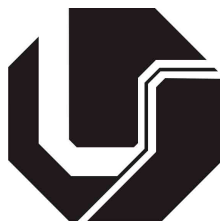


Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
Pós-Graduação em Engenharia Elétrica



Estratégia de Especificação de Requisitos de Usabilidade para Sistemas de Realidade Aumentada

Orientador: Gilberto Arrantes Carrijo, PhD
Co-Orientador: Ederaldo José Lopes, Dr
Orientanda: Paula Teixeira Nakamoto

Agosto
2011

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Estratégia de Especificação de Requisitos de Usabilidade para
Sistemas de Realidade Aumentada.

*Tese apresentada por Paula Teixeira Nakamoto à Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção
do título de Doutora em Engenharia Elétrica,
pela Banca Examinadora:*

Gilberto Arrantes Carrijo, PhD (UFU) - Orientador
Ederaldo José Lopes, Dr (UFU) - Co-Orientador
Alexandre Cardoso, Dr (UFU)
Alberto Barbosa Raposo, PhD (PUC-RJ)
Ildeberto Aparecido Rodello, Dr (FEARP-USP)

Estratégia de Especificação de Requisitos de Usabilidade para Sistemas de Realidade Aumentada.

Paula Teixeira Nakamoto

Tese apresentada por Paula Teixeira Nakamoto à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Gilberto Arantes Carrijo, Phd
Orientador

Alexandre Cardoso, Dr
Coordenador do Curso de Pós-Graduação

À minha mãe Maria Clarice, pelos exemplos de respeito, honestidade e simplicidade. E ao Hugo, meu marido, pelo carinho, dedicação e contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por iluminar os meus caminhos nas minhas dificuldades e vitórias, fazendo-me ser sempre perseverante na busca dos meus ideais. E em seguida, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho e, pela participação mais direta, sou especialmente grata:

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro dado para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Gilberto Arantes Carrijo, pela dedicação, paciência e pela competente, segura e valiosa orientação prestada em todos os momentos da realização deste trabalho.

Aos Professores Ederaldo José Lopes e Alexandre Cardoso, pela dedicação, apoio e sugestões.

Ao meu amigo, do Laboratório de Computação Gráfica, Lázaro Vinícius de Oliveira Lima pelo inestimável suporte na realização do Estudo de Caso, sem o qual tudo seria mais difícil.

À Cinara Fagundes Paranhos Mattos, pela simpatia e presteza na secretaria da Pós-Graduação.

Aos demais, mestres, amigos ou simples conhecidos, que foram, em níveis diferentes, fundamentais para a minha formação e que me prestaram auxílio em muitas ocasiões.

Resumo

NAKAMOTO, Paula T. *Estratégias de Especificação de Requisitos de Usabilidade para Sistemas de Realidade Aumentada*, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU, 2011.

Nos últimos anos, uma proliferação de novas tecnologias vem surgindo para melhorar/facilitar a assimilação das informações. Uma dessas tecnologias é a Realidade Aumentada - RA que é o enriquecimento do ambiente real com textos, imagens, gráficos, sons e objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico e funcionando em tempo real. Ela apresenta a vantagem de permitir o uso de ações tangíveis e de operações multimodais, envolvendo voz, gestos, tato, etc. Devido a sua variedade de interfaces é notavelmente maior a complexidade em projetá-las e usá-las do que softwares 2D, onde o usuário, na maioria das vezes, já está habituado com as tecnologias. Logo, os projetistas desses sistemas precisam desenvolver um projeto centrado no usuário, senão vários problemas de usabilidade poderão surgir, como dificuldade na navegação, oclusão, seleção e manipulação de objetos, fidelidade das imagens, utilização de equipamentos (capacete), sobrecarga de informações, percepção de profundidade, legibilidade de texto. Estes problemas resultam na frustração do usuário e uma baixa utilidade e aceitabilidade do sistema. Projetistas de ambientes em RA precisam de orientações, guias e diretrizes para auxiliá-los na construção do projeto. Até a data, guias de projeto para RA que podem ser encontrados na literatura são sugestões bastante estreitas derivadas de problemas específicos dos pesquisadores. Dessa forma, há uma necessidade em se aumentarem as pesquisas nessa área, a fim de que, as informações adicionadas aos ambientes reais sejam realmente aproveitadas. Este trabalho tem o objetivo de apresentar uma investigação que resultou em uma Estratégia de Análise de Requisitos, específica para construção de ambientes com RA. A eficácia da estratégia é verificada com a sua aplicação a um meta-modelo de especificação de requisitos para a construção de um sistema para o auxílio do tratamento da Aracnofobia.

Abstract

NAKAMOTO, Paula T. *Estrategies for Usability Requirements Specification for Augmented Reality Systems* , Uberlândia, Faculty of Electric Engineering - UFU, 2011.

In recent years, a proliferation of new technologies has emerged to improve/facilitate the assimilation of information. One such technology is the Augmented Reality - AR that is the enrichment of the real environment with text, images, graphics, sounds and virtual objects, using a technological device and running in real time. It has the advantage of allowing the use of tangible actions and multimodal operations, involving voice, gestures, touch, etc. Due to its variety of interfaces, it is significantly greater the complexity in designing and using them than 2D software, where the user, in most cases, is already accustomed to the technologies. So, the designers of these systems need to develop a user-centered design, otherwise several usability problems can arise, such as difficulty in navigation, occlusion, selection and manipulation of objects, fidelity of images, use of equipment (helmet), information overload, depth perception, text legibility. These problems result in user frustration and a low utility and acceptability of the system. Designers of AR environments need advice, guides and guidelines to assist them in building the project. To date, design guides for AR that can be found in the literature are few suggestions from specific problems derived from the researchers. Thus, there is a necessity to increase the research in this area, so that the information added to real environments are actually used. This paper aims to present an investigation that resulted in a requirements analysis strategy, specific to building AR environments. The effectiveness of the strategy is verified by its application to a meta-model specification of requirements for building a system to aid in the treatment of Arachnophobia.

Lista de Publicações

A seguir são apresentados as publicações deste trabalho:

1. NAKAMOTO, Paula Teixeira; CARDOSO, Alexandre; CARRIJO, Gilberto Arantes. **Construção de ambientes educacionais com realidade aumentada: processo centrado no usuário.** RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v.7, n.2, dezembro de 2009. ISSN 1679-1916. Pgs 244-252.
2. NAKAMOTO, Paula Teixeira; TAKAHASCHI, Eduardo Kojy; LAMOUNIER JÚNIOR, Edgard; CARDOSO, Alexandre; MENDES, Elise Barbosa; CARRIJO, Gilberto Arantes. **A Virtual Learning Environment Low Cost for the Teaching of Electric Circuits .** Revista do IEEE América Latina, v.8, n.6, dezembro de 2010. ISSN 1548-0992.
3. NAKAMOTO, Paula Teixeira; CARDOSO, Alexandre; CARRIJO, Gilberto Arantes, Lázaro Vinícius de Oliveira Lima; LOPES, Ederaldo José. **ATIVIDADES DA ANÁLISE DE REQUISITOS PARA AMBIENTES DE REALIDADE AUMENTADA: PROCESSO CENTRADO NO USUÁRIO** In: SVR'2010 - XII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada , 2010, Natal. Rio Grande do Norte.
4. LIMA, Lázaro Vinícius de Oliveira; NAKAMOTO, Paula Teixeira; CARDOSO, Alexandre; CARRIJO, Gilberto Arantes; LOPES, Ederaldo José. **Aplicação de Realidade Aumentada na Reabilitação de Aracnofóbicos.** III Jornada da Produção Científica da Educação Profissional e Tecnológica da Região Centro-Oeste, 2010, Brasília/DF.
5. NAKAMOTO, Paula Teixeira; CARDOSO, Alexandre; CARRIJO, Gilberto Arantes; LIMA, Lázaro V. de Oliveira; LOPES, Ederaldo José. **Desenvolvimento de Artefatos de Projeto e Implementação de Sistema de Realidade Aumentada para Auxiliar o Tratamento de Fóbicos.** 2010. Projeto Aprovado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) no Edital de Demanda Universal 2010. Coordenador: Alexandre Cardoso.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Proposta de Pesquisa	4
1.3	Objetivos e Metas	6
1.4	Estrutura do Trabalho	8
2	Fundamentos Teóricos	10
2.1	Introdução	10
2.2	Realidade Aumentada	10
2.2.1	Desafios para o <i>design</i> da informação em ambientes de RA	14
2.2.2	Limitações dos Sistemas de Realidade Aumentada	18
2.3	Engenharia de Usabilidade	19
2.3.1	Conhecer o usuário	21
2.3.2	Análise das Tarefas	22
2.3.3	Análise Funcional	22
2.3.4	A Evolução dos Usuários	23
2.4	Psicologia Cognitiva Aplicada	23
2.4.1	Análise da Tarefa Cognitiva	25
2.5	Considerações Finais	30

3	Aplicações Correlatas	31
3.1	Introdução	31
3.2	Engenharia de Usabilidade: Atividades de Análise do Domínio para Sis- temas de Realidade Aumentada	31
3.3	Engenharia de Usabilidade de Estilos de Texto para Interfaces de Realidade Aumentada	33
3.4	Aplicando Princípios de IHC em Projetos de Sistemas de RA	36
3.5	Rumo a uma Metodologia de desenvolvimento para Interface de Realidade Aumentada	37
3.6	Considerações Finais	38
4	Estratégia de Análise de Requisitos para Realidade Aumentada	40
4.1	Introdução	40
4.2	Justificativa	40
4.3	Estratégia Proposta	41
4.4	Considerações Finais	50
5	Avaliação da Estratégia	52
5.1	Introdução	52
5.2	Estudo de Caso - Tratamento da Aracnofobia	52
5.2.1	Descrição do Estudo de Caso	53
5.2.2	Análise e Avaliação do Estudo	62
5.3	Considerações Finais	67
6	Considerações Finais	69
6.1	Contribuições	70
6.2	Trabalhos Futuros	71

Referências Bibliográficas	72
Anexos	77
A Questionário de Avaliação do Perfil do Usuário	78
B Questionário de Avaliação na Utilização da Tecnologia de RA	80
C Questionários de Avaliação do Sistema	83

Lista de Figuras

1.1	A localização da Estratégia perante as três áreas do conhecimento.	7
1.2	Estrutura do Trabalho	9
2.1	Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta e um modelo de dispositivo. Fonte: Azuma (1997); Suthau et al. (2002)	12
2.2	Dispositivos adaptado do sistema de visão ótica direta. Fonte: Azuma (1997)	12
2.3	Diagrama adaptado e dispositivo do sistema de visão por vídeo baseado em monitor. Fonte: Azuma (1997)	13
2.4	Dispositivos de visão direta por vídeo. Fonte: Azuma (1997)	13
2.5	Processo de projeto centrado no usuário. Fonte: (ISO, 1999)	21
3.1	Processo de Engenharia de Usabilidade e suas Atividades. Fonte: (Gabbard et al., 2002)	32
3.2	Atividades da Análise do Domínio com Requisitos Centrados no Usuário. Fonte: (Gabbard et al., 2002)	33
3.3	Engenharia de Usabilidade para RA. Fonte: (Gabbard e Swan, 2008) . . .	35
3.4	Processo Paralelo Proposto por Kulas et al. (2004)	38
4.1	Engenharia de Usabilidade Modificada	44
4.2	Estratégia de Especificação de Requisitos	45
5.1	Modelo de marcador utilizado no módulo Experiências com o Usuário . . .	57

5.2	Protótipo do Sistema para funcionar na Internet	60
5.3	Visão do sistema desenvolvido usando o óculos de RA	61
5.4	Psicólogo usando o sistema com óculos monocular.	63
5.5	Psicólogo usando o sistema de visão indireta por monitor.	63
5.6	Avaliação quanto a usabilidade do sistema	64
5.7	Avaliação quanto a eficácia do sistema	65
5.8	Dificuldades encontradas durante a utilização do sistema.	65
5.9	Avaliação da Análise de Requisitos	67

Lista de Tabelas

3.1	Lições Aprendidas do Processo de Engenharia de Usabilidade	34
4.1	Atividades da Especificação de Requisitos	48

Lista de Abreviaturas

AS3 Action Script 3

2D Duas Dimensões

CDM Método de Decisão Crítica

CTA Análise da Tarefa Cognitiva

GUI Interface Gráfica com o Usuário

IHC Interface Humano-Computador

ISO International Organization for Standardization

IU Interface do Usuário

HTML Hypertext Markup Language

HMD Head Mounted Displays

ODP Open Distributed Process

RA Realidade Aumentada

RV Realidade Virtual

3D Três Dimensões

VRML Virtual Reality Modeling Language

UFU Universidade Federal de Uberlândia

UE Engenharia de Usabilidade

Capítulo 1

Introdução

Este Capítulo tem por objetivo apresentar a proposta deste trabalho de Tese a partir de uma síntese sobre os temas abordados, descrevendo a motivação dessa pesquisa, objetivos, hipóteses e delimitações relacionados ao trabalho sugerido.

1.1 Motivação

Nos últimos anos, uma proliferação de novas tecnologias vem surgindo para melhorar/facilitar a assimilação das informações (Bastos, 2007; Schoenfelder e Schmalstieg, 2008; Laudon e Laudon, 2008). Uma dessas tecnologias é a Realidade Aumentada - RA que pode ser definida, de um modo geral, como o enriquecimento do mundo real com objetos virtuais, textos, imagens, gráficos, sons, usando algum dispositivo tecnológico e funcionando em tempo real. Apresenta a vantagem de permitir o uso de ações tangíveis e de operações multimodais (Siscoutto e Costa, 2008). Esses sistemas podem ser usados tanto em plataformas sofisticadas quanto em plataformas populares e estão sendo utilizados em várias áreas, como: ensino, reabilitação, psicologia, marketing, indústria, saúde e etc (Swan e Gabbard, 2005).

Apesar do aumento na utilização dos ambientes de RA, ainda há pouca pesquisa sobre desenvolvimento de orientações de Interface Humano-Computador (IHC), guias de projeto ou apresentação de resultados formais de estudos sobre IHC (Dünser et al., 2007).

Segundo Wang e Reeves (2007) alguns sistemas de computadores não têm recebido um foco adequado, pois os projetistas não se preocupam com os diferentes usuários e suas diferentes capacidades na utilização das tecnologias. Logo, não há uma preocupação, no início do projeto, com a usabilidade, a qual é muitas vezes verificada somente no fim do ciclo de vida do projeto, o que não pode ocorrer, pois ela deve ser uma parte integrante do processo de desenvolvimento de sistemas computacionais (Goldiez et al., 2004).

Costabile et al. (2005) afirmam que alguns tipos de aplicações, como por exemplo, aplicações para o ensino, tais como, objetos de aprendizagem, devem ser fáceis de ser usadas. Caso contrário, o tempo do estudante será desperdiçado com a aplicação, ao invés de ser aproveitado para aprendizagem. Essa teoria também se aplica a outros tipos de ferramentas, como as que são desenvolvidas para auxiliar no tratamento terapêutico, onde devem obrigatoriamente, serem fáceis de utilizar. Costabile et al. (2005) complementam ainda que pessoas se recusam a usar uma interface de um sistema que seja rígida, lenta e desagradável. Essa facilidade de uso está relacionada à usabilidade.

Vários artigos citam a importância da usabilidade para a disseminação de sistemas de Realidade Aumentada (RA). Tori (2009) comenta que dominar as técnicas e conceitos que fundamentam essa nova tecnologia, entender suas limitações e conhecer suas possibilidades, são os desafios com os quais os *designers* de informação começam a se deparar, e que precisam ser vencidos antes que a RA deixe de ser apenas curiosidade. Dünser et al. (2007) cita que é importante integrar a pesquisa de diferentes áreas para o processo de definição e aplicação de guias de projeto relacionados com RA. Pesquisas multidisciplinares permitem combinar diferentes pontos de vista e pesquisadores com diferentes especialidades as quais trazem várias vantagens. É evidente que a disseminação das aplicações de RA dependerá de quão bem forem projetadas as experiências do usuário. Segundo Fernandes and Sánchez (2008) a RA está a caminho de se tornar uma ferramenta de produtividade para a área do *Design*. Para isso é necessário que a interação

seja fácil e natural e que diversos dispositivos de entrada e saída estejam disponíveis para exploração de modelos reais e virtuais de forma natural. Dessa forma, o estudo das interfaces tangíveis de RA é uma área muito promissora, particularmente para a aplicação na manipulação e avaliação do *design* 3D.

A usabilidade é um dos quesitos mais importantes em uma interface, uma vez que o sucesso ou fracasso de um sistema dependerá de fatores como a facilidade de aprendizado do usuário no uso com a ferramenta, flexibilidade e robustez de sua interação (Dias et al., 2003; do Carmo et al., 2007). Ela deve ser trabalhada desde a criação do projeto, mas desenvolvedores muitas vezes não possuem recursos suficientes, tempo ou conhecimentos adequados para identificar as necessidades de usabilidade de todos os usuários potenciais (Pressman, 2006). Porém, essa consciência é parte importante do processo de desenvolvimento do software - Engenharia de Usabilidade (UE), e exige mais estudo e atenção daqueles que desenvolvem os ambientes.

Quando analisadas várias atividades de projeto de software, verifica-se que elas geralmente são apoiadas por metáforas, guias ou padrões de Engenharia de Software/Usabilidade tradicionais (Shneiderman e Plaisant, 2005). Para sistemas de RA, encontram-se, na literatura, somente sugestões bastante estreitas de guias de projeto que são derivadas de problemas específicos dos pesquisadores (Dünser et al., 2007). Gabbard e Swan (2008) citam que as tecnologias de RA apresentam um grande desafio, e, assim, oportunidade, no campo IHC e, especificamente, da UE que é desenvolver efetivas interfaces de usuário quando não tem estabelecido guias de projeto, heurísticas¹ ou metáforas de interação ou são introduzidas novas formas dos usuários perceberem e interagirem com a tecnologia e o mundo ao seu redor. Resumindo, após um amplo estudo da arte verificou-se que faltam metodologias/estratégias onde pode-se extrair padrões e metáforas para o

¹Conjunto de regras e métodos que conduzem à descoberta, à invenção e à resolução de problemas. Metodologia, ou algoritmo para resolver problemas por métodos que, embora não rigorosos, geralmente refletem o conhecimento humano e permitem obter uma solução satisfatória

desenvolvimento de sistemas de RA.

Como resultado, processos/estratégias² são necessários para ajudar os projetistas de novas tecnologias, como RA, a criar e avaliar os projetos, ganhando um melhor entendimento dos efetivos parâmetros e determinando em que condições esses parâmetros devem ser aplicados (Goldiez et al., 2004). Sem esses processos, aplicações desenvolvidas usando a engenharia de usabilidade tradicional podem ou não melhorar a usabilidade do sistema, resultando em uma situação incerta (Angela Eika Pimentel Amado, 2007).

