entre ambientes virtuais e **reais**:

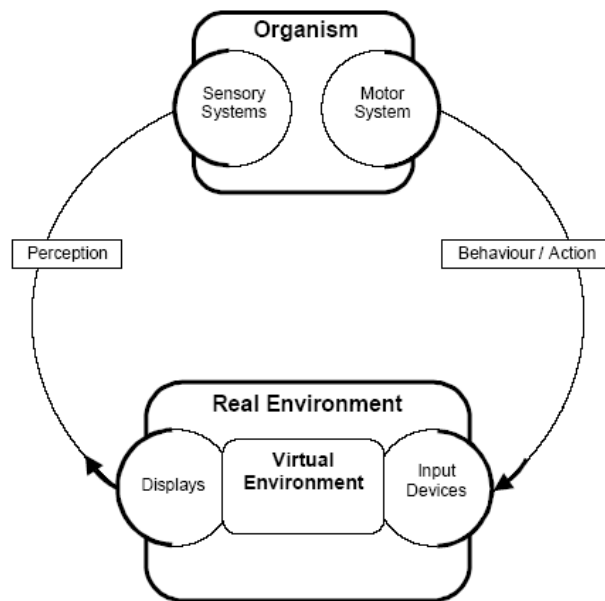


Figura 2.15: A demonstração de um diagrama de ação-percepção virtual pela perspectiva da cibernética biológica (Fonte: Bültholff e Veen, (1999, p. 3))

- **Aplicação de Ambientes virtuais no tratamento de fobias:** Ambientes virtuais são aplicados com sucesso no tratamento de fobias, como medo de aranhas, medo de altura e medo de voar. Neste último caso, participantes interagindo com um ambiente virtual simulam os diversos estágios do processo de voar em um avião sem no entanto sair do chão. Desta forma eles tem a clara certeza de que tudo é apenas uma simulação, mas usufruem de um realismo convincente o suficiente para reproduzir seu medo e fazer com que o superem aos poucos através de treino.
- **Incompletude:** Uma realidade virtual pode parecer realista o suficiente para um propósito, mas ser falha em qualidades essenciais para outras tarefas. Em um dos estudos dentro da reprodução virtual da cidade de Tübingen, construída por Hendrik et al (1998), Bültholff e Veen, (1999) salientam ao menos uma pessoa que sentiu a falta da distância apropriada entre as ruas. Este usuário, acostumado com seu percurso usual pela cidade lembrou como certas ruas eram mais inclinadas que outras. Existem outras formas de incompletude óbvias: a falta de estímulo em certos sentidos, a simplicidade dos ambientes, e todos os problemas associados com a movimentação dentro dos ambientes virtuais.

- **Distorção e lapsos de processamento (*lag*):** Uma interface ideal entre o participante e o ambiente virtual deveria operar imperceptivelmente. Mas não é o que se observa comumente. O que ocorre é que os participantes mudam seus comportamentos para se adequar a esses problemas de interface. O caso típico é a *lag*, ou lapso de processamento, requerido para refletir mudanças do comportamento dos participantes nos visores utilizados. Exemplificando, nos simuladores de veículos os usuários têm muitas vezes que compensar a diferença de tempo associada com o lapso de processamento reduzindo a velocidade do veículo. As distorções são especialmente evidentes quando parte do ambiente virtual opera conjuntamente com o ambiente real, quando os participantes tentam agarrar um objeto com sua mão real e existe alguma coisa que não está corretamente exibida.

Existe um senso de presença no ambiente virtual que pela definição de Wann e Mon-Williams (1996) lhe confere características que o fazem diferir de um ambiente real. Este senso de presença confere ao usuário uma sensação de imersão, de estar em outro lugar. Esta sensação dá ao usuário a sensação de uma realidade diferente do mundo real, que ele percebe como artificial, e diferencia da simples exposição de uma pintura na tela de um computador e que extrai de seu aparato sensório a idéia de outro lugar, de outra realidade.

Uma estrutura virtual precisa de navegação e interação tanto como prover o usuário com as necessidades básicas de exploração que ele usufrui no ambiente real.

O senso de presença, uma característica do aparato perceptivo humano para a localização espacial possui sua contraparte virtual quando obedecidos alguns aspectos básicos: há a necessidade de escala espacial, da escala corporal, pontos cardinais de localização, profundidade de visualização e visão binocular. Existe ainda o ver em terceira dimensão e o próprio senso de imersão, uma espécie de produto para a sensação resultante destas características. Quando um objeto é apresentado na tela sem referências, sua interpretação de proporção fica desvirtuada no sentido de que ele tanto pode ser do tamanho de um edifício quanto do tamanho de uma xícara, assim a inserção de informações visuais possibilita a localização espacial e escalar do usuário. A Figura 2.16 mostra um exemplo desta disparidade, onde a primeira imagem é ambígua e sem profundidade, e na segunda as linhas conferem aspecto de profundidade facilitando a localização.

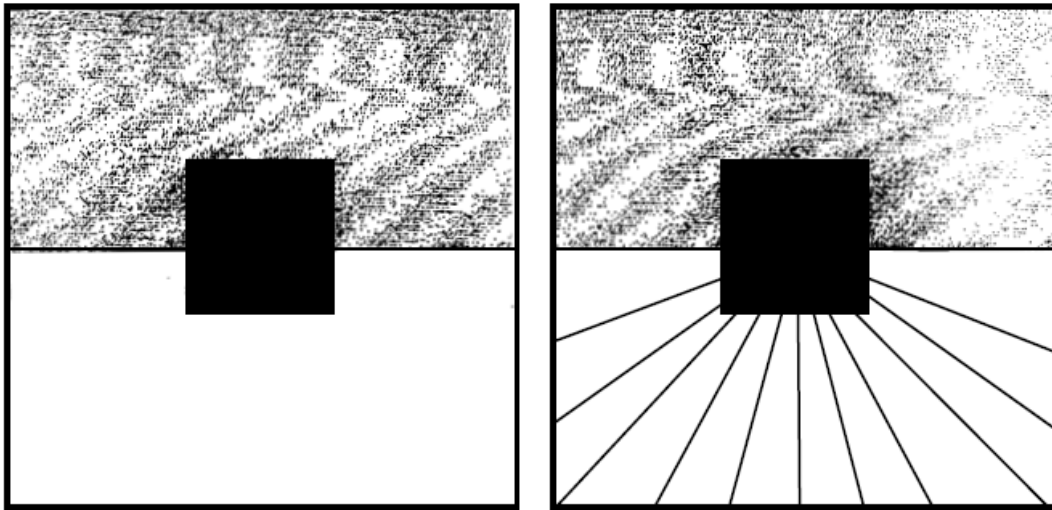


Figura 2.16: Um exemplo da ausência e presença de elementos visuais para localização espacial
(Fonte Wann e Mon-Williams (1996, p. 9))

Millaret al (1999) afirmam que a percepção da profundidade é característica fundamental para a interação do usuário tanto em um ambiente real como virtual. Com pontos de informação numeráveis e destacados que estabelecem a oclusão de um objeto em frente ao outro e com a informação decorrente, destes pontos chamada de ação relativa, projeta-se um ambiente com informação suficiente que se torna reconhecível pelo usuário do ambiente virtual. Lee et al (1995) conduziram estudos em um ambiente virtual que no entanto demonstraram alguns resultados curiosos quando confrontados com a idéia de Millar et al (1999) e com as afirmações propostas por Wann e Mon-Williams (1996). Após testarem alguns modelos de *mouse* e verificarem aquele que possibilitava ao usuário a melhor performance no ambiente virtual, fizeram um segundo experimento. Estudaram a percepção humana dentro do ambiente virtual analisando a presença ou não de pontos visuais de referência na cena, a profundidade binocular citada por Millaret al (1999) e a presença ou não de perspectiva com suas variações, valendo-se para este experimento de um sistema simples de realidade virtual do tipo *Desktop* (LEE et al, 1995), com um monitor comum de computador. Apesar de não possuir imersão, esse tipo de sistema tem melhor resolução nas imagens que os *HMDs* convencionais.

No segundo experimento a tarefa dos usuários consistia em mover um cubo tridimensional de uma posição inicial até um alvo definido no ambiente virtual utilizado em

6 situações, cuja representação pode ser vista na Figura 2.17: profundidade binocular, sem pontos visuais de referência e sem perspectiva (a), sem perspectiva, sem pontos visuais de referência e sem profundidade binocular em (b) com profundidade binocular, com pontos visuais de orientação e sem perspectiva em (c), com profundidade binocular, com textura inclinada e perspectiva linear em (d) com profundidade binocular, com textura inclinada e perspectiva linear melhorada em (e). Lee et al (1995) puderam fazer uma comparação interessante com a análise dos dados: a presença de coordenadas visuais de profundidade melhora o rastreamento de objetos em ambientes virtuais, mas não de maneira significativa quando estes pontos estão em perspectiva. Ainda se observou que a disparidade binocular, ou seja, o fenômeno da percepção da perspectiva em ambientes reais através da distância entre os dois olhos, foi de grande importância para a localização espacial dos usuários estudados.

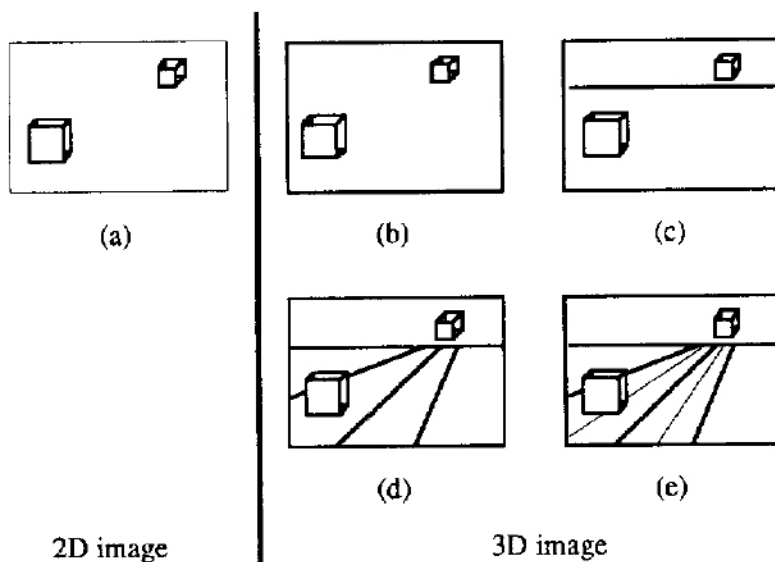


Figura 2.17:As etapas do experimento realizado por Lee et al (1995) (Fonte: Lee et al (1995, p. 3))

Estendendo o conceito da percepção humana para o meio virtual em si, Millaret al (1999) conduzem um estudo sobre a influência dos conhecimentos sobre a percepção humana na implementação e programação de animação comportamental, técnica de animação amplamente utilizada em jogos de computador, ambientes tridimensionais e

virtuais para automação de tarefas de personagens que interagem com o usuário, que utiliza uma forma programada de percepção para o processamento e ações reativas no personagem. Em sua seção sobre a percepção elaboram uma classificação em que técnicas sugeridas por vários autores são comparadas e contrastadas.

Millaret al (1999) destacam que em um ambiente tridimensional ou virtual a percepção é o meio pelo qual um personagem animado capta e sintetiza o ambiente virtual. O tipo de informação que este personagem pode detectar dependerá das capacidades sensoriais nele implementadas. As técnicas de percepção individuais serão limitadas dentro de sua faixa de operação, o que significa que o personagem animado será apenas hábil para perceber seu ambiente no escopo da técnica de percepção que está sendo usada. A habilidade de perceber o ambiente dentro de uma razoável faixa de tempo é importante no que concerne ao seu tempo de resposta: quanto mais rápido este personagem perceber um objeto em movimento, tanto maior será a velocidade com a qual a informação poderá ser passada adiante para seu componente comportamental, e como resultado haverá uma animação mais sutil e suave.

Millaret al (1999) descrevem três principais grupos onde as técnicas de percepção utilizadas em animação comportamental de personagens podem ser utilizadas: **aproximação zonal, aproximação sensorial e aproximação por visão sintética.**

A **aproximação zonal** implica em envolver o personagem em uma ou mais regiões e quaisquer objetos adentrando sua área será detectado por este. Em um exemplo há um cenário onde diversos pássaros interagem entre si, cada um deles com uma área ou zona esférica de sensibilidade ao seu redor. Qualquer objeto incluindo outros pássaros que adentrarem a esta área será imediatamente percebido. Neste modelo comportamental, tentou-se fornecer ao animal aproximadamente as mesmas informações que animais reais teriam. Existe na natureza, porém, mais do que uma zona de percepção para cada pássaro e inseto. É sugerido assim que a aproximação zonal beneficiaria um personagem se a ele fossem colocadas diversas sub-zonas de percepção deixando sua sensibilidade mais aguçada e próxima de algo real.

A **aproximação sensorial** confere sensores sintéticos para cada personagem, cada um dos quais operando em específicas áreas de detecção. Esta técnica confere ao personagem possibilidades de detectar diferentes qualidades e tipos de objetos na cena. Para detectar

uma determinada característica da cena como cheiro ou som, apenas adiciona-se um sensor específico. Neste caso pode-se observar uma clara referência ao próprio sistema de percepção humana onde existem sensores para odores, sons e etc.

A **Visão sintética** é a técnica que dá ao personagem uma visão do mundo virtual. Isso confere a ele a capacidade de enxergar objetos que pertençam ao ambiente virtual. Como a visão sintética só detecta os estímulos visuais, sons, cheiros e outros passam despercebidos.

3. O EXPERIMENTO

Em agosto de 2005 foi desenvolvido um experimento para avaliar se a realidade virtual exploratória implementada pelo *Quicktime VR* e pelo *Quest3d* auxilia o usuário e o projetista na compreensão do projeto arquitetônico. A percepção do ambiente simulado foi comparada com a percepção em protótipo na escala 1:1, por meio da comparação entre respostas de perguntas idênticas sobre o ambiente simulado e o protótipo. Os materiais utilizados foram: questionários, descrições livres, modelos tridimensionais desenvolvidos em *AutoCAD* e renderizados em *3d Studio Viz* e animações em *Quicktime VR* e *Quest3d*.

O ambiente de estudo da percepção foi composto uma mesa, cadeira e armário limitado por duas paredes estando o armário posicionado atrás da cadeira, disposto da maneira apresentada na Figura 3.1. Estudaram-se três alternativas de espaçamento entre mesa e armário: 0,70m distância entre mesa independente com estante, 0,5m distância menor do que a necessária para espaço para cadeira giratória e 1m distância de mesa com estante atrás (NEUFERT, 1991, p.247).

O experimento foi realizado em duas etapas: Na 1ª etapa o participante respondia um questionário para caracterização de seu perfil (idade, sexo, escolaridade e familiaridade com animação gráfica) e em seguida interagia com a animação em *Quicktime VR* ou *Quest3d*, tendo que simultaneamente responder a um questionário de verificação da percepção composto por quatro perguntas e um desenho a mão livre sobre o ambiente simulado (Figura 3.2).

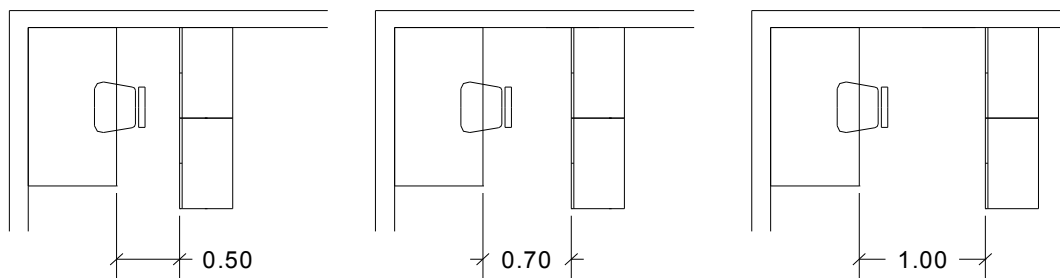


Figura 3.1: Protótipo 1:1 e suas alternativas estudadas: módulo de escritório com mesa, cadeira e duas estantes.



Figura 3.2: 1ª. Etapa do experimento: participantes visitando ambiente simulado e respondendo questionário

Na 2ª etapa o participante visitava o ambiente real tendo que novamente responder ao mesmo questionário de verificação da percepção, agora, do ambiente visitado (Figura 3.3).



Figura 3.3: 2ª. Etapa do experimento: participante visitando protótipo e respondendo questionário

Para a análise e cálculo da manutenção da percepção foram utilizadas quatro questões apresentadas na Tabela 3.1. Procurou-se verificar a percepção do ambiente em termos de espaço para abrir uma porta do armário e espaço para circulação entre mesa e armário. Também se procurou avaliar a percepção destes dois quesitos de duas formas diferentes: em termos de conforto e em termos de quantidade. As possíveis respostas para as perguntas sobre conforto para abrir a porta do armário ou conforto para circular entre a mesa e o armário são apresentadas na Tabela 3.2. As possíveis respostas para as perguntas sobre quantidade de espaço para abrir a porta do armário e circular entre a mesa e o armário são apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.1: As perguntas utilizadas para o questionário e cálculo de manutenção de percepção

Simulação Fase 1 Experimento	Protótipo Fase 2 Experimento	Pergunta
1	6	Como você avalia o conforto para abrir a porta do armário?
2	7	Como você avalia a quantidade de espaço para abrir a porta do armário?
3	8	Como você avalia o conforto para a circulação de uma pessoa neste espaço?
4	9	Como você classifica o tamanho da circulação para uma pessoa neste espaço?

