

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

EDGAR DE OLIVEIRA RONCHI

TANGIBILIDADE NA INTERAÇÃO EM INTERFACES GRÁFICAS

CRICIÚMA, DEZEMBRO DE 2011

EDGAR DE OLIVEIRA RONCHI

TANGIBILIDADE NA INTERAÇÃO EM INTERFACES GRÁFICAS

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado
para obtenção do Grau de Bacharel em Ciência
da Computação da Universidade do Extremo
Sul Catarinense.

Orientadora: Profa. MSc. Leila Laís Gonçalves

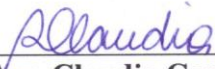
CRICIÚMA, DEZEMBRO DE 2011

Dedico este trabalho aos meus pais e a minha esposa
Franciele, sempre presentes nos momentos de
dificuldade e de alegria.

EDGAR DE OLIVEIRA RONCHI

Tangibilidade na Interação em Interfaces Gráficas

Submetido ao corpo docente do Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

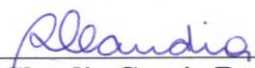


Profa. MSc. Ana Claudia Garcia Barbosa
Coordenadora do Curso de Ciência da Computação

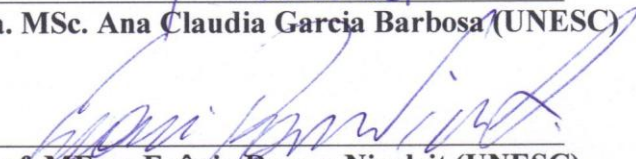
Banca Examinadora:



Profa. MSc. Leila Laís Gonçalves (UNESC)
Orientadora



Profa. MSc. Ana Claudia Garcia Barbosa (UNESC)



Prof. MEng. Evânio Ramos Nicoleit (UNESC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me guiar nesse caminho, às vezes difícil, e por mostrar sempre a melhor maneira de lidar com as situações. Se às vezes quase desisti, ele sempre se manifestou e concedeu alguma razão para eu continuar, para perseverar e para sorrir.

Aos meus pais Nadir e Edenei, irmãos e todos os familiares, que sempre acreditaram em mim e nunca dificultaram as minhas escolhas.

Aos amigos e colegas que estiveram nessa caminhada durante todo o tempo, torcendo pelo meu crescimento, e vivenciando grandes momentos, mostrando a importância da amizade e de sempre se ter as melhores pessoas presentes ao meu lado.

A minha esposa, Franciele, pelo amor, compreensão e colaboração em mais esta etapa de minha vida.

À empresa Virtualiza, seus gestores Janaina e Sílvia e meus respectivos colegas de trabalho, por toda compreensão e apoio, essenciais para realização deste projeto.

À professora e orientadora Leila Laís Gonçalves, que com seu conhecimento, me guiou nessa pesquisa, compartilhando de seu conhecimento e sabedoria.

Aos professores e à coordenação do curso de Ciência da Computação sempre presentes, contribuindo para o meu crescimento do cidadão, me apoiando e compartilhando seus conhecimentos.

A todos os colaboradores da Internet, pessoas que disponibilizam uma grande quantidade de informação de qualidade e de forma livre, colaborando com o desenvolvimento da nossa área da Tecnologia da Informação.

Enfim, a todos os que de qualquer forma, colaboraram para a concretização deste trabalho.

“A imaginação é mais importante que a ciência, porque a ciência é limitada, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro.”

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo a avaliação da tangibilidade na interação em interfaces gráficas do Windows® e a proposição de mecanismos tangíveis como dispositivos de entrada utilizando realidade mista. As bibliotecas e frameworks analisados e suas técnicas de implementação foram aplicadas na construção de um protótipo interativo de baixo custo utilizando como dispositivos uma *webcam*, o controle *Wiimote* do videogame *Wii* e também marcadores de realidade mista. O protótipo é uma aplicação web para monitorar a *webcam* e os marcadores. Ao mostrar um marcador, a aplicação web executa uma ação: desligar o computador, acionar um comando pré-definido, etc. A Interação Humano-Computador (IHC) é a fundamentação principal deste trabalho. Também fazem parte os assuntos relacionados ao projeto de interação e a realidade virtual, aumentada e mista, além de projetos comerciais e acadêmicos que demonstram o que já foi desenvolvido nesta área. Para desenvolvimento desta pesquisa foram necessários o levantamento bibliográfico, a avaliação da tangibilidade da interface, o projeto de interação Bit Tangível para a interface Windows®, a modelagem do protótipo e funcionamento dos softwares e dispositivos, a prototipação da interface tangível e a avaliação do protótipo por meio de teste de usabilidade com usuários. A avaliação dos testes foi qualitativa, usando a observação direta para avaliar os seis candidatos de diferentes níveis de familiaridade com o computador. Avaliou-se a eficácia, a eficiência, a satisfação e o aprendizado. Por meio do questionamento dos usuários em entrevista após o teste, foram coletados dados e observaram-se diversos comportamentos interessantes e diferentes: o controle do *Wiimote* e os marcadores geraram uma rica variedade de ações e os usuários demonstraram motivação com a atratividade das novas formas de manipular as informações digitais. A utilização de metáforas e analogias do mundo real para melhor compreender o ambiente virtual, mostrou-se como uma característica essencial nos projetos de interação centrados no usuário.

Palavras-chave: Tangibilidade; Interfaces Tangíveis; Interação Humano-Computador; Realidade Virtual, Aumentada e Mista; *Wiimote*.

ABSTRACT

This study aimed at evaluating the interaction tangibility in the Windows ® graphical user interfaces and proposing tangible mechanisms to input devices using mixed reality. Libraries and frameworks analyzed and their implementation techniques were applied to the construction of a low-cost interactive prototype using a webcam, the Wii video game Wiimote control as well as mixed reality markers as devices. The prototype is a web application to monitor the webcam and markers. By showing a marker, the web application performs an action: turn off the computer, trigger a pre-defined command, etc. The Human-Computer Interaction (HCI) is the main base of this study. Issues related to the project of interaction together with the virtual, augmented and mixed reality besides commercial and academic projects that demonstrate what has already been developed in this area, are also part of the study. To carry out this research a literature review was necessary, as well as the evaluation of the user interface tangibility, the interaction project Tangible Bit for Windows ® interface, the modeling of the prototype and softwares and devices operation, the prototyping of tangible user interface and the prototype evaluation through usability testing by users. The test evaluation was qualitative, using direct observation to evaluate the six candidates from different levels of familiarity with the computer. Effectiveness, efficiency, satisfaction and learning were evaluated. Users were interviewed after the test for data collection and many interesting and different behaviors were observed: the Wiimote control and the markers generated a rich variety of actions and the users showed motivation regarding the attractiveness of new forms of manipulating digital information. The use of metaphors and analogies from the real world to better understand the virtual environment, proved to be an essential feature for the user-centered interaction projects.

Keywords: Tangibility; Tangible User Interfaces; Human-Computer Interaction; Virtual, Augmented and Mixed Reality; Wiimote.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. <i>Sketchpad</i> . Operado com uma caneta de luz e uma caixa de botão de comando.....	24
Figura 2. Processo de Interação Humano-Computador.....	25
Figura 3. Teclado QWERTY	29
Figura 4. Relacionamento e qualificação dos usuários em cada geração	33
Figura 5. Reação associada à interpretação de mensagens na interação	39
Figura 6. Mapeamento de torneira. Como utilizá-las?	40
Figura 7. Interfaces gráficas do iPhone manipuladas gestualmente.....	40
Figura 8. Teclados de caixa eletrônico com organização diferente.....	41
Figura 9. Como fornecer uma idéia de como abrir portas de armários?	41
Figura 10. Maçaneta e botão.....	42
Figura 11 - Atividades básicas do PUI	43
Figura 12. Estrutura da usabilidade segundo a ISO 9241-11	45
Figura 13. Exemplo de como se pode medir usabilidade	45
Figura 14. Modelos de interação - A: Modelo da Interface Gráfica do Usuário (GUI) - B: MODELO TUI	47
Figura 15. Funcionamento do ARToolKit.....	52
Figura 16. Exemplos de marcadores.....	53
Figura 17. Caverna digital ou CAVE	57
Figura 18. Ambiente Virtual Tridimensional do <i>Second Life</i>	57
Figura 19. Exemplo de aplicação de interfaces tangíveis.....	59
Figura 20. Imagem do jogo ARQuake	59
Figura 21. Exemplo de Realidade Aumentada	60
Figura 22. Realidade Mista: <i>Virtuality Continuum</i> (VC) de Paul Milgram	61
Figura 23. Processo do <i>mobile tagging</i>	61

Figura 24. Principais tipos de códigos.....	62
Figura 25. Evolução da Realidade Virtual no contexto tecnológico	66
Figura 26. Wiimote e Nunchuk , respectivamente	71
Figura 27. <i>Kinect</i>	71
Figura 28. <i>Move</i>	72
Figura 29. Exemplos de marcadores a serem utilizados.....	73
Figura 30. Interação com os marcadores (a), e a visualização da imagem correspondente (b).....	74
Figura 31. Telas do Webcam Mania.....	77
Figura 32. Esquema da disposição dos componentes.....	78
Figura 33. Telas do CamSpace	79
Figura 34. Imagens das aplicações do projeto SixthSense	80
Figura 35. Funcionamento do protótipo	87
Figura 36. As coordenadas do Wiimote no espaço	92
Figura 37. Marcador para desligar o computador e para executar a calculadora do Windows	93
Figura 38. Tela principal do protótipo com webcam ativa.....	95
Figura 39. Tela principal do protótipo com a ajuda do gerenciador de arquivos	96
Figura 40. Gerenciador de arquivos CoolIris	96
Figura 41. Jogo Bola de Neve (Snow Blitz da Armor Games)	97
Figura 42. Jogo Atirar Cartas (Virtual Throwing Cards do WiiPlayable)	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tipos de aplicações e suas respectivas metáforas.....	28
Tabela 2. Resultados das atividades avaliadas no Windows®	84
Tabela 3. Ampliação da tangibilidade no Windows®	85
Tabela 4. Custo médio dos dispositivos	90
Tabela 5. Necessidades e requisitos do protótipo interativo	99
Tabela 6. Tabela de participantes voluntários	100
Tabela 7. Detalhamento de atividades para os usuários executarem no protótipo	100
Tabela 8. Métricas de usabilidade das opções do protótipo	102
Tabela 9. Avaliação dos usuários após o teste.....	103
Tabela 10. Quadro comparativo: trabalhos correlatos X protótipo desenvolvido	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicações)
AS3	ActionScript 3
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
GUI	Graphical User Interface (Interface Gráfica do Usuário)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
IHC	Interface ou Interação Humano-Computador
JS	JavaScript
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
SSL	Secure Sockets Layer
SL	Second Life
TUI	Tangible User Interfaces (Interfaces Tangíveis do Usuário)
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
VRML	Virtual Reality Modeling Language (Linguagem para Modelagem de Realidade Virtual)
VBS	Visual Basic Script
X3D	Padrão aberto para distribuir conteúdo 3D