1.2 Proposta de Pesquisa

Visando facilitar o desenvolvimento dos sistemas de RA e aumentar a sua usabilidade, desenvolveu-se uma pesquisa multidisciplinar com especialistas da área de Realidade Aumentada, Engenharia de Software e Psicologia visando a criação de uma estratégia de Análise de Requisitos específica para construção de ambientes com a tecnologia de RA. Em cada módulo da estratégia são definidos um conjunto de atividades específicas, cujo propósito é gerar artefatos para auxiliar na especificação de requisitos. Esses artefatos guiarão os engenheiros de usabilidade em todo o processo da análise do domínio e tomada de decisões para a construção do software.

Logo, para que isso seja possível, o projeto deve ser centrado no usuário, pois na análise do domínio um dos maiores ganhos é entender o ponto de vista do usuário.

A **contribuição** deste trabalho diz respeito ao enriquecimento dos procedimentos de análise de requisitos utilizados durante o desenvolvimento de sistemas de RA.

Com um uso mais expressivo de sistemas de RA, sente-se a necessidade de soluções práticas para o desenvolvimento desses sistemas, do mesmo modo como acontece com qualquer tipo de sistema.

Por tratar-se de uma tecnologia ainda em fase de adaptação, RA necessita de

²Arte de explorar condições favoráveis com o fim de alcançar objetivos específicos

investimentos de caráter científico (pesquisa) no que diz respeito à metodologia de projeto, desenvolvimento e avaliação de sistemas. Isso representa uma maneira de introduzir melhorias a esses sistemas (Tori, 2009).

As pesquisas em IHC associadas à tecnologia de RA indicam que as poucas investigações existentes na área contribuem de maneira insuficiente para o desenvolvimento de interfaces usáveis para essa tecnologia (Polys e Bowman, 2004). Ainda existe uma carência de suporte para o seu desenvolvimento que seja apoiado por metodologias científicas. Esse suporte, representado por métodos e técnicas de usabilidade, oferecem condições adequadas para que o usuário alcance seus objetivos com maior êxito (Rebelo, 2004).

Ainda, as técnicas de Interface Gráfica com o Usuário (GUI) são inaplicáveis ao projeto de RA (Goldiez et al., 2004) por tratar de assuntos referentes aos gráficos de interface e não considerar procedimentos de interação condicionados à grande variedade de dispositivos encontrados na tecnologia de RA. Esse fator justifica a necessidade de desenvolver técnicas apropriadas, ou seja, que contribuam de maneira objetiva para os sistemas de RA, tanto no seu desenvolvimento quanto na sua avaliação.

Logo, resultados desta pesquisa prevêm as seguintes contribuições científicas ao campo de RA e UE:

- Pesquisar e identificar documentos específicos de sistemas de RA com menção para usabilidade e engenharia de usabilidade;
- Pesquisar a psicologia cognitiva aplicada, especificamente a Teoria da Decisão, para auxiliar o estudo do usuário e sua posterior tomada de decisões;
- Criar artefatos, a partir de um conjunto de atividades específicas de cada módulo, para guiar os desenvolvedores de RA na criação de interface mais usáveis e funcionais;

- Modificar/melhorar um modelo de engenharia de usabilidade;
- Implementar técnicas para apoiar o processo de *design* quando padrões e diretrizes ainda não estão disponíveis;

1.3 Objetivos e Metas

A preocupação com a qualidade tem ênfase durante todo o processo de desenvolvimento de software e dentre várias características que a mesma envolve, está a usabilidade - qualidade da interação entre usuário e sistema.

Desta forma, considerando os fatores e dados supracitados que norteiam as motivações desta pesquisa, o objetivo geral deste trabalho é auxiliar os desenvolvedores e projetistas de interface de um sistema de RA, proporcionando-lhes a definição de uma metodologia que lhes dê suporte ao processo reativo e participativo de tomada de decisões sobre a construção de uma interface.

Este processo é participativo porque permite a participação de usuários finais na especificação dos requisitos.

Os objetivos específicos relativos a este trabalho são:

- Propor, a partir de um estudo sobre o estado da arte, uma estratégia de análise de requisitos que visa estudar o usuário, através da psicologia cognitiva aplicada;
- Elaborar uma arquitetura de engenharia de usabilidade modificada para integrar estas estratégias;
- Criar um conjunto de atividades que ajudarão/guiarão os desenvolvedores nessa análise de requisitos;
- Avaliar essa estratégia com um estudo de caso que visa estudar os requisitos

necessários para a construção de ferramentas usadas para o tratamento terapêutico.

A abordagem desenvolvida enquadra-se no âmbito de três grandes áreas: Realidade Aumentada, Engenharia de Usabilidade e Psicologia Cognitiva Aplicada, conforme apresentado na Figura 1.1 .

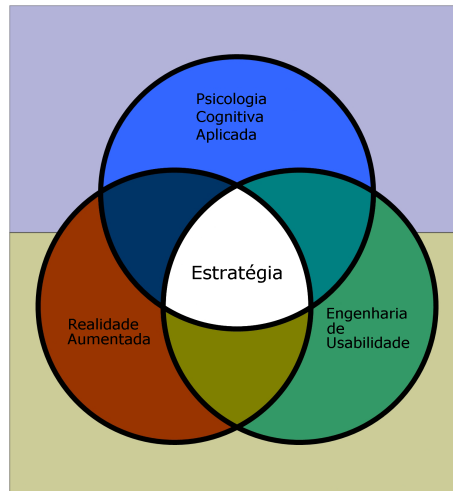


Figura 1.1: A localização da Estratégia perante as três áreas do conhecimento.

Para atingir tal objetivo as seguintes metas foram definidas:

- Investigar as técnicas certificadas de engenharia de usabilidade;
- Pesquisar a psicologia cognitiva aplicada, focada na análise de tarefas;
- Pesquisar o estado da arte da engenharia de usabilidade em RA;
- Pesquisar os principais desafios encontrados em RA;
- Realizar um estudo de caso com a estratégia desenvolvida e analisar os resultados obtidos;
- Definir um conjunto que atividades específicas para sistemas de RA que guiem os engenheiros de usabilidade a decidir o que mostrar aos usuários quando eles iniciarem um projeto ou a obter as respostas necessárias para uma clara análise de requisitos.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em seis Capítulos, conforme mostrado na Figura 1.2. Nesse Capítulo apresentou-se a motivação do trabalho, proposta da pesquisa e descrição dos objetivos e metas.

O Capítulo 2 apresenta conceitos sobre os diversos aspectos relacionados à RA, onde são abordadas as definições, os tipos de sistemas de RA e os principais desafios apresentados na utilização dessa tecnologia. Esse Capítulo apresenta ainda a conceituação de Engenharia de Usabilidade e Psicologia Cognitiva Aplicada.

O Capítulo 3 mostra uma série de aplicações correlatas às áreas de pesquisa envolvidas neste trabalho, destacando algumas estratégias de engenharia de usabilidade para RA e para outras tecnologias.

O Capítulo 4 apresenta uma proposta de engenharia de usabilidade modificada e estratégia de Análise Requisitos específica para a RA, descrevendo a justificativa dessa proposta e apresentando as etapas dessas tarefas.

O Capítulo 5 demonstra o estudo de caso aplicado e suas respectivas análises.

Finalmente, no Capítulo 6 são apresentadas as considerações finais desta pesquisa e discutidos os trabalhos futuros.

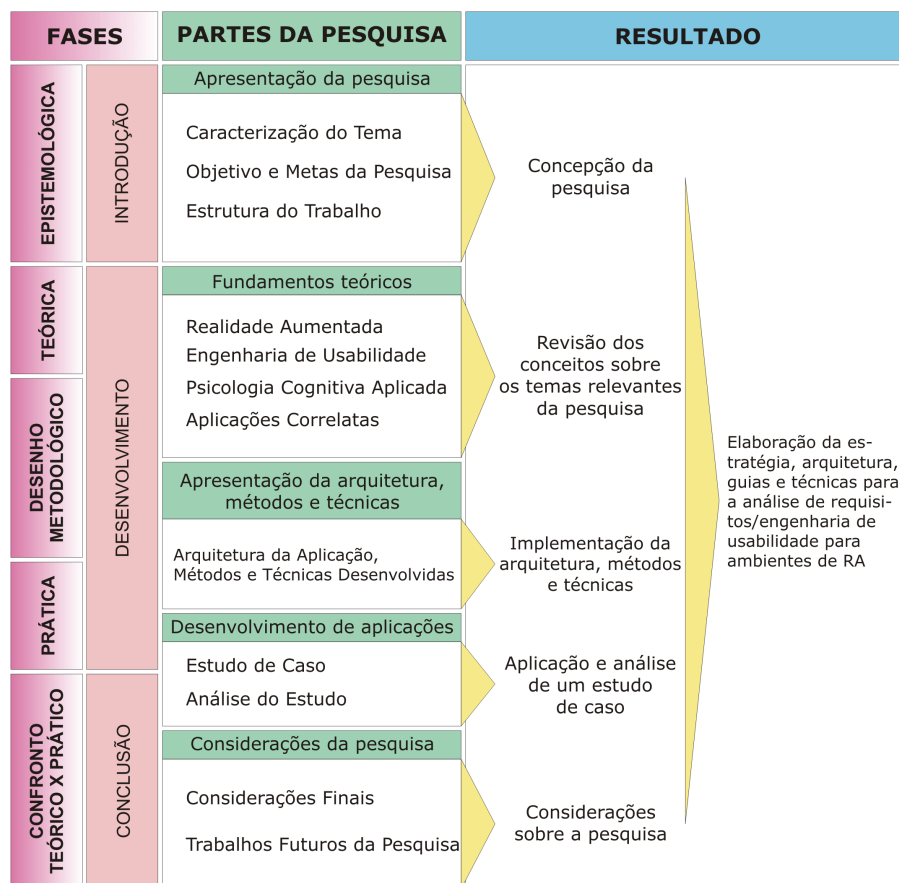


Figura 1.2: Estrutura do Trabalho

Capítulo 2

Fundamentos Teóricos

2.1 Introdução

Este Capítulo tem por objetivo apresentar a fundamentação teórica referente a esse trabalho, destacando a conceituação de Realidade Aumentada, Engenharia de Usabilidade, enfatizando a Análise Requisitos, e a Psicologia Cognitiva Aplicada.

2.2 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada RA é uma evolução da conhecida tecnologia de Realidade Virtual (RV) (Tori, 2009). Enquanto a RV tem como objetivo a imersão do usuário em um ambiente virtual, de tal forma que elementos e ocorrências do mundo real precisam ser impedidos de interferir no mundo virtual, a fim de que, a sensação de imersão do usuário não seja prejudicada, a RA integra as informações virtuais ao ambiente físico. Com a RA em lugar da RV, além de o usuário não mais precisar ser privado das sensações provindas do mundo exterior, e do maior realismo experimentado, não há necessidade de se recriar um mundo a parte, reduzindo-se assim os custos de desenvolvimento e aumentando-se as possibilidades de aplicação. Por outro lado, novos problemas e dificuldades surgem, à medida que elementos virtuais e reais precisam coexistir e interagir de forma consistente (Tori, 2009).

A RA é um caso particular das realidades mistas. Estas conjugam realidade com

virtualidade, seja através da introdução de objetos reais no mundo virtual (virtualidade aumentada), seja adicionando objetos virtuais à realidade (RA) como forma de complementar em lugar de substituir (Azuma, 1997). No entanto, na literatura geralmente encontra-se o termo realidade aumentada com o significado de realidade mista. A vantagem da RA é que ela é um sistema que aumenta a quantidade de informações disponíveis aos ambientes existentes, onde as informações carregadas pelos objetos virtuais ajudam um usuário a executar tarefas do mundo real (Swan e Gabbard, 2005).

Os sistemas de RA podem ser classificados conforme o tipo de *display* utilizado. As técnicas mais comuns são (Zorzal, 2008; Tori, 2009):

- **O sistema de visão ótica direta** (*Optical see-through Head Mounted Displays (HMD)*) utiliza óculos ou capacetes com lentes que permitem o recebimento direto da imagem real, ao mesmo tempo em que possibilitam a projeção de imagens virtuais devidamente ajustadas com a cena real. Uma qualidade importante dessa técnica é possibilitar a visão direta do ambiente, sem intermediação tecnológica, garantindo maior segurança no caso de falha no dispositivo; outra característica é a maior sensação de presença no espaço real; há, contudo, diversas dificuldades técnicas nessa solução, com destaque para: registro entre virtual e real, não eliminação da visão de objetos que deveriam ser ocultados pelos objetos virtuais, grande discrepância entre qualidade de imagens reais e virtuais. A Figura 2.1 mostra o diagrama desse tipo de sistema e a Figura 2.2 apresenta alguns dispositivos utilizados nesses sistemas.

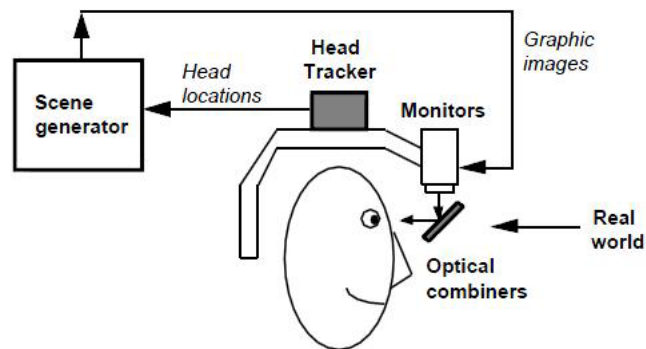


Figura 2.1: Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta e um modelo de dispositivo. Fonte: Azuma (1997); Suthau et al. (2002)

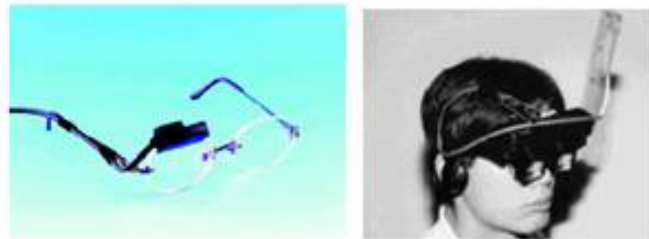


Figura 2.2: Dispositivos adaptado do sistema de visão ótica direta. Fonte: Azuma (1997)

- **O sistema de visão por vídeo baseado em monitor** (*Monitor-Based Augmented Reality*) utiliza uma *webcam* (câmera de vídeo) para capturar a cena real. Depois de capturada, a cena real é misturada com os objetos virtuais gerados por computador e apresentada no monitor. Os objetos virtuais geralmente são gerados através dos marcadores fiduciais, possibilitando que o programador acrescente objetos virtuais sobre estes marcadores no mundo real. A Figura 2.3 mostra o diagrama e os equipamentos utilizados nesse caso;
- **No sistema de visão direta por vídeo** (*Video see-through HMD*) o usuário utiliza capacetes com duas ou mais microcâmeras de vídeo acopladas ao mesmo. As câmeras cumprem o papel de olhos do usuário. A cena real capturada pela microcâmera e misturada com os elementos virtuais gerados por computador são

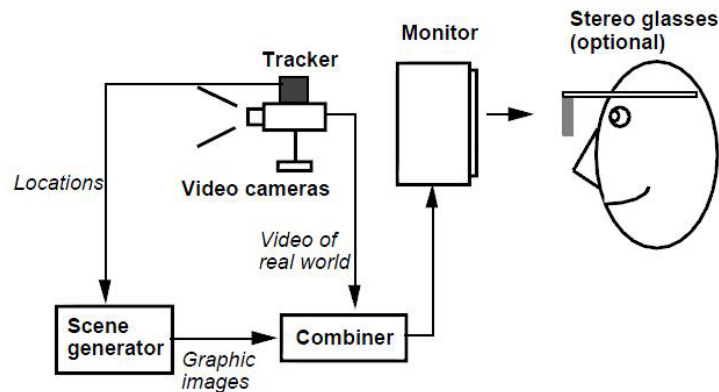


Figura 2.3: Diagrama adaptado e dispositivo do sistema de visão por vídeo baseado em monitor. Fonte: Azuma (1997)

apresentadas diretamente nos olhos do usuário, através de pequenos monitores montados no capacete. Essa técnica permite ao usuário caminhar normalmente pelo ambiente, mas havendo falhas no dispositivo de exibição, na precisão e qualidade da imagem, ou na captação da imagem, o usuário poderá perder a correta visualização do ambiente. A Figura 2.4 mostra o diagrama e apresenta um dispositivo de visão direta por vídeo;

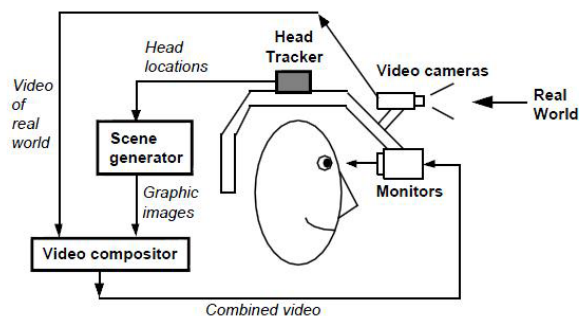


Figura 2.4: Dispositivos de visão direta por vídeo. Fonte: Azuma (1997)

- **O sistema de visão ótica por projeção** (*Projector-Based Augmented Reality*) consiste em superfícies do ambiente real, onde são projetadas imagens dos objetos virtuais, cujo conjunto é apresentado ao usuário que o visualiza sem a necessidade de nenhum equipamento auxiliar. Embora interessante, esse sistema é muito restrito às condições do espaço real, em função da necessidade de superfícies de projeção.

2.2.1 Desafios para o *design* da informação em ambientes de RA

RA é uma tecnologia que exige uma combinação precisa, harmoniosa e complexa de materiais físicos, digitais e humanos, elevando-se assim a ordem de grandeza dos conhecimentos envolvidos e das dificuldades a ser enfrentadas. Logo, é extremamente importante conhecer bem todos os requisitos e evitar a tentação de rapidamente se partir para a implementação do sistema.

Um dos primeiros desafios para o *design* da informação em ambientes de RA é o de, após estudo aprofundado sobre o problema, o público-alvo e cenário, decidir se realidade aumentada seria efetivamente a melhor solução para a interface de comunicação e interação com a informação.

Ultrapassado o primeiro desafio, e tendo decidido pela tecnologia de RA, o *designer* se defrontará com diversos outros problemas (sem, claro, se considerar aqueles relacionados diretamente à implementação do sistema, tarefa essa a cargo de profissionais de engenharia e/ou computação). Reuniu-se alguns dos mais comuns, relacionados a diversos tipos de aplicação, que serão discutidos a seguir: registro, rastreamento e movimentação, óptica e iluminação, densidade de dados, fatores humanos, realismo e limitações técnicas (Tori, 2009).

2.2.1.1 Registro

A perfeita justaposição entre elementos virtuais e reais, garantindo-se a continuidade, em tempo-real, entre os mesmos, é fundamental em ambientes de realidade virtual. Ware (2000) alerta que a posição do ponto de vista do observador deve ser perfeitamente conhecida e as posições dos objetos, formas e ambiente local precisam estar armazenadas no computador. As dificuldades de se obter registro correto bem como portabilidade do sistema não devem ser subestimados. Em aplicações envolvendo visualização de informação há ainda a ser considerado o relacionamento espacial entre dados

e objetos. Registro demanda calibração, o que pode se tornar o ponto fraco do sistema, seja pelo incômodo que pode causar ao usuário, pela dificuldade técnica, pelo impacto na usabilidade do sistema, por dependência de usuário e/ou ponto-de-vista, ou por perda de calibração durante o uso, entre outros problemas. Sistemas *indoor*¹ em geral são mais robustos quanto ao registro, uma vez que permitem a calibragem prévia de todo o ambiente e equipamentos. Sistemas *outdoor*² e baseados em dispositivos móveis, uma tendência crescente, são os que apresentam maiores dificuldades técnicas para calibração e registro.