Tabela 3.2: Escala de conforto com os valores utilizados para o cálculo da manutenção de percepção

Resposta para as perguntas sobre conforto	Escala de Valores
Muito confortável	2
Ligeiramente confortável	1
Confortável (neutro)	0
Ligeiramente desconfortável	-1
Muito desconfortável	-2
Não sei avaliar	-3

Tabela 3.3: Escala de tamanho com os valores utilizados para o cálculo da manutenção de percepção

Respostas às perguntas sobre quantidade	Escala de Valores
Excelente	2
Boa	1
Regular	0
Ruim	-1
Péssima	-2
Não sei avaliar	-3

O questionário utilizado também incluiu mais duas perguntas além das apresentadas na Tabela 6.1. A pergunta de número 5 que pedia para o participante desenhar o ambiente que estava visitando por meio da simulação. A pergunta número 10 que tinha como objetivo obter a opinião do participante sobre a similaridade entre simulação e protótipo. As perguntas de 1 a 5 eram respondidas pelo participante na 1.a etapa do experimento e as perguntas de 6 a 10 eram respondidas na 2.a etapa do experimento. O questionário utilizado para o experimento consta do Apêndice A.

Para o cálculo da manutenção de percepção entre simulação e protótipo fez-se a comparação da percepção do participante do ambiente animado com relação ao ambiente visitado, por meio da comparação de respostas às perguntas repetidas nas fases anteriores, isto é. pares de questão 1 e 6, 2 e 7, 3 e 8 e 4 e 9.

Marcadas as opções em um e outro questionário subtraíam-se os valores dos respectivos valores numéricos (apresentados nas Tabelas 6.2 e 6.3 na coluna escala de valores), desta forma se o resultado fosse igual a zero, a percepção estaria mantida, do contrário, a percepção não seria mantida. A escala numérica foi também usada para o cálculo do desvio padrão nas respostas.

No experimento foi utilizado os software o *QuickTime VR* (APPLE, 2004) e *Quest3d* (ACT-3D, 2004) para implementar realidade virtual exploratória (ADAMS, 1995) em um modelo tridimensional que reproduzia o protótipo 1:1.

O *QuickTime VR* cria uma simulação por meio de uma panorâmica do ambiente com capacidade de navegação controlada por um mouse no monitor (giro de 360° no centro da cena e *zoom*). Foram utilizadas cenas pré-renderizadas num conjunto de diferentes posições de câmara a partir de um giro com centro fixo, separadas por ângulo também fixo. Estas cenas foram então “costuradas” formando uma imagem única em vista panorâmica. Esta imagem foi colocada pelo *software* dentro de um ambiente tridimensional cúbico simplificado para conferir ao ambiente a ilusão de tridimensionalidade. Desta forma foi possível visualizar o ambiente modelado com a câmara posicionada no centro desta cena e através do movimento do *mouse*, obteve-se sensação exploração do espaço. O deslocamento no plano XY (para os lados) ou em Z (para cima e para baixo) foi simulado com o recurso de *zoom* (equivalente a troca de lentes de uma câmara), o que resultou na distorção da imagem.

O *Quest3d* permite ao usuário a exploração por meio da movimentação pelo ambiente sem a distorção da câmara. A utilização de um óculos 3D em conjunto com o monitor do computador dá ao usuário uma maior sensação de imersão. Neste contexto o visitante pode caminhar livremente pela sala e se movimentar apenas com as restrições do espaço disponibilizado para a experiência. Esta realidade virtual foi construída da seguinte maneira: foi implementada exploração e movimentação pelo usuário através de seu avatar no ambiente virtual e ele pode navegar em qualquer direção e sentido (linha reta ou para os lados, menos para cima, respeitando a sensação de gravidade). A escolha das direções e sentidos foi definida pelo movimento do mouse em *6-DOF* (seis graus de liberdade). A exploração compreendeu dentro das capacidades do ambiente virtual oferecido pelo *Quest3d* a rotação nos eixos XYZ da câmara virtual (que ocupa no ambiente da realidade virtual, o lugar da cabeça do usuário), a aproximação e distanciamento do foco desta câmara e seu movimento dentro do ambiente virtual. A movimentação em XYZ foi atribuída ao teclado e constituía-se de ir avante, para um lado e para outro e para trás.

Diferente da simulação com *QuickTime VR*, que foi pré-renderizado para a exibição, na simulação com *Quest3d* a cena é construída no momento da experiência do usuário em

taxas de frames por segundo (fps) variáveis, utilizando as propriedades de aceleração da placa de vídeo do sistema, uma opção que permitiu o movimento da câmara pela cena assim como a utilização de controles adicionais de navegação. Nesta específica situação a navegação em tempo real pela cena permite o envio de informações de duas vistas diferentes ao óculos 3D e dessa forma proporcionando uma visão estereoscópica simplificada da cena para usuário.

Desta forma, neste experimento procurou-se avaliar também a influência de imersão na manutenção de percepção. A simulação com *QuickTime VR* representa um implementação de realidade virtual sem imersão. A simulação com *Quest3d* e uso de óculos 3D representa uma implementação de realidade virtual com o mínimo possível de imersão.

4. ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi desenvolvida de acordo com os seguintes tópicos: definição geral da amostra, perfil dos participantes, manutenção da percepção global (todas questões juntas), manutenção de percepção por questão e influências dos filtros (sexo, idade, ...) na manutenção da percepção global. Estas análises serão apresentadas a seguir.

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DA AMOSTRA

A amostra utilizada do experimento foi composta pelos participantes do evento Unicamp de Portas Abertas 2005 (UPA). O UPA é um evento anual da Unicamp para a visita da comunidade às diversas unidades da universidade, e no ano da realização desta pesquisa ocorreu nos dias 2 e 3 de setembro de 2005, sexta e sábado. A maior parte do público do evento que participou deste experimento se apresentou como estudantes de primeiro e segundo graus interessados em conhecer a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e suas dependências, uma imagem geral deste pode ser conferida na Figura 4.1. A idade da amostra não foi estabelecida *a priori*, mas acabou se refletindo nos dados de forma preponderante: a idade média da amostra foi de 16,75 anos, os dados referentes a esta particularidade serão discutidos adiante. A opção por este público se deu através da idade em detrimento da quantidade de pessoas que o evento poderia proporcionar para o experimento. Decidiu-se assim utilizar o UPA para atingir o máximo possível de pessoas num curto espaço de tempo.



Figura 4.1: Foto do público que participou do evento UPA 2005 e que serviu como amostra para a realização da pesquisa. Fonte: UPA (2005).

O experimento foi realizado com uma amostra total de 147 participantes, sendo 73 pessoas que experimentaram o ambiente virtual do Quicktime VR e 74 pessoas para o ambiente virtual do Quest3d, ambos estes experimentos foram realizados simultaneamente no período descrito utilizando-se 2 computadores e periféricos.

O conjunto total dos participantes, soma do grupo que participou do experimento QUICKTIME VR mais aquele que participou do experimento QUEST3D, doravante nomeados respectivamente como grupo QUICKTIME VR e grupo QUEST3D será caracterizado segundo os filtros de percepção apontados por OKAMOTO (1999): faixa etária, sexo, escolaridade, familiaridade com animação tridimensional por computador e ainda familiaridade com o ambiente de estudo

4.2 PERFIL DO PARTICIPANTE

Para caracterização dos participantes, observou-se primeiramente sua faixa etária. O experimento contou com um público basicamente jovem, em sua maioria menor de 18 anos. A Figura 4.2 mostra o perfil total de idade dos participantes para ambos os grupos Quicktime VR e Quest3d. Observa-se através da figura que 90 % dos participantes são menores de 18 anos, portanto classificando a maioria do público da amostra.

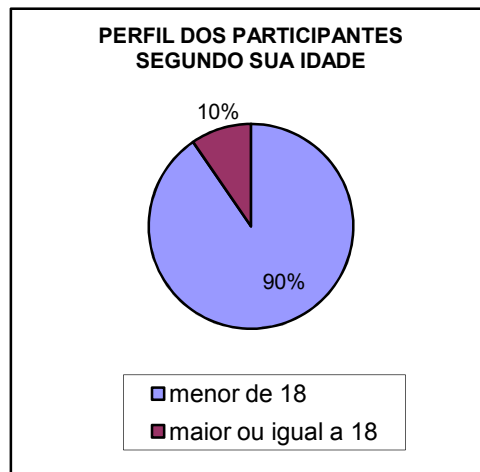


Figura 4.2: Perfildos participantes dos 2 experimentos realizados segundo sua faixa etária

A Figura 4.3 mostra a distribuição da faixa etária dos participantes de acordo com sua participação em cada experimento, onde se observa uma maior participação de menores de 18 anos no grupo do QuicktimeVr. Em outro aspecto, observa-se que apesar de em menor quantidade, as pessoas maiores de 18 anos participaram mais do experimento Quest3d. Esta distribuição é irregular.

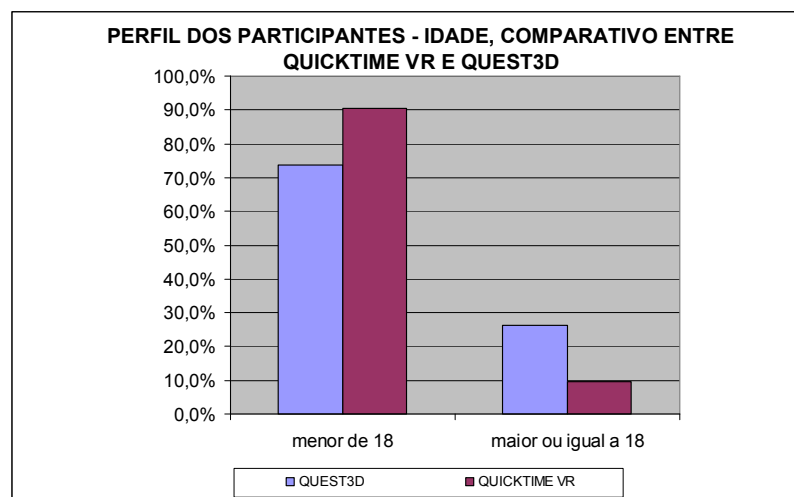


Figura 4.3: Distribuição etária nos grupos do Quest3d e Quicktime VR

Em segundo lugar foi analisada a distinção de sexo dos participantes. Das 147 pessoas que participaram do evento, 90 eram do sexo feminino e 57 do sexo masculino (Figura 4.4).

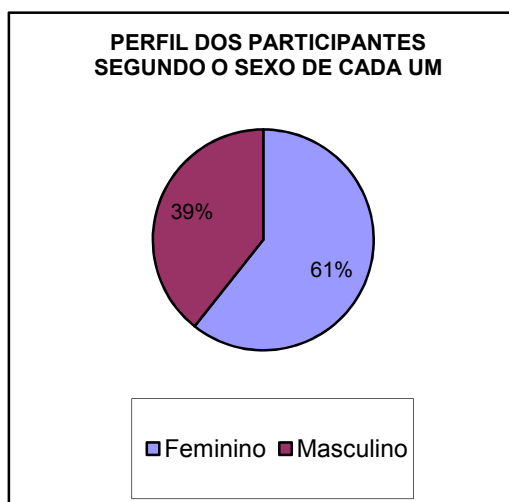


Figura 4.4: Distribuição total dos sexos para os 2 grupos pesquisados

Analisando-se os grupos separadamente, observa-se que 45 mulheres assistiram ao ambiente virtual do Quest3d contra 29 homens. Para o experimento do Quicktime VR também 45 mulheres contra 28 homens. A Figura 4.5 coloca esses números lado a lado, onde se pode observar que em ambos os grupos a participação das mulheres é a mesma e superior a quantidade dos homens. A participação dos homens também é menor em ambos os grupos e apresenta a mesma uniformidade.

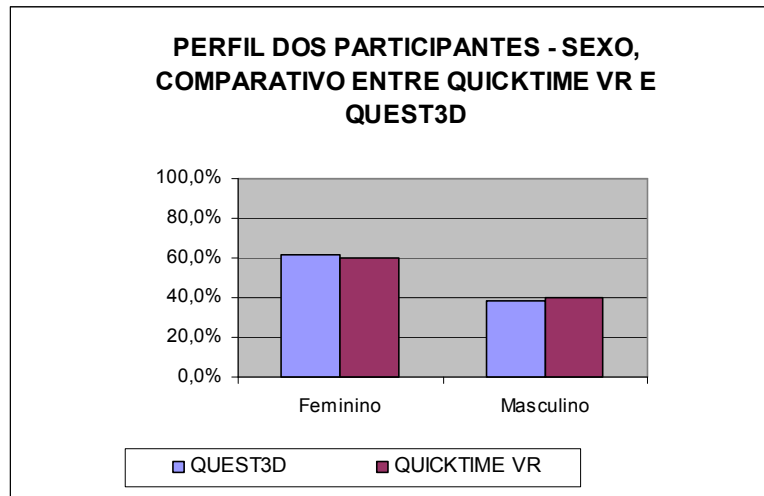


Figura 4.5: Distribuição total dos sexos para os 2 grupos pesquisados

Em seguida analisou-se o nível de Escolaridade dos participantes dos 2 grupos definidos. É possível afirmar que em sua maioria, o público da amostra cursava o ensino médio. O nível de escolaridade na amostra total se distribuiu da seguinte maneira: 27 pessoas estavam no ensino fundamental, 92 no ensino médio, 24 em nível superior e 3 em pós-graduação. A Figura 4.6 traz as porcentagens referentes a esses números.

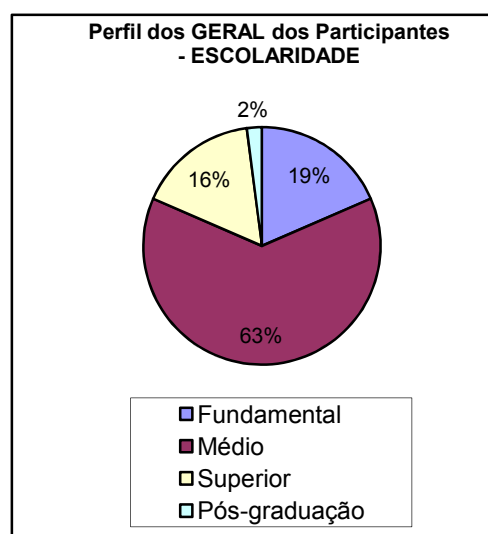


Figura 4.6: A distribuição da escolaridade dos participantes

Para a amostra do Quiktime VR, 12 pessoas estavam no ensino fundamental, 52 no ensino médio, e 10 em nível superior, uma pessoa se absteve da resposta. Para a amostra do Quiktime VR, 15 estavam no ensino fundamental, 40 no ensino médio, 14 em nível superior e finalmente 3 pessoas em nível de pós graduação. A Figura 4.7 apresenta o nível de escolaridade para os grupos QuicktimeVr e Quest3d.

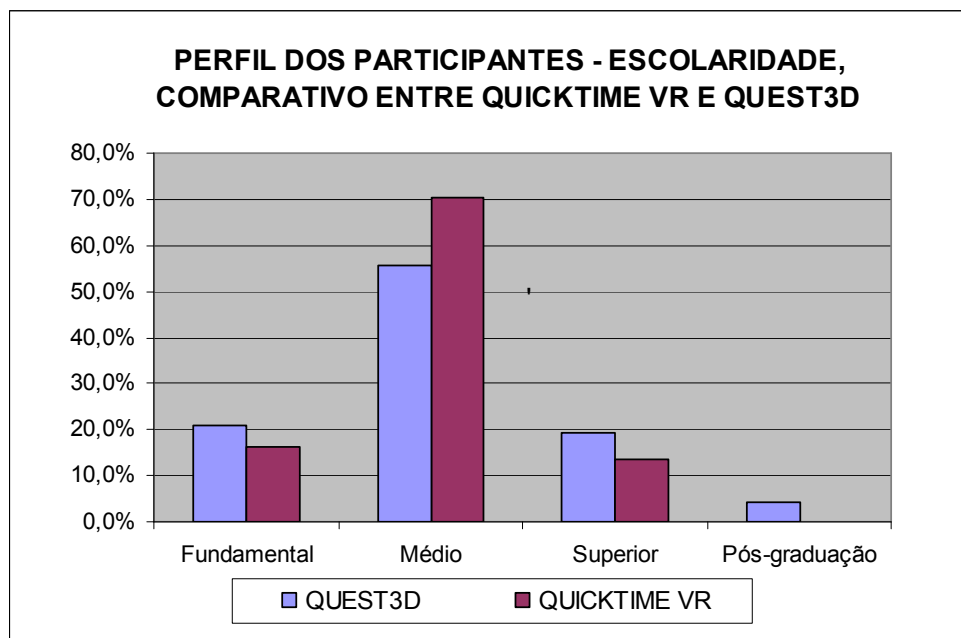


Figura 4.7: Nível de escolaridade dos participantes dos grupos QuicktimeVr e Quest3d

Relacionando-se a escolaridade com a faixa etária considerada nos 2 grupos analisados pode-se afirmar que para o grupo do Quest3d os menores de 18 anos prevalecem no ensino médio com 12% de participação contra 10 % daqueles maiores de 18. O ensino superior apresenta 4% de pessoas menores de 18 anos contra 6% maiores de 18. Tanto o ensino fundamental quanto a pessoas pós-graduadas contaram com porcentagens baixas. O ensino fundamental só se representou por pessoas menores de 18 anos e os pós

graduandos só foram representados por pessoas maiores de 18 anos. A Figura 4.8 traz esta comparação. Observa-se uma distribuição de escolaridade linearmente compatível com a faixa etária dos participantes.