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3 JUSTIFICATIVA	16
1.4 ESTRUTURA DO PROJETO.....	18
2 INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR	20
2.1 IHC: INTERFACE	22
2.2 IHC: INTERAÇÃO	25
2.3 IHC: METÁFORA, MODELO CONCEITUAL E MENTAL	26
2.4 IHC: EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO	29
2.5 IHC: PARADIGMAS DE INTERAÇÃO	30
2.6 IHC: CONTEXTO E EVOLUÇÃO	31
3. PROJETO DE INTERAÇÃO	38
3.2 PRINCÍPIOS DO PROJETO DE INTERAÇÃO	38
3.3 ATIVIDADES DO PROJETO DE INTERAÇÃO.....	42
3.4 ETAPAS DA AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INTERAÇÃO	44
3.4.1 Cenários e Lista de Tarefas para o Usuário.....	46
3.5 TUI E TECNOLOGIAS DE INTERAÇÃO.....	46
3.5.1 Tipos de Interface Tangíveis.....	48
3.5.2 Bibliotecas e Frameworks para Desenvolvimento Interfaces Tangíveis	50
3.5.2.1 Touchlib.....	51
3.5.2.2 ARToolkit.....	51
3.5.2.3 FLARToolkit	53

3.5.2.4 JSARToolKit	54
3.5.2.5 GlovePIE	54
4 REALIDADE VIRTUAL, AUMENTADA E MISTA	56
4.1 REALIDADE VIRTUAL.....	56
4.2 REALIDADE AUMENTADA	58
4.3 REALIDADE MISTA.....	60
4.4 CARACTERÍSTICAS DAS REALIDADES VIRTUAL, AUMENTADA E MISTA: IMERSÃO, INTERAÇÃO E ENVOLVIMENTO.....	62
4.5 TRAJETÓRIA e Contexto DA REALIDADE VIRTUAL, AUMENTADA E MISTA....	63
5 TRABALHOS CORRELATOS	70
5.1 WIIMOTE, KINECT E MOVE	70
5.1.1 Wiimote	71
5.1.2 Kinect.....	71
5.1.3 Move.....	72
5.2. COMPOSITOR MUSICAL TANGÍVEL USANDO O ARTOOLKIT	73
5.3 PROJETOS COM O WIIMOTE, DE JOHNNY LEE	74
5.3.1 Rastreamento dos Dedos	75
5.3.2 Lousa Interativa de Baixo Custo.....	75
5.3.3 Rastreamento de Cabeça para Desktops de Realidade.....	75
5.4 WEBCAM MANIA.....	76
5.5 INTERFACE TANGÍVEL PARA APLICAÇÕES DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS.....	77
5.6 CAMSPACE.....	79
5.7 SIXTHSENSE	79
6. iBITAGE - INTERAÇÃO BIT TANGÍVEL E GESTUAL.....	81

6.1 METODOLOGIA.....	81
6.1.1 Levantamento Bibliográfico	82
6.1.2 Avaliação da Tangibilidade da GUI do Sistema Operacional Windows®.....	82
6.1.3 Projeto de Interação Bit Tangível para a Interface Windows®	85
6.1.4 Modelagem do PUI.....	86
6.1.5 Prototipação da Interface Tangível.....	90
6.1.6 Avaliação e Teste de Usabilidade	97
6.2 RESULTADOS OBTIDOS: DA AVALIAÇÃO	101
6.3 RESULTADOS OBTIDOS: GERAIS	104
CONCLUSÃO.....	106
REFERÊNCIAS	109

1 INTRODUÇÃO

A maneira como os seres humanos interagem com os computadores sempre foi um foco de pesquisa e desenvolvimento de soluções para esta mediação. Os meios ou interfaces utilizados para a comunicação homem-máquina vêm se diversificando e evoluindo. A evolução da interação está relacionada com os dispositivos e procedimentos de entrada e saída de dados passando pelos painéis de fios, cartões perfurados, linha de comando em modo texto, interfaces gráficas, recursos 3D, comandos por voz ou gestos com o propósito de facilitar e tornar mais intuitiva a utilização das máquinas.

Mesmo com os avanços tecnológicos e os estudos cada vez mais aprofundados, é possível observar ainda obstáculos e problemas na interação humano-computador (IHC). Nos sistemas computacionais, a interface e os dispositivos de entrada e saída são meios que mediam a comunicação usuário/máquina. A distância entre a solução computacional para esta interação e a forma natural que o ser humano manipula, utiliza e realiza uma atividade gera barreiras e resistências na adoção de aplicações computacionais. Soluções interativas proprietárias mais apropriadas, como interações por gestos, têm sido propostas, porém apresentam alto custo no desenvolvimento e aquisição dos dispositivos.

Um dos problemas é a questão da abstração entre a atividade de interação e os recursos computacionais para a sua realização no ambiente virtual. Quanto mais a idéia de metáfora de interface de comunicação aproximar-se das situações reais vividas pelos usuários no seu cotidiano, melhor será a sua aceitação, aprendizado e a sua utilização. Neste contexto, a tangibilidade é uma característica que vem sendo buscada para melhorar o processo de abstração. Os dispositivos tangíveis misturam interações de objetos físicos e virtuais. O desenvolvimento de soluções alternativas de baixo custo para ampliar a tangibilidade das interfaces e, conseqüentemente, melhorar a sua usabilidade implica na análise de dispositivos,

frameworks e bibliotecas de programação com licenças de uso livres.

Este trabalho visa avaliar a tangibilidade na interação em interfaces gráficas do Sistema Operacional Windows® e propor mecanismos tangíveis como dispositivos de entrada baseados em frameworks e bibliotecas já disponíveis e gratuitos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a tangibilidade na interação em interfaces gráficas do Sistema Operacional Windows® e propor mecanismos tangíveis como dispositivos de entrada utilizando realidade mista.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são os seguintes:

- a) analisar as técnicas de implementação da tangibilidade e os dispositivos tangíveis existentes, através das bibliotecas e frameworks disponíveis;
- b) prototipar mecanismos tangíveis como dispositivos de entrada em interfaces gráficas;
- c) validar o uso de objetos concretos como elementos de interação tangível em interfaces gráficas utilizando Realidade Mista;
- d) aplicar testes de usabilidade com usuários de diferentes níveis de conhecimento em informática.

1.3 JUSTIFICATIVA

Pesquisas referentes à sistemas computacionais têm apontado novas linhas de desenvolvimento e diferentes abordagens citando como exemplo a Computação Tangível e da Realidade Virtual, Aumentada e Mista. Além disso, com a popularização das tecnologias, como o rastreamento de objetos e o reconhecimento de gestos humanos por sensores usando *webcams* simples ou controles de videogames ligados a um computador pessoal, experiências práticas envolvendo estas novas áreas já podem ser realizadas. O controle *Wiimote* do videogame *Wii* e o acessório *Kinect* do videogame *XBOX 360* são exemplos de dispositivos proprietários que transformam gestos humanos em interações computacionais (PAIVA, 2010).

Dispositivos tangíveis são capazes de receber as interações naturais do usuário e convertê-las em interações computacionais de entrada correspondentes, compondo uma solução para complementar as interfaces gráficas, como a possibilidade de se usar um controle virtual, substituindo o mouse ou o teclado, por exemplo. Desta forma, as interações são mais próximas do natural, baseado no uso de dispositivos capazes de interpretar gestos humanos e/ou objetos como marcadores, provocando alguma reação no sistema. Esses dispositivos tangíveis facilitam a capacidade de abstração por parte dos usuários e aumentam a sensação de integração dos elementos virtuais e reais, diminuindo os problemas que contribuem para a falta de realismo em sua execução (PARREIRAS, 2009).

O uso da Realidade Virtual, Aumentada e Mista para aprimorar a IHC, torna a manipulação da informação digital mais fácil e atrativa, pois a aproxima das formas usadas pelos usuários para interagir com o mundo ao seu redor no cotidiano. É um conceito de interfaces gráficas que permite aplicações computacionais, na qual haja uma interação em tempo real com usuário (BOTEGA, 2008; KIRNER et al, 1995). As Interfaces Tangíveis acrescentam um novo elemento à interação para controlar os ambientes virtuais.

Projetos de interação a partir de interfaces tangíveis buscam soluções de uso mais intuitivo, como por exemplo, interação a partir de movimentos corporais. Recursos de

interação tangível possibilitam à usuários de diferentes níveis de conhecimento em informática utilizar uma aplicação computacional partir de suas experiências cotidianas.

Neste contexto, esta pesquisa propôs um projeto de interação Bit Tangível para a interface Windows® com uso de realidade mista. A interface proposta é do tipo tangível e gestual baseada em manipuladores físicos. Para a interface tangível, foi desenvolvido um protótipo de baixo custo utilizando como dispositivos de entrada de dados *webcams* e controle *Wii* do videogame *Wii* proprietário da marca Nintendo. Foram utilizadas bibliotecas e frameworks livres e de código aberto para implementação da interação.

1.4 ESTRUTURA DO PROJETO

Esse trabalho possui seis capítulos, sendo que o primeiro é composto pela introdução, objetivo geral, objetivos específicos e a justificativa.

O segundo capítulo corresponde à Interação Humano-Computador (IHC). Nele serão estudados os conceitos de interação, interface e metáforas na computação, os objetivos e a trajetória da IHC e sua área de atuação.

O projeto de interação, com princípios e etapas, é abordado no terceiro capítulo. Também serão mostrados as tecnologias, as bibliotecas e frameworks para desenvolver interfaces tangíveis.

A realidade virtual, aumentada e mista, seus conceitos e aplicações, serão abordados no quarto capítulo, juntamente com suas características, trajetória e tendências.

O quinto capítulo é dedicado exclusivamente aos trabalhos correlatos onde serão mostrados os produtos comerciais *Wii*, *Kinect* e *Move*, os projetos com o *Wii* de Johnny Lee e o Webcam Mania, além de dois trabalhos acadêmicos na área de tangibilidade.

O projeto de interação Bit Tangível para a interface Windows® com uso de realidade mista, juntamente com a sua metodologia e recursos necessários, faz parte do sexto capítulo do trabalho. É mostrado o processo de desenvolvimento do mesmo, as técnicas utilizadas na construção do protótipo, avaliação do protótipo e resultados alcançados.

Por último temos as considerações finais e trabalhos futuros na Conclusão.

2 INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR

Com sofisticação dos sistemas computacionais e as crescentes necessidades dos usuários na mediação com estes sistemas, surge a área de Interação Humano-Computador (IHC). Estudos em IHC focam na comunicação, ação ou interação que se dá entre o usuário e um dispositivo computacional por meio físico ou lógico (PREECE; ROGERS; SHARP, 2008). De acordo com Hewett et al (2009, tradução nossa), IHC: “se preocupa com elaboração do projeto, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano e com o estudo suplementares sobre fenômenos relevantes que envolvam os aspectos de interação”.