2.2.1.2 Rastreamento e movimentação

O rastreamento não deve ser confundido com registro, apesar de o primeiro ser fundamental para que o segundo seja obtido. Rastrear significa saber a posição exata, no espaço, de objetos e/ou partes do corpo do usuário. Pelo rastreamento da cabeça do usuário, ou dos olhos para uma melhor precisão, é possível se determinar o ponto-de-vista e assim calcular perspectivas, projeções, iluminações e oclusões. Pelo rastreamento de objetos da cena esta pode ser atualizada em tempo real, permitindo assim que haja movimentação de elementos do mundo real e que o registro seja mantido. O rastreamento torna-se mais complexo quando se deseja permitir mobilidade do usuário e, mais ainda, quando o sistema é *outdoor*. Há diversas técnicas para rastreamento, sendo os sensores eletromagnéticos os mais precisos, e também os mais dispendiosos. Com a evolução dos processadores gráficos e barateamento das câmeras de vídeo há uma tendência de se usar rastreamento óptico. Como câmeras são praticamente acessórios padrão em celulares, essa deve ser a solução preferida em aplicações móveis. Uma técnica simples, barata e, conseqüentemente muito difundida, é a realização de rastreamento por meio de câmeras e marcadores fiduciais. De posse dessa informação fica fácil para o sistema inserir uma imagem tridimensional virtual na imagem real, aplicando-se as mesmas transformações

¹Sistemas de RA indoor são sistemas utilizados em ambientes fechados.

²Sistemas de RA outdoor são sistemas utilizados em ambientes aberto, ao ar livre.

geométricas do marcador. Uma das aplicações mais conhecidas é o de possibilitar ao usuário que manipule um objeto virtual segurando um cartão exibido para uma câmera.

2.2.1.3 Óptica e iluminação

Atenção especial deve ser dada a questões de óptica e de iluminação em sistemas de RA. Além dos problemas de registro e rastreamento, já abordados, há muitos outros detalhes que podem influenciar na qualidade e desempenho do sistema. O sistema óptico humano é extremamente complexo e sensível. Fatores como foco, orientação do globo ocular, sombras e perspectiva são utilizados pelo cérebro para resolver a difícil equação de se extrair informações tridimensionais de imagens bidimensionais.

Dependendo da aplicação, falhas na interpretação do cérebro podem causar problemas de segurança. Ware (2000) cita como exemplo evidências de que a apresentação de informações projetadas sobre o parabrisa da aeronave, sobrepostas à visão que o piloto tem do mundo real, pode interferir na percepção de distância de objetos reais. Isso porque o cérebro se utiliza da informação de foco para estimar distâncias e essa informação é alterada quando o piloto lê as informações projetadas. O mesmo autor levanta uma série de problemas ópticos e de percepção que podem ocorrer em dispositivos de Realidade Virtual e Aumentada, como os HMD.

2.2.1.4 Densidade de dados

Ao se sobrepor o mundo real com um grande volume de dados virtuais, a visualização pode se tornar confusa e ilegível (Azuma et al., 2001). Diferentemente de aplicações convencionais de visualização de informação, que possuem toda a área de exibição sob controle, em aplicações de RA não há como se alterar o cenário do mundo real, aumentando-se o desafio para o *designer* da informação. Ao realizar filtragens dos dados a serem exibidos é preciso classificar os elementos reais para que se possam priorizar as informações a serem exibidas, ou de alguma forma destacadas, a cada momento. A dificuldade no caso da RA,

como mencionado no início desta seção, é a manipulação do cenário real sobre o qual as informações são sobrepostas.

2.2.1.5 Fatores Humanos

Azuma et al. (2001) relacionam os fatores mais significativos relacionados aos efeitos no ser humano do uso prolongado de sistemas de RA, a seguir apresentados:

- **Latência:** o atraso na atualização das imagens pode causar a percepção de que há erros de registro no sistema, comprometendo o realismo e afetando o desempenho do usuário; em alguns casos pode provocar desconforto e até mal estar;
- **Percepção de profundidade:** falhas na percepção de profundidade também causam sensação de erros de registro; a estereoscopia (Tori et al., 2006) contribui para uma melhor percepção de profundidade, mas as técnicas hoje utilizadas para produzir esse efeito trazem outros problemas, como foco, conflitos entre convergência e acomodação da visão; um outro aspecto, a correta oclusão de objetos, é essencial para a percepção de profundidade;
- **Adaptação:** o ser humano consegue facilmente se adaptar a informações mediadas por tecnologia, mas durante o processo de adaptação o desempenho pode ser bastante comprometido; um exemplo é a adaptação ao deslocamento do ponto de vista provocado por sistemas do tipo *video see-through* em que a câmera é colocada acima da cabeça do usuário, que requer adaptação para sua utilização como também após sua retirada, para retorno ao uso normal da visão;
- **Fadiga e esforço visual:** equipamentos de RA acoplados ao sistema visual não são adequados ao uso prolongado, podendo causar fadiga e desconforto; os sistemas de RA de visão óptica por projeção e de visão por vídeo baseado em monitor, por dispensarem tais equipamentos, permitem maior tempo de uso;

2.2.1.6 Realismo

A maioria das aplicações de RA procura reproduzir as informações virtuais com o máximo de realismo possível para uma melhor integração com os elementos reais da cena. Para tanto não basta a qualidade e resolução do processo de renderização. Diversos outros fatores precisam ser levados em consideração, tais como: a iluminação dos objetos virtuais, que deve ser compatível com a da cena real; sombras consistentes; compatibilidade de proporções e pontos de vista; movimentação realista. Outra abordagem, ainda pouco explorada, é a proposta de Fischer (2006), que em vez de buscar maximizar o realismo dos objetos virtuais, reduz o realismo da cena real, tornando assim mais difícil a distinção visual entre elementos virtuais e reais. Para obter tal efeito os autores passam cena real e objetos virtuais por filtros que transformam as imagens em desenhos animados.

2.2.2 Limitações dos Sistemas de Realidade Aumentada

Ainda não existe uma técnica ideal para a geração de informações virtuais sobrepostas ao ambiente real. Enquanto não se chega a um sistema de projeção tão perfeito que criaria objetos virtuais indistinguíveis dos reais, é muito importante selecionar a tecnologia mais adequada a cada situação e conhecer bem os usuários que utilizarão o sistema. Para tanto é necessário que se conheçam as qualidades, defeitos e limitações das diversas técnicas hoje utilizadas em RA. Tori (2009) descreve uma síntese das principais limitações. Essas limitações são descritas a seguir:

- Sistema de Visão de Ótica Direta: **vantagens:** não elimina a visão direta do ambiente real; em geral mais leve e menos volumoso que os capacetes utilizados em técnicas de visão direta de vídeo; **desvantagens:** campo de visão limitado; pouco brilho e contraste, dificultando uma integração visual adequada dos elementos virtuais com o ambiente real; dificuldade para oclusão de objetos reais pelos

virtuais; dificuldade de registro entre elementos reais e virtuais;

- Sistema de Visão Direta por Vídeo: **vantagens:** permite oclusão dos objetos reais pelos virtuais; facilita a equalização de brilho, contraste, iluminação e resolução entre imagens reais e virtuais; facilita o registro entre elementos reais e virtuais; **desvantagens:** erros de paralaxe³ (devido a diferenças entre câmeras e olhos do usuário quanto a posição e determinados parâmetros ópticos); campo de visão limitado; não possibilita a visão direta do ambiente (em caso de falha na câmera ou nos óculos o usuário fica sem nenhuma visão);
- Sistema de Visão por Vídeo Baseado em Monitor: **vantagens:** além de possuir as mesmas vantagens do sistema de visão direta por vídeo tem baixo custo (só precisa de uma *webcam* e um monitor comum) e dispensa acoplagem de dispositivos ao corpo; **desvantagens:** não possibilita visão direta do ambiente; campo de visão limitado; mobilidade limitada;

2.3 Engenharia de Usabilidade

Engenharia de Usabilidade é um conjunto de atividades desde a concepção do modelo até o projeto da interface do usuário. O mais seguro, em termos de usabilidade, é fazer o máximo possível antes que o projeto seja começado. Assim, tem-se maior chance de que não se tenha que mudar o projeto para abordar questões de usabilidade.

Um aspecto indispensável para o desenvolvimento de qualquer produto ou sistema é a preocupação em torná-los o mais utilizável possível. Infelizmente, muitos dos sistemas não são pensados para os usuários reais, mas sim para cumprir funções, o que do ponto de vista do funcionamento do produto, está perfeitamente bom. Com o intuito de observar melhor as necessidades dos utilizadores, é necessário integrar parâmetros ou

³Diferença aparente na localização de um corpo quando observado por diferentes ângulos.

métodos que analisem as necessidades dos usuários, assegurando, assim, a satisfação da maioria das expectativas dos utilizadores (Preece et al., 2005).

A norma internacional (International Organization for Standardization (ISO)) 9241-11, Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritório com Computadores, Parte 11 - Orientações sobre Usabilidade, define usabilidade como: “Usabilidade é a medida na qual um produto pode ser usado por utilizadores específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de utilização”. Isto significa que a usabilidade é o modo no qual uma pessoa em particular e um sistema interage. As importantes características de usabilidade são:

- **Eficácia:** Acurácia e completude com as quais usuários alcançam objetivos específicos.
- **Eficiência:** Recursos gastos em relação à acurácia e abrangência com as quais usuários atingem objetivos.
- **Satisfação:** Ausência do desconforto e presença de atitudes positivas para com o uso de um produto.

Nielsen (1993) afirma que a usabilidade pode ser aplicada a todos os sistemas que interajam com o ser humano, ou seja, todos aqueles que tenham uma interface humano-computador. Para este autor o conceito de usabilidade está englobado no conceito de aceitabilidade. Enquanto a usabilidade mede a satisfação que os utilizadores podem ter ao utilizar o sistema analisado, a aceitabilidade preocupa-se em tornar o sistema admissível prática e socialmente. Ser aceitável praticamente refere-se tanto aos custos e suporte técnico, quanto a ser um sistema possível de utilizar para alcançar determinado objetivo.

Já norma internacional ISO 13407, Usability Engineering define a Engenharia de Usabilidade e fornece orientações para atingir a qualidade ao longo do ciclo de vida

de sistemas interativos computacionais. A Figura 2.5 apresenta o ciclo de vida da norma ISO 13407.

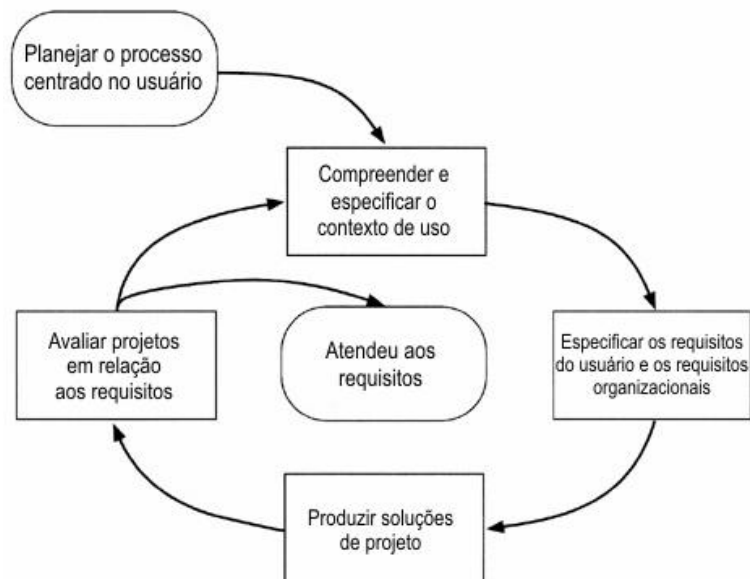


Figura 2.5: Processo de projeto centrado no usuário. Fonte: (ISO, 1999)

A norma ISO 13407, embora forneça uma direção para o modelo de processo centrado no usuário, ela foi desenvolvida para ser aplicada em ambientes de Duas Dimensões (2D), não sendo suficiente para garantir um alto nível de usabilidade em interfaces de tecnologias emergentes, como RA. Nesses ambientes, pode haver a necessidade preliminar de verificar as capacidades e limitações da tecnologia utilizada, bem como dos hardwares envolvidos.

A Engenharia de Usabilidade é composta por várias etapas que são: conhecer o usuário, análise das tarefas, análise funcional e evolução dos usuários. Essas etapas são descritas na próxima seção.

2.3.1 Conhecer o usuário

O primeiro passo em desenvolvimento de sistemas é conhecer o usuário do sistema planejado. Como o produto será usado, características individuais do usuário, variedade das tarefas, são fatores importantes que devem ser estudados cuidadosamente. Quando

se fala em usuários, tem-se em mente que se tratam dos mais diversos tipos, como pessoal da manutenção, instaladores, administradores de sistemas e outros. Todos com conhecimentos e expectativas diferentes.

Antes do início do projeto, deve-se definir muito bem quem será o usuário do sistema, que deve incluir todos os citados acima, e a interface e usabilidade deve adequar-se (na medida do possível) a todos.

2.3.2 Análise das Tarefas

De fundamental importância, os objetivos dos usuários são a razão de ser do sistema. Devem ser altamente estudadas, quais as entradas, as informações necessárias, as situações de exceção e emergências. Dessa forma, deve-se procurar problemas da situação atual: onde se perde tempo em tarefas desnecessárias (ou de má logística), desconfortáveis ou onde ocorram falhas no processo. Uma lista de objetivos, provenientes dos usuários, é típica em situações de análise de tarefas, com todas as informações sobre passos a seguir e as interdependências entre estes passos. Deve-se definir as saídas e relatórios que serão gerados e verificar a aceitação destes resultados. Os usuários devem ser entrevistados para conhecer as situações de exceção. Como eles geralmente tratam e como gostariam que o sistema tratasse situações de erro e problemas.

2.3.3 Análise Funcional

Novos sistemas computacionais não devem ser construídos com base em deficiências e limitações de tecnologias prévias. Dessa forma, não é possível se basear somente no que os usuários fazem atualmente, mas também na real razão da tarefa. O que precisa realmente ser feito, o que pode ser feito, o que não é mais necessário. Por exemplo, numa tarefa de procurar algo em algum manual impresso, pessoas perdem muito tempo folheando páginas atrás do que realmente procuram. Dessa forma, perde-se muito tempo

e realizam-se tarefas não importantes ao objetivo final, que é encontrar a informação específica. Criando-se um manual *on-line*, pode-se fazer com que se salte diretamente à informação desejada. Assim, pode-se drasticamente mudar a maneira de como os usuários realizam suas tarefas corriqueiramente, mas a análise funcional deve ser coordenada com a análise de tarefas.

2.3.4 A Evolução dos Usuários

Usuários não são sempre os mesmos. Usar um sistema muda a forma de ser dos usuários, e estes cada vez mais usam os sistemas de formas diferentes. É impossível de acompanhar essas mudanças, como os usuários descobrem novas maneiras de realizar suas tarefas, mas um desenho flexível de software pode suportar melhor estes novos usos. Por exemplo, um pacote de gráficos pode levar usuários inexperientes a uma série de perguntas para especificar a principal característica dos gráficos; mas usuários experientes provavelmente vão querer manipular e criar novas formas de construção destes gráficos para auxiliar em suas tarefas. Assim, é importante prever a evolução de conhecimento dos usuários, aumentando a vida útil do produto.

2.4 Psicologia Cognitiva Aplicada

A psicologia é a ciência que estuda o comportamento. Então qual é a diferença entre a ciência da psicologia e a psicologia cognitiva aplicada? Alguns trabalhos argumentam que não há diferença entre elas, pois o entendimento do comportamento é o foco da psicologia se esse comportamento ocorre dentro ou fora de um laboratório. Outra perspectiva sobre essas definições da psicologia básica e aplicada é que as teorias são desenvolvidas em base científicas esforçando-se e simplesmente colocando em ação a ciência aplicada. O objetivo não é desenvolver teorias de comportamento e só então tentar aplicar essas teorias. Em vez disso, a ciência da psicologia aplicada fornece um espaço do

problema dentro de princípios de comportamento que podem ser desenvolvidos. O comportamento em questão é muitas vezes complexo, influenciado por múltiplas variáveis e suscetíveis à influências do contexto, bem como a diferenças individuais. Tentar entender esse comportamento é a essência da psicologia aplicada (Durso et al., 2007).

Grande parte do comportamento humano envolve processos cognitivos, tais como percepção, atenção, memória, linguagem, raciocínio, tomada de decisão e resolução de problemas. Em consequência, a psicologia cognitiva pode ser aplicada em várias atividades da vida diária. Ela pode contribuir dentro de espaços de diferentes problemas e tem contribuído para o entendimento do comportamento humano e para a consequente tomada de decisões (Durso et al., 2007).

Para o foco desta Tese a psicologia cognitiva aplicada foi estudada para auxiliar a Análise de Tarefas Cognitivas (CTA) pertinentes à construção de softwares de RA, pois além de compreender as capacidades e limitações das pessoas no contexto da tarefa, é fundamental compreender o conhecimento e a experiência que as pessoas trazem de várias situações diferentes. Tal entendimento pode ser obtido por meio de um método sistemático para examinar os conhecimentos e as pistas as quais as pessoas usam para tomar decisões (Sanchez et al., 2006). Esse conhecimento pode ser obtido através da realização de pesquisas em grupos, entrevistas, questionários, observação ou operações no dado ambiente da aplicação. Por isso, habilidades no desenvolvimento de pesquisa, técnicas de entrevista, elaboração de questionário e análise do comportamento no uso da tecnologia são obrigatórios.

Para entender o sistema e o ambiente, uma habilidade crítica para os psicólogos cognitivos é a capacidade de realizar uma exaustiva análise da tarefa. A análise da tarefa é uma classe geral de técnicas que podem fornecer uma análise pormenorizada das diferentes etapas de uma tarefa, bem como elas podem ser organizadas (Luczak, 1997). Os níveis de detalhe podem variar dependendo do método, mas uma análise da tarefa execu-

tada corretamente pode ser uma poderosa ferramenta para revelar as demandas físicas e cognitivas de um usuário no sistema e no ambiente.

2.4.1 Análise da Tarefa Cognitiva

A análise de tarefas cognitiva refere-se a um conjunto de métodos qualitativos para revelar informações sobre o conhecimento, os processos de pensamento e as estruturas do desempenho dos objetivos observáveis (Cooke, 1994). Pesquisadores de tomada de decisões e profissionais da análise da tarefa cognitiva tendem a associar a psicologia cognitiva aplicada a fatores humanos.