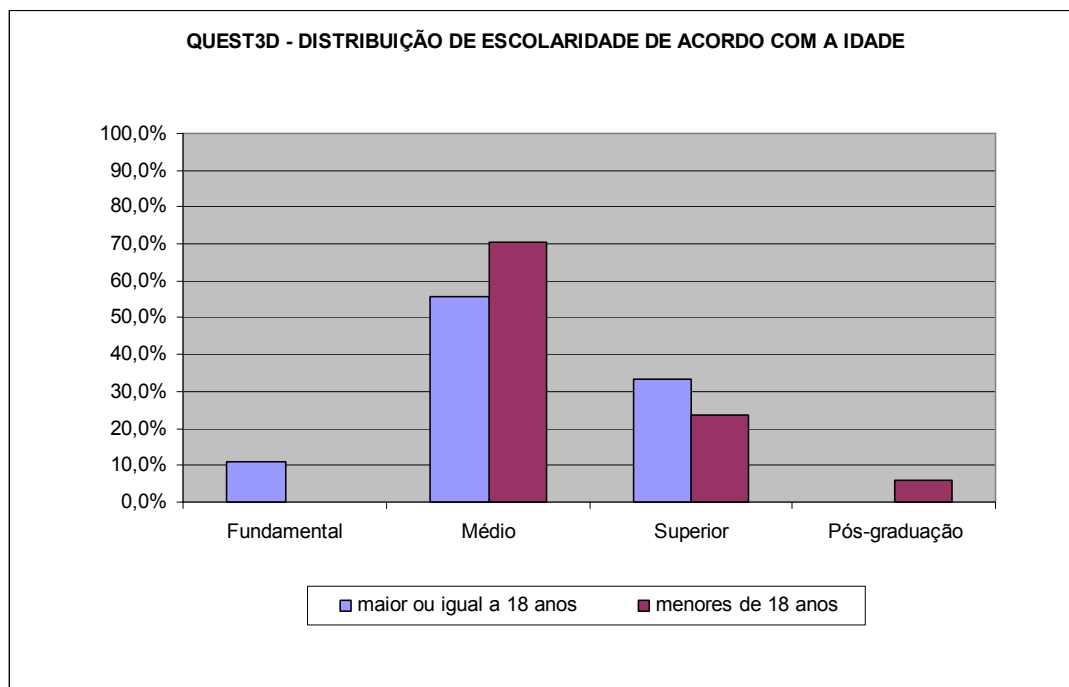


Figura 4.8: A distribuição de escolaridade de acordo com a idade dos participantes para o grupo Quest3d

Para o grupo QuicktimeVr os participantes foram predominantemente menores de 18 anos, todos os participantes do ensino fundamental 12,5% eram menores de 18, para o ensino médio 46% menores de 18 contra 6% maiores de 18, para o nível superior esta diferença não é tão alta, mas é significativa, 7% eram menores contra 2,5% maiores, não houveram representantes pós graduados. A amostra analisada no grupo QuicktimeVr apresentou-se extremamente concentrada em nos menores de 18 anos, com a maioria dos integrantes da amostra constando do ensino médio. Esta amostra foi irregular com relação ao grupo Quest3d, mas apresentou uma caracterização conivente com o público geral que participou do evento UPA 2005, ou seja, público jovem em busca de informação sobre cursos superiores. A Figura 4.9 traz esta comparação e elucida o contraste descrito.

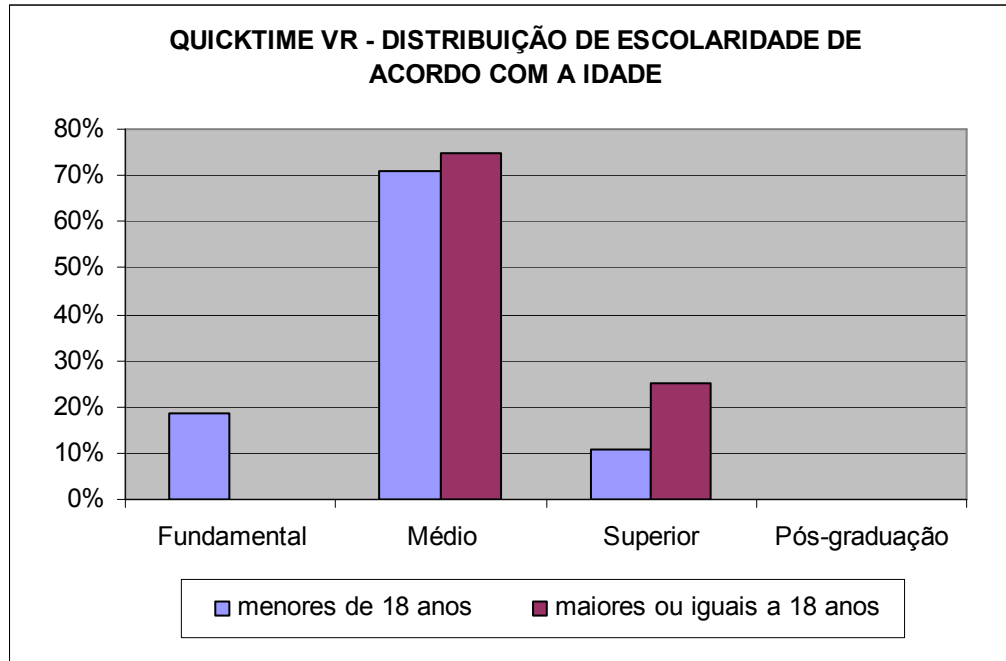


Figura 4.9: A distribuição de escolaridade de acordo com a idade dos participantes para o grupo QuicktimeVr

O próximo item analisado foi a familiaridade dos grupos com os recursos de animação tridimensional utilizados no experimento. 103 pessoas responderam desconhecer os recursos de animação tridimensional por computador utilizados na pesquisa, contra 40 que responderam conhecer os recursos e 4 abstenções. A Figura 4.10 descreve essa proporção. A Figura 4.11 apresenta o comparativo entre os 2 grupos estudados e onde pode-se observar que os números para ambos, QuicktimeVr e Quest3d são semelhantes: 53 pessoas no primeiro grupo desconheciam os recursos de animação tridimensional utilizados no experimento contra 52 do segundo grupo, e para ambos os grupos, 20 pessoas cada conheciam os recursos.

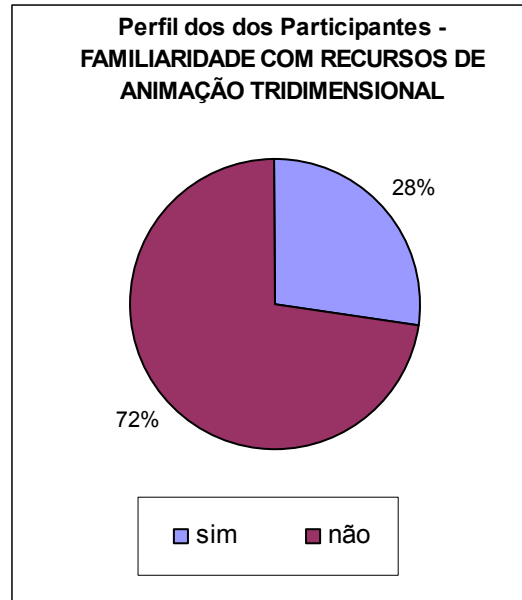


Figura 4.10: Comparação geral da proporção entre a familiaridade com recursos de animação tridimensional e sua negativa

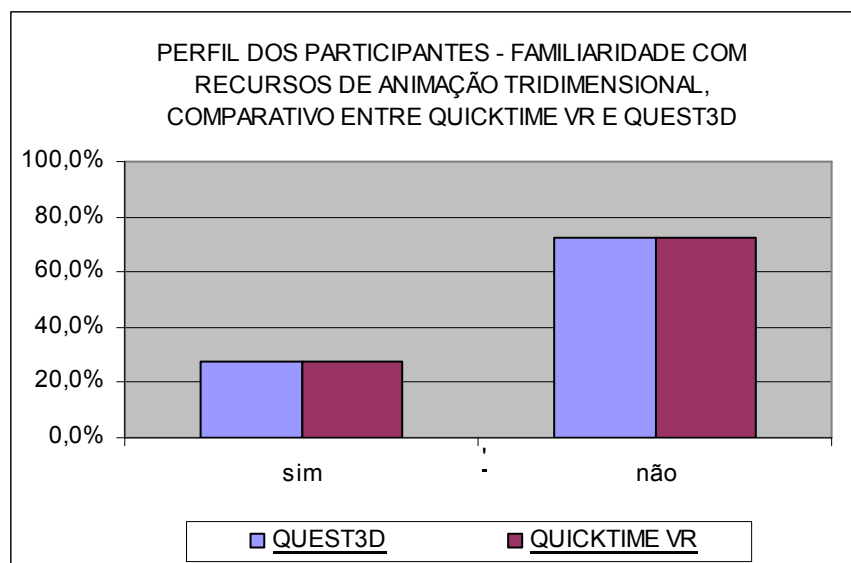


Figura 4.11: Comparação da proporção entre a familiaridade com recursos de animação tridimensional e sua negativa entre usuários de Quest3d e Quicktime VR

E por fim para finalizar a análise do perfil dos participantes estabelecido pela pesquisa analisou-se a familiaridade da pessoa para com o ambiente analisado.

A ampla maioria de ambos os grupos, 71% das pessoas no total, declarou que o ambiente da pesquisa era diferente ou pouco similar de outro ambiente (de estudo ou trabalho) com o qual tivessem familiaridade, enquanto que a minoria 21% disse ter reconhecido o ambiente como igual, muito similar ou similar àquele para com o qual tivessem relação. Esta proporção nas respostas, mostrada na Figura 4.12, reflete um comportamento pressuposto para a elaboração no questionário: haveria polarização nas respostas para os extremos do que se buscava medir. A Figura 4.13 traz a comparação entre as medidas do Quest3d e do QuicktimeVr, os dados obtidos por este item do questionário são comuns aos 2 experimentos, mas sua resposta dependeu diretamente da experiência do usuário para com o ambiente virtual analisado.

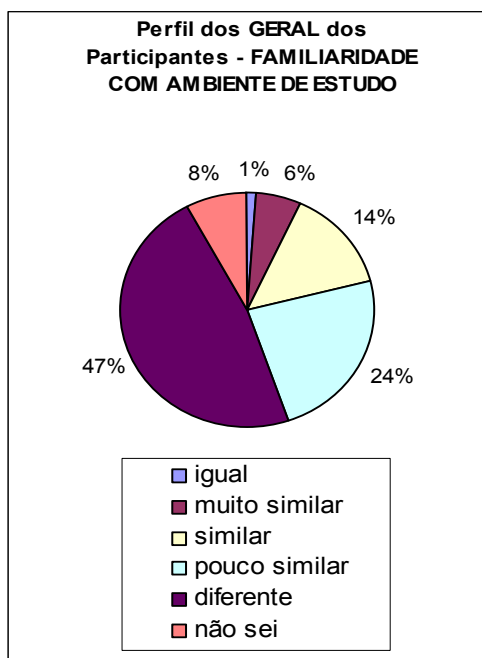


Figura 4.12: Comparação geral das respostas para o item familiaridade com o ambiente de estudo

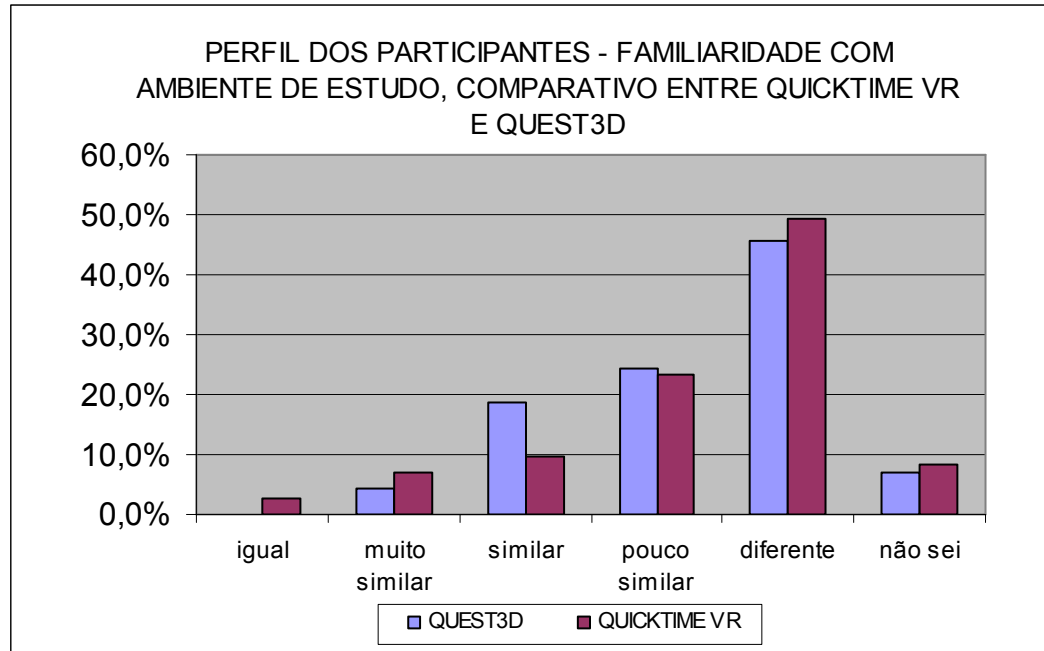


Figura 4.13: Comparação geral das respostas para o item familiaridade entre o Quest3d e o Quicktime

4.3 Manutenção da Percepção Global

Para o cálculo da Manutenção da Percepção Global utilizaram-se todas as perguntas do Questionário de Verificação de Percepção excluindo-se a pergunta 5 e 10. O questionário utilizado para a análise de percepção em ambos os ambientes consta no Apêndice A.

O grupo Quest3d apresentou uma média de 33%(24,5 pessoas da amostra deste grupo) para a manutenção geral de percepção contra 67% (49,5 da amostra deste grupo) de não manutenção de percepção, com um desvio padrão de 1.25 pontos (Figuras 4.14 e 4.15). O grupo Quicktime VR apresentou uma média de 31% (22,5 da amostra deste grupo) para a manutenção geral de percepção contra 69% (50,5 pessoas da amostra deste grupo), com um desvio padrão de 1.29 pontos, como visto na Figura 4.15. Se analisadas as médias gerais para a manutenção global de percepção dos grupos Quicktime VR e Quest3d, conclui-se que são tecnicamente semelhantes, as diferenças na manutenção de percepção entre ambos

é menor do que 5 % o que os torna as implementações de realidade virtual praticamente iguais em termos de usabilidade para o projetista. O alto desvio padrão revela que ambos os grupos apresentam alta dispersão nas respostas as questões.

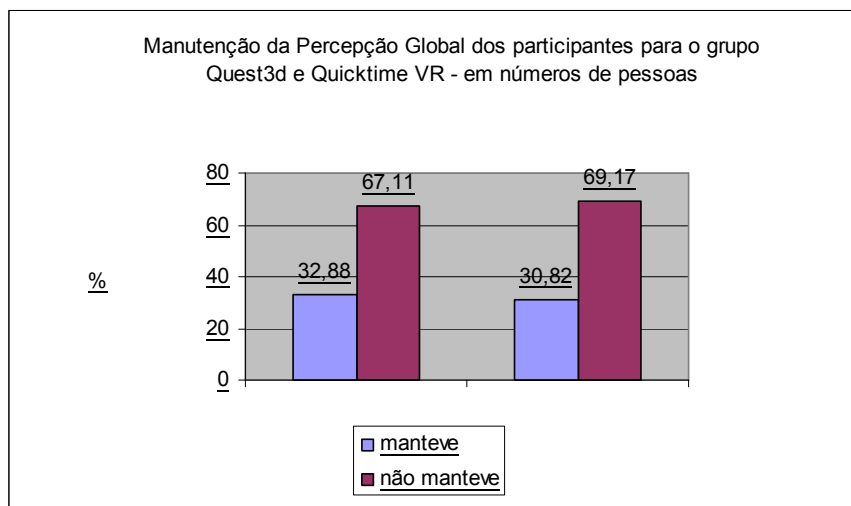


Figura 4.14: Comparativo da manutenção global de percepção para os grupos Quest3d e o Quicktime

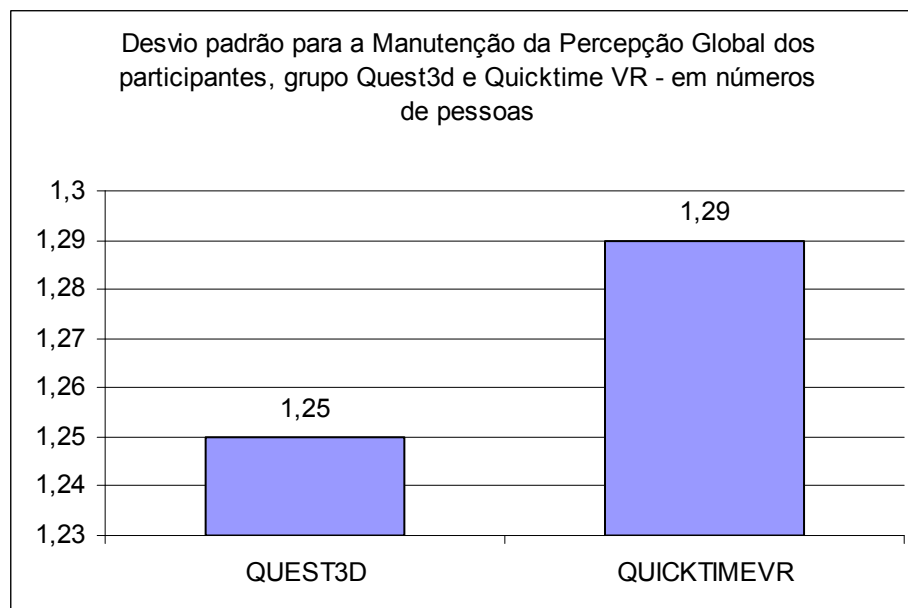


Figura 4.15: Comparativo entre o desvio padrão da manutenção global de percepção para os grupos Quest3d e o Quicktime, em pontos

4.4 Manutenção da Percepção por Questão

Para cada dueto de questões 1/6, 2/7, 3/8 e 4/9 (Tabela 3.1) a análise de manutenção de percepção será feita separadamente para os grupos Quest3d e Quicktime VR objetivando-se comparar ganho ou perda de percepção das diferentes implementação de realidade virtual e conseqüentemente mais imersão/interatividade ou menos imersão/interatividade respectivamente. Comparar-se-á também manutenção de percepção entre os duetos 1/6 x 2/7 e 3/8 x 4/9 para verificar a influência na escala de valores utilizada nas perguntas subjetivas.