Dentre os objetivos de IHC em um projeto de interação temos: minimizar a mecânica de manipulação, a distância cognitiva entre a intenção do usuário e a execução da tarefa e erros no uso do sistema; reduzir volume de suporte aos usuários; otimizar uso dos recursos do sistema; proporcionar maior satisfação de utilização por parte dos usuários; produzir sistemas usáveis, acessíveis, seguros e funcionais. Nielsen (1993) engloba esses objetivos no conceito aceitabilidade de um sistema envolvendo aceitabilidade social e aceitabilidade prática podendo ser avaliada na usabilidade, acessibilidade, comunicabilidade do sistema e design centrado no usuário.

A usabilidade é um atributo de qualidade relacionado à facilidade de uso de algo. Segundo a Norma ISO 9241-11 (1998), a usabilidade é definida como sendo qualidade de um produto de poder ser utilizado por usuários específicos para atingir determinadas metas com eficiência, eficácia e satisfação num contexto de uso específico.

Para Nielsen (1993), usabilidade é um conjunto de fatores que possibilitam ao usuário interagir com o sistema de forma satisfatória e que possibilitam: facilidade de uso e aprendizado (*learnability*); facilidade de recordação (*memorability*) com retenção de

conhecimento; eficiência (*efficiency*); segurança no uso (*safety*) na baixa taxa de erros com preparação do sistema para evitar erros de usuário; satisfação do usuário (*satisfaction*).

A acessibilidade visa oferecer meios para que o usuário acesse o sistema e interaja com ele, sem que a interface imponha obstáculos independentemente das condições pessoais físicas cognitivas e dos equipamentos de que dispõe.

A comunicabilidade está relacionada à capacidade da interface comunicar ao usuário a lógica do design, as intenções do designer, e os princípios de interação resultantes das decisões tomadas durante o processo de design. Este conceito proposto pela engenharia semiótica, uma teoria de IHC (de Souza, 2005).

O design centrado no usuário foca em como as pessoas querem realizar uma tarefa em vez de pensar como a tecnologia pode fazer. Projetos de interação centrados nos usuários envolvem as pessoas no processo, planejam para a diversidade e focam na experiência do usuário.

As pesquisas em IHC se dedicam a estudar os fenômenos de comunicação entre pessoas e sistemas computacionais que está na interseção das ciências da computação e informação e ciências sociais e comportamentais e envolve todos os aspectos relacionados com a interação entre usuários e sistemas. Buscam ainda, aproximar os procedimentos de interação em sistemas computacionais aos utilizados em situações reais. Os resultados são propostas de melhoria das condições de uso dos sistemas e das Interfaces Gráficas com o Usuário (GUI, do inglês *Graphical User Interface*), novos dispositivos e paradigmas de interação para os equipamentos e sistemas computacionais. A IHC fornece aos pesquisadores e desenvolvedores de sistemas esclarecimentos e previsões para fenômenos de interação usuário-sistema e resultados práticos para o projeto da interface de usuário.

Dentre os conceitos e concepções estudados em IHC, destacamos: interface, interação, modelo mental e conceitual, metáforas, paradigmas de interação discutidos a seguir.

2.1 IHC: INTERFACE

O termo “**interface**” surgiu por volta de 1880 e a partir de 1960 começou a ser utilizado pela indústria computacional que ampliou seu significado indicando interações entre departamentos e organizações ou campos de estudo. Até ser totalmente aceito, o termo sofre desaprovação por parte da comunidade científica. Na década de 1970, pesquisadores da área computacional iniciam estudos sobre a “interface com o usuário” (UI – *user interface*) também conhecida por “interface homem máquina” (MMI – *man-machine interface*). A partir de então, o termo interface é absorvido e seu uso generalizado tornando-se o conceito pioneiro de ponto de interação entre um computador e outra entidade, tais como impressoras ou operadores humanos.

Perante o senso comum, interface significa comunicação, ou seja, espaço em que há relação entre dois elementos que se encontram em lugares distintos e que necessitam da interface para intermediar essa ligação (YASUDA, 2009). Uma interface é uma superfície de contato que reflete as propriedades físicas das partes que interagem, as funções a serem executadas e o equilíbrio entre poder e controle (LAUREL, 1993 apud BARANAUSKAS; ROCHA, 2003).

A definição de interface, como termo computacional, está associada a “uma linguagem de entrada de dados para o usuário, uma saída de dados para a máquina e um protocolo de interação” (CHI, 1985 citado em PREECE, 1994, p. 7). Sendo assim, a interface é o meio que permite a comunicação entre o usuário e o computador (SCHUHMACHER, 2007). Para Moran (1981 apud SOUZA et al, 2008) a interface de usuário deve ser entendida como sendo “a parte de um sistema computacional com a qual uma pessoa entra em contato física, perceptiva e conceitualmente”.

Interface é o conjunto de aspectos que torna explícito o processo de interação em sistemas computacionais sendo responsável por promover estímulos de interação para que o usuário obtenha respostas relacionadas às suas atividades no sistema. A interface funciona como um sistema de comunicação usuário X sistema: de um lado atua como dispositivo de entrada de dados que o usuário manipula e executa ações para a realização das tarefas e de outro ela é responsável por enviar as respostas do sistema aos usuários (SOUZA et al, 2008). A cada ação é esperada uma resposta por ambos os lados: sistema e usuário.

Uma interface de um sistema computacional é composta, geralmente dos seguintes componentes (REBELO, 2009):

- a) dispositivos de entrada e saída de dados (*joysticks* ou *joy pads*, mouses, teclados, monitores, *webcams*, software, etc.);
- b) informação apresentada ao usuário ou enviada pelo usuário;
- c) retorno oferecido pelo sistema ao usuário;
- d) comportamento do sistema; e
- e) ações do usuário com respeito a todos estes aspectos.

O primeiro marco histórico em interface gráficas e com manipulação direta foi o *Sketchpad* (caderno de desenho), um programa para design gráfico criado por Ivan Sutherland em 1963. Seu trabalho antecipa a concepção da saída no monitor como uma “folha de papel”, o uso de dispositivos de apontar e a importância de mostrar uma abstração de forma gráfica. A Figura 1 mostra Sutherland operando com uma caneta de luz e uma caixa de botão de comando (sob a mão esquerda).



Figura 1. *Sketchpad*. Operado com uma caneta de luz e uma caixa de botão de comando
 Fonte: KIRNER, C. (2011)

É possível observar a evolução das interfaces nas suas diferentes apresentações no decorrer das décadas (AMYRIS, 2007):

- a) anos 1950s: as interfaces são painel de controles do hardware com diversos botões de interação e os usuários são engenheiros;
- b) anos 1960-70s: as interfaces são programas em linguagens como COBOL, FORTRAN;
- c) anos 1970-80s: as interfaces são terminais surgindo os primeiros aplicativos e linguagens de comandos;
- d) anos 1980s: as interfaces são gráficas com aplicativos de interação para diálogo (GUIs, multimídia);
- e) anos 1990s: as interfaces são multimídia e Web para realizar trabalho (redes e grupos);
- f) Século XXI: as interfaces tornam-se ubíquas / onipresentes – estão em todo lugar (aparelhos celulares, *bluetooth*, dispositivos móveis, eletrônicos, por toda a parte, telas interativas e muitas tecnologias embarcadas).

2.2 IHC: INTERAÇÃO

O termo “**interação**” tem seu conceito diferenciado em cada ciência: na Física, Sociologia, Psicologia Social, Antropologia, Informática e no Design. Ao fazer parte da informática transforma-se em interatividade (SILVA, 1998). De maneira geral, a interação designa o conjunto das ações e relações entre os membros de um grupo, ou ainda, qualquer ação recíproca de dois ou mais corpos (ALPHEN, 2004).

Nos sistemas computacionais, a interação está relacionada com a comunicação (troca) entre usuários e computadores ou outros tipos de produtos representando o diálogo entre máquina e ser humano e suas relações com as condições de projeto que envolve outros seres humanos (PREECE; ROGERS; SHARP, 2008). A interação é um processo que engloba as ações do usuário sobre a interface de um sistema, e suas interpretações sobre as respostas reveladas por esta interface, conforme a Figura 2.

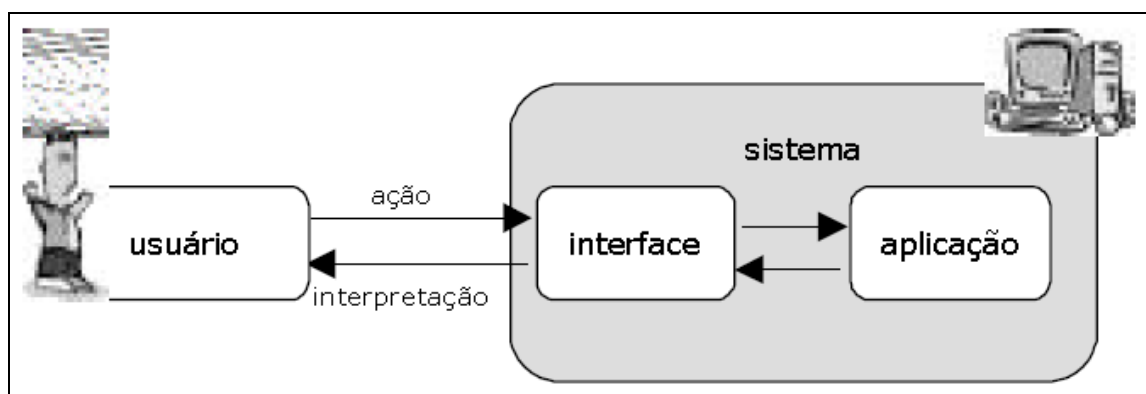


Figura 2. Processo de Interação Humano-Computador
Fonte: SOUZA, C. et al (2008, p. 4)

A interação ocorre por meio de ações básicas e habituais, que são as tarefas de interação. De acordo com Baranauskas e Rocha (2003) a interação do ser humano com o computador é conduzida por atividades de interpretação e avaliação realizada por usuários que têm o desafio de demonstrar as suas metas para eventos de entrada no computador e avaliar as reações do sistema a partir de sua percepção da saída do sistema computacional.

Portanto, interação é uma ação humana que o usuário executa em um equipamento qualquer, porém neste projeto de pesquisa, consideramos que esta ação reflete sobre os dispositivos computacionais, mas podendo compará-la com as interações do nosso cotidiano, como a maçaneta de uma porta ou uma torneira.

A interação também pode ser definida como sendo a comunicação que ocorre entre duas pessoas quando mediada por algum tipo de sistema (por exemplo: fórum, bate papo, inserção de comentários). Porém, neste trabalho, o enfoque dado à interação será o processo de comunicação homem X máquina.