Hoje, a tecnologia evolui muito rapidamente e psicólogos reconhecem a importância de tentar compreender o comportamento no contexto de ambientes complexos e variados. A psicologia cognitiva aplicada é fascinada em projeto e observa problemas de treinamento, e sua curiosidade e preocupação para a sociedade os leva a querer entender, e talvez melhorar o mundo ao seu redor deles.

A CTA fornece um conjunto de conhecimento, ferramentas de análise e representação para identificar e analisar o conhecimento de domínio geral, conhecimentos especializados, e ainda um conjunto de tarefas específicas para as decisões críticas feitas por um perito no assunto em um ambiente complexo e naturalista. Estas análises levam a uma repartição de tarefas e funções em requisitos críticos de decisão: as decisões críticas, desafiadoras e freqüentes que são feitas, e as informações, conhecimentos e estratégias que vão fazer essas decisões. Esses requisitos de decisão são então utilizados para desenvolver habilidades de tomada de decisão, informar o projeto de sistemas de suporte à decisão, ou realizar a reestruturação de equipes e organizações.

Existem vários métodos específicos de entrevista CTA, talvez o mais importante é o Método de Decisão Crítica (CDM) (Klein, 1989; Hoffman et al., 1998). Uma sessão de CDM é organizada em torno de um julgamento inicial que vem de um específico acon-

tecimento da experiência direta do/dos participante/s. Um episódio específico carrega o contexto com ele e revela como os aspectos particulares e eventos no ambiente impulsionam o tomador de decisão para a ação. A entrevista CDM requer uma etapa inicial, de orientar os participantes a recordar e narrar uma ocorrência relevante, dependendo do foco do estudo. O entrevistador, então, conduz quatro passos adicionais de coleta de informações. São eles: Identificação do problema; verificação e identificação da descrição cronológica do tempo e a tomada de decisões; aprofundamento progressivo, e o que se procura (Durso et al., 2007).

1. **Primeiro Passo** - Identificação do Problema. De acordo com os objetivos do projeto, os entrevistadores terão decidido sobre como iniciar uma consulta. A idéia é ajudar os especialistas a identificar os casos que não são de rotina, especialmente desafiadores, ou que apresentam dificuldades, como por exemplo, o desenvolvimento de um sistema com uma nova tecnologia. Nesse caso, a consulta deve ser feita inicialmente sobre a tecnologia que se pretende utilizar. Uma vez que os participantes identificam um fato relevante, eles são convidados a relatar o episódio na sua totalidade. O entrevistador atua como um ouvinte ativo, fazendo algumas perguntas, e permitindo que o participante narre o acontecimento sozinho. Ao solicitar julgamentos pessoais de um evento, potenciais vies de memória são minimizados (Berntsen e Thomsen, 2005). Uma vez que o perito tenha concluído a sua primeira narrativa, o entrevistador reconta a história. O participante é convidado a ouvir cuidadosamente aos detalhes e a seqüência para realizar a correção de eventuais erros ou falhas no registro realizado pelo entrevistador. Esta etapa permite que os entrevistadores e participantes cheguem a uma visão compartilhada sobre o problema.
2. **Segundo Passo** - Verificação e Identificação da Descrição Cronológica do Tempo e Tomada de Decisões. Nesta fase da entrevista, o especialista julga os acontecimen-

tos, buscando estruturá-los e organizá-los em segmentos ordenados. O especialista deve refletir, por alguns momentos, em eventos-chave e momentos decisivos dentro do acontecimento verificado. O objetivo do entrevistador é capturar os eventos principais, ordená-los pelo tempo e expressá-los em importantes informações de entrada, tomada de decisões e suas ações. Estes pontos representam a decisão de momentos críticos dentro do evento. Na conclusão do segundo passo, produz-se uma documentação revisada e refinada de eventos.

3. **Terceiro Passo** - Aprofundamento Progressivo e a Descrição Intrínseca da Descrição. Durante o terceiro passo, o entrevistador CDM leva o participante a voltar a cada segmento dos acontecimentos identificados na varredura, de acordo com os quais foram empregados no projeto, concentrando a atenção em aspectos específicos do incidente, e solicitando informações sobre eles. Os dados recolhidos na terceira varredura podem incluir a presença ou ausência de fatos importantes e a natureza desses fatos, a avaliação da situação, as expectativas sobre como a situação pode evoluir, as metas consideradas, e as opções avaliadas e escolhidas.
4. **Quarto Passo** - E se? O passo final da análise oferece uma oportunidade para os entrevistadores mudarem de perspectiva, afastando-se da experiência do participante, da experiência vivida no evento para uma visão mais externa. Durante esta fase, os entrevistadores costumam usar a estratégia "E se?". Eles apresentam várias mudanças ao julgamento do acontecimento e perguntam ao participante sobre como as coisas teriam acontecido ou como seriam de forma diferente. Um exemplo de consulta poderia ser: "E se você tivesse feito a ação Y, em vez da ação X?". As respostas a tais perguntas podem fornecer importantes percepções sobre o domínio. O entrevistador poderia também voltar a cada ponto de decisão e pedir ao especialista para identificar possíveis erros e explicar como e por que esses erros podem

ocorrer a fim de compreender melhor as vulnerabilidades e momentos críticos dentro do incidente.

Após uma série de incidentes terem sido recolhidos, são realizadas análises qualitativas sobre as transcrições. A análise desses dados simplifica e combina o julgamento dos incidentes individuais na forma de “requisitos de decisão” essenciais. Os requisitos de decisão abrangem “o que é” e “como” da tomada de decisão. Quais são as decisões críticas? Que partes da informação são essenciais para tomar essas decisões? Requisitos de decisão resumem a dificuldade principal e decisões críticas desafiadoras dentro de um domínio de tarefas específica. Estas descrições são apoiadas por uma série de informações relevantes sobre o porquê da decisão ou porque as atividades cognitivas são desafiadoras, quais estratégias são utilizadas para tomar a decisão, que informação ou padrões de informações são necessários para a tomada de decisões, quais conhecimentos secundários são necessários para apoiar a decisão, quais erros comuns ou dificuldades são apresentados para uma tomada de decisão, e assim por diante. Os requisitos então fornecem a base para os conceitos de organização ou tecnologia, melhorias de processo, e o desenvolvimento de exercícios de treinamento para a tomada de decisão (Hollnagel, 2002).

2.4.1.1 Produtos da Análise da Tarefa Cognitiva

O produto de um projeto CTA é o processo de tomada de decisão de um conjunto de peritos no contexto do seu trabalho. Ao final do processo de CTA, obtém-se a percepção sobre a natureza da decisão e de problemas do ponto de vista dos especialistas. Mais concretamente, essas percepções são capturadas na forma de requisitos de decisão que orientam o *design* de soluções que se encaixam com a realidade das situações dos usuários finais. Há poucas restrições a priori sobre a natureza das soluções recomendadas, elas são verdadeiramente adaptados para atender exigências dos decisores e das tecnologias

utilizadas.

2.4.1.2 Qualidade e Realizações

Pesquisadores CTA tipicamente estudam especialistas para descrever bons processos de tomada de decisão e definir a qualidade da tomada de decisão (Klein, 1989). Assim, o principal critério para a boa tomada de decisão é agir como os especialistas: para perceber os sinais e padrões, para fazer as adaptações, para se engajar no pensamento antecipatório, e assim por diante. Uma boa decisão envolve fazer esse tipo de coisas de maneira que os novatos não conseguem fazer. Se usarmos especialidade como um padrão de ouro, uma boa decisão significa a conformidade com a aplicação do especialista. Essa idéia de descrever perícia, a fim de definir um padrão ouro para um domínio, claramente requer uma discussão mais aprofundada. Por um lado, ela nos traz de volta à descrição (como as pessoas tomam decisões) *versus* prescrição (como as pessoas devem tomar decisões). Com essa distinção em mente, uma pergunta imediata que vem à tona é como é possível passar diretamente do ato de descrição de tomada de decisão para a sua prescrição?

Em geral, os estudos CTA extraem e modelam a opinião de um grupo, não de especialistas individuais. As informações obtidas a partir de um grupo de especialistas é então utilizada para determinar o que realmente fazer, quais são os desafios enfrentados e que sinais, fatores, e estratégias são usados para fazer esses julgamentos. Estratégias vão desde regras intuitivas para extensos processos analíticos, dependendo das limitações do trabalho. Além disso, pesquisadores CTA não estão desenhando amostras aleatórias, a fim de descrever as características gerais de um domínio. Eles estão tentando traçar amostras do melhor desempenho, e que o grupo de peritos possam construir modelos descritivos da tomada de decisão. O modelo descritivo resultante que escolhe as lições aprendidas a partir do conjunto de especialistas é então utilizado como um padrão de ouro, ou melhor

prática corrente disponível.

A atuação cognitiva dos especialistas como padrão de ouro fornece várias vantagens. Primeiro, pois a descrição da atuação qualificada combina pistas, estratégias e outras características de um grupo. Esclarecendo os tipos de pistas e as relações que os especialistas têm disponível, pode-se formular um programa para desenvolvimento de habilidades para pessoas experiente ou iniciantes. Segundo, como o modelo é estável e confiável sugere-se a realização de estratégias. Por isso, especialistas individuais buscam uma aplicação mais confiável do processo descrito. Este último ponto sugere que pode ser melhor, considerando o julgamento e estratégia de decisão de especialistas como ponto de referência de base do que será o padrão de ouro. Não se deseja colocar um estado final de seus processos. Pelo contrário, deseja-se levar as suas estratégias em conta ao considerar maneiras de melhorar os processos para garantir que as recomendações são utilizáveis e aceitáveis.

2.5 Considerações Finais

Este Capítulo apresentou a fundamentação teórica referente a esse trabalho. Foram apresentadas algumas definições de Realidade Aumentada e os principais desafios de utilização da tecnologia. Foram descritos também conceitos referentes a engenharia de usabilidade e às suas fases que são: conhecer o usuário, análise das tarefas, análise funcional e evolução dos usuário. E, por último foi definida a psicologia cognitiva aplicada e apresentada suas vantagens no estudo do usuário e na tomada de decisões na análise da tarefa cognitiva.

O próximo Capítulo irá apresentar o estado da arte dos temas relacionados a essa pesquisa.

Capítulo 3

Aplicações Correlatas

3.1 Introdução

Para apoiar esse trabalho e identificar outros possíveis assuntos de interesse nesse campo, conduziu-se a uma revisão sistemática da literatura.

Vários artigos sobre RA foram pesquisados, mas poucos possuíam informações que ajudassem a identificar processos que garantiam e aumentavam a usabilidade nos sistemas de RA (o desempenho humano ao utilizar esses sistemas).

Este Capítulo apresenta alguns estudos direcionados à usabilidade para RA com o objetivo de avaliar o estado da arte nessa área, as metodologias criadas, os estudos realizados, as potencialidades, destacando suas vantagens, limitações e ressaltando a usabilidade dos ambientes de RA.

3.2 Engenharia de Usabilidade: Atividades de Análise do Domínio para Sistemas de Realidade Aumentada

Gabbard et al. (2002) discute o processo de engenharia de usabilidade UE para sistemas de Realidade Aumentada para a aplicação BARES - *Battlefield Augmented Reality System*. BARES é um sistema de RA *outdoor* que mostra através de um capacete informações inteligentes sobre um campo de batalha para desarmar um guerreiro.

Inicialmente eles desenvolveram o processo de UE para aplicações de RV, mas neste trabalho eles adaptam as regras para um sistema de RA. Mesmo o foco do trabalho estando na análise do domínio, eles apresentam um processo de UE. Este processo é mostrado na Figura 3.1.

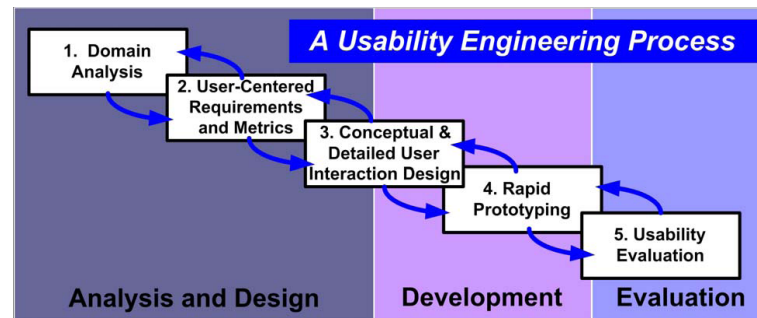


Figura 3.1: Processo de Engenharia de Usabilidade e suas Atividades. Fonte: (Gabbard et al., 2002)

O trabalho também apresenta as atividades sobre o processo de análise de domínio, o qual consiste de quatro (que muitas vezes se sobrepõem) atividades principais, que são: desenvolvimento de caso de uso, os perfis de usuário, as necessidades dos utilizadores, e análise das tarefas do usuário. Essas quatro atividades são apresentadas na Figura 3.2.

Maiores detalhes sobre as atividades da Análise do Domínio podem ser encontrados em (Gabbard et al., 2002).

Esse trabalho apresenta como vantagem o fato de considerar as atividades de análise de domínio fundamentais na definição das bases para o desenvolvimento de um sistema centrado no usuário, definindo claramente um contexto (tanto o usuário e tarefas baseadas no usuário) na qual a interação do usuário será projetada. Contudo, essas atividades são muito parecidas com atividades utilizadas para sistemas GUI não apresentando muitas vantagens para tecnologias emergentes e que apresentam várias interfaces, como a RA.

Fato este, claramente comprovado a partir do melhoramento/modificação dessa

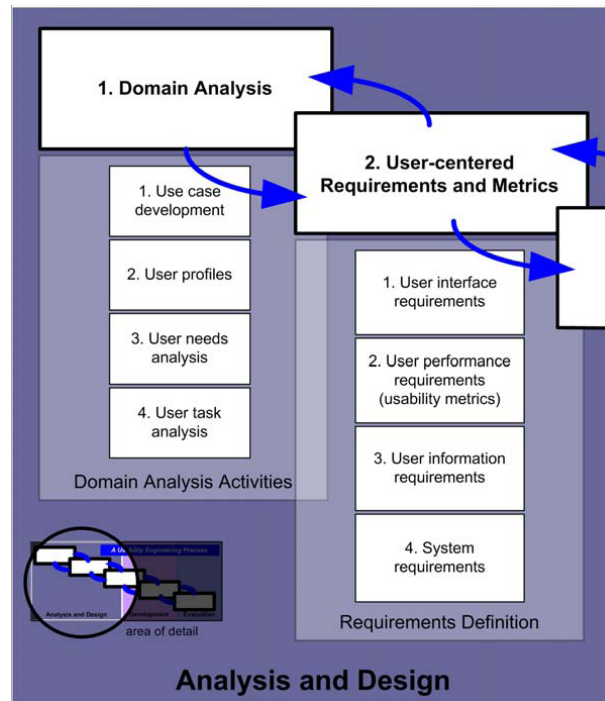


Figura 3.2: Atividades da Análise do Domínio com Requisitos Centrados no Usuário.
Fonte: (Gabbard et al., 2002)

metodologia de Engenharia de Usabilidade pelos autores desse trabalho, a qual torna-se mais adequada para sistemas de RA. Essa pesquisa será mostrada na próxima seção.

3.3 Engenharia de Usabilidade de Estilos de Texto para Interfaces de Realidade Aumentada

Gabbard (2008) continua o trabalho apresentado no item anterior e em sua tese de doutorado identifica as características de estilos de texto em RA que afetam a legibilidade em ambientes reais. O trabalho apresenta o conceito de estilos de texto que se adaptam em tempo real a mudanças nos ambientes do mundo real.

Descrevem-se também as lições aprendidas do processo de Engenharia de Usabilidade para ambientes de RA. Algumas dessas lições são apresentadas na Tabela 3.1. Maior detalhe sobre as lições são encontrados em (Gabbard, 2008).

A pesquisa também apresenta uma técnica de engenharia de usabilidade modi-

Tabela 3.1: Lições Aprendidas do Processo de Engenharia de Usabilidade

1	Engenheiros de Software deveriam se envolver em muitas atividades de análise de domínio, tão quanto os recursos permitissem, dado que novas tecnologias não possuem as mesmas diretrizes do que os típicos sistemas GUI.
2	Especialistas em usabilidade deveriam ter um bom entendimento das práticas de fluxo de trabalho existentes, e em particular, uma compreensão do fluxo de trabalho específico do ambiente no qual a tecnologia será inserida.
3	Uma análise de domínio próspera emprega frequentemente engenheiros de software/usabilidade, como também especialistas em avaliação. Isto é especialmente verdadeiro para tecnologias modernas, onde interface do usuário, sistema, projeto, integração, etc. pode não seguir uma abordagem unificada ou linha secular.
4	A função do especialista em usabilidade e o desenvolvimento de estudos de caso é fundamental para a criação de um projeto que tem como alvo um perfil preciso de um usuário específico.
5	Deveriam ser apresentados aos especialistas em usabilidade a tecnologia específica e suas capacidades (como por exemplo, novos paradigmas de exibição).
6	Para avaliações, assegure que comunicação visual entre o avaliador e o participante seja possível.
7	Se o experimento for ao ar livre (<i>outdoor</i>), preste atenção nas previsões do tempo e faça os estudos piloto do usuário em vários locais.
8	Crie um grupo multidisciplinar pequeno para avaliar a evolução dos protótipos de IU.
9	Repita os projetos de interface do usuário até que tenha tempo e recursos disponíveis.

ficada para o desenvolvimento de aplicações de RA em sistemas *outdoor*, a qual propõe uma Engenharia de Usabilidade que emprega estudos baseados no usuário em um ciclo de vida de engenharia de usabilidade tradicional. Esses estudos baseados no usuário são realizados por meio de várias avaliações realizadas nos protótipos até que se obtenha um modelo adequado. Os projetos de interface com o usuário são refinados iterativamente, como mostrado na Figura 3.3

Figura 3.3: Engenharia de Usabilidade para RA. Fonte: (Gabbard e Swan, 2008)

Mesmo esta metodologia apresentando contribuições científicas para o campo de Engenharia de Usabilidade, ela apresenta uma deficiência que é descrever somente orientações para especificação de usabilidade sobre legibilidade de texto em ambientes de Realidade Aumentada *outdoor*. A abordagem também não fornece muita orientação para as atividades do projeto, o que deixa a desejar em relação a especificação de requisitos de novas tecnologias, aonde ainda não existem diretrizes e padrões pré-estabelecidos.

Algumas limitações dessa abordagem incluem uma característica dos projetos atuais: restrições de tempo e recursos. Especificamente, a análise iterativa dos resultados de estudos baseados no usuário para refinar o projeto da interface, pode consumir muito tempo até que a aplicação seja usável e funcional. Em segundo lugar, o processo poderia ser agilizado realizando em paralelo muitos estudos baseados no usuários (para avançar mais rapidamente), mas isso pode ser muito dispendioso, o que pode inviabilizar o projeto.