4.4.1 Manutenção da Percepção nas Questões 1/6

No dueto 1/6 “Como você avalia o conforto para abrir a porta do armário?” foi utilizada a escala numérica de conforto, apresentada na Tabela 3.2 do Capítulo 3.

Grupo Quest3d

A Figura 4.16 mostra que apenas 24 % do grupo Quest3d manteve a percepção no primeiro dueto de perguntas depois que visitou o protótipo do ambiente virtual estudado. O desvio padrão entre as respostas das perguntas foi de 1,267 pontos numa escala de 2 a -3, desta forma uma grande dispersão, porque sua proporção é alta em relação a escala utilizada, quase 1,5 pontos em 6 ou quase $\frac{1}{4}$ do total. Uma percepção baixa quando comparada com a média geral para este grupo que foi de 33%.

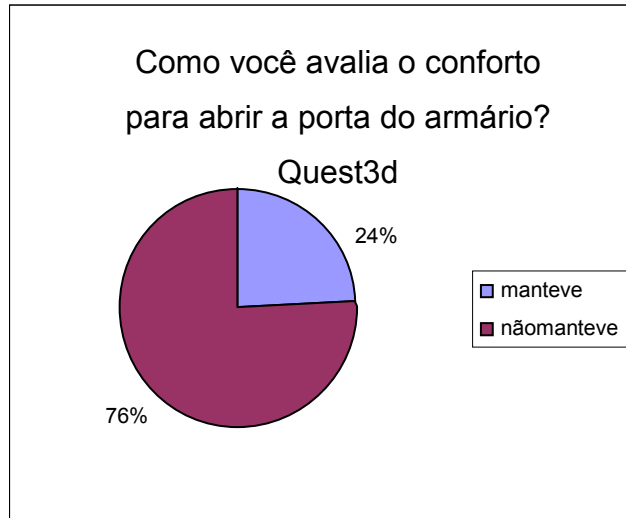


Figura 4.16: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 1 e 6 para o grupo Quest3d

Grupo Quicktime VR

A Figura 4.17 mostra que 29 % do segundo grupo manteve a percepção no primeiro dueto de perguntas depois que visitou o protótipo do ambiente virtual estudado. O desvio padrão entre as respostas das perguntas foi de 1,43 pontos numa escala de 2 a -3, como observado no grupo anterior também evoca uma grande dispersão, sua proporção é alta em relação a escala utilizada, quase 1,5 pontos em 6 ou quase $\frac{1}{4}$ do total.

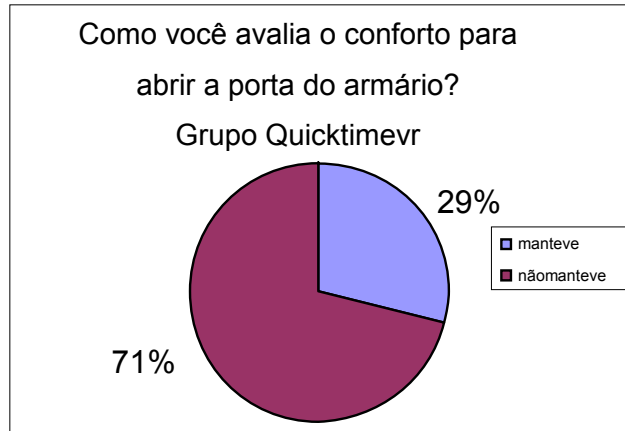


Figura 4.17: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 1 e 6 para o grupo Quicktime VR

4.4.2 Manutenção da Percepção nas Questões 2/7

No dueto 2/7 “Como você avalia o conforto para abrir a porta do armário?” foi utilizada a escala qualitativa de tamanho, apresentada na Tabela 3.3 do Capítulo 3.

Grupo Quest3d

O segundo dueto de questões para o grupo Quest3d apresentou 30 % de manutenção de percepção, número abaixo da média geral de 33%, como visto na Figura 4.18. O desvio padrão de 1,360 numa escala de 2 a -3 pontos é similar ao do primeiro dueto mas também proporcionalmente alto em relação a escala dos números.

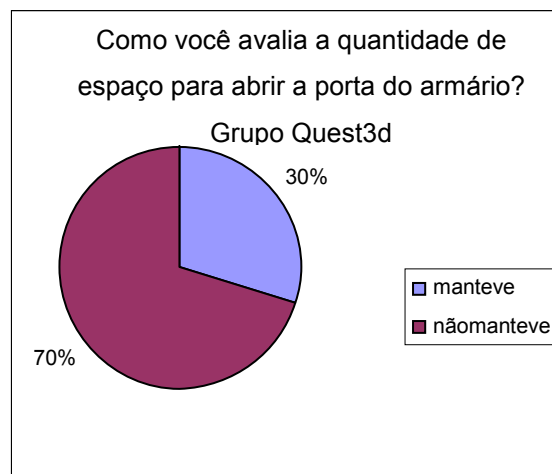


Figura 4.18: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 2 e 7 para o grupo Quest3d

Grupo Quicktime VR

O grupo Quicktime VR teve uma diferença de 5 % em relação a pergunta anterior do primeiro dueto, mas com números similares: 25 % de manutenção de percepção contra 75 % de não manutenção de percepção com desvio padrão de 1, 36 pontos na mesma escala numérica utilizada no grupo anterior, apresentado na Figura 4.19.

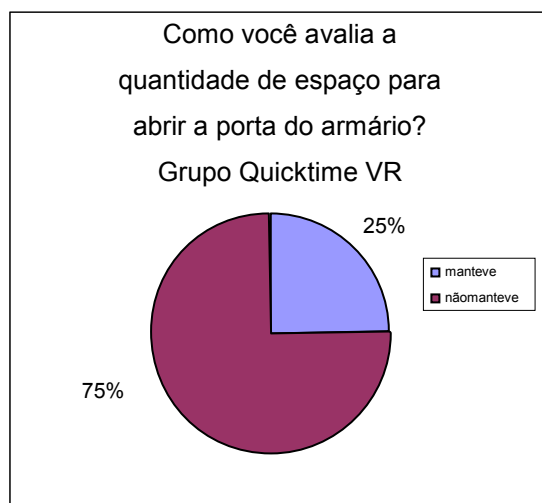


Figura 4.19: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 2 e 7 para o grupo Quicktime VR

Os 2 primeiros duetos utilizam a intercalação das escalas de conforto e de tamanho, descritas nas Tabelas 3.2 e 3.3, para a confirmação ou não das respostas do participante. A Tabela 4.1 traz a comparação dos valores obtidos de manutenção de percepção entre os dois grupos. Verifica-se que quando o espaço para abrir a porta do armário é avaliado em termos de conforto o Grupo Quicktime VR apresenta baixa manutenção de percepção, porém mais alta que o grupo Quest3D. Entretanto, quando o mesmo quesito é avaliado em termos de quantidade a relação de manutenção de percepção entre os grupos é inversa. Desta forma,

não se pode confirmar a opinião do participante sobre o quesito “espaço para abrir a porta do armário” por meio de escala de valores diferenciados.

Tabela 4.1: Manutenção de percepção para o par de duetos de perguntas 1/6 e 2/7

Questões	MANUTENÇÃO DE PERCEPÇÃO		Comparação Quest3d x QTVR	Quesito avaliado na questão
	QUEST3D	QUICKTIME VR		
				<i>Espaço para abrir a porta do armário</i>
1/6	24%	29%	↓↑	Conforto
2/7	30%	25%	↑↓	Quantidade

4.4.3 Manutenção da Percepção nas Questões 3 e 8

Os próximos 2 duetos de perguntas, 3/8 e 4/9 avaliam o mesmo quesito “circulação entre mesa e armário”, entretanto as questões 3/8 avaliam em termos de conforto e as questões 4/9 avaliam em termo de quantidade. Mais uma vez, utilizou-se escalas de valores diferentes para confirmar ou não a opinião do participante.

Grupo Quest3d

A Figura 4.20 mostra os 31 % de manutenção de percepção com desvio padrão de 1,39 para as respostas do dueto 3/8 no grupo Quest3D. Os dados seguem no mesmo patamar dos conjuntos anteriores, a proporção de manutenção e não manutenção também se manteve inalterada com uma variação de 1 % com relação ao conjunto anterior.

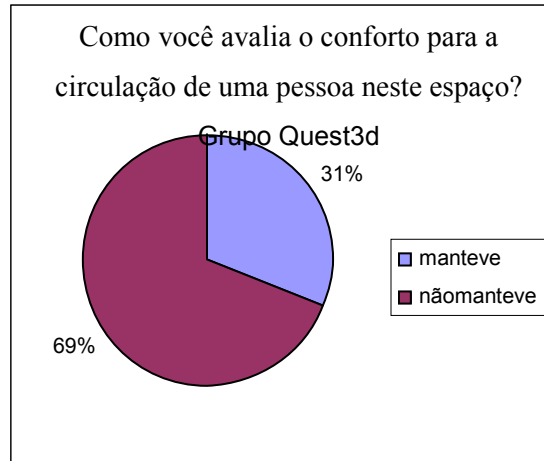


Figura 4.20: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 3 e 8 para o grupo Quest3d

Grupo Quicktime VR

O segundo grupo teve uma manutenção de percepção de 32 % neste dueto de perguntas, com um desvio padrão de 1,36 pontos na escala numérica apresentada Tabela 3.3 do Capítulo 3.

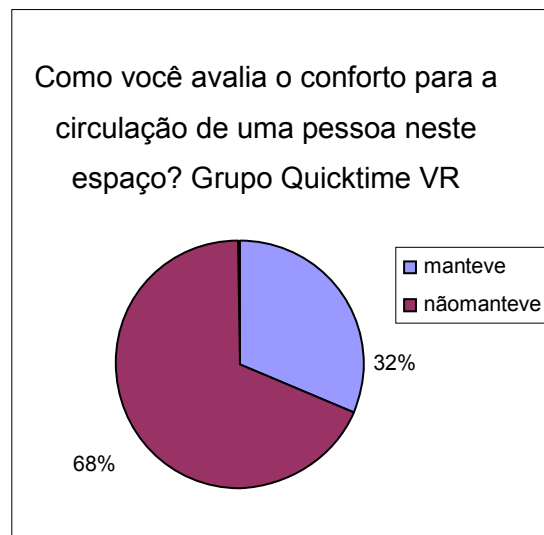


Figura 4.21: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 3 e 8 para o grupo Quicktime VR

4.4.4 Manutenção da Percepção nas Questões 4 e 9

Grupo Quest3d

O dueto de perguntas 4 e 9 apresentou a maior percepção de todos os 4 duetos analisados: 47 % (Figura 4.21) contra uma média geral de 33 % para o Quest3d, uma diferença de 12% com um desvio padrão de 1,33 pontos.

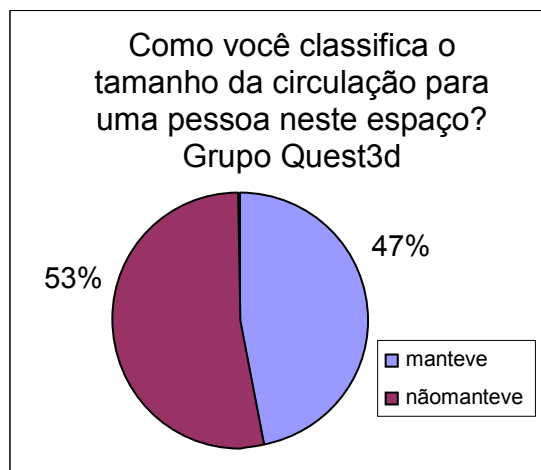


Figura 4.22: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 4 e 9 para o grupo Quest3d

Grupo Quicktime VR

O grupo QuicktimeVr apresentou no dueto analisado um aumento de percepção com relação a média dos geral do grupo: 38 % contra 32 % de manutenção de percepção com um desvio padrão de 1,07.

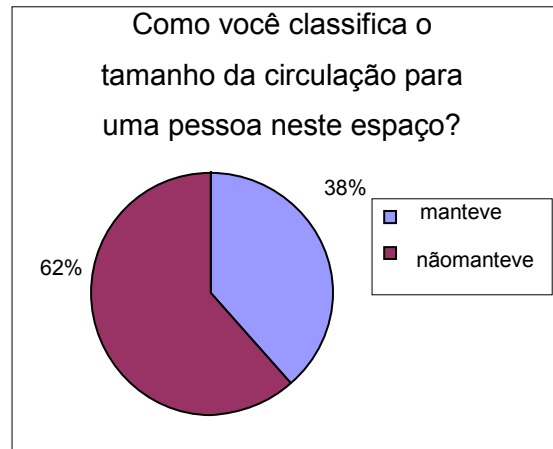


Figura 4.23: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 4 e 9 para o grupo Quicktime VR

A Tabela 4.2 apresenta a comparação dos valores obtidos de manutenção de percepção entre os dois grupos Quest3D e Quicktime VR. Verifica-se que quando o espaço para circulação entre mesa e armário é avaliado em termos de conforto os dois grupos apresentam baixa manutenção de percepção, porém similares. Entretanto, quando o mesmo quesito é avaliado em termos de quantidade a relação de manutenção de percepção não se mantém similar entre os grupos, são diferentes, sendo a manutenção de percepção do Grupo Quest3D superior a do Grupo Quicktime VR. Desta forma, não se pode confirmar a opinião do participante sobre o quesito “circulação entre mesa e armário” por meio da escala de valores diferenciados utilizada.

Tabela 4.2: Manutenção de percepção para o par de duetos de perguntas 3\8 e 4\9

Questões	MANUTENÇÃO DE PERCEPÇÃO		Comparação Quest3d x QTVR	Quesito avaliado na questão
	QUEST3D	QUICKTIME VR		Espaço para circulação entre mesa e armário
3\8	31%	32%	↓↑ (praticamente iguais)	Conforto
4\9	47%	38%	↑↓	Quantidade

4.4.5 Análise da Questão 10

Não houve cálculo de manutenção de percepção para a questão 10, pois ela não faz dueto com outras questões. Por outro lado ela catalogou a opinião de cada participante acerca das simulações realizadas em ambos os experimentos Quest3d e QuicktimeVr. A questão será analisada nos termos do que propôs, ou seja, se o visitante achou que a simulação com realidade virtual correspondeu ou não ao ambiente simulado.

Grupo Quest3d

Apesar da baixa manutenção de percepção, isto é, os participantes na grande maioria mudavam de opinião quando visitavam o protótipo após visita pela simulação, a maior parte das pessoas (86%) entendeu que a simulação era muito eficiente, ligeiramente eficiente e eficiente na representação do espaço verdadeiro. A Figura 4.24 traz a porcentagem destas opiniões.

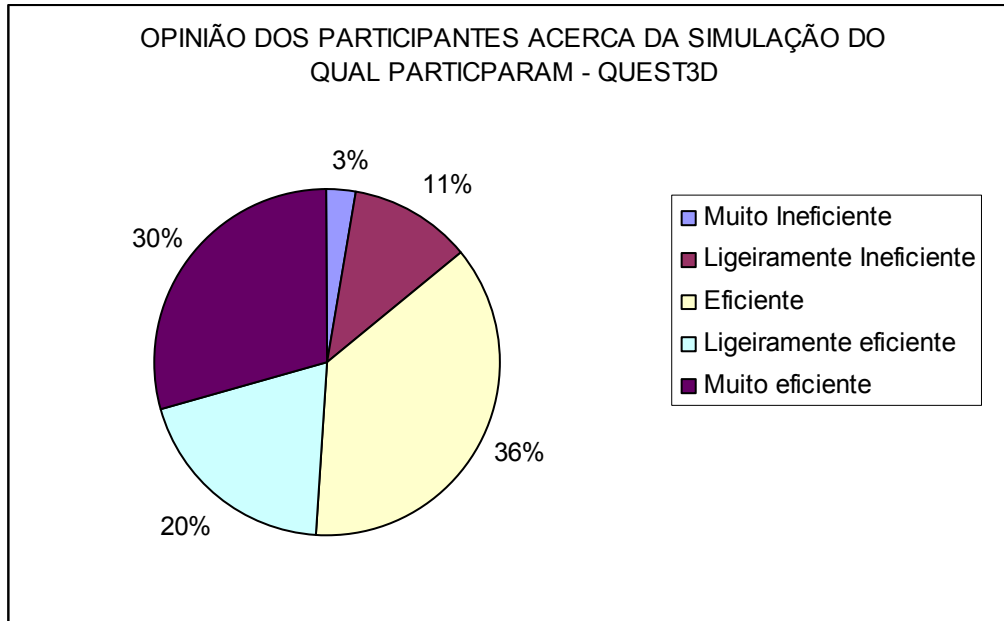


Figura 4.24: Distribuição das porcentagens de respostas para a questão 10

Grupo Quicktime VR

A aceitação da simulação com Quicktime VR é ainda maior, isto é, 91 % dos participantes declararam que a simulação era muito eficiente, ligeiramente eficiente e eficiente na representação do espaço verdadeiro. A Figura 4.25 traz estas porcentagens.