Já o termo Interatividade é a capacidade de um equipamento ou sistema de comunicação ou computação, de interagir ou permitir a interação. O termo está relacionado também a interativo, que é a capacidade que um meio de comunicação tem de permitir ao receptor interagir de forma ativa com o emissor.

2.3 IHC: METÁFORA, MODELO CONCEITUAL E MENTAL

Para realizar atividades no processo de interação homem X máquina em uma interface computacional, o usuário busca em seu repertório conceitos e analogias já adquiridos. Segundo Rebelo (2009), **Modelos mentais** são suposições criadas pelas pessoas para desempenhar atividades que tenham relação com algo que ela já tenha tido contato, mesmo que o procedimento imaginado não seja o mais adequado. A facilidade de comunicação em uma proposta de interação depende da compreensão do usuário na sua utilização. A interação será mais bem facilitada quando a interface e seus recursos se apresentam para o usuário com imagens, sons, associações e conceitos que fazem sentido no seu modelo mental.

Em um projeto de interação de um sistema computacional busca-se propor soluções que atendam os modelos mentais dos usuários a partir da concepção de um modelo

conceitual. **Modelo Conceitual** é um conjunto de suposições baseadas no mundo real que indicam as regras de negócio que descrevem um sistema num conjunto de idéias e conceitos integrados a respeito de:

- a) que o sistema deve fazer?
- b) Como ele deve se comportar?
- c) Como ele deve se parecer?

No modelo conceitual são feitas abstrações identificando as conexões importantes em processos e sistemas do mundo real e podem ser enriquecidos com características específicas dos modelos mentais. A Abstração é a redução do conteúdo de um conceito, para reter apenas a informação que é relevante para um propósito particular. Detalhes concretos são deixados vagos ou indefinidos, assim uma comunicação efetiva sobre as coisas abstraídas requerem uma experiência comum entre o comunicador e o recipiente da comunicação. Através da abstração podemos imaginar os resultados de determinada ação, sem recorrer a mecanismos físicos da mesma (ZEGHER; TEICHER, 2005).

O aspecto visual e de interação é definido no modelo conceitual como **Metáfora**. **Metáforas** são semelhança ou analogias que podem ser utilizadas no projeto de interação sugerindo um relacionamento entre objetos ou processos reais conhecidos pelo usuário utilizando-se os aspectos de uma entidade física, com suas próprias propriedades e comportamento. A metáfora é utilizada para que o usuário compreenda, de forma facilitada, a relação dos componentes de interface e as atividades a serem desempenhadas priorizando a experiência anterior do usuário.

As **metáforas** na interação são muito estudadas em sistemas de realidade virtual onde a interação pode definir o grau de realismo de um sistema e seu uso torna a assimilação e uso mais fácil. No mundo virtual, a metáfora é necessária para fornecer uma idéia de lugar,

a qual representará um modelo intelectual útil e facilitador na interação por parte do usuário, exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1. Tipos de aplicações e suas respectivas metáforas

Área de aplicação	Metáfora	Conhecimento familiar
Ambiente Operacional	Desktop	Tarefas de escritório, gerenciamento de arquivos.
Ambiente de Hipertexto	Fichas, cartões, livros, revistas.	Organização flexível de textos estruturados.
Ambiente Multimídia	Aposentos associados às tarefas, Ambientes virtuais.	Estrutura espacial de construções, posto de trabalho.

Fonte: Adaptado de PREECE, J. (1994).

A escolha de uma analogia distante do modelo adotado no mundo real pode causar dificuldades para o usuário, por exemplo, as funções cortar e colar dos editores de texto. Quando se corta algum objeto ele fica armazenado na área de transferência e usuários iniciantes acham que o conteúdo foi perdido. Quando o objeto é colado em outra parte, o conteúdo inserido "empurra" os demais não sendo colado em cima da área desejada como seria em uma atividade real, para realizar a função de colar semelhante ao real é preciso marcar e depois colar. Outro exemplo de abstração em metáfora que gera dificuldade na associação e uso é o teclado QWERTY. QWERTY é a disposição das letras nos teclados utilizada em computadores e máquinas de escrever. Nessa disposição, os pares de letras utilizados com maior frequência na língua inglesa foram separados em metades opostas do teclado, numa tentativa de evitar o travamento do mecanismo das rudimentares máquinas de escrever do século XIX. Ao alternar o uso das teclas, o arranjo evitava o travamento de teclas nas antigas máquinas de escrever: enquanto uma mão acerta uma tecla, a outra localiza a tecla seguinte. O nome vem das primeiras 6 letras "QWERTY" da primeira linha, conforme Figura 3.

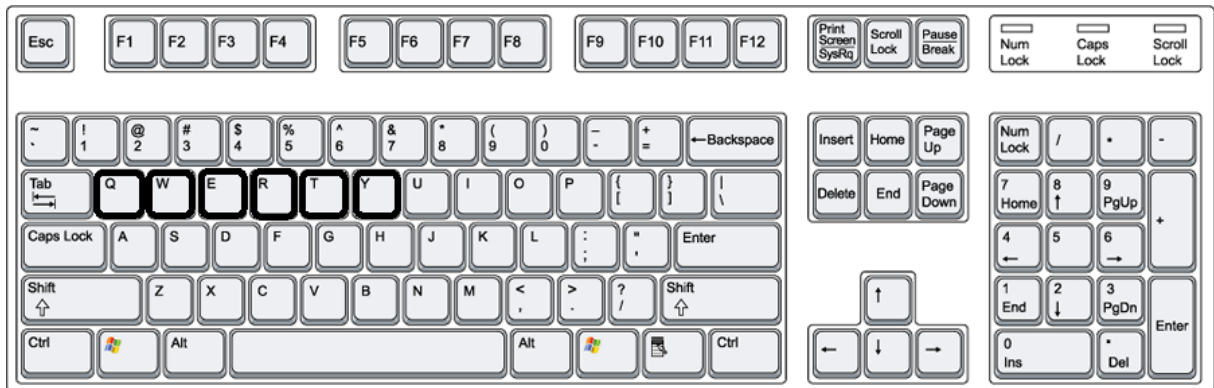


Figura 3. Teclado QWERTY

Por ter uma disposição voltada para a língua inglesa, usuários não nativos nesta língua apresentam dificuldade de aprendizado pelo fato que as teclas não estão em uma sequência, como o alfabeto é aprendido.

2.4 IHC: EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

Para atingir uma boa qualidade em projetos de interação, um dos focos de IHC é a Experiência do Usuário (*User Experience – UX*). UX envolve o modo como o uso de sistemas interativos afeta os sentimentos e as emoções do usuário. Neste sentido, UX em um projeto de interação direciona a definição do problema que precisa ser resolvido (o porquê), o perfil dos usuários (para quem) e o caminho a ser percorrido (o como).

A Norma ISO 9241-210 define a experiência do usuário como "as percepções de uma pessoa e as respostas que resultam do uso ou utilização prevista de um produto, sistema ou serviço". Assim, a experiência do usuário é subjetiva e enfoca o uso. Explica também que a experiência do usuário inclui emoções, crenças, preferências, percepções, reações físicas e psicológicas, comportamentos e realizações que ocorrem antes, durante e após o uso.

2.5 IHC: PARADIGMAS DE INTERAÇÃO

De acordo com Preece, Rogers e Sharp (2008), paradigma de interação é uma filosofia ou maneiras de pensar o design de interação guiando seu desenvolvimento. Seu objetivo é dar suporte na elaboração do modelo conceitual do projeto de interação orientando os projetistas sobre os tipos de perguntas que devem ser realizadas nos diferentes contextos de utilização do produto.

Um paradigma de interação que por muitos anos prevaleceu foi o *desktop* – computador de mesa. Neste paradigma, a informação é disponibilizada em uma GUI (*Graphical User Interface* – Interface Gráfica do Usuário) e a manipulação realizada por meio de recursos WIMP (*Windows, Icons, Menus, Pointers* - Janelas, Ícones, Menus e Indicadores). Com a evolução dos equipamentos e recursos buscou-se paradigmas com formatos cada vez mais “simbióticos” de interação. Estes paradigmas são baseados na **computação tangível** que parte do princípio que toda interação com o meio digital será feita por intermédio de um ambiente físico. Desse modo, várias abstrações digitais são transformadas em objetos que podem ser sentidos e manipulados possibilitando a exploração de aspectos visuais e motores nas interações. Sendo que, até mesmo as superfícies tangíveis podem ser substituídas por captura de gestos com o uso de visão computacional (ULLMER & ISHII, 2000).

Os paradigmas da computação tangível são discutidos por Preece, Rogers e Sharp (2008), dentre eles destacam-se: Computação Ubíqua, Pervasiva, Vestível, Bits Tangíveis, Ambientes Atentos e Computação Transparente e *Workaday World*.

A Computação Ubíqua, ou Ubicomp, é definida por uma visão do mundo digital misturado a tal ponto ao ambiente físico que acaba tornando-se “invisível” ou “transparente” (WEISER et al., 1999). Ubíquo significa aquilo que está em toda parte ao mesmo tempo. A Computação Pervasiva é uma continuação da computação ubíqua, porém nela o usuário se envolve mais e existe um nível de interesse declarado para obter algum tipo de informação,

implicando também em um número maior de tecnologias.

A Computação Vestível é composta de dispositivos funcionais, auto carregáveis e auto recursivo (independe de outros dispositivos) que são utilizados junto ao corpo. Possuem forte ligação com questões de ergonomia atendendo ao usuário sem a necessidade de dispositivos sobressalentes e de forma versátil e prática.

Os Bits Tangíveis focam na utilização de tecnologia digital oferecendo serviços que simulem experiências reais. Envolvem conceitos e tecnologias como realidade virtual, aumentada e mista, discutidas no Capítulo 4. Estas tecnologias simulam situações reais acessíveis por meio de ambientes tridimensionais digitais que oferecem ao usuário uma experiência o mais próximo possível da realidade e ainda podem combiná-los com o ambiente real.

Nos Ambientes Atentos e Computação Transparente o computador antecede as necessidades do usuário propiciando um modo de interação implícito. Para isso, o ambiente é dotado de sensores como câmeras de vídeo, microfones, detectores de reações físicas e gestuais e sistemas computacionais que analisam e codificam os dados para oferecer ao usuários algo que ele esteja esperando.

Diferente dos demais paradigmas que envolviam exploração de tecnologias e dispositivos, o *Workaday World* busca explorar questões cotidianas e sociais. É baseado nas condições sociais que envolvem o conjunto de padrões dos ambientes nos quais as tecnologias residem.

2.6 IHC: CONTEXTO E EVOLUÇÃO

A área de IHC iniciou com Donald Norman, psicólogo cognitivista que estudou a associação entre os processos mentais de planejamento e interpretação com a interação

humano-computador. É possível citar três períodos distintos durante a trajetória da área de IHC (BARANAUSKAS; ROCHA, 2003).