3.4 Aplicando Princípios de IHC em Projetos de Sistemas de RA

Dünser et al. (2007) investigam como as orientações gerais de IHC podem servir para o domínio emergente de projetos de RA. Na literatura, pesquisadores de IHC podem encontrar um grande número de diferentes princípios de projeto e heurística de usabilidade (Shneiderman e Plaisant, 2005; Stone et al., 2005). O artigo discute algumas dessas orientações. Os autores não seguem um conjunto específico de diretrizes, mas tentam identificar alguns princípios de projeto importantes e discutem como eles dizem respeito a projeto de sistema de RA. A intenção é proporcionar bons exemplos de como aplicar os princípios de projeto de IHC em um cenário de RA. As orientações citadas no trabalho são:

- Uso de *Affordances*;

- Redução da sobrecarga cognitiva;
- Exigência de baixo esforço físico;
- Satisfação do usuário;
- Flexibilidade no uso;
- Resposta e feedback;
- Tolerância de erro.

Este trabalho combinou alguns conhecidos princípios de projeto centrado no usuário com as demandas dos sistemas de RA para identificar questões que devem ser consideradas pelos pesquisadores de interface. Os autores consideram essa estratégia como uma primeira tentativa de preencher a lacuna que existe atualmente nesta área. Os princípios de projeto apresentados são apenas uma visão muito pequena e orientações dadas são bastante gerais e precisam ser aperfeiçoadas. Muito pouco conhecimento sobre projeto de sistemas de RA existe até agora para gerar regras genéricas para criação ou avaliação desses sistemas. É importante integrar a pesquisa de diferentes áreas para o processo de definição e aplicação de guias de projeto relacionados com RA. Pesquisas multidisciplinares permitem combinar diferentes pontos de vista e pesquisadores com diferentes especialidades, podem trazer vantagens para a área.

3.5 Rumo a uma Metodologia de desenvolvimento para Interface de Realidade Aumentada

Kulas et al. (2004) acreditam que o desenvolvimento de interfaces de usuário para sistemas de RA requer especial atenção e não pode ser tratado eficientemente com as ferramentas e com os processos de desenvolvimento de softwares tradicionais. Eles propõem uma nova metodologia que compreende ambos, um novo processo de engenharia

de software e melhores ferramentas para auxiliar o projeto, a implementação e a avaliação dos sistemas de RA.

Para compensar a falta de ferramentas, um melhor processo, oferecendo muito mais *feedback* entre as fases é necessário. Na verdade, os autores acreditam que só maximizar este *feedback* pode oferecer muito mais eficiência. Para maximizar este *feedback*, eles propõem a execução de todas as três fases concepção, execução e avaliação em paralelo. A Figura 3.4 apresenta a metodologia descrita por Kulas et al. (2004).

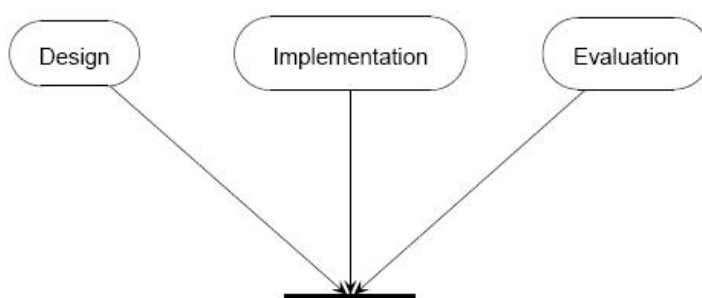


Figura 3.4: Processo Paralelo Proposto por Kulas et al. (2004)

Mesmo propondo uma nova metodologia que possa contribuir para o desenvolvimento de sistemas de RA, esse trabalho apresenta como deficiência o fato das ferramentas propostas ainda não existirem, elas são propostas como um trabalho futuro. Outra limitação é que a metodologia não foi validada para realmente comprovar os seus benefícios.

3.6 Considerações Finais

Este Capítulo apresentou uma visão geral do estado da arte apresentando suas funcionalidades e características.

Alguns trabalhos (Dias et al., 2003; do Carmo et al., 2007), entre outros, somente realizam avaliações subjetivas no final da implementação do sistema. Esse paradigma é extremamente perigoso. Muitos projetistas não desenvolvem todas as fases da engenharia de usabilidade/software adequadamente, pensando erroneamente que economizam tempo.

Mas quando *bugs* são achados no final do desenvolvimento, o custo total do produto se torna tipicamente muito mais caro.

Um certo número de projetistas tentam utilizar o ciclo tradicional da engenharia de software, o que pode não dar certo, pois as tecnologias, entradas e saídas de dados dos sistemas de RA são muito diferentes dos ambientes 2D. São poucos os casos de projetistas que se preocupam com a usabilidade durante todo o projeto. Mesmo assim, não existem metodologias totalmente completas onde pode-se extrair padrões e metáforas para o desenvolvimento de sistemas de RA. As metodologias existentes somam-se em contribuição ao desenvolvimento desses sistemas. Logo, existe uma grande necessidade de um amplo estudo e desenvolvimento de novas metodologias que auxiliem os projetistas de RA no processo de Engenharia de Usabilidade e aumentem a usabilidade e a funcionalidade de tais sistemas.

Os projetos analisados servirão de base e motivação para o presente trabalho. Entende-se ainda que um trabalho de qualidade, independentemente do seu foco, contribui para o avanço da ciência, e o fato de pesquisas tomarem rumos diferentes com certeza aumenta o campo de conhecimento alcançado e a velocidade do crescimento científico.

No próximo Capítulo, apresenta-se uma abordagem de engenharia de usabilidade modificada, que estende o processo apresentado em (Gabbard, 2008), (Figura 3.3). O Capítulo foca principalmente a análise de requisitos de usabilidade para RA, fornecendo estratégias e instrumentos que facilitam o estudo do usuário, diminuindo os processos iterativos de refinamento do projeto. Essas estratégias foram desenvolvidas levando-se em consideração os trabalhos estudados nesse Capítulo, as normalizações existentes de engenharia de usabilidade e princípios da análise da tarefa cognitiva.

Capítulo 4

Estratégia de Análise de Requisitos para Realidade Aumentada

4.1 Introdução

Este Capítulo apresenta uma abordagem de engenharia de usabilidade modificada, que estende o processo apresentado em Gabbard (2008) (Figura 3.3). O Capítulo foca principalmente a análise de requisitos de usabilidade para RA, fornecendo estratégias e instrumentos que facilitam o estudo do usuário, diminuindo os processos iterativos de refinamento do projeto. Essas estratégias foram desenvolvidas levando-se em consideração os trabalhos estudados no Capítulo anterior, as normalizações existentes de engenharia de usabilidade e princípios da psicologia cognitiva aplicada, voltados para conhecer bem o usuário, o contexto do problema e auxiliar a tomada de decisões. Apresenta também questionários que auxiliam na análise de requisitos e os pensamentos em IHC que motivaram o planejamento para o desenvolvimento da estratégia.

4.2 Justificativa

Embora existam diferentes pensamentos em IHC sobre o que constitui uma abordagem interativa para o projeto de interfaces, todos possuem em comum os seguintes objetivos:

- Envolver os usuários, tanto quanto possível, nos diversos estágios de desenvolvimento, de forma que eles influenciem decisivamente no projeto;
- Integrar conhecimentos e experiências de diferentes disciplinas (áreas do conhecimento), que possam contribuir para os projetos de interfaces;
- Utilizar métodos e técnicas que auxiliem nas várias etapas do projeto, permitindo o desenvolvimento de interfaces que efetivamente atendam as necessidades e expectativas dos usuários;
- Adotar uma metodologia não linear (ou rigidamente sequencial) durante o ciclo de vida do projeto, de forma que cada estágio possa ser constantemente retomado, especificado e avaliado.

A estratégia apresentada nesse Capítulo busca integrar todos os objetivos citados acima e apoiá-los na construção de softwares com RA, facilitando e melhorando a especificação dos requisitos pelos desenvolvedores e sua consequente implementação.

4.3 Estratégia Proposta

A abordagem proposta nesse trabalho foi derivada de pesquisas em Realidade Aumentada, Engenharia de Usabilidade e Psicologia Cognitiva Aplicada. Ela é uma abordagem de engenharia de usabilidade modificada, que estende o processo apresentado na seção 3.3 (Figura 3.3). Detalha as fases do comportamento iterativo e exigências de *design* para apoiar as fases do processo, destacando e especificando principalmente as atividades da análise da tarefa do usuário.

A análise dessas tarefas foi guiada a partir da psicologia cognitiva aplicada, através da sub-área de análise das tarefas cognitivas (CTA) que auxilia o projetista ou o especialista que irão realizar a especificação de requisitos a analisar todos os incidentes e

ajudá-lo a selecionar qual a melhor solução para o problema especificado, dado um grupo específico de usuários.

O método de entrevista CTA utilizado nesta pesquisa é o Método de Decisão Crítica (CDM). Ele conduz o entrevistador em quatro passos de coleta de informações. Esses passos estão descritos na sessão 2.4.1. Após a realização desses passos obtém-se, ao final do processo de CTA, a percepção sobre a natureza da decisão e de problemas do ponto de vista dos especialistas.

Os projetistas/entrevistadores, também são estimulados a fazerem sempre algumas perguntas durante o processo de análise. Essas perguntas são exercícios de treinamento para auxiliar a tomada de decisões. Os principais questionamentos são listados abaixo:

- Quais são as decisões críticas do projeto?
- Que partes da informação são essenciais para tomar essas decisões?
- Quais estratégias são utilizadas para tomar a decisão?
- Que informação ou padrões de informação são necessários para a tomada de decisões?
- Quais conhecimentos secundários são necessários para apoiar a decisão?
- Quais erros comuns ou dificuldades são apresentados para uma tomada de decisão?

Para auxiliar a identificação do problema a ser resolvido e a constatação de que RA atende e resolve os problemas em questão, a análise dessas tarefas foi melhorada por meio de experiências com o usuário na apresentação da tecnologia e da aplicação de instrumentos de avaliação do usuário na utilização da mesma. Em paralelo foi realizada a análise do perfil do usuário. Esses instrumentos de avaliação do usuário e as entrevistas da

análise do domínio foram apoiados por técnicas de entrevista CTA. Essa técnica auxilia a escolha pelo o usuário do tipo de sistema RA que mais se adequa a resolução do seu problema.

Essa fase do projeto é importante, pois como alerta Mogel (2000); Tori (2009), novas tecnologias de comunicação capturam a atenção por certo tempo, independentemente da qualidade do conteúdo. Tão logo deixe de ser novidade, a nova mídia somente será bem aceita se trabalhada de acordo com os fundamentos e as boas práticas da comunicação e do *design*. Faz-se necessário que o *designer* tenha pleno domínio sobre os recursos oferecidos pela tecnologia e, principalmente, das limitações e requisitos que a acompanham. Tomemos como exemplo um experiente e bem sucedido *designer* gráfico. Dificilmente esse profissional será bem sucedido se tentar aplicar métodos e conceitos de mídia impressa, sem as devidas adaptações, em projetos de mídia digital interativa. A RA, ainda que digital e interativa, possui peculiaridades e limitações bem diferentes das mídias digitais de duas dimensões.

Portanto, o primeiro desafio para o *design* da informação em ambientes de RA é o de, após estudo aprofundado sobre o problema, o público-alvo e cenário, decidir se RA seria efetivamente a melhor solução para a interface de comunicação e interação com a informação.

A abordagem apresentada na Figura 4.1 incorpora bem os detalhes citados anteriormente, adotando critérios de usabilidade, enfoque no usuário e iteratividade de projeto, assim como implicações no seu processo de desenvolvimento.

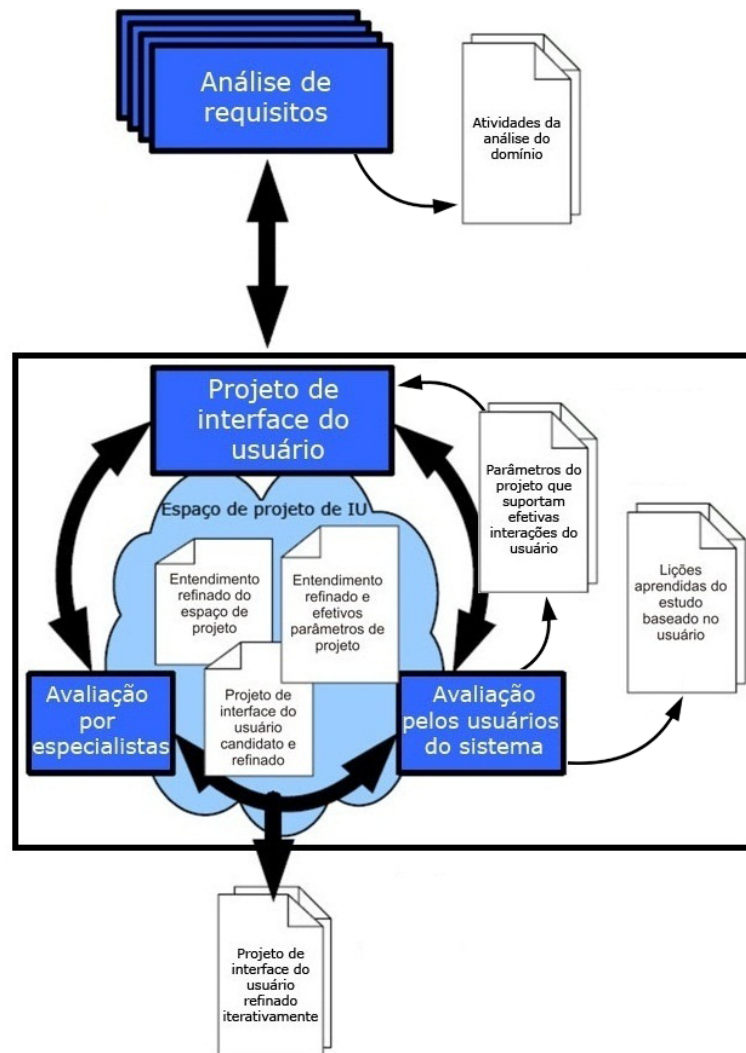


Figura 4.1: Engenharia de Usabilidade Modificada

Como o foco da pesquisa é a análise de requisitos, a Figura 4.2 demonstra os módulos dessa análise.

1. Ambientes Genéricos de RA: É um banco de dados com vários exemplos de sistemas implementados com RA. No banco de dados encontram-se sistemas com a utilização de capacetes (sistema de visão direta por vídeo), com a utilização de *webcams* (sistema de visão por vídeo baseado em monitor) e com e sem a utilização de marcadores para a geração de imagens virtuais. O objetivo deste módulo é apresentar a RA e suas potencialidades;

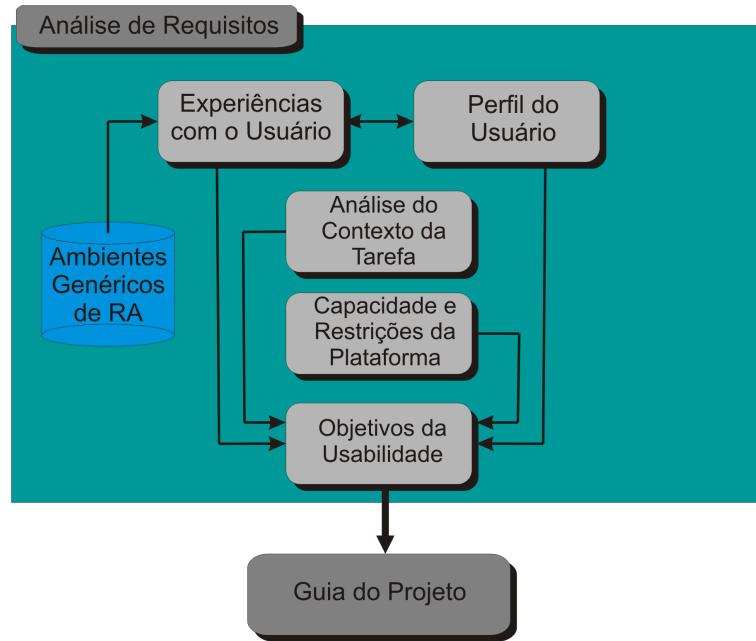


Figura 4.2: Estratégia de Especificação de Requisitos

2. **Experiências com Usuário:** Essa etapa é realizada em paralelo com a análise do perfil do usuário. O projetista escolhe dois softwares do banco de dados de ambientes genéricos de RA. Um será do tipo visão direta por vídeo e o outro do tipo visão por vídeo baseado em monitor ou dois do tipo visão por vídeo baseado em monitor. Os softwares escolhidos são o que mais se assemelham ao sistema que será desenvolvido. Por exemplo, se for desenvolvido um software para a área da saúde, se disponível, será selecionado um ambiente da mesma área. Esse sistema é apresentado para um pequeno grupo de usuários que possuem o mesmo perfil dos usuários que irão utilizar o ambiente que será construído. Os detalhes do estudo do perfil do usuário serão explicados no próximo item. O projetista analisa o comportamento do usuário na utilização de RA. Essa análise é auxiliada pela aplicação de instrumentos de avaliação do usuário (questionários). Após a experiência do usuário com o ambiente, ele responderá um questionário, disponível no Apêndice A, que facilitará a escolha do tipo de sistema ideal para esse grupo de usuários pelos desenvolvedores. Essas informações facilitarão o desencadear do projeto, pois o projetista, conhecendo o

comportamento do usuário com a tecnologia, escolherá o tipo correto de ambiente e os equipamentos que os usuários se adaptarão melhor;

3. Análise do perfil do usuário: Para cada tipo de usuário previsto, os projetistas devem conhecer seus atributos pessoais (faixa etária, sexo, limitações, motivação) e suas habilidades e competências (na tarefa, na organização, no uso de capacetes, na utilização de ambientes Três Dimensões (3D) e em sistemas informatizados). Essa análise é verificada através de questionários que os usuários responderão. O questionário de análise do perfil do usuário está disponível no Apêndice A;
4. Análise do contexto da tarefa: Para cada tarefa a ser apoiada pelo sistema, os projetistas devem conhecer os objetivos e resultados, a estrutura, a duração, as dependências, os custos, a carga mental, as interrupções, os incidentes etc. Por exemplo, a clareza do ambiente pode ter impactos na utilização de sistemas de RA;
5. Análise das capacidades e restrições da plataforma: Devem ser examinadas as possibilidades e restrições em termos de equipamentos (capacetes, webcam), sistemas operacionais e aplicativos disponíveis para o funcionamento do sistema. Por exemplo, se não existe capacete, na experiência com o usuário serão escolhidos dois sistemas do tipo visão por vídeo baseado em monitor;
6. Usabilidade: Nível de usabilidade esperado para o sistema de acordo com os princípios gerais do projeto. Essa especificação é feita nos termos de valores mínimos admissíveis para os fatores básicos de usabilidade: eficácia, eficiência e satisfação do usuário, principalmente;
7. Guia do Projeto: Registra todas as decisões tomadas nas atividades da Análise de Requisitos e servirá como guia para a construção do projeto, construção do

protótipo, implementação do sistema e futuras avaliações do ambiente.

No módulo experiências com o usuário, a comparação entre dois tipos diferentes de sistemas de RA é uma solução para um problema do usuário que apresenta dificuldade de identificar entre dois produtos, qual o melhor. Esse padrão tem como característica a comparação de múltiplos critérios entre produtos. Estas características são as propriedades e/ou restrições tecnológicas ao sistema e seus requisitos de usabilidade. Dessa forma, é possível auxiliar projetistas e usuários na identificação de uma solução, pela associação do problema identificado às possíveis características (a partir das necessidades), estando elas associadas a padrões.