4.5. Manutenção da Percepção e filtros de percepção

As próximas análises levaram em conta os filtros de percepção utilizados no questionário e citados no início deste texto, propostos por OKAMOTO (1999): faixa etária, sexo, escolaridade, familiaridade com animação tridimensional por computador, familiaridade com o ambiente de estudo. Para efeitos práticos os duetos de questões serão

denominados de Q1-Q6 para as questões 01 e 06, Q2-Q7 para as questões 2 e 7, Q3-Q8 para as questões 3 e 8 e finalmente Q4-Q9 pra as questões 4 e 9

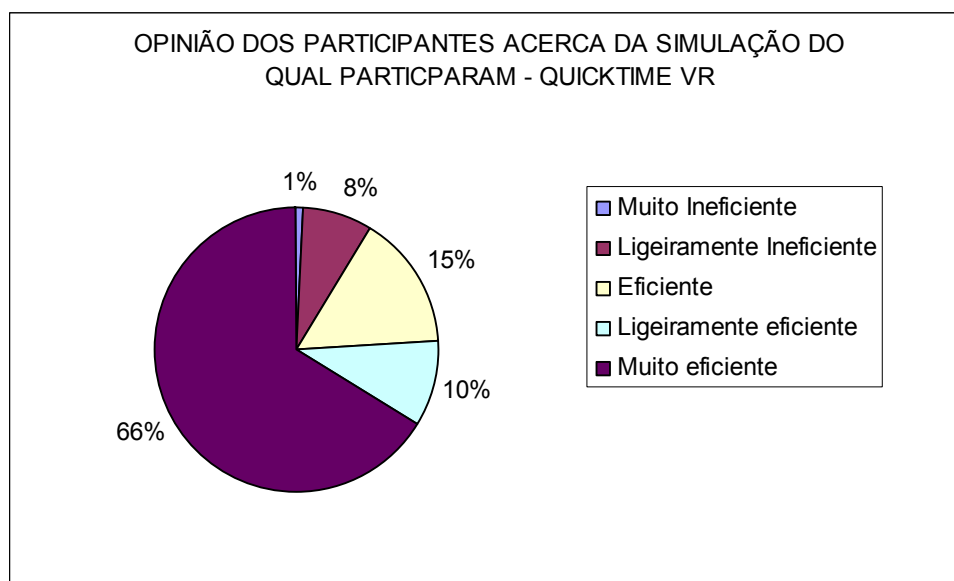


Figura 4.25: Manutenção de percepção para o dueto de perguntas 4 e 9 para o grupo Quest3d

4.5.1 Faixa etária

Para a análise do filtro que coloca a idade dos participantes como preponderância, optou-se pela classificação da amostra em menores de 18 anos e maiores ou iguais a 18 anos. A razão principal para essa divisão é que a maioria do público que participou dos experimentos se encontra na faixa dos 15 aos 20 anos, e se utilizada a classificação do experimento no qual este estudo se baseia (OLIVEIRA, 2003), ou seja, faixas de 15 a 25 anos, 26 a 45, 46 a 60 e maiores de 60 as análises não teriam uma quantidade de pessoas significativas em cada grupo.

Grupo Quest3d

A Tabela 4.3 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção idade para os quatro duetos de questões com o

experimento utilizando a simulação em Quest3D. Pode-se verificar que o filtro idade para a simulação com Quest3D influencia na percepção do ambiente simulado, pois existe grande variação na manutenção de percepção entre participantes menores de 18 anos e participantes com 18 anos ou mais. Esta variação devido à faixa etária fica mais perceptível quando se isola o valor da percentagem dos que mantiveram resposta entre ambiente simulado e protótipo (Figura 4.26). A maior variação está na manutenção de percepção entre o dueto de questões 1 e 6 onde se pode observar que 16% dos participantes com menos de 18 anos mantiveram suas respostas contra 40% dos participantes com 18 anos ou mais mantiveram suas respostas. Portanto, verifica-se no experimento com a simulação em Quest3D uma tendência de participantes mais velhos apresentarem índices maiores de manutenção de percepção.

Tabela 4.3: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção idade para o experimento com simulação em Quest3D

	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
		Não		não		não		não		não
Idade	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve
<18	16	84	24	76	29	71	49	51	29,5	70,5
>=18	40	60	40	60	36	64	42	58	39,5	60,5

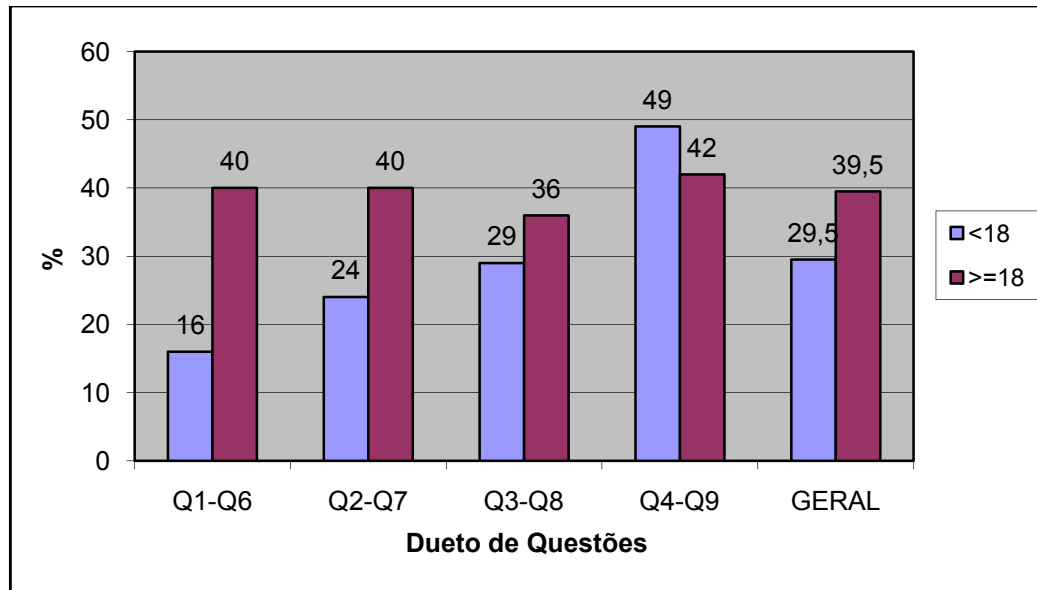


Figura 4.26: Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quest3D e o protótipo agrupados por faixa etária

Grupo Quicktime VR

A Tabela 4.4 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção idade para os quatro duetos de questões com o experimento utilizando a simulação em Quicktime VR. Pode-se verificar que o filtro idade para a simulação com Quicktime VR influencia na média pouco na percepção do ambiente simulado, entretanto dependendo da questão a variação na manutenção de percepção entre participantes menores de 18 anos e participantes com 18 anos ou mais pode ser grande. Esta falta de padrão na variação devido à faixa etária fica mais perceptível quando se isola o valor da percentagem dos que mantiveram resposta entre ambiente simulado e protótipo (Figura 4.27). Portanto, verifica-se no experimento com a simulação em Quicktime VR que dependendo da questão pode existir uma tendência de participantes mais velhos apresentarem índices maiores de manutenção de percepção.

Tabela 4.4: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção idade para o experimento com simulação em Quicktime VR

Idade	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
	manteve	não manteve	manteve	não manteve	manteve	não manteve	manteve	não manteve	manteve	não manteve
<18	29	71	24	76	30	60	38	62	30	70
>=18	29	71	43	57	43	57	38	62	36	64

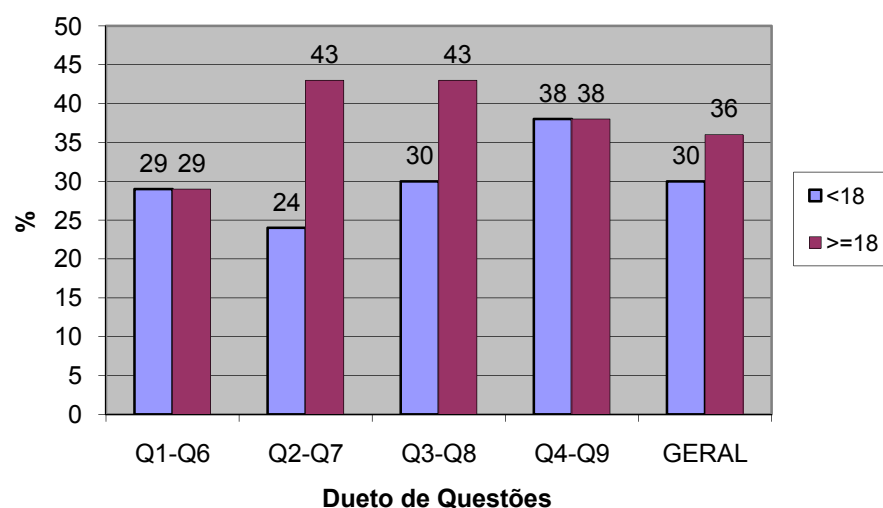


Figura 4.27: Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por faixa etária

4.5.2 Sexo

O próximo filtro analisado é o que descreve o gênero dos participantes e foi dividido entre masculino e feminino, dentro de seus respectivos grupos.

Grupo Quest3d

A Tabela 4.5 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção sexo para os quatro duetos de questões com o

experimento utilizando a simulação em Quest3D. Pode-se verificar que o filtro sexo para a simulação com Quest3D influencia na média pouco ($< 10\%$) na percepção do ambiente simulado, entretanto dependendo da questão a variação na manutenção de percepção entre participantes feminino e masculino pode ser grande. Esta falta de padrão na variação devido ao sexo fica mais perceptível quando se isola o valor da percentagem dos que mantiveram resposta entre ambiente simulado e protótipo (Figura 4.28). Portanto, verifica-se no experimento com a simulação em Quest3D que não existe um padrão de influência do sexo sobre a percepção do ambiente simulado.

Tabela 4.5: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção sexo para o experimento com simulação em Quest3D

	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
	manteve	não manteve	manteve	não manteve	manteve	não manteve	manteve	não manteve	manteve	não manteve
F	24	76	14	86	38	62	48	52	31	69
M	10	90	24	76	33	67	29	71	24	76

Grupo Quicktime VR

A Tabela 4.6 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção sexo para os quatro duetos de questões com o experimento utilizando a simulação em Quicktime VR. Pode-se verificar que o filtro sexo para a simulação com Quicktime VR tem influência na percepção do ambiente simulado, pois em todos os duetos de questões a manutenção de percepção dos participantes femininos é maior do que a dos participantes masculinos. Este padrão na variação devido ao sexo fica mais perceptível quando se isola o valor da percentagem dos que mantiveram resposta entre ambiente simulado e protótipo (Figura 4.29). Portanto, verifica-se no experimento com a simulação em Quicktime VR que existe um padrão de influência do

sexo sobre a percepção do ambiente simulado, sendo que as mulheres tem tendência a apresentar melhores índices de manutenção de percepção.

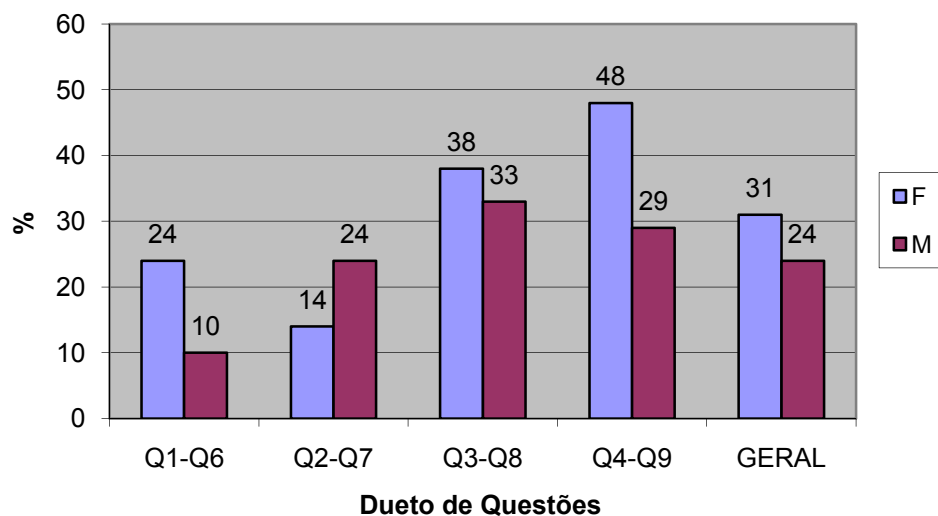


Figura 4.28: Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quest3D o protótipo agrupados por gênero feminino (F) e masculino (M)

Tabela 4.6: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção sexo para o experimento com simulação em Quicktime VR

	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
	manteve	não manteve	manteve	não manteve	manteve	não manteve	manteve	não manteve	manteve	não manteve
F	36	64	29	71	36	64	42	58	36	64
M	18	82	18	82	25	75	32	68	23	77

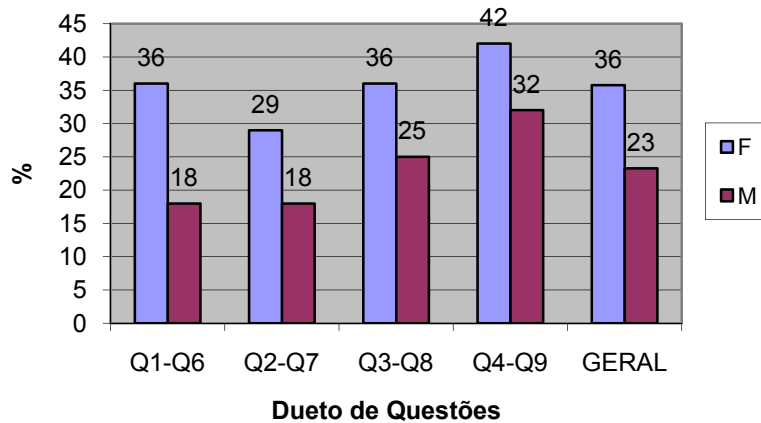


Figura 4.29: Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por gênero feminino (F) e masculino (M)

4.5.3 Escolaridade

Quanto à escolaridade das pessoas dividiu-se a análise nos 2 grupos gerais nas categorias: primeiro, segundo, terceiro grau e pós graduação, esta última presente apenas para o grupo Quest3d e com número reduzido de pessoas.

Grupo Quest3d

A Tabela 4.7 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção escolaridade para os quatro duetos de questões com o experimento utilizando a simulação em Quest3D. Pode-se verificar que o filtro escolaridade para a simulação com Quest3D exerce influência negativa na manutenção de percepção dos participantes do 3º. grau com relação aos participantes do 1º. e 2º. grau (Figura 4.30). Na Figura 4.30 os valores de manutenção de percepção dos participantes com pós-graduação foram excluídos pela baixa quantidade de participantes desta categoria no grupo.

Tabela 4.7: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção escolaridade para o experimento com simulação em Quest3d

num.par	Esc.	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
		mantev.	não manteve	mantev	não manteve	mantev	não manteve	mantev	não manteve	mantev	não manteve
15	1o.g	20	80	33	67	27	73	67	33	36,8	63,3
40	2o.g	30	70	38	62	33	67	41	59	35,5	64,5
15	3o.g	13	87	13	87	27	73	33	67	21,5	78,5
2	PG	50	50	0	100	50	50	100	0	50,0	50,0

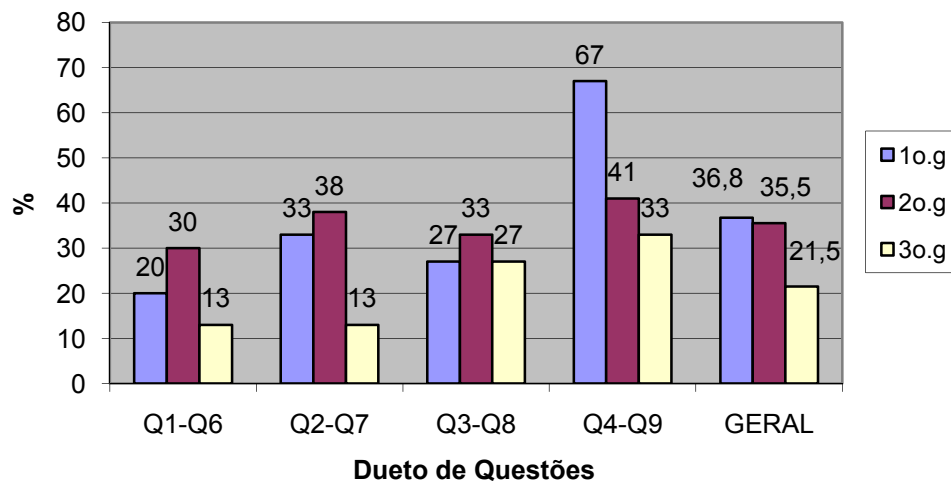


Figura 4.30: Percentagem participantes que mantiveram respostas iguais entre ambiente simulado com Quest3D e o protótipo agrupados por escolaridade

Grupo Quicktime VR

A Tabela 4.8 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção escolaridade para os quatro duetos de questões com o experimento utilizando a simulação em Quicktime VR. Pode-se verificar que o filtro escolaridade para a simulação com Quicktime VR apresenta o mesmo padrão de influência que na simulação com Quest3D, isto é, exerce influência negativa na manutenção de

percepção dos participantes do 3º. grau com relação aos participantes do 1º. e 2º. grau (Figura 4.31).