No primeiro período, tudo era voltado para fatores humanos e o estudo do usuário era como um conjunto de mecanismos de processamento de informação. Criação de guias para desenvolvimento de interfaces, métodos formais e testes sistemáticos baseados em métricas, com foco no indivíduo.

No segundo período, o foco está em grupos de pessoas. As abordagens são mais qualitativas e não quantitativas, requerendo prototipação e design contextual. Maior importância da natureza holística do usuário em dado ambiente.

Terceira onda - foco em aspectos culturais e estéticos. Expansão do cognitivo ao emocional. Fatores pragmáticos sociais da experiência. Tecnologias móveis e pequenas. Tecnologia extrapola os limites do contexto de trabalho e passa a fazer parte da cultura, da vida e da casa das pessoas.

Podemos fazer um histórico comparativo analisando a geração de interfaces e de computadores, juntamente com os componentes de hardware que as suportam. Nielsen (1993) apresenta uma tabela onde ele mostra esse relacionamento e também qualifica os usuários em cada geração (Figura 4).

GERAÇÃO	TECNOLOGIA DE HARDWARE	MODO DE OPERAÇÃO	LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO	TECNOLOGIA TERMINAL	TIPO DE USUÁRIOS	IMAGEM COMERCIAL	PARADIGMA DE INTERFACE DE USUÁRIO
-1945 pré-histórica	Mecânica e eletromecânica	Usado somente para cálculos	Movimento de cabos e chaves	Leitura de luzes que piscam e cartões perfurados	Os próprios inventores	Nenhuma (computadores não saíram dos laboratórios)	Nenhum
1945-1955 pioneira	Válvulas, máquinas enormes e com alta ocorrência de falha	Um usuário a cada tempo usa a máquina (por um tempo bastante limitado)	Linguagem de máquina 001100111101	TTY. Usados apenas nos centros de computação	Especialistas e pioneiros	Computador como uma máquina para cálculos	Programação, batch
1955-1965 histórica	Transistores, mais confiáveis. Computadores começam a ser usados fora de laboratórios	Batch (computador central não acessado diretamente)	Assembler ADD A,B	Terminais de linha glass TTY	Tecnocratas, profissionais de computação	Computador como um processador de Informação	Linguagens de Comando
1965-1980 tradicional	Circuito integrado. relação custo-benefício justifica a compra de computadores para muitas necessidades	Time-sharing	Linguagens de alto nível (Fortran, Pascal, C)	Terminais full screen, caracteres alfa-numéricos. Acesso remoto bastante comum	Grupos especializados em conhecimento computacional (caixas automáticas, p.ex.)	Mecanização das atividades repetitivas e não criativas	Menus hierárquicos e preenchimento de formulários
1980-1995 moderna	VLSI. Pessoas podem comprar seu computador.	Computador pessoal para um único usuário	Linguagens orientadas a problemas/objetos (planilhas de cálculo)	Displays gráficos. estações de trabalho, portáteis	Profissionais de todo tipo e curiosos	Computador como uma ferramenta	WIMP (Window, Icons, Menus, e Point devices)
1995- futura	Integração de alta-escala. Pessoas podem comprar diversos computadores	Usuários conectados em rede e sistemas em conjunto	Não imperativas, provave lmente gráficas	Dynabook, E/S multimídia, portabilidade simples, modem celular	Todas as pessoas	Computador como um aparelho eletrônico	Interfaces não baseadas em comando.

Figura 4. Relacionamento e qualificação dos usuários em cada geração
Fonte: NIELSEN, J. (1993)

No Século XXI, as interfaces estão em todo lugar, o que chamamos de computação ubíqua (onipresente). Os dispositivos móveis como celulares, *tablets*, e outros eletrônicos portáteis com tecnologias sem fio (Bluetooth, WI-FI, etc.) e acesso a internet, possibilitam aos usuários estarem sempre conectados as redes sociais e outros dispositivos, influenciando seus aspectos culturais e emocionais. A computação em nuvem (*cloud computing*) que é distribuição de recursos de armazenamento e processamento de dados em servidores na internet acessíveis a qualquer hora e local expande os limites do contexto de trabalho e passa a fazer parte da vida das pessoas. As novas formas de interação tendem a se tornarem mais tangíveis, ou seja, baseadas em interfaces que simulem a forma como os usuários interagem no seu cotidiano com objetos reais.

IHC é uma área multidisciplinar que faz parte da ergonomia cognitiva ou engenharia psicológica, ramo da ergonomia, que estuda a adaptação dos produtos e ambientes de trabalho aos processos psicológicos do ser humano. Em seu desafio multidisciplinar envolve disciplinas como (PREECE et al., 1994):

- a) Ciência da Computação que sustenta o conhecimento tecnológico para a engenharia de software e hardware;
- b) Psicologia e ciência cognitiva que oferecem conhecimento sobre comportamento e habilidades perceptivas e cognitivas, bem como técnicas de análise e avaliação empírica;
- c) Ergonomia que estuda os fatores envolvidos na utilização de máquinas em geral por seres humanos;
- d) Sociologia que auxilia o designer a entender o contexto da interação;
- e) Antropologia que visa o estudo de características humanas;
- f) Linguística com teorias e técnicas para o processamento computacional da

linguagem;

g) Semiótica – estudos dos signos (símbolos, ícones, etc.) e dos processos computacionais utilizados na interface;

h) Engenharia envolvendo princípios, métodos e técnicas para o desenvolvimento;

i) Design gráfico responsável pela produção dos elementos gráficos apresentados.

Profissionais de áreas diversas têm contribuído para o desenvolvimento de IHC,

dentre estes podemos destacar:

a) projetista de interação ou designer de interação: este profissional se preocupa com o processo de utilização do sistema e o desempenho das atividades realizadas pelo usuário sendo responsável pela geração de idéias que ofereçam o máximo de conforto ao usuário durante a realização das atividades de interação;

b) analista com especialidade em projeto centrado no usuário: responsável por conduzir as primeiras atividades de entrevista com os usuários para identificar as necessidades e transformá-las em requisitos;

c) arquiteto de informação: usa o levantamento de requisitos para entender as regras de negócio, estruturar informações necessárias e definir processos para a estruturação, organização e distribuição de informações e atividades do sistema ou do site em estruturas que possam ser compreendidas para a realização de tarefas interativas;

d) web designer: responsável por elaborar a identidade ao produto onde são definidos elementos como tipo e tamanhos de fontes, paletas de cores, logomarcas, ícones entre outros. A alocação dos componentes de interface podem ser reestruturadas caso sejam identificadas tais necessidades;

e) especialista em usabilidade: possui competências e conhecimento de conceitos

para elaborar análises de sistemas que devam sofrer melhorias, de protótipos, de produtos concorrentes para entender pontos fracos e fortes e realizar avaliações heurísticas;

- f) testador/avaliador: este profissional possui conhecimento de processos que ajudam na utilização de sistemas em produção para verificação de problemas como erros de lógica, de implementação, cosméticos. Os resultados são descritos em relatórios utilizados ao longo do processo de testes. Possui conhecimento, também, para planejar outros meios de avaliação com a utilização de usuários representativos – atividade que também pode ser dominada pelo especialista em usabilidade. O testador possui conhecimento de técnicas e processos de avaliação mais elaborados para as várias fases de desenvolvimento;
- g) designers de software têm explorado maneiras de organizar a informação graficamente. Eles têm desenvolvido linguagens de consulta e facilidades visuais para entrada, busca e saída de informação. Têm usado sons (música e voz), representações tridimensionais, animação e vídeo para melhorar o conteúdo e a expressão das interfaces. Técnicas como manipulação direta, tele-presença, e realidade virtual mudam a maneira de interagir e de pensar sobre computadores;
- h) desenvolvedores de hardware têm oferecido novos designs de teclados e dispositivos de apontamento, além dos displays de alta resolução. Eles têm projetado sistemas com resposta rápida para complexas manipulações tridimensionais. Tecnologias que permitem entrada e saída por voz, entrada por gestos, telas de toque, em muito têm aumentado a facilidade de uso dos computadores;

- i) desenvolvedores na área de tecnologia educacional estão criando tutoriais online, e materiais de treinamento explorando novas abordagens de discussões em grupo, ensino a distância, apresentações de vídeo, etc.;
- j) designers gráficos estão fortemente envolvidos com o layout visual, seleção de cores e animação;
- k) sociólogos, antropólogos, filósofos, administradores estão tratando do impacto organizacional, ansiedade computacional, treinamento, grupos de trabalho distribuídos, suporte computacional ao trabalho cooperativo, e mudanças sociais em geral.

Portanto, estamos vivendo um momento vital e estratégico para o desenvolvimento de interfaces. Pode-se dizer que as tecnologias estão prontas e que agora, o desafio é viabilizar as mesmas para a grande quantidade de usuários de dispositivos computacionais que cresce a cada dia.

3. PROJETO DE INTERAÇÃO

O projeto de interação é uma atividade prática e criativa que tem por objetivo final o desenvolvimento de um projeto que, da forma mais simples possível, ajude os usuários a atingirem suas metas. Segundo Verplank (2003 apud REBELO, 2009) o projeto de interação abrange como o usuário executará uma tarefa, como ele se sente e como ele sabe fazê-la. Até um dispositivo simples requer manipulação, conhecimento e sentimento como acontece ao apertar um botão luminoso e sentir a luz acender em seguida.

Parte deste processo compreende aspectos relacionados à interação em tarefas de atividades cotidianas do usuário, sejam elas em casa, no trabalho ou no lazer. O envolvimento do usuário no processo interativo por meio de métodos centrados no usuário é de suma importância. É necessário definir processos para comunicação e interação humana com os artefatos interativos, sejam eles de ordem lógica ou física e comportamental.

Para que tudo isso seja possível é importante executar a técnica de levantamento de necessidades e requisitos. Elicitar requisitos é a tarefa de obter e identificar dados junto aos usuários detentores das informações, que contribuam com uma análise de qualidade (BLASCHEK, 2002 apud REBELO, 2009).

3.2 PRINCÍPIOS DO PROJETO DE INTERAÇÃO

Rebelo e Cybis (2009) afirmam ainda que um conjunto princípios deve ser considerado como a base de um projeto. Dentre eles, consideremos importante a visibilidade, o retorno, as restrições, o mapeamento, a consistência e o fornecimento (*affordance*).

A **Visibilidade** é princípio é manter as funções visíveis ou pelo menos facilitar a localização do controle apropriado para a tarefa com agilidade.

O **Retorno ou Feedback** é o estímulo visual gerado pela escolha adequada da apresentação da mensagem pode facilitar o processo de compreensão. Perceba a feição dos rostos das pessoas e a sua relação com a satisfação (Figura 5) quando elas visualizam uma mensagem:

- a) com uma boa informação (“d” e “h”);
- b) com uma informação comum e esperada (“a”, “b” e “c”);
- c) ou quando elas lêem uma mensagem ruim (“i”, “j”, “k” e “l”).