Com o objetivo de guiar e auxiliar os projetistas na análise de requisitos, seguindo a metodologia proposta, na Tabela 4.1 são apresentadas as atividades principais a serem realizadas em cada um dos módulos da análise. Vale lembrar que as atividades da análise de requisitos não estão restritas a somente essas atividades. Essas possuem como objetivo apenas complementar e introduzir os projetistas na análise de requisitos.

Tabela 4.1: Atividades da Especificação de Requisitos

Atividades da Experiência com o Usuário	
Definir a experiência/facilidade do usuário com a manipulação de ambientes 3D	Definir se os capacetes 3D não causaram fadiga e desconforto ao usuário
Definir o sentimento do usuário com a manipulação de ambientes de RA	Identificar em qual tipo de sistema de RA o usuário mais se adaptou
Identificar como foi a manipulação de marcadores pelo usuário	Verificar se os marcadores atrapalharam a utilização do sistema
Definir se o usuário não ficou confuso ou perdido com a junção de informações reais e virtuais	Identificar se o usuário teve algum mal-estar ao utilizar o sistema, como tontura, por exemplo
Definir se o uso prolongado do sistema de RA não provocou desconforto ou mal-estar no usuário	
Atividades de Definição do Perfil do Usuário	
Definir principais usuários	Definir usuários contrários ao projeto
Definir usuários especialistas no domínio	Definir perfil do usuário
Atividades da Análise do Contexto da Tarefa	
Definir as funções do produto	Definir as restrições do produto
Definir a interface	Definir as restrições físicas do ambiente, como se a iluminação irá afetar o desempenho da aplicação
Definir grau de confiabilidade do sistema	Definir estimativas de custo, para verificar a possibilidade de adquirir equipamentos mais modernos
Obter o propósito e as metas do produto	Definir as características gerais do produto
Definir os impactos do desenvolvimento do produto	Definir os impactos negativos com o não desenvolvimento do produto
Definir o público a ser atingido	Definir a mobilidade do sistema
Atividades do Estudo das Capacidades e Restrições da Tarefa	
Definir restrições relativas a hardware utilizado, como óculos 3D, webcam, luvas, etc	Definir restrições quanto ao sistema operacional ou aplicativos utilizados
Definir restrições de iluminação de acordo com o ambiente que irá funcionar o sistema	
Atividades do Estudo dos Objetivos da Usabilidade	
Definir modelo claro de navegação.	Definir ajuda e documentação na utilização do sistema
Definir qualidade nas mensagens de erro.	Definir sempre um <i>feedback</i> a uma dada ação realizada no sistema.
Restringir a quantidade de informação para o usuário não ficar confuso.	
Definir os equipamentos adequados, pois senão eles podem atrapalhar a utilização do sistema	

Ao finalizar as atividades do módulo Experiências com o Usuário, já é possível ao engenheiro de requisitos identificar se RA é realmente uma solução para o problema que se deseja solucionar. Caso ainda não seja possível identificar se RA é ou não uma solução ao problema, alguns questionamentos (Tori, 2009) podem ser feitos, como os mostrados abaixo:

- O projeto se sustentaria após eliminados os fatores novidade e deslumbramento?
- O sistema demandaria ajustes e calibrações constantes? Se o uso se der em espaço público, quais os recursos necessários e custos para se manter o sistema calibrado e operando adequadamente? Se o uso for caseiro, o usuário teria paciência e motivação para ajustes frequentes?
- Que condições especiais de iluminação, acesso, isolamento e segurança seriam demandadas?
- Quais seriam os requisitos tecnológicos (sistemas operacionais, hardware etc.) e quais as possibilidades de que atualizações tecnológicas demandem atualizações no sistema?
- Considerando-se a forma de distribuição e uso do sistema, assim como o perfil do público-alvo, quais seriam os impactos dos requisitos de manutenção, calibração e atualização do sistema?
- Se o sistema for de uso público e demandar uso de dispositivos acoplados ao corpo como deverão ser tratados os aspectos de segurança e higiene? Quais os impactos no fluxo dos usuários? Poderá haver formação de filas, descontentamentos ou frustrações?
- Os custos (em tempo, atenção, esforço e em dinheiro) que deverão ser assumidos pelo usuário seriam compensados pelos benefícios por ele percebidos?

Após a realização de todas as fases da estratégia apresentada na Figura 4.2, segue-se o ciclo de vida do processo de engenharia de usabilidade apresentado na Figura 4.1. Com as informações do Guia do Projeto desenvolve-se o projeto de interface do usuário. Esse projeto é avaliado tanto por especialista quanto por usuários do sistema. A cada avaliação, caso seja necessário, o projeto é refinado. Ele será refinado iterativamente até que o projeto encontre-se adequado.

4.4 Considerações Finais

Neste Capítulo foi apresentada uma metodologia de engenharia de usabilidade modificada, especificando principalmente as etapas da Análise de Requisitos para sistemas de RA. A estratégia proposta visa auxiliar e planejar as atividades de especificação de requisitos.

A metodologia proposta diferencia-se das demais metodologias de Engenharia de Software, pois apresenta um maior grau de detalhamento, obtido por meio de um conjunto de atividades específicas para projetos de RA, permitindo aos engenheiros de requisitos serem contemplados com uma ferramenta mais adequada às atividades de elicitação de requisitos, produzindo uma documentação completa, facilitando e organizando as demais fases do ciclo de vida de desenvolvimento do produto.

Foram relatadas as etapas que compõem a estratégia e suas respectivas fases: Experiências com o Usuário, Perfil do Usuário, Análise do Contexto da Tarefa, Capacidades e Restrições da Plataforma e Objetivos de Usabilidade.

Essas fases são importantes na obtenção da qualidade nos processos e produtos de engenharia de software, o que não é uma tarefa fácil. Nada é mais decepcionante do que produzir um sistema que não satisfaça as necessidades dos clientes. Grandes volumes de recursos são gastos, mas mesmo assim, pode ocorrer uma grande frustração por parte dos clientes ao receber a versão final do software. Experiências indicam que muitos desses

problemas são derivados da falta de atenção na hora de definir e acompanhar a evolução dos requisitos durante o processo de construção do software.

Vale lembrar que o usuário é emocional e dada a grandeza de uma nova tecnologia, a qual é nova para ele, inicialmente o usuário pode considerá-la como a melhor alternativa. Isso pode não ser verdade e somente ser descoberto com a plena utilização da tecnologia. O aumento na garantia de sucesso com a escolha da tecnologia só é possível quando ele tem a possibilidade de escolher entre duas alternativas diferentes e analisá-las antes mesmo da especificação do problema e do desenvolvimento do software.

O próximo Capítulo apresenta um estudo de caso com a utilização dessa estratégia.

Capítulo 5

Avaliação da Estratégia

5.1 Introdução

O objetivo deste Capítulo é apresentar os resultados da avaliação da estratégia proposta, os quais foram identificados através de um estudo de caso. Inicialmente, descreve-se o estudo de caso efetuado nesta pesquisa e suas principais características. Em seguida, apresentam-se as avaliações do sistema desenvolvido. Por fim, são apresentados os resultados, limitações e considerações deste estudo.

5.2 Estudo de Caso - Tratamento da Aracnofobia

O domínio da aplicação do estudo de caso corresponde a um sistema utilizado para auxiliar o tratamento da Aracnofobia, sendo ele utilizado tanto por psicólogos como pacientes.

As fobias, em geral, caracterizam-se pela ausência de motivo para despertar o medo constatado, ou por ser o medo exagerado diante do objeto físico. Quando a fobia afeta a rotina do fóbico, torna-se indicado o tratamento. Quando a fobia é forte, o fóbico tem uma reação contrária ao objeto, desaparecendo a ansiedade quando o objeto é afastado, como afirma Marot (2009).

Aracnofobia é uma das fobias mais comuns, segundo Bourdon et al. (1988). Em muitos casos, pessoas evitam ou mudam a vida por causa de sua fobia. Como afirma

Granado et al. (2005), os aracnofóbicos não podem viajar para o campo com medo de se deparar com uma aranha.

Segundo Granado et al. (2005) até o momento todas as terapias anteriores envolviam a exposição a uma aranha (real, virtual ou imaginária), mas essa pesquisa demonstra que 70% dos aracnofóbicos nunca fariam uma terapia envolvendo algum tipo de aranha.

Nesse contexto, o sistema desenvolvido tem como finalidade mostrar uma arquitetura para o auxílio no tratamento de pessoas com Aracnofobia utilizando técnicas de RA. Esse sistema é totalmente interativo e mistura imagens reais e virtuais. Ele será utilizado para auxiliar no tratamento presencial e a distância dos pacientes.

5.2.1 Descrição do Estudo de Caso

Para validar a estratégia apresentada, foi realizado um estudo de caso com o desenvolvimento de um sistema computacional que auxilia o tratamento terapêutico da Aracnofobia.

No sistema desenvolvido, os projetistas utilizaram a estratégia mostrada na Figura 4.1, com a qual se realizou uma minuciosa análise de requisitos e um estudo da tecnologia junto a três psicólogos.

Inicialmente, o objetivo da estratégia é descobrir se a RA é a tecnologia adequada para a resolução do problema proposto. Para isso a primeira etapa da estratégia que foi executada é o módulo Experiências com o Usuário. Nesse módulo, utilizando-se de um banco de dados de ambientes genéricos de RA, escolheu-se dois sistemas parecidos com o sistema que se pretendia desenvolver. O primeiro deles foi um sistema de visão por vídeo baseado em monitor e o segundo um sistema de visão ótica direta que realizava a utilização de um capacete monocular, o qual necessitava de acoplar uma *webcam*. Esses sistemas foram apresentados e utilizados pelos psicólogos que estavam participando da análise de requisitos. Após utilizarem os sistemas, responderam a um questionário que

tem o objetivo de verificar o comportamento dos psicólogos junto com a tecnologia de RA.

Ao final dessa fase, através da análise dos formulários de avaliação, pode-se verificar que os usuários se adaptaram a tecnologia e que ela era adequada para a resolução do problema proposto. Essas conclusões foram adquiridas por meio dos seguintes resultados principais dos formulários:

- Todos os usuários declararam não sentir nenhum mal estar com a utilização do sistema de visão por vídeo baseado em monitor;
- Todos os usuários declararam gostar de utilizar o sistema de visão por vídeo baseado em monitor e que não o acharam complexo;
- Na utilização do sistema de visão ótica direta, dois usuários não sentiram nenhuma tontura e um usuário sentiu somente um pouco de tontura pelo fato de estar utilizando um capacete;
- Todos os usuários consideram o capacete utilizado no experimento inadequado pelo fato dele ser monocular e pesado. Todos declaram ser necessário a utilização de um dispositivo mais moderno e que tivesse uma *webcam* acoplada.
- Todos os usuários consideram o sistema de visão ótica direta muito mais realístico, mesmo considerando o capacete inadequado;
- Dois usuários consideraram os dois tipos de sistemas adequados, os quais obteriam muitos resultados positivos para a aplicação, mas que deveriam ser utilizados em situações diferentes para diferentes níveis de fobias;
- No questionamento “O que você mais gostou na utilização da tecnologia de RA?”, dois usuários responderam que é a possibilidade do aumento de informações por

meio da junção do mundo real com o mundo virtual e um usuário respondeu que é a possibilidade de realizar um tratamento terapêutico realístico, de qualquer lugar, sem ser necessário a utilização de animais reais.

Ao final dessa fase, verificou-se que RA é a tecnologia adequada para a resolução do problema proposto e que ela poderia ser eficaz como auxílio ao tratamento da Aracnofobia e que os usuários se adaptariam ao sistema proposto. Essa conclusão foi obtida por meio das respostas positivas em relação a avaliação da tecnologia pelos psicólogos.

Como os psicólogos que participaram da análise de requisitos não conheciam a tecnologia de RA, o estudo das tecnologias de RA foi considerado o ponto forte da análise, pois eles puderam verificar as possibilidades e restrições da RA.

Caso ainda, ao final dessa fase, haja dúvida em relação a utilização ou não da RA, o projetista é levado a se fazer alguns questionamentos para ajudá-lo na tomada de decisão em relação a utilização ou não da tecnologia. Esses questionamentos estão disponíveis na seção 4.3.

Paralelamente a este módulo, executou-se a análise do perfil do usuário por meio do questionário disponível no Apêndice B. Esse módulo tem como objetivo principal conhecer o usuário e descobrir características físicas ou pessoais que pudessem influenciar na utilização do sistema a ser desenvolvido.

Decidido pela tecnologia de RA, continua-se a execução dos módulos da estratégia e executa-se a análise do contexto da tarefa. Essa fase foi auxiliada pelos quatro passos do método de decisão crítica que está descrito na seção 2.4.1 e pelas atividades da análise do contexto da tarefa, disponível na Tabela 4.1.

No primeiro passo do método de decisão crítica, os psicólogos tiveram que descrever o sistema que seria desenvolvido. Logo após a descrição, o projetista repetiu todo o processo descrito pelos psicólogos para se certificar que ele tinha entendido o que deveria

ser implementado.

No segundo passo, o projetista julga os acontecimentos buscando estruturá-los e organizá-los em segmentos ordenados. Na conclusão do segundo passo, produz-se uma documentação revisada e refinada de eventos. Essa documentação do sistema está especificada abaixo:

- O sistema proposto é uma ferramenta que visa auxiliar no tratamento terapêutico da Aracnofobia, oferecendo várias formas de tratamento e não utilizando aranhas reais.
- O sistema possuirá dois módulos:
 - **Sistema de visão por vídeo baseado em monitor:** Que utilizará um computador com acesso a Internet e *webcam*;
 - **Sistema de visão ótica direta:** Que utilizará um computador com acesso a Internet e um óculos com *webcam* acoplada.
- Os possíveis usuários do sistema serão os psicólogos e os pacientes.
- Foi especificado que a ferramenta possuirá níveis de tratamento. Esses níveis vão desde a exposição do paciente a um animal virtual que não tem semelhança a uma aranha até o último nível no qual é apresentada uma aranha virtual com muita semelhança a uma real.
- O tratamento do paciente deverá sempre começar pelo nível 1, para que ele não comece o tratamento de forma abrupta. Sendo que os pacientes deverão passar por todos os níveis de forma consecutiva e gradual, sendo controlado pelo psicólogo.
- No sistema, a aranha virtual irá aparecer somente quando o marcador estiver posicionado na frente da câmera, quando o mesmo é tirado, a aranha desaparece da tela

ou da visão do óculos. Isso deve ocorrer pois, caso o paciente tenha um nível muito elevado de ansiedade, a aranha virtual deve ser imediatamente retirada do ambiente pelo psicólogo.

- No sistema de visão ótica direta será viável que o sistema possa ter mais de um marcador, cada marcador será diferente e associado a um nível do tratamento.
- Mesmo sendo menos realístico, o sistema de visão por vídeo baseado em monitor seria ideal para o tratamento de adultos que possuem aversão e problemas com a utilização do óculos, como tontura e falta de percepção da realidade.
- Outra característica importante verificada a partir das experiências com o usuário foi a utilização do marcador. Ficou constatado que para melhorar a usabilidade do sistema, necessita-se que ele seja confeccionado de forma diferente da habitualmente utilizada (veja o modelo usado na Figura 5.1), para facilitar o seu manuseio. Através de algumas discussões, verificou-se que uma das formas propostas de confecção do marcador é fazê-lo como mostrado na Figura 5.2. Com o marcador utilizado no módulo de experiências com o usuário, houve muitos problemas de oclusão.

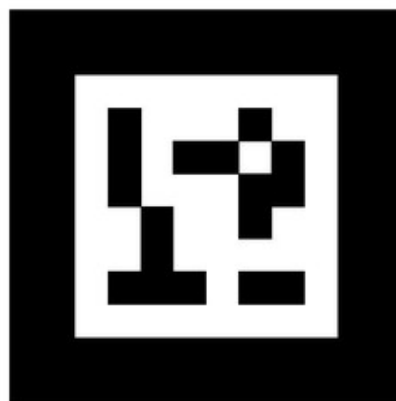


Figura 5.1: Modelo de marcador utilizado no módulo Experiências com o Usuário

Nesse passo, foi constatado que o sistema de RA precisaria estar disponível na

Internet, por isso foram utilizadas o Papervision (Winder e Tondeur, 2009) e o Flartoolkit (Hartman, 1996). Abaixo eles são brevemente descritos, juntamente com o Blender (Brito, 2008), que também foi utilizado para desenvolver o sistema.

1. O Papervision possibilita simular, em tempo real, as três dimensões em Flash®. Para executar aplicativos desenvolvidos com Papervision, o usuário deve ter instalado o *plugin* do Flash em seu navegador WEB. Ele possibilita ao desenvolvedor importar objetos modelados em ambientes de modelagem 3D.
2. O Flartoolkit é um conjunto de classes desenvolvidas em Flash®3D, que juntamente com o Papervision possibilita o desenvolvimento de aplicações de RA utilizando o Action Script 3 (AS3). A linguagem de programação AS3, é uma linguagem de programação orientada a objetos que possibilita uma melhor representação do mundo real.
3. As aranhas virtuais foram modeladas com a ferramenta Blender. Segundo Brito (2008), Blender é uma *suite* de criação 3D multiplataforma (Windows, Linux, Mac OSX, Solaris, Irix etc).

Já no terceiro passo do método de decisão crítica, o projetista leva os psicólogos a voltar a cada segmento dos acontecimentos identificados na varredura, de acordo com os quais foram empregados no projeto, concentrando a atenção em aspectos específicos do incidente e solicitando informações sobre eles. Esses dados podem incluir a presença ou ausência de fatos importantes e a natureza desses fatos. Nessa fase, especificou-se as seguintes situações:

- O sistema deverá possuir um módulo de tratamento para crianças e outro para adultos:

- O tratamento em crianças é diferente, como afirmou o psicólogo Ederaldo J. Lopes, pois em crianças o tratamento de exposição deve ser mais lento e gradativo que o de adultos. Nesse caso, inicialmente, deverá ser utilizado o sistema de visão por vídeo baseado em monitor.
- O tratamento em adultos já poderá ser iniciado com o uso dos óculos, mas com modelos de aranhas com níveis de detalhes baixos, não sendo semelhante a uma aranha real.
- Foi constatado também a necessidade de implementação de uma área que armazena as informações preliminares do paciente e informações referentes às sessões realizadas. Como, por exemplo, o sistema deve armazenar qual o último nível de tratamento utilizado.
- No decorrer do tratamento, o psicólogo avaliará se o paciente poderá utilizar sozinho o sistema. Isso somente irá ocorrer com o avanço do tratamento e quando o psicólogo considerar pertinente, após avaliações. Quando o paciente for utilizar o sistema sozinho, alguns níveis deverão estar bloqueados para que ele não tenha acesso a todos os níveis de tratamento.

No quarto e último passo da análise, o projetista oferece a oportunidade para os psicólogos mudarem de perspectiva. Eles apresentam várias mudanças ao julgamento do acontecimento e perguntam ao participante sobre como as coisas teriam acontecido ou como seriam de forma diferente. Nesse passo, mesmo com várias indagações do projetista, o projeto prosseguiu do mesmo modo.