Tabela 4.8: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção escolaridade para o experimento com simulação em Quicktime VR

num.par	Esc.	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
		mantev.	não manteve	mantev.	não manteve	mantev.	não manteve	mantev.	não manteve	mantev.	não manteve
15	1o.g	25	75	25	75	33	67	50	50	33,3	66,8
40	2o.g	31	69	24	76	33	67	37	63	31,3	68,8
15	3o.g	20	80	30	70	20	80	30	70	25,0	75,0
2	PG	50	50	0	100	50	50	100	0	50,0	50,0

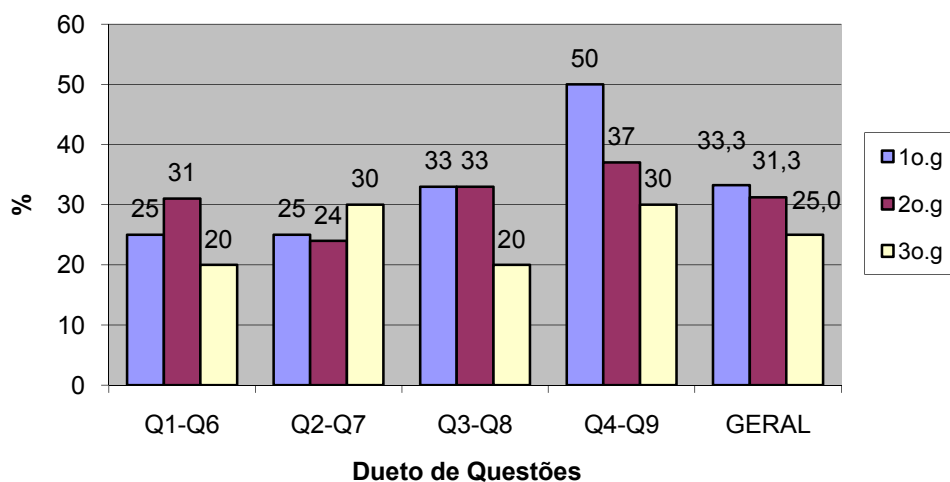


Figura 4.31 Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por escolaridade

4.5.4 Familiaridade com animação tridimensional por computador

Quanto a familiaridade com animação computacional das pessoas dividiu-se a análise nos 2 grupos gerais nas categorias: com familiaridade e sem familiaridade.

Grupo Quest3d

A Tabela 4.9 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção familiaridade com a animação tridimensional para os quatro duetos de questões com o experimento utilizando a simulação em Quest3D. Pode-se verificar que o filtro familiaridade com a animação tridimensional para a simulação com Quest3D não exerceu influência na manutenção de percepção entre participantes com familiaridade e sem familiaridade; a variação de manutenção de percepção foi menor do que 5% (Figura 4.32).

Tabela 4.9: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção familiaridade com a animação tridimensional para o experimento com simulação em Quest3d

	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
		não		não		não		não		não
Fam.										
3D	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve
não	25	75	38	62	33	67	38	62	33,5	66,5
sim	25	75	30	70	30	70	35	65	30,0	70,0

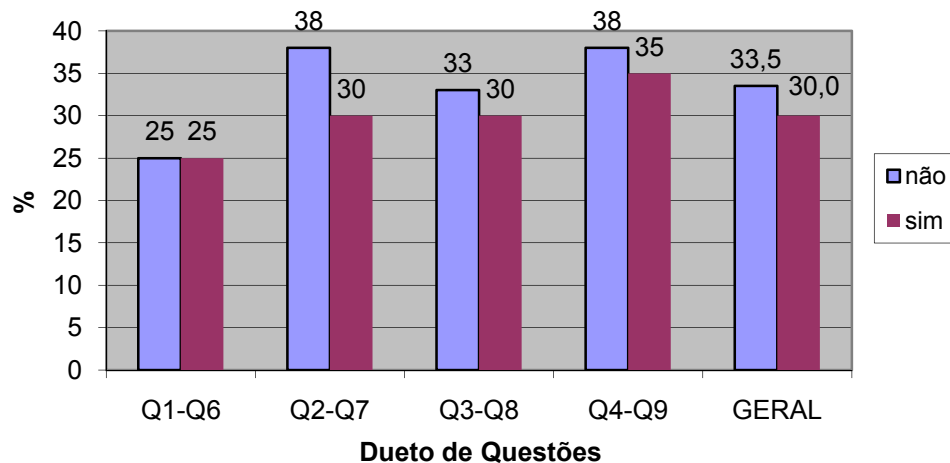


Figura 4.32: Percentagem participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quest3D e o protótipo agrupados por familiaridade com a animação tridimensional

Grupo Quicktime VR

A Tabela 4.10 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção familiaridade com a animação tridimensional para os quatro duetos de questões com o experimento utilizando a simulação em Quicktime VR. Pode-se verificar que o filtro escolaridade para a simulação com Quicktime VR apresenta o mesmo padrão de influência que na simulação com Quest3D, isto é, não exerceu influência na manutenção de percepção entre participantes com familiaridade e sem familiaridade; a variação de manutenção de percepção foi menor do que 5% (Figura 4.34).

Tabela 4.10: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção familiaridade com a animação tridimensional para o experimento com simulação em Quicktime VR

	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
Fam.		não		não		não		não		não
3D	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve
não	31	69	24	76	35	65	37	63	31,8	68,3
sim	25	75	25	75	25	75	40	60	28,8	71,3

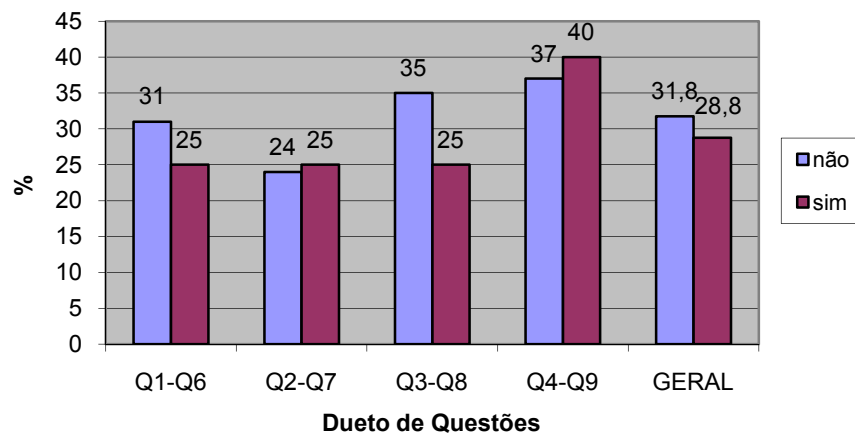


Figura 4.33: Percentagem participantes que mantiveram respostas iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por familiaridade com a animação tridimensional

4.5.5 Familiaridade com o ambiente de estudo

Quanto a familiaridade com o ambiente de estudo procurou-se verificar se o fato do participante utilizar um ambiente na vida real parecido com o ambiente estudado teria influência na manutenção de percepção entre ambiente simulado e protótipo. Desta forma agrupou-se os participantes em participante que declararam usar/conhecer um ambiente: igual, muito similar, similar, pouco similar, diferente ou até quem não soubesse avaliar esta similaridade.

Grupo Quest3d

A Tabela 4.11 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção familiaridade com o ambiente de estudo para os quatro duetos de questões com o experimento utilizando a simulação em Quest3D. Dado o número baixo de participantes que declararam utilizar um ambiente similar, muito similar ou igual, a análise dos dados foi feita então agrupando-se os participantes em duas categorias: os que declararam utilizar um ambiente similar, muito similar e igual (≥ 1) e os que declararam

utilizar um ambiente pouco similar, diferente ou que não souberam opinar (<1). Pode-se verificar que o filtro familiaridade com o ambiente de estudo para a simulação com Quest3D não exerceu influência na manutenção de percepção entre participantes que utilizam ambientes similares ou não na vida real; a variação de manutenção de percepção foi menor do que 5% (Figura 4.34).

Tabela 4.11: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção familiaridade com o ambiente de estudo para o experimento com simulação em Quest3d

	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
		não		não		não		não		não
Amb.Est.	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve
>=1	23	77	21	79	38	62	39	61	30	70
<1	25	75	31	69	28	72	44	56	32	68
								desv.pad.	10,5	
								desv.pad.	4,6	

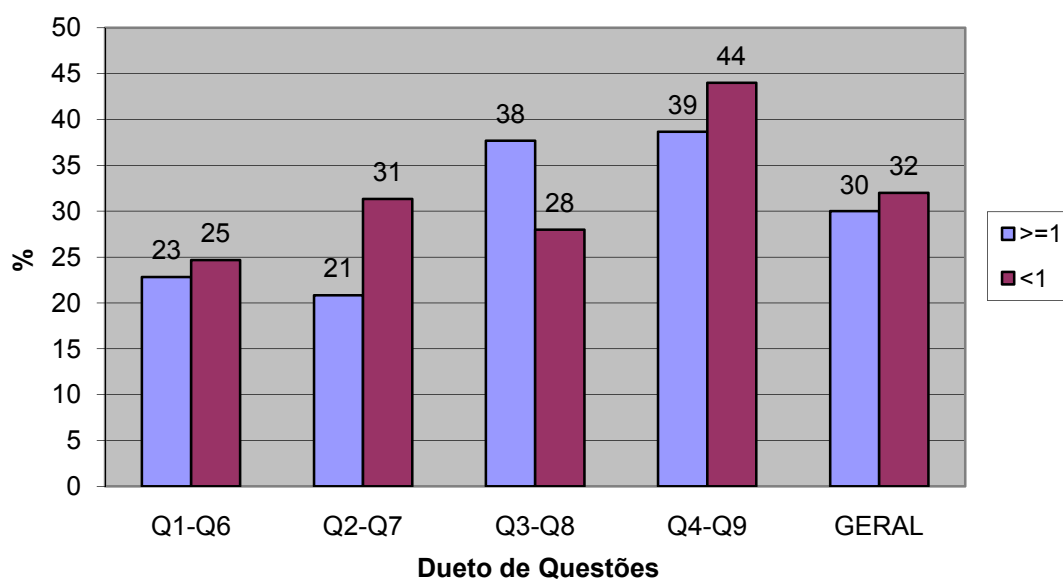


Figura 4.34: Percentagem de participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quest3D e o protótipo agrupados por familiaridade com o ambiente de estudo, sendo <1 equivalente a pouco similar, diferente ou não sei e >=1 equivalente a similar, muito similar ou igual

Grupo Quicktime VR

A Tabela 4.12 apresenta a síntese de percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção familiaridade com o ambiente de estudo para os quatro duetos de questões com o experimento utilizando a simulação em Quicktime VR, também agrupando participantes por os que declararam utilizar um ambiente similar, muito similar e igual (≥ 1) e os que declararam utilizar um ambiente pouco similar, diferente ou que não souberam opinar (< 1). Entretanto, pode-se verificar que o filtro familiaridade com o ambiente de estudo para a simulação com Quicktime VR, diferentemente do ocorrido na simulação com Quest3D, pode exercer influência na manutenção de percepção já que a diferença de manutenção de percepção entre os dois agrupamentos de participantes é em torno de 10% e o desvio padrão em torno de 7% (Tabela 4.12 e Figura 4.35).

Tabela 4.13: Percentagem de manutenção de percepção considerando o filtro de percepção familiaridade com o ambiente de estudo para o experimento com simulação em Quicktime VR

	Q1-Q6		Q2-Q7		Q3-Q8		Q4-Q9		GERAL	
		não		não		não		não		não
Amb.Est.	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve	manteve
≥ 1	33	67	18	82	31	69	52	48	34	66
< 1	29	71	19	81	23	77	30	70	25	75
								desv.pad.	7,2	
								desv.pad.	7,7	

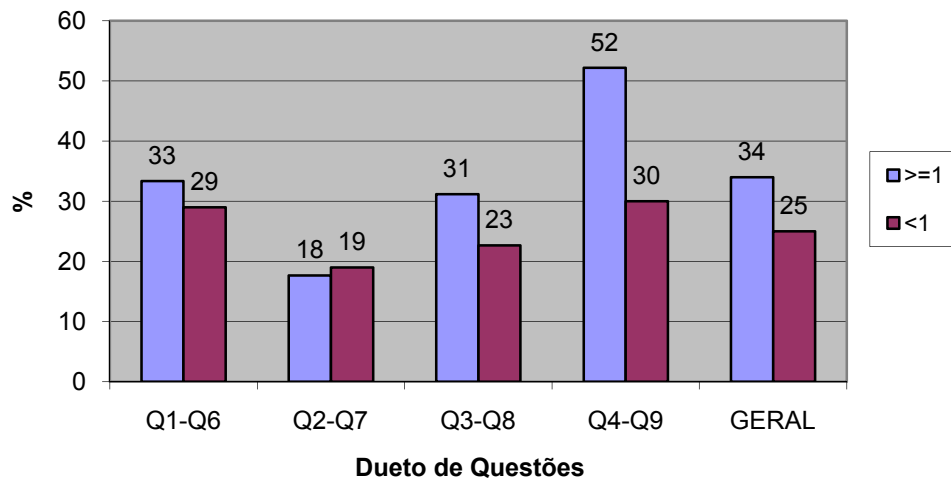


Figura 4.35: Percentagem de participantes que mantiveram resposta iguais entre ambiente simulado com Quicktime VR e o protótipo agrupados por familiaridade com o ambiente de estudo sendo <1 equivalente a pouco similar, diferente ou não sei e >=1 equivalente a similar, muito similar ou igual

4.5.6 Medida utilizada

Grupo Quest3d

A seqüência de gráficos da Figura 4.36 mostra a média da manutenção de percepção geral do conjunto dos 4 duetos de perguntas para cada uma das 3 alternativas utilizadas entre distância de mesa e armário (0,5m, 0.7m e 1m) (Figura 3.1) para o grupo Quest3d. Cada gráfico se refere a seu grupo específico de pessoas e a porcentagem exibida se refere ao número de pessoas total de cada grupo de respostas, a constar: 0,5 m com 26 pessoas, 0,7 com 30 pessoas e 1 m com 18 pessoas. A média de manutenção de percepção para cada grupo é exibida. A maior manutenção de percepção fica para o grupo que experimentou o ambiente de 1 m e a menor para aquele que experimentou o ambiente de 0,5 m,. Portanto, verifica-se no experimento com a simulação em Quest3D que quanto maior a medida do ambiente, tanto maior é o ganho da percepção, considerando-se as 3 medidas utilizadas.

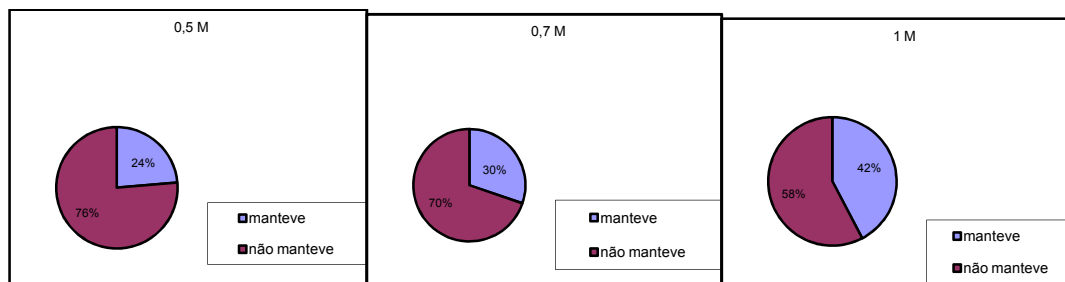


Figura 4.36: Manutenção de percepção, considerando o filtro medida no ambiente deestudo, Quest3d

Grupo Quicktime VR

A seqüência de gráficos da Figura 4.37 mostra a média de manutenção de percepção geral do conjunto dos 4 duetos de perguntas para cada uma das 3 alternativas utilizadas entre distância de mesa e armário (0,5m, 0.7m e 1m) (Figura 3.1) para o grupo Quickime VR. Cada gráfico se refere a seu grupo específico de pessoas e a porcentagem exibida se refere ao número de pessoas total de cada grupo de respostas, a constar: 0,5 m com 23 pessoas, 0,7 com 34 pessoas e 1 mcom 16 pessoas. A maior manutenção de percepção fica para o grupo que experimentou o ambiente de 1 m e a menor para aquele que experimentou o ambiente de 0,7 m, não se observando o comportamento ocorrido dentro da análise correspondente para o grupo Quest3d.

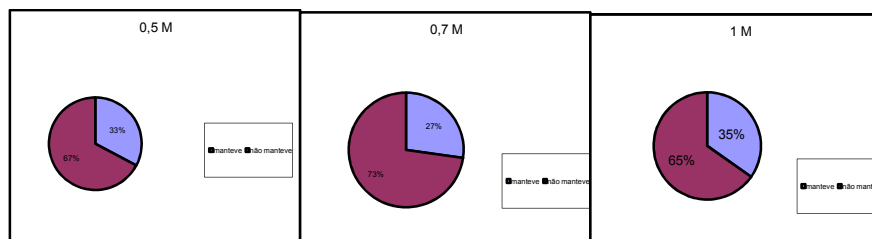


Figura 4.37: Manutenção de percepção, considerando o filtro medida no ambiente deestudo, Quicktime VR

4.6 Pré-Teste

Em agosto de 2004 foi realizado um pré-teste do experimento utilizando-se somente a implementação de realidade virtual exploratória com Quicktime VR. Este pré-teste também utilizou o público do evento UPA como participantes. O desenvolvimento e resultados obtidos neste pré-teste são apresentados no Apêndice B. Verifica-se que os resultados são bastantes similares mesmo com modificações no questionário (escala de valores das respostas menor).

5. CONCLUSÕES

A análise geral dos dados apontou para o seguinte perfil de participante nesta pesquisa: 90% jovens com menos de 18 anos; 61% do sexo feminino; 82% cursando o nível médio ou fundamental; 72% declararam não ter familiaridade com recursos de animação tridimensional e 71% declararam estudar/trabalhar num ambiente pouco similar ou diferente do estudado.