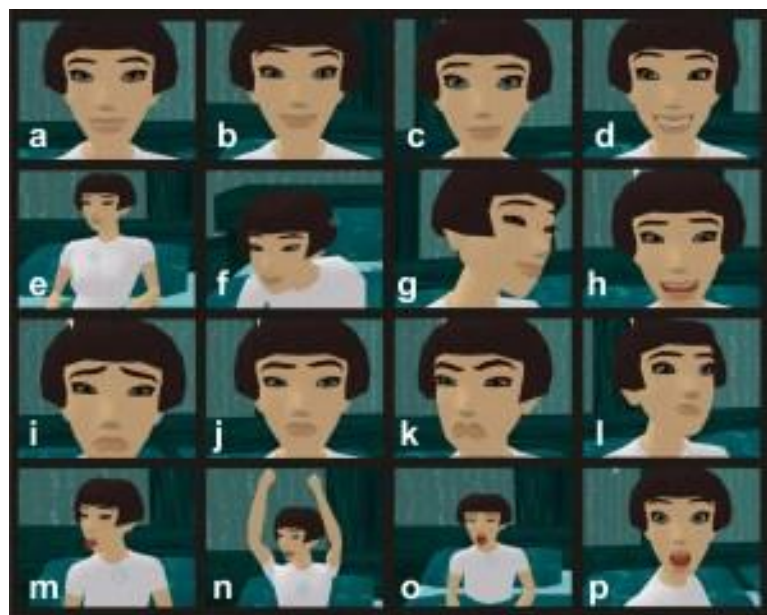


Figura 5. Reação associada à interpretação de mensagens na interação
Fonte: REBELO, I. (2019)

Dentre outras formas de retorno além do visual, temos o tátil e o sinestésico. O retorno tátil é aquele que estimula a camada sensível da pele que sente superfícies lisas, ásperas, frias, quentes e outras. O retorno sinestésico é aquele que estimula mais que esta camada da pele, estimula-se também a força, como nos controles de vídeo games que vibram durante o jogo (REBELO, 2009; SCHUHMACHER, 2007).

As **Restrições** são formas de delimitar a ação do usuário garantindo que ele escolha a opção correta para continuar a atividade. É uma forma de restringir a interpretação (minimizar a opções disponíveis) e forçar um caminho dentre várias possibilidades.

O **Mapeamento** é a relação entre os controles e seus efeitos. A manipulação de controles deve ser simples de ser entendida, mas ser for necessário símbolos podem orientar o usuário. Na Figura 6 podem ser vistos dois modelos de torneiras que precisam ser estudados para serem utilizados. Os símbolos gráficos com cores ajudam o usuário, mas não são suficientes.



Figura 6. Mapeamento de torneira. Como utilizá-las?
Fonte: REBELO, I. (2019)

As interfaces gestuais prometem uma mudança de conceitos na relação entre controle e efeito. Um exemplo recente disso é o iPhone da Apple (Figura 7) que não oferece botões, mas permite uma série de ações aparentemente fáceis de serem aprendidas.



Figura 7. Interfaces gráficas do iPhone manipuladas gestualmente
Fonte: REBELO, I. (2019)

A **Consistência** é a similaridade de tarefas, operações ou regras, ou seja, o mesmo tipo de operação para a mesma tarefa. O benefício que as regras de consistência podem oferecer é a facilidade no aprendizado. O usuário só precisa aprender um conjunto delimitado de ações. Os diferentes tipos de teclados de calculadoras, telefones, teclados de computador,

caixas eletrônicos, são exemplos de falta de consistência, pois todos possuem teclados numéricos diferentes (Figura 8).



Figura 8. Teclados de caixa eletrônico com organização diferente
Fonte: REBELO, I. (2019)

O **Fornecimento ou *Affordance*** é a auto-sugestão sobre o que fazer. Trata das propriedades percebidas de um objeto que determinam como ele pode ser usado. Só olhando, o usuário sabe o que fazer, pois utiliza o mínimo de esforço. A partir das características do objeto, o usuário mesmo sem o conhecer, cria uma idéia da funcionalidade do mesmo. Abaixo alguns exemplos de processos que são óbvios e não precisam ser aprendidos:

- a) cadeado indica segurança;
- b) raio indica energia;
- c) cor vermelha significa perigo ou atenção;
- d) cor amarela significa alerta;
- e) cor verde significa liberdade de ações.

Este princípio está associado ao conceito de modelo mental individual. Quando o modelo conceitual for aplicado no projeto, serão fornecidas dicas ao usuário para que ele preveja as ações a serem realizadas com o objeto (Figura 9).



Figura 9. Como fornecer uma idéia de como abrir portas de armários?
Fonte: REBELO, I. (2019)

Por exemplo, uma faca contém dois lados, um com fio e o outro sem o fio. Contém um cabo com ondulações para agregar os dedos das mãos voltadas para o lado do fio

que indica onde a pessoa irá segurar e com o lado que irá trabalhar. As ondulações do cabo são *affordances*, pois sugerem como a face deve ser manipulada e que o objeto será manipulado com firmeza e segurança (LIMA, 2001 apud REBELO 2009).

Como vimos, utilizar analogias e metáforas do mundo real em sistemas são formas de prover a auto-sugestão. Como exemplos, temos os botões que são para girar, teclas para pressionar, tesouras para cortar etc. Veja na Figura 10 que a maçaneta sugere que deve ser torcida e empurrada ou puxada. O botão com a seta sugere que ele possa ser apontado com um ponteiro de mouse dentro dos limites visíveis e pressionado.



Figura 10. Maçaneta e botão
Fonte: REBELO, I. (2019)

3.3 ATIVIDADES DO PROJETO DE INTERAÇÃO

Podemos observar quatro atividades básicas no processo do projeto de interação (PREECE et al, 2005 apud REBELO, 2009):

- a) **identificar necessidades e estabelecer requisitos:** trata-se da base de requisitos do projeto. Sustenta o design e o desenvolvimento. O objetivo desta etapa é conhecer o usuário alvo e o tipo de suporte que o projeto oferecerá. É fundamental iniciar uma abordagem centrada no usuário.
- b) **desenvolver projetos alternativos que vão de encontro aos requisitos:** atividade central do projeto de interação. É quando surgem as idéias que devem atender aos requisitos, geradas com base em algum tipo de suporte. São as sub-atividades da geração de idéias. O projeto conceitual ou o modelo conceitual do projeto ganha forma juntamente com a descrição sobre o que o projeto fará, como

se comportará e parecerá. O projeto físico pode ser iniciado com detalhes de interação e de interfaces, o que pode incluir o estudo de cores, sons, imagens, menus, animações, ícones, dentre outros.

c) **construir versões interativas de maneira que possam ser comunicadas e analisadas:** fornecer meios de simular o processo de interação para os usuários verificarem o atendimento das suas necessidades. As versões prototipadas são meios conhecidos para mostrar ao usuário como um produto está sendo feito e verificar a primeira reação de aceitação. Não precisa ser uma versão funcional. Protótipos em papel ou versões simples digitais podem ser aplicados, são baratos e eficazes na busca de problemas nas primeiras fases. O usuário tem uma noção real de como será a interação.

d) **avaliar o que está sendo construído e medir sua aceitabilidade:** são maneiras de determinar a usabilidade e aceitabilidade do projeto utilizando vários critérios, tais como número de erros do usuário, atratividade, preenchimento dos requisitos, etc. Verificam se o projeto encontra-se em condição de uso.

Estas atividades (Figura 11), podem se repetir em etapas diferentes do desenvolvimento do projeto. Prototipagem, por exemplo, pode acontecer tanto na fase inicial de documentação como no decorrer da programação. Mas a etapa crítica que precisa de muita atenção é o levantamento ou elicitação de requisitos.



Figura 11 - Atividades básicas do PUI
Fonte: REBELO, I. (2009)

3.4 ETAPAS DA AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INTERAÇÃO

Rebelo (2009) destaca que os protótipos em forma de versões interativas fornecerão uma sensação mais próxima do real no processo. A escolha do protótipo dependerá do tempo destinado ao projeto, mas o importante é que existam formas de comunicar os processos e condições para análise dos mesmos como se fosse o produto final.

Por meio da Engenharia de Usabilidade, é possível para descrever critérios verificáveis e mensuráveis. Ela especifica as medidas quantificáveis sobre o desempenho do projeto com relação às medidas adotadas, as documenta com base na especificação de usabilidade e avalia o projeto com base nessas medidas (REBELO, 2009).

No processo de avaliação centrado no usuário ele se torna parte da equipe do projeto. Sua participação geralmente aponta alterações de melhoria nos sistemas, mas este envolvimento pode acontecer durante todo o desenvolvimento. Ele é envolvido nos processos de observação direta, de entrevistas e outros, mas o objetivo é sempre testar o sistema e seus processos de interação, e não o usuário. Independente do formato da avaliação a qualidade do protótipo direciona os objetivos da avaliação (REIS, 2004 apud REBELO 2009; SCHUHMACHER, 2007).

Segundo Rebelo (2009), é necessário chegar aos usuários compreendendo suas características e capacidades, bem como saber como eles fazem as mesmas tarefas atualmente e se atingirão o objetivo com mais eficiência com outro tipo de suporte.

Nielsen (1993) propôs testes com melhor relação de custo-benefício, utilizando entre três e seis usuários e dispensa das gravações em laboratórios, para se encaixar dentro dos orçamentos das instituições. Krug (2010) reafirma que quanto mais usuários são observados, menos novos problemas são encontrados: deve-se manter o foco na avaliação qualitativa, sendo suficiente observar as ações dos usuários e ouvir suas considerações.

A observação direta é processo de inspecionar a usabilidade de um sistema, observando-os os usuários, durante sua utilização. Os participantes avaliam o grau que um sistema se encontra em relação a critérios específicos de usabilidade. É o processo que envolve o *feedback* vivo dos usuários operando tarefas reais em condições controladas e define se os usuários encontram e utilizam os recursos dentro do tempo e com o esforço que desejam (CYBIS, 2010).

A Experiência do Usuário ou *User Experience* (UX) é uma área em estudo que estabelece uma nova forma de definir a qualidade de um projeto a partir da experiência vivida pelo usuário. O principal critério que define uma boa experiência é a satisfação do usuário ao utilizar o produto. Os testes de satisfação analisam, entre outras coisas, a postura e envolvimento do usuário durante o uso do produto.

A Figura 12 mostra como estruturar estes critérios de usabilidade e a Figura 13 exemplificam os mesmos.