As informações obtidas com os psicólogos são de extrema importância para o desenvolvedor, pois ele não tem formação na área na qual a ferramenta propõe a contribuir. Além disso, sugere-se que ao se investir na análise dos requisitos, o refino iterativo do projeto diminui, pois a aplicação atenderá ao usuário mais rapidamente.

A Figura 5.2 mostra a tela inicial do sistema de visão por vídeo baseado em monitor com os oito níveis de tratamento.



Figura 5.2: Protótipo do Sistema para funcionar na Internet

O óculos de RA utilizado no experimento foi um monocular que não possui câmera integrada ao mesmo, assim necessitando acoplar uma *webcam* convencional. Através da análise do instrumento de avaliação do usuário na utilização da tecnologia, pode-se constatar que mesmo a simulação sendo mais realística do que no sistema de visão por vídeo baseado em monitor, o óculos não foi considerado ideal por ser pesado, precisar acoplar uma câmera e ser monocular. Logo, seria necessário outro óculos para melhorar a usabilidade do sistema terapêutico. A Figura 5.3 mostra o que o usuário visualiza no sistema de visão ótica direta, desenvolvido usando o óculos de RA.

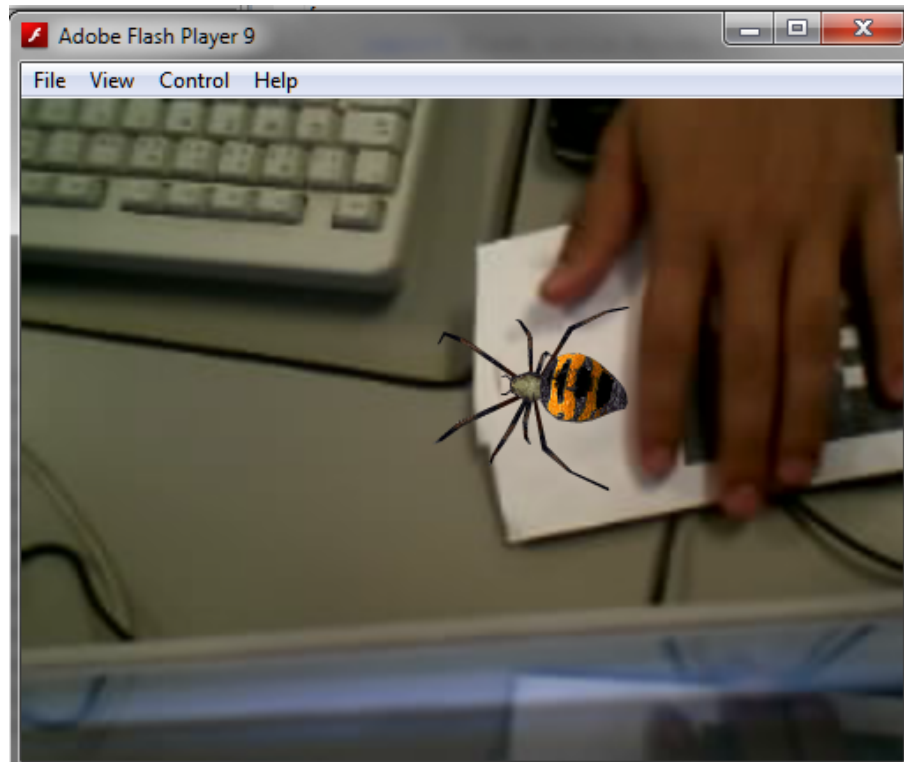


Figura 5.3: Visão do sistema desenvolvido usando o óculos de RA

Como visto na imagem visualizada pelo paciente na Figura 5.3, nessa interface não há opções de seleção de modelos a serem apresentados, assim a seleção é feita com o uso de diferentes marcadores nos quais o psicólogo tem controle sobre eles, a quando cada marcador é mostrado no campo de visão do óculos, um modelo diferente de aranha aparece.

Continuando a execução dos módulos da análise de requisitos, o próximo módulo que foi executado é o de capacidades e restrições da plataforma. Algumas das restrições especificados são em relação a claridade do ambiente que não pode ser extrema, como por exemplo, o sistema ser utilizado no sol. Para o sistema funcionar deverá ser instalado com antecedência no computador do Adobe Flash®Player e o óculos, obrigatoriamente deverá ser binocular com *webcam* acoplada.

No último módulo da análise de requisitos, os objetivos de usabilidade foram especificados e como o sistema a ser implementado será utilizado para realizar um trata-

mento de reabilitação, a principal característica do sistema é que ele seja fácil de ser utilizado, sem que os usuários precisem de treinamento ou ajuda técnica. Foi especificado também:

- Restringir a quantidade de informações virtuais para que o usuário não fique confuso ou disperso do objetivo principal do sistema.
- Os dispositivos utilizados no sistema devem obrigatoriamente serem adequados para o público alvo.
- O sistema sempre deverá definir um *feedback* rápido para uma dada ação realizada no sistema.

Tendo todos os requisitos especificados, tem-se o guia do projeto que guiará o projetista na implementação do sistema.

5.2.2 Análise e Avaliação do Estudo

Finalizado o desenvolvimento do sistema, ele foi avaliado por 4 psicólogos, dentre os quais 2 participaram da fase de Análise de Requisitos e 2 não participaram. Através dos resultados da avaliação pode-se confirmar as vantagens da utilização da estratégia proposta, a qual auxilia a especificação de requisitos do sistema juntamente com o profissional da área. As Figuras 5.4 e 5.5 apresentam algumas fotos da avaliação do sistema.

Características importantes especificadas, como tipos de sistemas de RA diferentes, para usuários diferentes (adultos e crianças), tornam o sistema mais eficaz.

O estudo dos tipos de sistemas de RA, através das experiências com o usuário, foi crucial para que o psicólogo pudesse conhecer a tecnologia, entender suas limitações e conhecer suas possibilidades.

A avaliação do sistema foi realizada sob três parâmetros: avaliação da usabilidade, eficácia do sistema e eficiência/importância da análise de requisitos.



Figura 5.4: Psicólogo usando o sistema com óculos monocular.



Figura 5.5: Psicólogo usando o sistema de visão indireta por monitor.

O gráfico 5.6 demonstra os resultados da avaliação do sistema referentes a usabilidade.

Nesse gráfico, alguns pontos importantes a serem verificados são que a maioria das pessoas considera que não precisava aprender muitas coisas antes de voltar a utilizar o sistema e que todos os usuários concordam que gostariam que usar frequentemente o sistema.

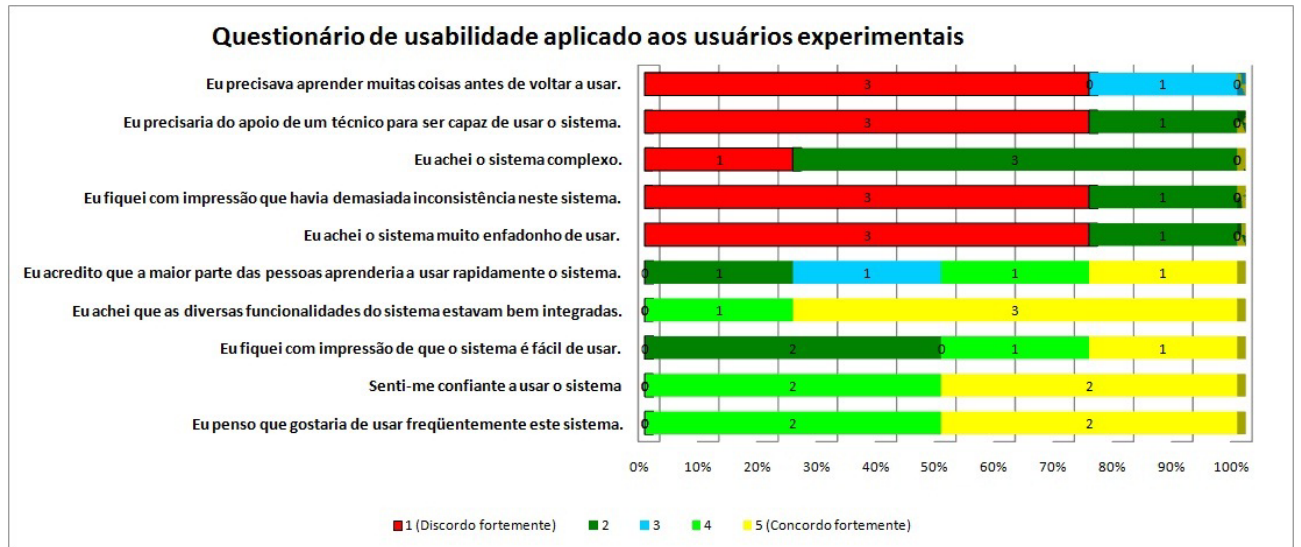


Figura 5.6: Avaliação quanto a usabilidade do sistema

O gráfico 5.7 demonstra os resultados da avaliação quanto à eficácia do sistema. Nesse gráfico, alguns resultados importantes são que todos os usuários consideram gostar de utilizar sistemas com essa tecnologia e que o sistema possui uma apresentação agradável e legível.

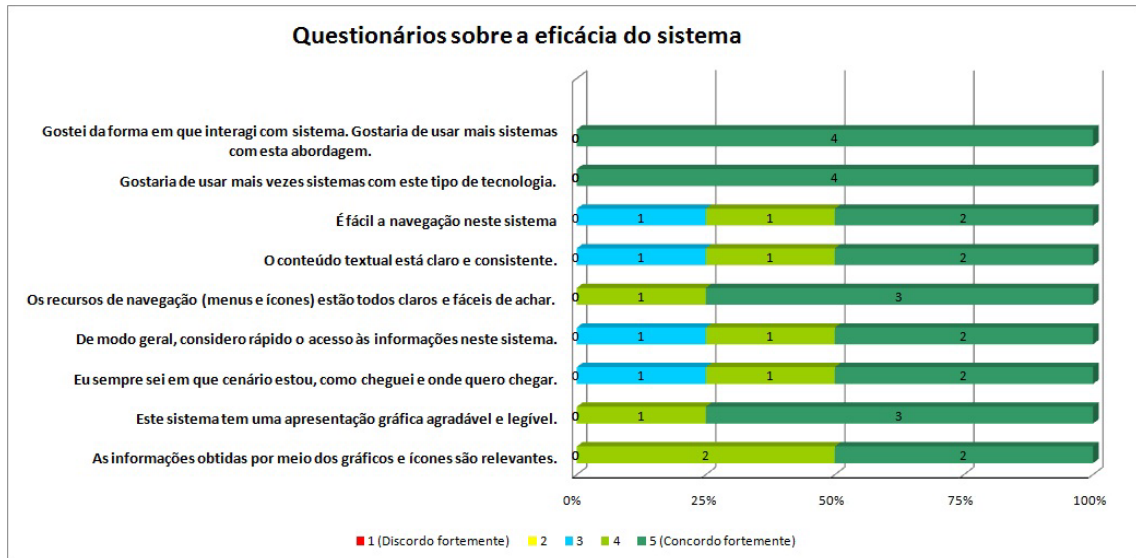


Figura 5.7: Avaliação quanto a eficácia do sistema

Já o gráfico 5.8 demonstra as dificuldades encontradas durante a utilização do sistema.

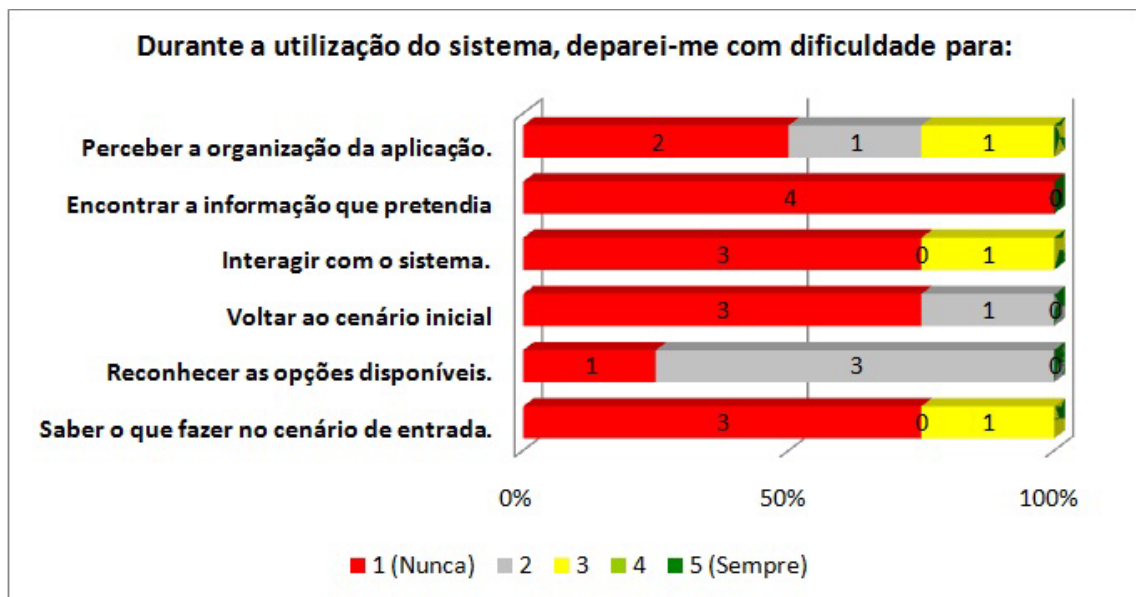


Figura 5.8: Dificuldades encontradas durante a utilização do sistema.

Abaixo estão algumas respostas dos psicólogos na pergunta: “O que você mais gostou nesta aplicação?”:

- Os diversos tipos de aranha, mostrando a proximidade com o real;

- A grande funcionalidade e aplicabilidade desse tipo de tecnologia no tratamento de Aracnofobia;
- O realismo das imagens (modelos 3D) e sua dinâmica (Movimento).

Já na pergunta: “Você tem algum comentário adicional sobre o sistema?” foram obtidos os seguinte comentários:

- Muito bom enquanto software, mas poderia melhorar com um hardware mais adequado;
- Incluir um gráfico, onde o usuário, com o mouse ou toque, mensure sua ansiedade diante a cada aranha;
- Incluir um módulo no sistema que realiza a gravação da imagem da câmera para posterior análise de micro-expressões e respostas pupilar.

Os psicólogos que participaram da fase de análise de requisitos responderam três questões específicas. As respostas são apresentas no gráfico 5.9:

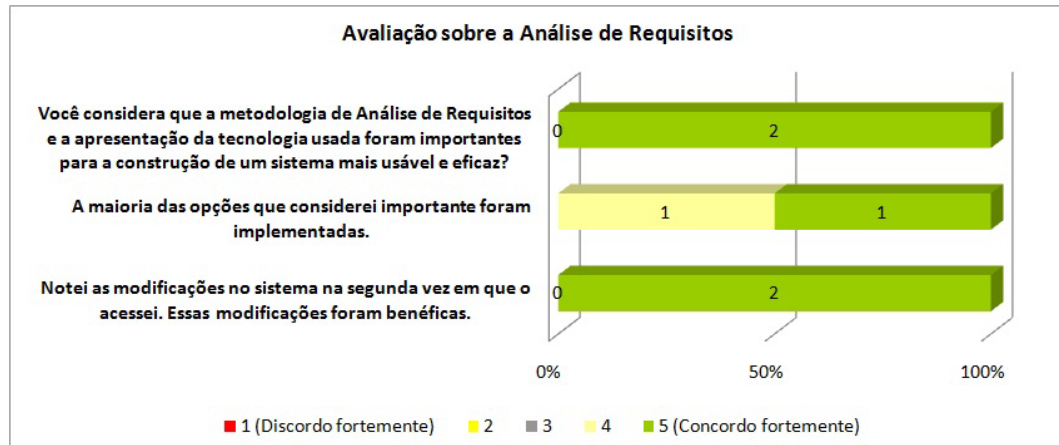


Figura 5.9: Avaliação da Análise de Requisitos

E assim para finalizar os questionamentos abertos foi feita a pergunta: “Como você entende que este sistema pode ser melhorado?”:

- Óculos mais leves e fáceis de usar;
- Câmera com melhor definição, para que o marcador manipulado possa ser menor e a aranha virtual possa escondê-lo;

Fazendo uma análise geral da avaliação do sistema, verificou-se a importância do uso adequado de equipamentos. Esse requisito foi verificado na análise de requisitos, só que infelizmente, esses equipamentos não foram adquiridos a tempo para a realização da avaliação do sistema. Na análise de requisitos foi verificada a necessidade de óculos mais leves que o usado nos testes, binocular, com câmera integrada ao mesmo e com melhor definição.

5.3 Considerações Finais

Este Capítulo apresentou os resultados da estratégia proposta que foram identificadas através de um estudo de caso. Inicialmente, descreveu-se o estudo de caso efetuado nesta pesquisa e suas principais características. Na sequência, foram apresentadas as

tecnologias que foram utilizadas para implementar o estudo de caso. Por fim, foram apresentados os resultados e considerações deste estudo.

Através da avaliação da metodologia, a partir do estudo de caso, pode-se notar que a modificação da abordagem apresentada por Gabbard (2008) demonstrou-se eficiente no sentido de diminuir a quantidade de refinamento do projeto, reduzindo as limitações de tempo e recursos apresentada por Gabbard (2008). Isso se deve ao aprimoramento da análise de requisitos, a qual fez com que os projetistas entendessem melhor o domínio da tarefa a ser desenvolvido.

A metodologia proposta também mostrou-se eficaz na escolha de qual tipo de sistema de RA deverá ser implementado para cada situação, a qual foi facilitada a partir do conjunto de atividades que guiaram o projetista na análise de requisitos. Portanto, concentrar atenção na análise do domínio e no comportamento do usuário contribui para a qualidade dos sistemas de software, tornando-o muito mais usável.

Imagina-se ainda que o tempo de implementação pode ser diminuído quando projetistas sabem exatamente o que vão desenvolver e os resultados esperados.

Uma limitação desse estudo de caso foi em relação a avaliação do sistema com usuários que possuem a Aracnofobia. Esse estudo não foi realizado pelo fato de ser muito complexa a avaliação de um sistema com pessoas que possuem a fobia, sendo este estudo proposto como um trabalho futuro.

Capítulo 6

Considerações Finais

A Realidade Aumentada é uma área do conhecimento que oferece várias oportunidades de investigação científica e inovação tecnológica, pois é uma área que surgiu recentemente e também por oferecer aos usuários melhores condições de interação com aplicações computacionais, através de interfaces mais intuitivas. Os ambientes de RA ampliam as capacidades das pessoas avaliarem informações tridimensionais, uma vez que flexibilizam a atuação do usuário no espaço tridimensional e permitem o uso de interações multimodais, possibilitando maior riqueza de detalhes, melhores técnicas de interação e mais desempenho (Kirner e Siscoutto, 2007).

A abordagem proposta estabelece um conjunto organizado de atividades e técnicas que contribuem e orientam os projetistas para a obtenção da completeza da especificação de requisitos e avaliação dos protótipos, refinando-os iterativamente.