O ambiente de estudo da percepção foi composto uma escrivaninha, espaço para uma cadeira e armário, onde o armário estava posicionado atrás do usuário da escrivaninha. Procurou-se verificar a percepção do ambiente em termos de espaço para abrir uma porta do armário e espaço para circulação entre mesa e armário. Também se procurou avaliar a percepção destes dois quesitos de duas formas diferentes: em termos de **conforto** (variando entre muito confortável, ligeiramente confortável, confortável (neutro), ligeiramente desconfortável e muito desconfortável ou não sei avaliar) e **quantidade** (excelente ou muito larga, boa, regular (na medida certa), ruim (ou estreita) e péssima (ou muito estreita) ou não sei avaliar). Formando assim um questionário com 4 dueto de perguntas: 4 perguntas eram respondidas quando o participante visitava o ambiente em RV e estas mesmo 4 perguntas eram respondidas uma segunda vez quando o participante visitava o protótipo idêntico ao ambiente simulado.

A análise geral dos dados permitiu concluir que ambos os ambientes virtuais utilizados (Quicktime VR e Quest3D) tem baixas manutenções de percepção quando percepção do participante sobre o ambiente simulado é comparada com a percepção do mesmo sobre o protótipo equivalente: 33 % para o público do experimento com a implementação de RV

exploratória com Quest3D e 31% para o público do experimento com a implementação de RV exploratória com Quicktime VR. Concluiu-se que a não imersão ou imersão mínima (ou menos interação e maior interação) oferecida nas implementações de realidade virtual com QuicktimeVr e Quest3d respectivamente, para a amostra analisada, na média não diferem na manutenção de percepção do usuário. Observou-se, diferentemente do esperado, com realidade virtual exploratória uma manutenção de percepção menor do que aquela apresentada em pesquisa anteriormente desenvolvida com realidade virtual passiva (OLIVEIRA, 2003).

Para os 4 duetos de perguntas observou-se que a manutenção de percepção se manteve inalterada entre os grupos analisados (Quicktime VR e Quest3D) quando se utilizou a escala de conforto. No entanto, a manutenção de percepção mudou quando se mudou o tamanho da sala (Tabelas 4.1 e 4.2. Não se pode confirmar, então, a opinião do participante sobre o quesito “circulação entre mesa e armário” por meio de escala de valores diferenciados. Verificou-se que caso o questionário fosse composto somente com perguntas cujas respostas fossem na escala de conforto utilizada poderia se concluir que a manutenção de percepção com o experimento utilizando o Quicktime VR é melhor do que com o experimento utilizando Quest3D. Entretanto, se o questionário fosse composto somente com perguntas cujas respostas fossem na escala de quantidade o resultado seria inverso. Conclui-se que extremo cuidado deve ser tomado no desenvolvimento de um questionário com perguntas subjetivas com a função de medir a percepção de um usuário e que a análise do espaço em projeto utilizando este questionário não deve ser feita isoladamente por pergunta e preferencialmente sobre um conjunto de perguntas.

Apesar da baixa manutenção de percepção, isto é, os participantes na grande maioria mudavam de opinião quando visitavam o protótipo após visita pela simulação, a maior parte das pessoas declarou que a simulação era muito eficiente ou ligeiramente eficiente na representação do espaço verdadeiro: 50% para o experimento com Quest3D (Figura 4.24) e 76% para o experimento com Quicktime VR (Figura 4.25). Os usuários do ambiente Quicktime VR disseram achar que a simulação do ambiente Quicktime VR era **muito eficiente** em 30 % a mais do que aquelas que utilizaram o ambiente Quet3d. Estes dados se confrontaram com a opinião inicial da pesquisa sobre a utilização dos 2 software

para os ambientes virtuais, a de que a simulação mais eficiente seria aquela proporcionada com ambiente de maior interatividade, neste caso aquele apresentado no grupo Quest3d.

Foi constatado, por meio da análise do filtro idade do participante, que este filtro pode influenciar na manutenção de percepção do usuário do ambiente. No experimento com RV implementada em Quest3d verificou-se que participantes mais velhos (≥ 18 anos) apresentam maior manutenção de percepção que participantes mais jovens (< 18 anos) (Figura 4.26). Entretanto, este padrão se verifica somente em questões isoladas para o experimento com Quicktime VR (Figura 4.27).

Também se verificou que o filtro de percepção sexo pode influenciar na manutenção de percepção do usuário do ambiente. No experimento com RV implementada em Quicktime VR verificou-se que participantes do sexo feminino apresentam maior manutenção de percepção que participantes masculinos (Figura 4.29). Entretanto, este padrão se verifica somente em questões isoladas para o experimento com Quest3D (Figura 4.28).

De maneira contrária ao que era imaginado, não houve maior manutenção de percepção com o filtro escolaridade por parte de pessoas com nível universitário nos grupos Quest3d e Quicktime VR para a manutenção de percepção com relação aos participantes com 1º. e 2º. grau. Com base nos dados pode-se afirmar que houve influência negativa do filtro quanto maior o grau de escolaridade apresentado (Figuras 4.30 e 4.31).

O filtro familiaridade com animação tridimensional por computador não exerceu influência significativa sobre os 2 grupos pesquisados, pois houve variação de manutenção de percepção menor do que 5 % para ambos.

Quanto ao filtro familiaridade com o ambiente de estudo procurou-se verificar se o fato do participante utilizar um ambiente na vida real parecido com o ambiente estudado teria ou não influência na manutenção de percepção entre o ambiente simulado e o protótipo utilizados no experimento. Constatou-se que este filtro para a simulação com Quest3D não exerceu influência na manutenção de percepção entre participantes que utilizam ambientes similares ou não na vida real; a variação de manutenção de percepção foi menor do que 5%. Entretanto, pode-se verificar que o filtro familiaridade com o ambiente de estudo para a simulação com Quicktime VR, diferentemente do ocorrido na simulação com Quest3D, pode exercer influência na manutenção de percepção já que a

diferença de manutenção de percepção entre os dois agrupamentos de participantes é em torno de 10% e o desvio padrão em torno de 7%.

Conclui-se que os filtros de percepção influenciam diferentemente dependendo da implementação de RV utilizado indicando muito cuidado na escolha do recurso computacional utilizado para implementar um RV com intuito de avaliar o projeto.

Quanto à variação de medidas utilizadas (distância entre escrivaninha e armário), no grupo Quest3d a maior manutenção de percepção ficou para o grupo que experimentou o ambiente de 1 m e a menor para aquele que experimentou o ambiente de 0,5 m. Desta forma verificou-se no experimento com a simulação em Quest3D que quanto maior a medida do ambiente, tanto maior é o ganho da percepção, considerando-se as 3 medidas utilizadas (Figura 4.36). No grupo Quicktime VR a maior manutenção de percepção ficou maior para o grupo que experimentou o ambiente de 1 m e a menor para aquele que experimentou o ambiente de 0,7 m (Figura 4.37), não se observou assim o comportamento ocorrido dentro da análise correspondente para o grupo Quest3d.

Muito embora tenha sido inserida navegação e mobilidade pelo ambiente virtual com o ambiente virtual Quest3d, a suposta maior interação e imersão do usuário não se revelou em ganho de percepção por parte deste. No caso correlato do estudo de Oliveira (2003), a autora valeu-se de recursos mais limitados e conseguiu uma manutenção de percepção duas vezes maior do que a observada nas médias desta pesquisa. Notadamente os 2 experimentos realizados com ambientes virtuais diversos em termos de recursos de interação e navegação virtual ficaram aquém àqueles alcançados na pesquisa de Oliveira (2003).

A utilização do ambiente virtual provido pelo Quest3d se deu com alguma esperança de ganho de percepção em relação ao ambiente do Quicktime VR, e embora isso tenha acontecido na maior parte das análises realizadas, a diferença nunca excedeu os 10 % na média geral e sempre ficou abaixo dos 50 %. Desta forma segundo os dados desta pesquisa e segundo as análises realizadas sobre estes dados não é possível afirmar que exista para os efeitos de manutenção de percepção entre um ambiente real e um ambiente virtual reconstruídos segundo os recursos destas ferramentas um ganho efetivo de manutenção de percepção. Ambas as médias gerais de ambos os grupos, 33 % para Quest3d e 31 % para QuicktimeVr colocam os 2 ambientes numa situação não favorável a

recomendação para a utilização destes por projetistas ou mesmo para pesquisas que busquem manutenção de percepção elevada. Estes termos são colocados levando-se em conta a amostra utilizada para esta pesquisa.

Portanto para uma afirmação contundente no sentido de precisar a direção da conclusão desta pesquisa, faz-se necessário apontar para a realização de um estudo complementar que busque os dados que não puderam ser adquiridos por esta amostra: maior quantidade de pessoas de outras faixas etárias, maior número de pessoas com formação superior ou pós-graduada.

REFERÊNCIAS

ACT-3D. **Quest 3d**. Disponível em <http://www.act3d.com>, 2004. Acesso em: 15 de novembro, 2004.

ADAMS, L. **Visualização e Realidade Virtual**. São Paulo: Makron Books, 1995.

ALIAS. **Maya**. Disponível em <http://www.allias.com>, 2004. Acesso em: 17 de novembro, 2004.

ANTONIETTI, A. ; CANTOIA, M. To see a painting versus to walk in a painting: an experiment on sense-making through virtual reality. **Computers & Education**, Italy, Computers & Education, n. 34, p. 213±223, 2000.

APPLE. **Quicktime**. Disponível em <http://www.apple.com>, 2004. Acesso em: 20 de dezembro, 2004

BATTY, M. Virtual Geograpy. **Futures**, v. 29, n. 485, p. 337-352, 1997.

BEYER, D. **Virtual Reality: A Short Introduction**. Michigan: Virtual Reality Laboratory at the College of Engineering, 2003. Disponível em: <http://www-vrl.umich.edu/beier/index.html>. Acesso em: 31 de maio, 2003.

BERTOL, D. **Designing Digital Space: An Architect's Guide to Virtual Reality**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1997.

BRIDGES, A.; CHARITOS, D. On architectural design in virtual environments. **Design Studies**, n. 18(2), p. 143-154. 1997.

BÜLTHOLFF, H. H. ; VEEN, A. H. C. V. **Vision and Action in Virtual Environments: Modern Psychophysics in Spatial Cognition Research**. Germany: Disponível em: <ftp://ftp.kyb.tuebingen.mpg.de/pub/mpi-memos/tr-0077.ps.Z>, p. 14, 1999. Acesso em: 15 de fevereiro, 2005.

CASTI, J. L. **Mundos Virtuais: Como a Computação está mudando as Fronteiras da Ciência**. Rio de Janeiro: Editora Revan, 1988.

DISCREET. **3dsmax**. Disponível em <http://www.discreet.com>, 2004. Acesso em: 17 de dezembro, 2004

DHOMBRES, J. et al. **As ciências da forma hoje**. São Paulo: Papirus, 1996.

ECO, H. **Apocalípticos e integrados**. 5ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2000.

EDIMENSIONAL. **Stuning3d**. 2005. Disponível em <http://www.edimensional.com>. Acesso em: 10 de janeiro, 2005

ENTERTAINMENT TECHNOLOGY CENTER. Carnegie Mellon University. **Panda3d**. Disponível em <http://www.panda3d.org>, 2005. Acesso em: 12 de janeiro, 2005.,

NOËL, É. (Org.) **As Ciências da Forma Hoje**. São Paulo: Papirus, 1996.

GIBSON, W. **Neuromancer**. New York: Ace, 1984.

GIFFORD, R. **Environment Psychology: Principles and Practice**. 3. ed. Colville: Optimal Books, 2002.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1991.

HEIM, M. **Virtual Realism**. New York: Oxford University Press, 1998.

HENDRIK, A. H. C. V. V. et al. Navigating through a virtual city: using virtual reality technology to study human action and perception. **Future Generation Computers**, Germany, n. 14, p. 231-242, 1998.

IMMERSION. **Immersion**. Disponível em <http://www.immersion.com>, 2005. Acesso em: 12 de janeiro, 2005.

LEE, N. S. S. et al. Reality and human performance in a virtual world. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Korea, n. 18, p. 187-191, 1995.

LÉVY, P. **Becoming virtual: reality in the digital age**. New York, 1999.

_____. **A máquina universo**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

LANDSDOWN, J.; RAE, A. E. (Org.) **Computers in art, design and animation**. Springer-Verlag, 1989.

MACROMEDIA. **Director**. Disponível em <http://www.macromedia.com>, 2005. Acesso em: 12 de janeiro, 2005.

MILLAR, R. J.; HANNA, J. R. P.; KEALY, S. M. A review of behavioural animation. **Computers & Graphics**, Northern Ireland, n. 23, p. 143, 1999.

NETTO, A. V. et al. **Realidade Virtual: Fundamentos e Aplicações**. São José: Visual Books, 2002.

NEUFER, E. **Arte de projetar em arquitetura**: princípios, normas e prescrições sobre construção, instalações, distribuição e programa de necessidades, dimensões de edifícios, locais e utensílios (Tradução da 21a. Edição Alemã). 9a.ed., São Paulo: Gustavo Gili do Brasil, 1991, 431p.

NIJHOLT, A. Where computers disappear, virtual humans appear. **Computers & Graphics**, n. 28 p. 467-476, 2004.

NOËL, É. (Org.) **As Ciências da Forma Hoje**. São Paulo: Papirus, 1996.

OKAMOTO, J. **Percepção Ambiental e Comportamento**. 2. ed. São Paulo: IPSIS, 1999.

OLIVEIRA, A. A. S. **Utilização da Animação Computacional na Verificação do Programa Arquitetônico de Necessidades**. Dissertação - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

PAPE, D. **A Hardware-Independent Virtual Reality Development System**. Chicago: Eletronic Visualization Laboratory, University of Illinois. Disponível em: <http://www.evl.uic.edu/EVL/RESEARCH/PAPERS/PAPE/#fig1>. Acesso em: 9 de março, 2005

SILVA, I. C. F. DA. **Desenvolvimento de um ambiente para criação de animações de cenas VRML para Web**. □ Dissertação - Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.

THE GAME CREATORS. **Dark Basic**. Disponível em <http://darkbasic.thegamescreators.com>, 2005. Acesso em: 15 de janeiro, 2005.

USOH, M.; SLATER, M. **A exploration of immersive virtual environments**. Endeavour, Elsevier Science Ltd., 19(1), p. 34-38, 1995.

VIRTUAL REALITY RESOURCES. **Software**. Disponível em <http://vresources.jumpgate.com>, 2005. Acesso em: 15 de janeiro, 2005.

WANDA. **Wanda**. Disponível em <http://www.wandavr.com>, 2005. Acesso em: 15 de janeiro, 2005.

WANN, J.; MON-WILLIAMS, M. What does virtual reality NEED?: human factors issues in the design of three-dimensional computer environments. **Computer Studies**, UK, n. 44, p. 829-847, 1996.

WATT, A. **3d Computer Graphics**. UK: Addison-Wesley, 2000.

WEBOPEDIA. **Webopedia**. Disponível em <http://www.webopedia.com>, 2004. Acesso em:

18 de novembro, 2004.

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. **Understanding Virtual Reality**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2003

WHYTE, J. et al. From CAD to virtual reality: modelling approaches, data exchange and interactive 3D building design tools. **Automation in Construction**, November, 2000.

WIKIPEDIA. **Wikipedia**. Disponível em <http://en.wikipedia.org>, 2004. Acesso em: 19 de novembro, 2004.

3DGAMERS. **Screenshots**. Disponível em <http://www.3dgamers.com>, 2005. Acesso em: 15 de janeiro, 2005.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

**FACULDADE E ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
UNICAMP**

PROJETO DE PESQUISA
Um estudo e percepção em ambiente simulado com Realidade virtual Exploratória

NÚMERO DO PARTICIPANTE _____ DATA: _____

TIPO DE RV:

☐ Quest3d

☐ Quicktime VR

SIMULAÇÃO

1. Como você avalia o conforto para abrir a porta do armário:

☐ Muito confortável

☐ Ligeiramente Confortável

☐ Confortável (neutro)

☐ Ligeiramente Desconfortável

☐ Muito Desconfortável

☐ Não sei avaliar

2. Como você avalia a Quantidade de espaço para abrir a porta do armário:

☐ Excelente (ou muito larga)

☐ Boa

☐ Regular (na medida certa)

☐ Ruim (ou estreita)

☐ Péssima (ou muito estreita)

☐ Não sei avaliar

3. Como você avalia o conforto para a circulação de uma pessoa neste espaço?

☐ Muito confortável

☐ Ligeiramente Confortável

☐ Confortável (neutro)

☐ Ligeiramente Desconfortável

☐ Muito Desconfortável

☐ Não sei avaliar

4. Como você classifica o tamanho da circulação para uma pessoa neste espaço?

☐ Excelente (ou muito larga)

☐ Boa

☐ Regular (na medida certa)

☐ Ruim (ou estreita)

☐ Péssima (ou muito estreita)

☐ Não sei avaliar

5. Desenhe o espaço que você acaba de visitar virtualmente:

PERFIL DO PARTICIPANTE

- Idade: _____
- Sexo
☐ Feminino ☐ Masculino
- Escolaridade
☐ Primeiro Grau
☐ Segundo Grau
☐ Terceiro Grau
☐ Pós-Graduação

- Tem familiaridade com o recursos de Animação tridimensional?
☐ Sim ☐ Não

- Daltônico:
☐ Sim ☐ Não
- Você estuda ou trabalha num ambiente com móveis com disposição similarao do ambiente visitado virtualmente?
☐ Igual
☐ Muito similar
☐ Similar
☐ Pouco similar
☐ Diferente
☐ Não sei/ não posso avaliar

PROTÓTIPO:

6. Como você avalia o conforto para abrir a porta do armário:
- ☐ Muito confortável
 - ☐ Ligeiramente Confortável
 - ☐ Confortável (neutro)
 - ☐ Ligeiramente Desconfortável
 - ☐ Muito Desconfortável
 - ☐ Não sei avaliar
7. Como você avalia a Quantidade de espaço para abrir a porta do armário:
- ☐ Excelente (ou muito larga)
 - ☐ Boa
 - ☐ Regular (na medida certa)
 - ☐ Ruim (ou estreita)
 - ☐ Péssima (ou muito estreita)
 - ☐ Não sei avaliar
8. Como você avalia o conforto para a circulação de uma pessoa neste espaço?
- ☐ Muito confortável
 - ☐ Ligeiramente Confortável
 - ☐ Confortável (neutro)
 - ☐ Ligeiramente Desconfortável
 - ☐ Muito Desconfortável
 - ☐ Não sei avaliar
9. Como você classifica o tamanho da circulação para uma pessoa neste espaço?
10. Como você acha que a simulação experimentada corresponde ao ambiente visitado?
- ☐ Muito eficiente
 - ☐ Ligeiramente eficiente
 - ☐ Eficiente (neutra)
 - ☐ Ligeiramente ineficiente
 - ☐ Muito ineficiente
 - ☐ Não sei avaliar

APÊNDICE B – PRÉ-TESTE

Em setembro de 2004 foi desenvolvido um pré-teste para avaliar se a realidade virtual exploratória implementada pelo *Quicktime VR* auxiliaria o usuário e o projetista na compreensão do projeto arquitetônico. O ambiente foi apresentado na sessão 3.6 (Figura 3.1). A percepção do ambiente simulado foi comparada com a percepção em protótipo na escala 1:1, por meio da comparação entre respostas de perguntas idênticas sobre o ambiente simulado e o protótipo. Os materiais utilizados foram: questionários, descrições livres, modelos tridimensionais desenvolvidos em *AutoCAD* e renderizados em *3d Studio Viz* e animações em *Quicktime VR*.