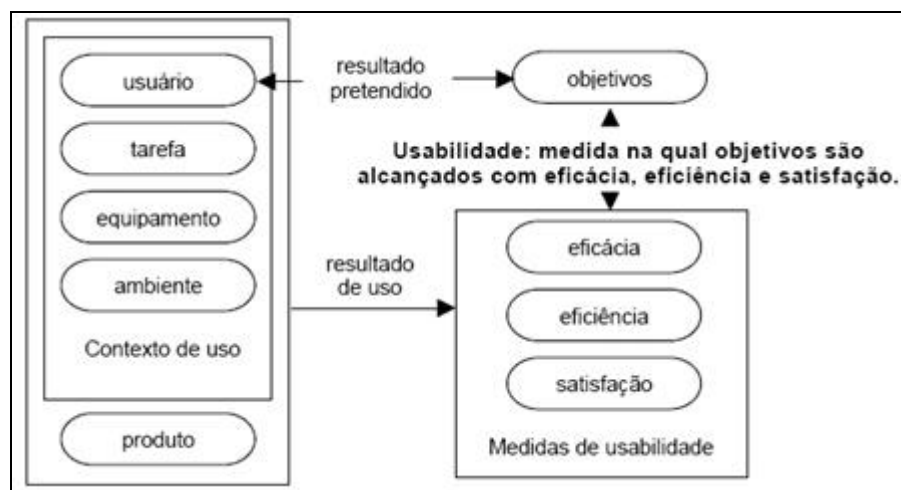


Figura 12. Estrutura da usabilidade segundo a ISO 9241-11
Fonte: REBELO, I. (2019)

Usabilidade para...	...uso da agenda de contato telefônicos em celular
Medidas de eficácia	Número de tarefas concluídas. Número de usuários que completaram a tarefa corretamente.
Medidas de eficiência	Número de toques de teclas para completar a tarefa. Tempo para completar a tarefa.
Medidas de satisfação	Frequência de reclamações. Expressões dos usuários.

Figura 13. Exemplo de como se pode medir usabilidade
Fonte: ABREU, M. (2005 apud REBELO 2009)

3.4.1 Cenários e Lista de Tarefas para o Usuário

Ainda segundo Rebelo (2009) e Krug (2010), uma forma de estabelecer uma relação detalhada do processo de interação é descrever o processo em detalhes com a descrição de objetivo/cenário, ação/tarefa e resultados esperados. Os resultados levam ao desenvolvimento de protótipos de telas que esclarecem o procedimento de forma visual, minimizando as barreiras que possam gerar dúvidas aos desenvolvedores e aos usuários.

Como **instrumentos de avaliação qualitativa**, segundo Agner (2007) e Krug (2010) além de questionários e entrevistas, podemos usar os protocolos de verbalização de pensamentos que são utilizados durante os testes de usabilidade, onde os usuários são incentivados a fazer seus pensamentos em voz alta enquanto executam as tarefas. Acredita-se que este método tenha uma importante validade, já que os dados obtidos refletem o uso real dos objetos e não julgamentos dos participantes sobre a sua usabilidade.

3.5 TUI E TECNOLOGIAS DE INTERAÇÃO

O modelo de Interfaces Tangíveis do Usuário (TUI) sugere que alguns objetos virtuais podem ter uma representação física e que agem no meio virtual de acordo com as ações que recebem por parte dos usuários. Esses objetos delimitam os dispositivos de entrada, e através de suas características fornecem dados da interação com o usuário, manipulando a informação digital (RADICCHI; NUNES; BOTEGA, 2010). A interação tangível pode começar com gestos manuais, mas pode envolver o corpo inteiro.

Com a expansão das novas interfaces, popularizada principalmente pelo console Wii, um dos primeiros produtos digitais a incorporar gestos, aproveitando seu potencial de

expressão e envolvimento, e agora com o *Kinect*, observamos a importância da preocupação do projeto da interface centrada no usuário. Caso contrário, o projeto tende a não ser uma ferramenta eficiente ao que se propõe (Figura 14).

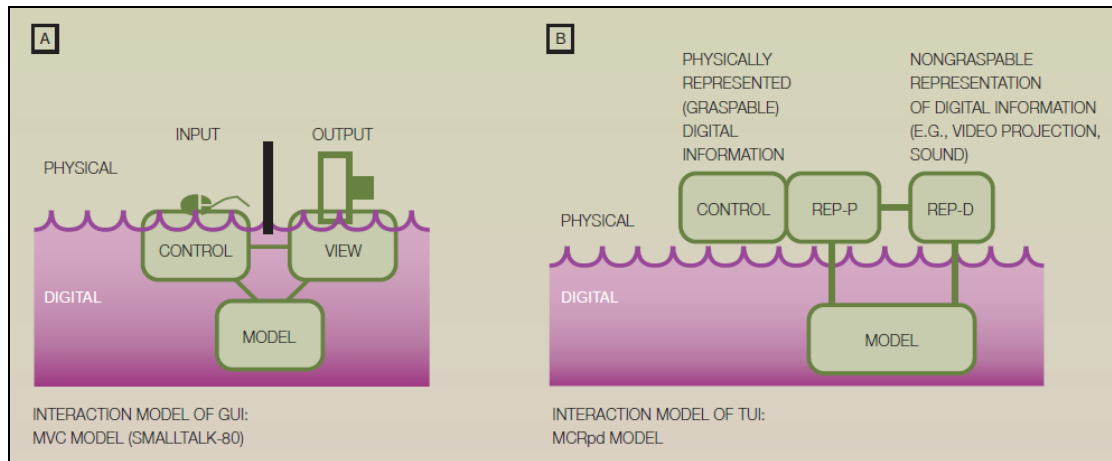


Figura 14. Modelos de interação - A: Modelo da Interface Gráfica do Usuário (GUI) - B: MODELO TUI
Fonte: ISHII; ULMER (2000 apud PEREIRA, K., 2009)

Enquanto o mundo digital permite uma gama de conteúdo a ser armazenado e manipulado, a promessa de uma verdadeira informação digital maleável é limitada pelo meio através do qual podemos acessar o espaço digital.

As interfaces que se situam entre o nosso ambiente físico de todos os dias e o mundo digital se mantêm dominadas por dispositivos de entrada simples como mouse e teclados. Tem se reconhecido que eles não atendem às necessidades de um espaço de aplicação em contextos físicos, tais como salas de estar, salas de reuniões, salas de aula e espaços públicos. Hoje, já se pode transformar qualquer espaço em um ambiente tangível, onde as pessoas podem explorá-lo usando seus sentidos, como gestos manuais.

Durante a última década, os pesquisadores de áreas da computação tangível começaram a abordar estas necessidades por meio do desenvolvimento de técnicas de interação que podem encurtar a ponte entre o mundo físico e o digital.

Para colocarmos a tangibilidade em prática, é necessário criar interfaces simples e intuitivas, explorando as novas possibilidades de interação, inclusive de forma lúdica e até

mesmo divertida, que estimule os usuários a realizar as interações virtuais. Estes são levados a ter experiências sensoriais, onde podem interagir com o mundo físico do seu cotidiano por um meio virtual.

O objetivo é deixar as pessoas realizarem suas atividades, com a tecnologia aumentando sua produtividade, seu poder de controle e seu divertimento. Observar e analisar as características do ambiente cotidiano é um modo de desenvolver uma sensibilidade ao mundo em que vivemos e trabalhamos. Assim adequamos a ferramenta à tarefa, e não a tarefa à ferramenta (BARANAUSKAS; ROCHA, 2003).

Dentre as aplicações da tangibilidade, estão a simulação de ambientes e processos, a pesquisa de conteúdo, jogos e aprendizagem. Também há o uso de superfícies multi-toque para aplicações de gestão, navegação em mapas geográficos, organização de arquivos de imagens, livros interativos e jogos de tabuleiro.

3.5.1 Tipos de Interface Tangíveis

Conforme Simões (2006) podemos identificar alguns tipos de interfaces:

a) interfaces multimodais: uma interface é multimodal se não apenas a saída, mas também a entrada de dados se efetuarem através de múltiplos canais sensoriais. Por exemplo, muito esforço se tem feito no sentido de implementar o reconhecimento de voz, que pode ser usado para enviar comandos ou ditar texto. O rastreamento do movimento do rosto ou dos olhos é outra forma de entrada de dados útil para substituir dispositivos apontadores no caso de portadores de deficiência. Dispositivos de *force feedback* permitem a criação de simulações realistas através da sensação tátil do espaço ocupado por um objeto.

b) interfaces caligráficas e gestuais: a análise e interpretação da trajetória de objetos físicos permite criar um modelo de entrada de dados baseado em gestos. Os gestos humanos podem ser interpretados a partir das trajetórias de partes do corpo. Uma técnica em potencial é interpretar a intenção dos utilizadores a partir de imagens obtidas por câmeras, interpretando-se um conjunto de gestos, movimentos e olhares. A palavra “gesto” é também utilizada no contexto de interfaces baseadas em empregar como dispositivo apontador uma caneta, que constitui uma interface caligráfica. Os gestos da caneta podem descrever ambientes e comandos.

c) interface com papel e quadros: como exemplos típicos do computador como extensão do ambiente de trabalho reduzindo descontinuidades, surgiram modelos de interface que acompanham tarefas com papéis e quadros, monitorizando a escrita, adquirindo e apresentando informação.

d) *graspable user interfaces*: são interfaces baseadas em manipuladores físicos. O rastreo da posição destes manipuladores ajusta os parâmetros de objetos virtuais. Os manipuladores físicos podem ser associados e desassociados de objetos virtuais. Por exemplo, uma vez associado um manipulador a um objeto, a rotação do manipulador físico no espaço físico causará a rotação correspondente do objeto virtual. A associação pode ser feita ou desfeita através do contato com o display.

e) *phicons: physical icons* são objetos físicos que representam uma determinada informação digital. Por exemplo, um crachá pode representar o seu dono, um alfinete num mapa pode representar uma cidade, uma fita de vídeo pode representar um filme específico. Ícones físicos são utilizados por interfaces tangíveis para simular a manipulação direta da informação, organizada espacialmente. A informação associada a um ícone físico pode ser modificada,

assim, constituindo um container virtual de dados. A posição e orientação de um *phicon* no espaço são relevantes. Por exemplo, um ícone representando uma câmera pode ser utilizado para definir a pose de uma câmera no espaço tridimensional para síntese de imagens.

f) *passengers*: são uma forma especial de ícone físico em que uma informação é associada ao objeto físico e depois pode ser reconhecida e recuperada noutra parte do sistema. Trata-se de um container virtual de dados com a função especial de definir um processo de transferência de dados entre dispositivos ou contextos. Devem poder ser identificados por um dispositivo chamado *Bridge* e devem ter identificação única.

g) lentes: são interfaces entre o mundo físico e o mundo virtual. Podem ser constituídas de um display rastreado. Pela posição e orientação do display no espaço, é determinado o conteúdo que deve ser apresentado nele.

3.5.2 Bibliotecas e Frameworks para Desenvolvimento Interfaces Tangíveis

A seguir, veremos algumas das tecnologias utilizadas para integrar pessoas, objetos e as interações no mundo físico e virtual.