Apesar do aumento do número de requisitos implicar em custos maiores no desenvolvimento e implantação dos sistemas, supõe-se que os benefícios obtidos durante a sua operação devem recompensar de modo significativo esse acréscimo de custo inicial. Imagina-se ainda que o tempo de implementação pode ser diminuído quando projetistas sabem exatamente o que vão desenvolver e os resultados esperados.

Vale ressaltar que uma completa e específica análise de requisitos impacta positivamente na elaboração de qualquer sistema, sendo, portanto, um mecanismo essencial de

apoio à elaboração de softwares terapêuticos e utilizados para o ensino, pois nesses tipos de sistema, o usuário não poderá desperdiçar seu tempo aprendendo a utilizar a aplicação. As orientações da estratégia apresentada poderão contribuir para a construção desses e de outros sistemas, pois os tornarão mais fáceis de serem usados e mais adaptados para os usuários que o utilizarão.

De modo geral, a falta e limitações de guias na literatura nortearam a necessidade de pesquisas na área e a criação de uma estratégia, visto a grande utilização dos sistemas de RA. Portanto, concentrar atenção na análise do domínio e no comportamento do usuário, claramente contribui para a qualidade dos sistemas de software, como mostrado nos testes. Essa estratégia seguiu a idéia central da norma padrão internacional ISO 13407, que tem como princípio, focalizar desde o início os usuários e as tarefas que desenvolvem num determinado ambiente.

Constata-se, com base nos objetivos do trabalho, que as informações referentes às terminologias estudadas, além de embasarem o desenvolvimento do trabalho e constituírem um referencial teórico robusto sobre o contexto, fornecem diversos parâmetros viabilizando a construção do conhecimento.

6.1 Contribuições

O desenvolvimento desse trabalho de pesquisa buscou acrescentar conhecimentos à comunidade científica através da aplicação de técnicas de engenharia de usabilidade, as quais fornecem as seguintes contribuições científicas para a área de projeto de interface do usuário:

- Pesquisar e identificar documentos específicos de sistemas de RA com menção para usabilidade e engenharia de usabilidade;
- Estudar métodos da psicologia cognitiva aplicada para auxiliar na análise de tarefas

cognitivas e na conseqüente tomada de decisões;

- Apresentar um conjunto de atividades de cada fase da análise de requisitos para guiar os desenvolvedores de RA na criação de interfaces mais usáveis e funcionais;
- Modificar/melhorar um modelo de engenharia de usabilidade, que foca na análise de requisitos e descreve um conjunto de atividades específicas dessa fase;
- Implementar técnicas/estratégias para apoiar o processo de *design* quando padrões e diretrizes ainda não estão disponíveis;

6.2 Trabalhos Futuros

Existem diversos aspectos que foram abordados neste trabalho e que podem ser estendidos, visando acrescentar novas facilidades e aumentar o desempenho das aplicações desenvolvidas. Algumas sugestões para trabalhos futuros são as seguintes:

- Ajustes, adequações e inserção de atividades na metodologia proposta, identificados através da aplicação da mesma.
- Integrar essa metodologia com outros *templates*, destinados a utilização na Engenharia de Requisitos para os sistemas computacionais de uso geral.
- Utilizar outras formas de avaliar a metodologia proposta.
- Adequação da metodologia proposta para outras novas tecnologias.
- O desenvolvimento de uma ferramenta automatizada que apóie e facilite a utilização da metodologia, bem como permita a criação de um repositório para armazenamento e recuperação dos artefatos gerados ao longo da Análise de Requisitos.

Referências Bibliográficas

- Angela Eika Pimentel Amado (2007). Avaliação de Usabilidade de Ambientes de Realidade Virtual e Aumentada. Master's thesis, Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Industrial.
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence*, 6(4):355–385.
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., and MacIntyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6):34–47.
- Bastos, N. C. (2007). *Uma Metodologia para Avaliação de Usabilidade de Interfaces de Realidade Mista Interativas*. Tese ou dissertacao eletrônica, Universidade Federal de Pernambuco.
- Berntsen, D. e Thomsen, D. K. (2005). Personal Memories for Remote Historical Events. *Journal of Experimental Psychology*, 134:242–257.
- Bourdon, K., Boyd, J., Era, D., Burns, B., and Thompson, J. (1988). Gender Differences in Phobias: Results of the Eca Community Survey. *Journal of Anxiety Disorders*, pages 227–241.
- Brito, A. (2008). *Blender 3D guia do usuário*. Novatec.
- Cooke, N. J. . (1994). Varieties of Knowledge Elicitation Techniques. *International Journal of Human-Computer Studies*, 41:801–849.

- Costabile, M., DE Marsico, M., Lanzilotti, R., Plantamura, V., and Roselli, T. (2005). On the Usability Evaluation of E-Learning Applications. In *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Dias, M. J., Carvalho, J., Santos, P., and Luzio, J. (2003). Usability Evaluation of Tangible User Interfaces for Augmented Reality . *Augmented Reality Toolkit Workshop, 2003. IEEE International*, pages 54– 61.
- Dünser, A., Grasset, R., Seichter, H., and Billinghurst, M., editors (2007). *Applying HCI principles to AR Systems Design*, North Carolina, USA. MRUI’07: 2nd International Workshop at the IEEE Virtual Reality 2007 Conference.
- do Carmo, R. M. C., Meiguins, B. S., Gonçalves, A. S., Pinheiro, S. C. V., Almeida, L. H., and Godinho, P. I. A. (2007). Coordinated and Multiple Views in Augmented Reality Environment. In *IV*, pages 156–162. IEEE Computer Society.
- Durso, T., F., Nickerson, S., R., Schvaneveldt, W., R., Dumais, T., S., Lindsay, Stephen, D., Chi, and H., M. T., editors (2007). *Handbook of Applied Cognition*. John Wiley & Sons.
- Fernandes, B. C. A. and Sánchez, J. F. (2008). Realidade Aumentada Aplicada ao Design. *Holos - Revista de Divulgação Científica e Tecnológica do do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte*, 1:28–47.
- Fischer, J.; Bartz, D. . S. W. (2006). The Augmented Painting. In: *ACM SIGGRAPH Emerging Technologies Program*. Boston.
- Gabbard, J. L. (2008). *Usability Engineering of Text Drawing Styles in Augmented Reality User Interfaces*. PhD thesis, Faculty of Virginia Polytechnic, Blacksburg, Virginia.

- Gabbard, J. L., II, J. E. S., Hix, D., Lanzagorta, M., Livingston, M., Brown, D., and B, S. J. (2002). Usability Engineering: Domain Analysis Activities for Augmented Reality Systems. Proceedings SPIE Volume 4660, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems IX.
- Gabbard, J. L. e Swan, E. (2008). Usability Engineering for Augmented Reality: Employing User-Based Studies to Inform Design. *IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics*, 14(3):513 a 525.
- Goldiez, B., Livingston, M. A., Dawson, J., Brown, D., Hancock, P., Baillot, Y., and Julier, S. J., editors (2004). *Advancing Human Centered Augmented Reality Research*, Orlando. University of Central Florida Orlando, Proceedings for the Army Science Conference (24th).
- Granado, L. C., Ropero Peláez, F. J., and Garcia-Mijares, M. (2005). Estudo no Contexto Brasileiro de Três Questionários para Avaliar Aracnofobia. In *In Livro de programa e resumos: do 14 Congresso Interno Núcleo de Pesquisa em Neurociências e Comportamento XIV Congresso Interno Anual do NaP/NEC*.
- Hartman, J. W. J. (1996). *The Vrm1 2.0 Handbook, Building Moving Worlds on the Web*. Addison-Wesley.
- Hoffman, R. R., Crandall, B. W., and Shadbolt, N. R. (1998). Use of the Critical Decision Method to Elicit Expert Knowledge: A Case Study in Cognitive Task Analysis Methodology. *Human Factors*, 40(2):254–276.
- Hollnagel, E. (2002). *Handbook of Cognitive Task Design*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kirner, C. e Siscoutto, R. (2007). *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto*

- e Aplicações*. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, 2007. Livro do pré-simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Editora SBC, Petrópolis - RJ.
- Klein, G. A., C. R. M. D. (1989). Critical Decision Method for Eliciting Knowledge. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 19(3):462–472.
- Kulas, C., S, C., Klinker, G., München, T. U., and Softwaretechnik, L. F. A. (2004). Towards a Development Methodology for Augmented Reality User Interfaces. In *in Proc. of the International Workshop exploring the Design and Engineering of Mixed Reality Systems - MIXER 2004*.
- Laudon, K. e Laudon, J. (2008). *Management Information Systems*. Prentice Hall.
- Luczak, H. (1997). *Task Analysis - Handbook of Human Factors and Ergonomics*. John Wiley Sons, New York.
- Marot, R. (2009). Fobia Específica.
- Mogel, L. (2000). *Careers in Communications and Entertainment*. Kaplan Books, New York.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Amazon, Boston.
- Polys, N. F. e Bowman, D. A. (2004). Design and Display of Enhancing Information in Desktop Information-Rich Virtual Environments: Challenges and Techniques. *Virtual Reality*, 8(1):41–54.
- Preece, J., Rogers, Y., and Sharp, H. (2005). *Design de Interação - Além da Interação Homem - Computador*. Artmed.
- Pressman, R. S. (2006). *Engenharia de Software*. McGraw-Hill, 6 edition.

- Rebelo, I. B. (2004). Proposta de uma Ferramenta de Verificação dos Procedimentos de Interação em Sistemas de Realidade Virtual. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina Programa - Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis.
- Sanchez, J., Bowles, C. T., Rogers, W. A., and Fisk, A. D. (2006). Human Factors Goes to the Golf Course: Knowledge Engineering of Commercial Mowing. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, 14(3):17–23.
- Schoenfelder, R. e Schmalstieg, D. (2008). Augmented Reality for Industrial Building Acceptance. In *VR*, pages 83–90. IEEE.
- Shneiderman, B. e Plaisant, C. (2005). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Pearson Education.
- Siscoutto, R. e Costa, R. (2008). *Realidade Virtual e Aumentada: Uma Abordagem Tecnológica*. Sociedade Brasileira de Computação, João Pessoa, 2008. Livro do pré-simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Editora SBC, João Pessoa - PB.
- Stone, D., Jarrett, C., Woodroffe, M., and Minocha, S. (2005). *User Interface Design and Evaluation*. Morgan Kaufmann.
- Suthau, T., Vetter, M., Hassenpflug, P., peter Meinzer, H., and Hellwich, O. (2002). A Concept Work for Augmented Reality Visualization. In *Medical Application in Liver Surgery, Technical University Berlin, Commission V, WG V/3*.
- Swan, J. E. e Gabbard, J. L. (2005). Survey of User-Based Experimentation in Augmented Reality. In *Proceedings of 1st International Conference on Virtual Reality, HCI International 2005*, Las Vegas, Nevada, USA.

- Tori, R. (2009). Desafios para o Design de Informação em Ambientes de Realidade Aumentada. *Revista Brasileira de Design da Informação*, 6(1):49–60.
- Tori, R., Kirner, C., and Siscoutto, R. (2006). Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Apostila do Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality.
- Wang, C. e Reeves, T. (2007). *The Meaning of Culture in Online Education: Implications for Teaching, Learning, and Design*. Information Science Publishing, USA.
- Ware, C. (2000). *Information Visualization: Perception for Design*. Number 438 pp. CA: Morgan Kaufmann.
- Winder, J. e Tondeur, P. (2009). *Papervision3D Essentials*. Packt.
- Zorzal, E. R. (2008). Sistemas de Realidade Aumentada. Disponível em <<http://www.realidadeaumentada.com.br>>. Acesso em 15/11/2009.

APÊNDICE A . Questionário para avaliação de perfil do usuário

Perfil do Usuário:

Sexo: _____

Idade: _____

Área de atuação/Atividade atual:

Nível de escolaridade:

Tipo de usuário:

Limitações:

Com relação à utilização de tecnologias:

Esporádico

Freqüente

Avalie sua freqüência no uso de computadores em geral.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avalie sua freqüência no uso de ambientes tridimensionais (3D) através de jogos eletrônicos ou ambientes virtuais

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avalie sua freqüência no uso de ambientes de Realidade Aumentada.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avalie sua freqüência no uso de capacetes de visualização.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Com relação ao nível de sua experiência:

Nenhuma Experiência

Alta Experiência

Avalie sua experiência no uso de computadores em geral.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avalie sua experiência no uso de ambientes tridimensionais (3D) através de jogos eletrônicos ou ambientes virtuais

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avalie sua experiência no uso de ambientes de Realidade Aumentada

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avalie sua experiência no uso de capacetes de visualização.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Com relação ao nível do seu conhecimento:

Nenhum conhecimento

Alto Conhecimento

Avalie seu conhecimento sobre Realidade Aumentada.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avalie seu conhecimento em relação a sistemas utilizados no processo terapêutico

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avalie seu conhecimento em relação a sistemas utilizados no auxílio do ensino

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

APÊNDICE B . Questionário de avaliação na utilização da tecnologia de RA

Sistema Tipo 1 – Sistema de visão por vídeo baseado em monitor

Equipamentos utilizados: Computador genérico, webcam e marcadores.

Com relação ao uso da tecnologia:

Nada

Muito

Sentiu-se tonto?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sentiu-se desorientado durante a utilização do sistema?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Foi difícil fazer com que apareçam os objetos virtuais?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Foi difícil fazer a interação no ambiente?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Foi difícil manipular o marcador?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Os objetos virtuais se assemelham a objetos reais?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Gostou de utilizar o sistema?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Achou o sistema complexo?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Ficou com impressão de que o sistema é fácil de usar?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Precisaria do apoio de um técnico para ser capaz de usar este sistema?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sentiu-se confiante ao utilizar o sistema?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

O sistema é cansativo?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Utilização dos marcadores:

1. O tamanho do marcador foi apropriado para o sistema? Sim() Não()
2. Deseja descrever alguma sugestão a respeito do marcador? Como ele poderia ser confeccionado para melhorar a sua manipulação no sistema?

Tempo utilizado para completar a tarefa: _____

Dificuldades encontradas na manipulação do sistema:

Sistema Tipo 2 – Sistema de visão por vídeo

Equipamentos utilizados: Computador, capacete com câmera integrada (HMD) e marcadores.

Com relação ao uso da tecnologia:

Nada

Muito

Sentiu-se tonto?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sentiu-se desorientado durante a utilização do sistema?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Foi difícil fazer com que apareçam os objetos virtuais?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Foi difícil fazer a interação no ambiente?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Foi difícil manipular o marcador?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Os objetos virtuais se assemelham a objetos reais?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Gostou de utilizar o sistema?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Achou o sistema complexo?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Ficou com impressão de que o sistema é fácil de usar?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Precisaria do apoio de um técnico para ser capaz de usar este sistema?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sentiu-se confiante ao utilizar o sistema?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

O sistema é cansativo?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

O que achou dos óculos (capacete)?

Tempo: _____

Comentários adicionais:

Qual o sistema foi o predileto?

Qual sistema foi mais cômodo?

Qual sistema foi mais realístico?

APÊNDICE C .Modelo do Termo de consentimento do usuário

O objetivo deste questionário é conhecer a sua opinião acerca do Sistema utilizado para o auxílio do tratamento da Aracnofobia com Realidade Aumentada, um trabalho realizado no âmbito de um Mestrado e de um Doutorado em Ciências, área de conhecimento em Processamento da Informação, da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

O sistema foi idealizado a partir de uma estratégia e arquitetura computacional proposta e consiste em construir uma ferramenta para auxiliar um terapeuta a tratar pessoas com Aracnofobia, esse sistema é baseado totalmente nos requisitos avaliados e sugeridos pelo usuário (psicólogos). Depois que foi conceitualmente definido, é importante realizar um estudo e apresentar a viabilidade do uso da associação destas tecnologias, a fim de contribuir para o avanço das pesquisas na área.

Por estas razões, solicitamos seu consentimento para a realização deste estudo, bem como possíveis gravações do áudio e vídeo do mesmo. Para tanto, é importante que você tenha algumas informações adicionais:

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

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

- ☐ Dou meu consentimento para sua realização;
- ☐ Não autorizo sua realização.

_____, _____ de _____ de 2011.

Participante:

Nome: _____

Assinatura: _____

Pesquisadores:

**Nomes: Lázaro V. de O. Lima
Paula Teixeira Nakamoto**

APÊNDICE D . Questionários de Avaliação do Sistema

Questionário de usabilidade aplicado aos usuários experimentais

	Discordo Fortemente	Concordo Fortemente				
Eu penso que gostaria de usar freqüentemente este sistema.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
Eu achei o sistema complexo.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
Eu fiquei com impressão de que o sistema é fácil de usar.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
Eu penso que precisaria do apoio de um técnico para ser capaz de usar este sistema.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
Eu achei que as diversas funcionalidades deste sistema estavam bem integradas.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
Eu fiquei com impressão que havia demasiada inconsistência neste sistema.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
Eu acredito que a maior parte das pessoas aprenderia a usar muito rapidamente este sistema.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
Eu achei o sistema muito enfadonho de usar.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
Senti-me confiante a usar o sistema.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
Eu precisava aprender muitas coisas antes de voltar a usar.	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		

Questionários sobre a eficácia do sistema

Sobre a experiência de interação no sistema e aspectos visuais:

Discordo fortemente

Concordo Fortemente

As informações obtidas por meio dos gráficos e ícones são relevantes.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Este sistema tem uma apresentação gráfica agradável e legível.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Eu sempre sei em que cenário estou, como cheguei e onde quero chegar.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

De modo geral, considero rápido o acesso às informações neste sistema.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Os recursos de navegação (menus e ícones) estão todos claros e fáceis de achar.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

O conteúdo textual está claro e consistente.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

É fácil a navegação neste sistema

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Gostaria de usar mais vezes sistemas com este tipo de tecnologia.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Gostei da forma em que interagi com sistema. Gostaria de usar mais sistemas com esta abordagem.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Notei as modificações no sistema na segunda vez em que o acessei. Essas modificações foram benéficas nas minhas tarefas.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Comentários Adicionais.

Durante a utilização do sistema, deparei-me com dificuldade para:

	Nunca	Sempre			
Saber o que fazer no cenário de entrada.	1	2	3	4	5
Reconhecer as opções disponíveis.	1	2	3	4	5
Voltar ao cenário inicial.	1	2	3	4	5
Interagir com o sistema.	1	2	3	4	5
Encontrar a informação que pretendia.	1	2	3	4	5
Perceber a organização da aplicação.	1	2	3	4	5
Preencher e a atualizar os formulários.	1	2	3	4	5

Somente para as pessoas que participaram da fase de Análise de Requisitos

	Nunca	Sempre			
Notei as modificações no sistema na segunda vez em que o acessei. Essas modificações foram benéficas.	1	2	3	4	5
A maioria das opções que considerei importante foram implementadas.	1	2	3	4	5
Você considera que a metodologia de Análise de Requisitos e a apresentação da tecnologia usada foram importantes para a construção de um sistema mais usável e eficaz?	1	2	3	4	5

Comentários adicionais:

O que você mais gostou nesta aplicação?

Você tem algum comentário adicional sobre o sistema?

Como você entende que este sistema pode ser melhorado?

Muito obrigado pela sua colaboração