O experimento foi realizado em três etapas: Na 1ª fase o participante respondia um questionário para caracterização de seu perfil (idade, sexo, escolaridade e familiaridade com animação gráfica) e em seguida interagia com a animação em *Quicktime VR*, tendo que simultaneamente responder a um questionário de verificação da percepção composto por duas perguntas subjetivas e um desenho a mão livre sobre o ambiente simulado (Figura 1a).

Na 2ª fase o participante visitava o ambiente real (Figura 1b), tendo que novamente responder ao mesmo questionário verificação da percepção, agora, do ambiente visitado.

Na 3ª fase fez-se a comparação da percepção do participante do ambiente animado com relação ao ambiente visitado, por meio da comparação de respostas às perguntas repetidas nas fases anteriores.



(A)

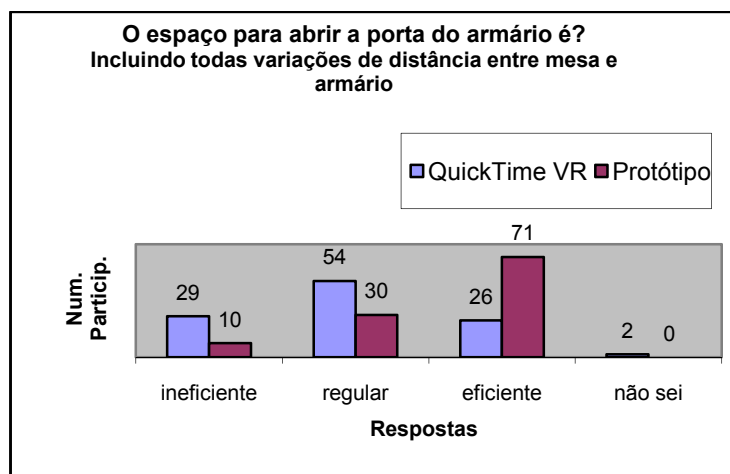
(B)

Figura 1: (a) Participante vivenciando realidade virtual exploratória e (b) Participante explorando protótipo.

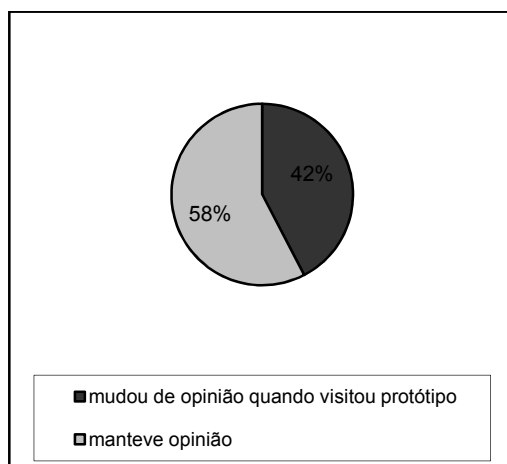
Este experimento contou com a participação do público que visitou o evento UNICAMP de Portas Abertas (em setembro de 2004) e também de alunos e professores da faculdade. O perfil do conjunto de 111 participantes é apresentado a seguir: 96% dos participantes tinha idade de 15 a 25 anos, tendo os 4% restante idade acima de 25 anos; 51% dos participantes era do sexo feminino e 49% masculino; o nível de escolaridade distribui-se em 19% dos participantes cursando ou com o ensino fundamental concluído, 61% do ensino médio, 26% do ensino superior e 5% com pós-graduação; 73% dos participantes não tinha familiaridade com o recurso de animação gráfica e 27% tinham familiaridade com este recurso computacional e finalmente somente um participante se declarou daltônico. Desta forma, os resultados aqui apresentados são representativos para um público jovem e com escolaridade entre ensino médio e superior.

Os participantes avaliaram o espaço para abrir a porta do armário como regular quando experimentaram o ambiente estudado por meio da simulação com *Quicktime VR*. Entretanto, a maioria dos participantes mudou de opinião sobre esta questão quando visitou o protótipo real, avaliando o espaço para abrir a porta do armário como eficiente (Figura 2). Da mesma forma, os participantes avaliaram o espaço entre a mesa e o armário como

estreito quando experimentaram o ambiente simulado. Entretanto, a maioria dos participantes mudou de opinião sobre esta questão quando visitou o protótipo real, avaliando o espaço para abrir a porta do armário como suficiente (Figura 3). Observa-se uma tendência na simulação a uma percepção do espaço menor do que este realmente é. Mesmo assim, os participantes são pouco críticos quando avaliam a correspondência entre simulação e protótipo, classificando-a em sua maioria como regular e eficiente (Figura 4).

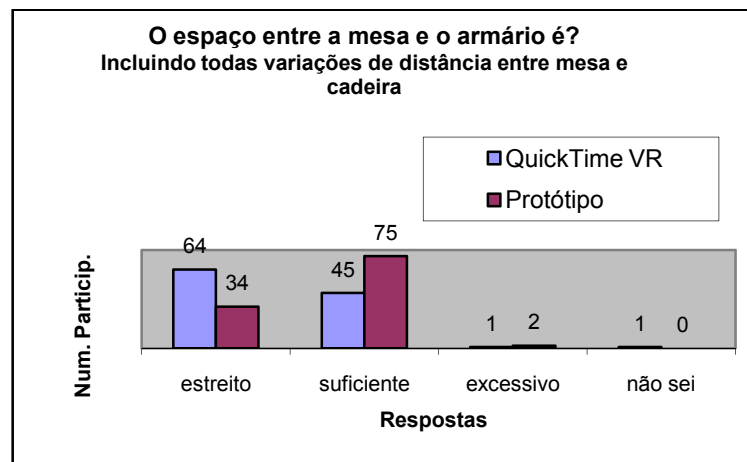


(A)

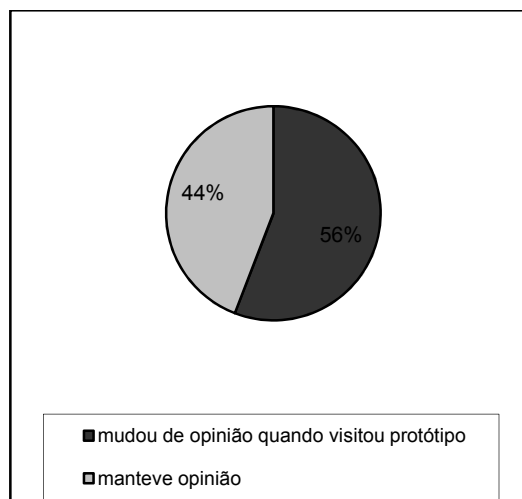


(B)

Figura 2: (A) Resposta à pergunta sobre o espaço para abrir a porta do armário e (B) níveis de manutenção de percepção para esta questão.



(A)



(B)

Figura 3: (A) Resposta à pergunta sobre o espaço entre a mesa e o armário e (B) níveis de manutenção de percepção para esta questão.

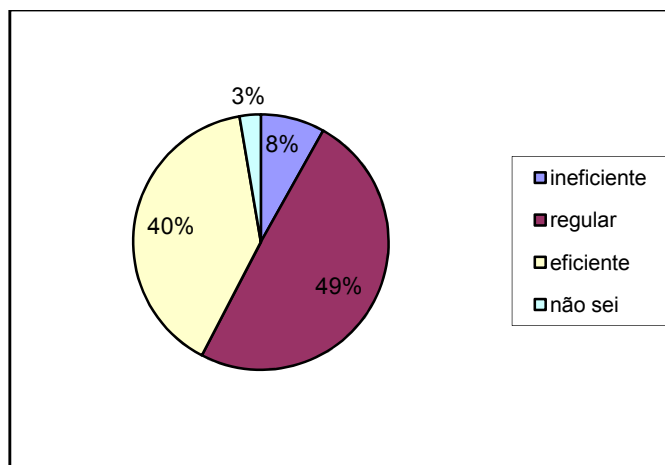


Figura 4: Resposta à pergunta sobre correspondência entre simulação e protótipo real.

Efetuuou-se uma análise para verificar se o participante classificava e/ou percebia de forma diferente as três variações no ambiente estudado, isto é, distância entre mesa e armário de 50cm, 70cm e 1m. Verificou-se que para todas variações o participante classificou o espaço entre mesa e armário como estreito (54% para distância de 50cm, 49% para a distância de 70cm e 70% para a distância de 1m) (Figura 5). Observa-se que, neste caso, quanto maior a distância maior a distorção da imagem obtida como recurso de zoom para simulação de deslocamento e, portanto prejudicando a percepção e avaliação correta do espaço.

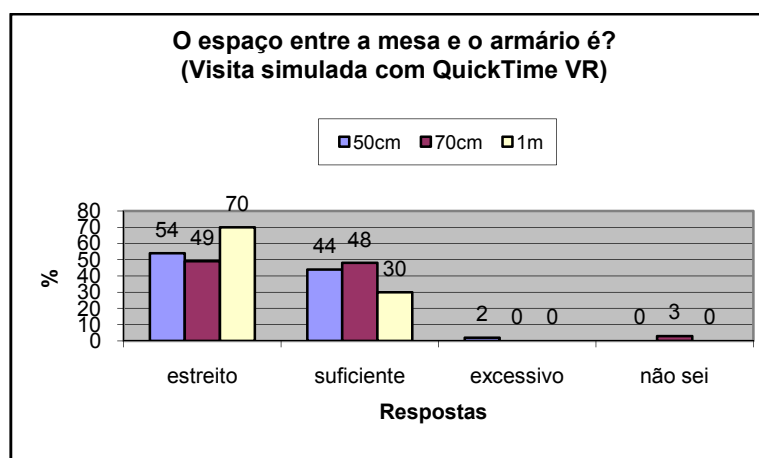


Figura 5: Resposta à pergunta sobre o espaço entre mesa e armário discriminando por variações na distância

Executou-se uma análise dos desenhos efetuados pelos participantes durante a visita ao ambiente simulado em *Quicktime VR*. Observaram-se três tipos diferentes de desenhos: cópias de cena (Figura 6), esquemas em planta (Figura 7) e perspectivas (Figura 8). Tentou-se verificar se esta diferenciação estava relacionada ou não com a familiaridade do participante com o recurso de animação gráfica. Observou-se ligeiro acréscimo, entretanto não significativo, em familiaridade com este recurso computacional entre os participantes que desenharam perspectivas (Figura 9).



Figura 6: Exemplos de desenhos do tipo cópia da cena efetuada por participantes durante visita ao ambiente em *Quicktime VR*

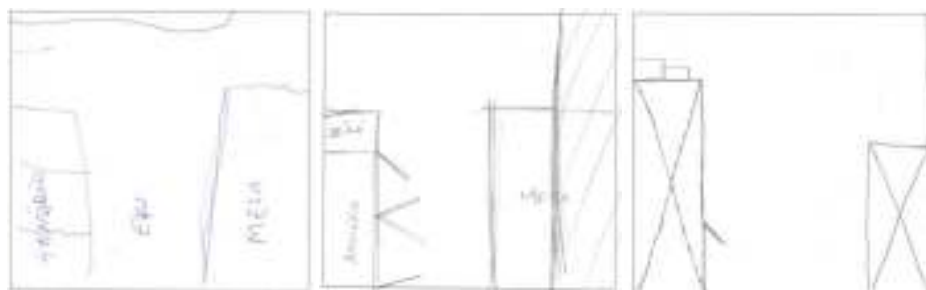


Figura 7: Exemplos de desenhos esquemáticos bidimensionais efetuado por participantes durante visita ao ambiente em *Quicktime VR*



Figura 8: Exemplos de desenhos do perspectiva efetuado por participantes durante visita ao ambiente em *Quicktime VR*

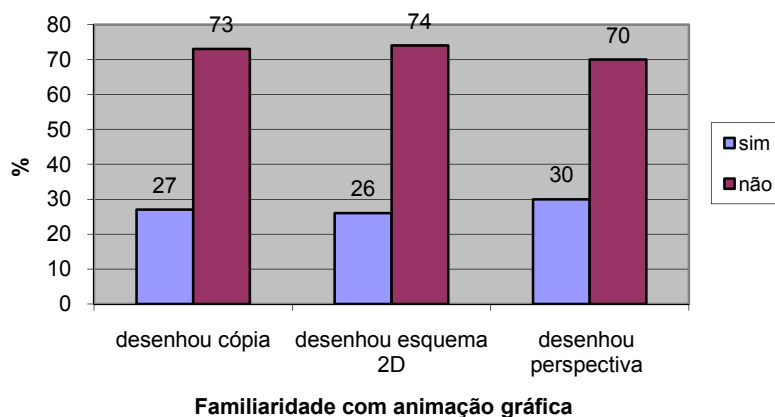


Figura 9: Familiaridade com animação gráfica e tipo de desenho efetuado

Efetuuou-se uma análise para verificar se o participante que desenhou uma cópia de cena, ou esquema de planta ou perspectiva classificava e/ou percebia de forma diferente o ambiente estudado. Verificou-se que os participantes que representaram o ambiente pelo esquema de planta melhor perceberam a questão do espaço para abrir a porta do armário e apresentaram maior manutenção de percepção (Figura 10). Observou-se que os participantes que representaram o ambiente por meio de perspectiva apresentaram maior manutenção de percepção com relação à questão do espaço entre a mesa e o armário (Figura 11).

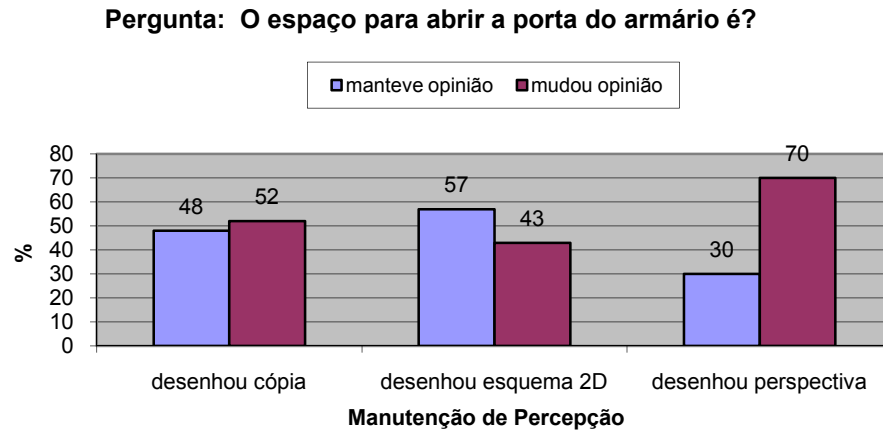


Figura 10: Manutenção de percepção medida pela pergunta sobre o espaço para abrir a porta do armário discriminando participante por tipo de desenho efetuado sobre o espaço visitado

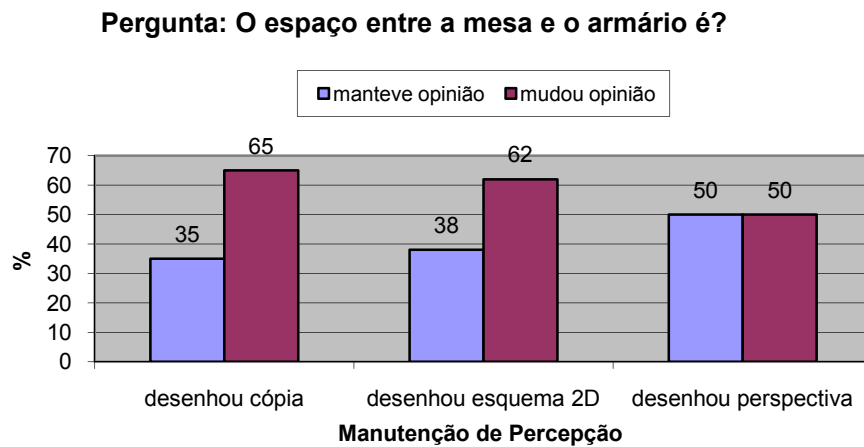


Figura 11: Manutenção de percepção medida pela pergunta sobre o espaço entre a mesa e o armário discriminando participante por tipo de desenho efetuado sobre o espaço visitado