O uso de Interfaces de Programação de Aplicações (API), bibliotecas, e frameworks permite que os programadores incrementem as interfaces gráficas de usuário (GUI), permitindo a utilização de dispositivos tangíveis. Logo, estas ferramentas dão suporte necessário para prototipação desse tipo de sistema.

3.5.2.1 Touchlib

O Touchlib é uma biblioteca para criar superfícies de interação multi-toque. Ele lida com rastreamento de luz infravermelha, e faz com que os programas desenvolvidos se comuniquem com esses eventos executados com os dedos sobre estas superfícies. Ela inclui um aplicativo de configuração e algumas demonstrações, funcionando com a maioria das *webcams* e dispositivos de captura de vídeo similares (NUI GROUP, 2011).

3.5.2.2 ARToolKit

Para que a sobreposição de imagens virtuais possa ser feita em um determinado objeto real, é necessário saber a localização deste objeto no espaço físico (2D ou 3D). Para tanto, usamos dispositivos de rastreamento. Um dos obstáculos para o projeto e desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada para fins acadêmicos era o alto custo destes dispositivos. Porém, o *Human Interface Technology Laboratory*, desenvolveu uma biblioteca *open source* para aplicações de Realidade Aumentada chamado ARToolKit. Por meio de técnicas de visão computacional e marcadores, ele soluciona o problema de rastreamento. Assim, o projetista de aplicações de Realidade Aumentada pode se preocupar efetivamente com o desenvolvimento, uma vez que o problema de rastreamento já foi solucionado (FRANÇA, 2011).

Esta biblioteca utiliza técnicas de visão computacional para calcular precisamente a posição de um dado conjunto de marcadores em relação à câmera. O programador pode usar esta informação para, por exemplo, desenhar objetos 3D exatamente alinhados com o objeto real.

Na primeira etapa, a imagem de vídeo é transformada em uma imagem binária (em preto e branco) baseada no valor do limite de intensidade. Depois, busca-se nesta imagem por regiões quadradas. O ARToolKit encontra todos os quadrados nessa imagem. Para cada quadrado, o desenho padrão dentro dele é capturado e comparado com alguns gabaritos pré-treinados. Se houver similaridade, ele considera que encontrou um dos marcadores e usa o tamanho conhecido do quadrado, bem como a orientação do padrão encontrado, para calcular a posição real da câmera em relação à posição real do marcador. Uma matriz 3x4 conterá as coordenadas reais da câmera em relação ao marcador. Esta matriz é usada para calcular a posição das coordenadas da câmera virtual. Se as coordenadas virtuais e reais da câmera forem as mesmas, o modelo de computação gráfica pode ser desenhado sobre o marcador real. A API *OpenGL* é usada para calcular as coordenadas virtuais da câmera e desenhar as imagens virtuais. Este procedimento está ilustrado na Figura 15.

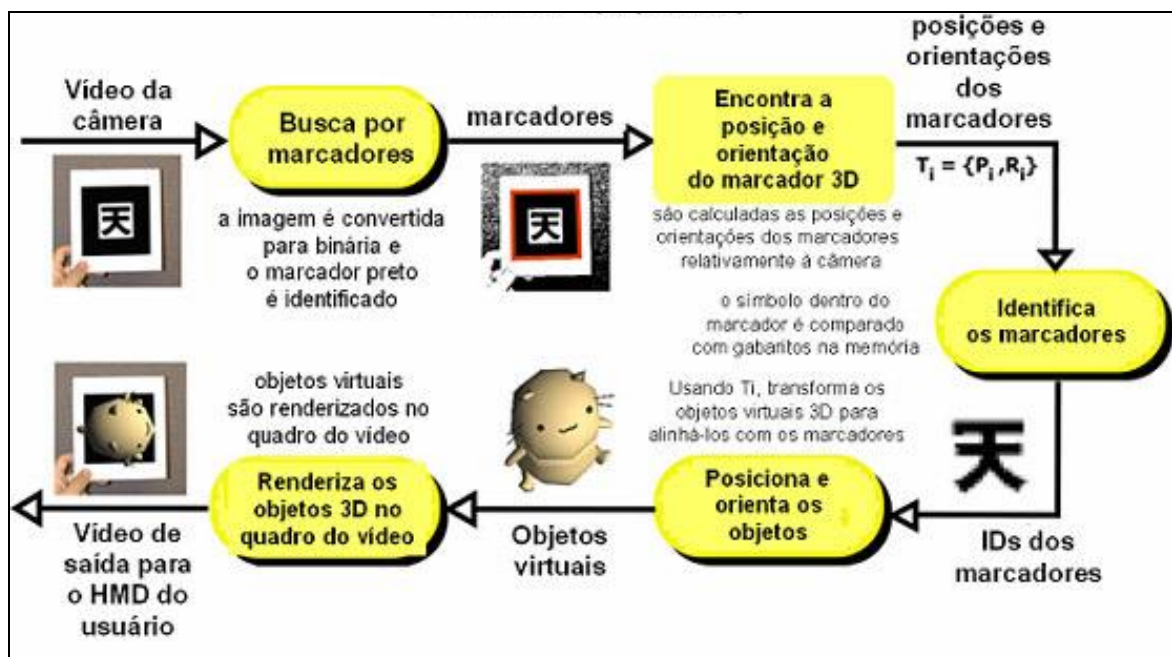


Figura 15. Funcionamento do ARToolKit
Fonte: FRANÇA, M. (2011)

A API *OpenGL* é uma biblioteca da linguagem C/C++ cujas rotinas possibilitam a fácil criação e manipulação de figuras 2D e 3D, possibilitando ainda uma série de recursos tais como, por exemplo, aplicação de texturas, e variação de iluminação.

O desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada com o ARToolKit requer duas etapas: primeiro, é necessário escrever a aplicação e, depois, treinar as rotinas de processamento de imagens sobre os marcadores do mundo real que serão usadas na aplicação.

O ARToolKit é capaz de detectar marcadores de diferentes tamanhos, e vários ao mesmo tempo. Alguns marcadores estão ilustrados na Figura 16.



Figura 16. Exemplos de marcadores.
Fonte: FRANÇA, M. (2011)

O uso do ARToolKit em aplicações de Realidade Aumentada está cada vez mais freqüente, devido a sua eficiência da identificação dos marcadores, e também por ser *open source*.

3.5.2.3 FLARToolKit

O japonês Saqoosha desenvolveu uma biblioteca para a linguagem de programação usada no Flash, o ActionScript 3 (AS3). A biblioteca é denominada FLARToolKit, criada a partir de do ARToolKit. A mesma oferece a capacidade de desenvolver aplicações no campo da Realidade Aumentada no Flash, que poderão rodar na maioria dos navegadores web e que podem ser aproveitadas nas mais diversas áreas, como publicidade, engenharia, entretenimento, dentre outros (KIRNER, 2011).

Por ser *open source* e de fácil implementação, o FLARToolKit tornou-se a ferramenta mais utilizada para Realidade Aumentada na web. De 2009 e 2010, surgiram

diversas aplicações em RA, desde simples modelos 3D até jogos complexos envolvendo interações com o mundo virtual.

3.5.2.4 JSARToolKit

O finlandês Ilmari Heikinnen desenvolveu a biblioteca JSARToolKit, como uma alternativa ao FLARToolKit, devido à necessidade de uma aplicação que possibilite a RA na web, mas reduzindo o uso do Flash devido a sua falta de semântica, de não ser executado em certos sistemas como o MAC e alguns dispositivos móveis. O JSARToolKit é a conversão das classes do Flash para o JavaScript e utiliza a *tag canvas* do HTML5 para renderizar os objetos em 2D e 3D. O Flash é apenas usado para permitir a conexão com a *webcam* (BIAGI, 2011).

3.5.2.5 GlovePIE

GlovePIE (*Programmable Input Emulator*) é um emulador de dispositivos de entradas programável e livre, que originalmente foi desenvolvido para ser usado com a luva de Realidade *Virtual P5 Glove*. Porém agora, já suporta uma ampla variedade de dispositivos de entrada, especialmente o Nintendo Wiimote (KENNER, 2010).

Ele é usado para mapear os gestos, pressionamento de botões do mouse, teclas do teclado, botões de controles de jogos. A versão 0.43 inclui lotes de código do Wiimote da Nintendo, e também funções do controle do *Sony Playstation 3*. Veremos a seguir, alguns exemplos de códigos escritos para o GlovePIE.

Para controlar as teclas W, A, S e D com o Wiimote, comumente usada em jogos em lugar das setas de direção do teclado, pode-se usar: W = Wiimote.up, S = Wiimote.down, A = Wiimote.left e D = Wiimote.right.

Digamos que a tecla CTRL acione uma espada num jogo virtual, ao fazer um movimento com o Wiimote similar a uma facada, ou seja, colocá-lo na vertical de cabeça para baixo, fazendo o movimento de cima para baixo, a tecla CTRL será acionada. Para isso, podemos escrever no GlovePIE: `KeyBoard.Ctrl = Wiimote.Stabbing`.

Neste outro exemplo, ao fazer um movimento com o Wiimote girando-o no sentido horário, a tecla de espaço em branco será acionada: `KeyBoard.Space = Wiimote.CircleClockwise`.

Com o GlovePIE pode-se interagir com qualquer jogo ou controlar qualquer software, utilizando quaisquer dispositivos de entradas. Ele também se integra aos recursos de fala do Windows®, permitindo o reconhecimento de voz, podendo transformar uma frase falada em um comando no computador.

Pode-se usar GlovePIE para jogos que não suportam joystick apenas, emulando as teclas do teclado e apontando as mesmas para os botões do joystick, criar sequência de teclas, botões ou ações mais complexas. Ele também permite controlar múltiplos ponteiros do mouse e/ou com vários mouses.

4 REALIDADE VIRTUAL, AUMENTADA E MISTA

O uso da Realidade Virtual, Aumentada e Mista para aprimorar a IHC vem tornando a forma de se relacionar com as informações digitais mais atrativa e de fácil aprendizado, pois faz com que as interações no mundo virtual se tornem mais parecidas com a do mundo real e do cotidiano do usuário. São conceitos e diversas aplicações de interfaces gráficas que permite uma interação em tempo real.

Em ambientes virtuais o usuário é imerso num mundo virtual. Na Realidade Mista, o usuário permanece no mundo real, mas com um aumento de interações com o mundo virtual. Vejamos a seguir os conceitos, aplicações e a trajetórias da Realidade Virtual, Aumentada e da Mista.

4.1 REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual (RV) é uma interface avançada para aplicações computacionais, onde o usuário pode navegar e interagir, em tempo real, em um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais (KIRNER, 2011).

Na Realidade Virtual o usuário é “separado” do mundo por meio do uso de dispositivos específicos como, por exemplo, capacetes e luvas, e desta forma é levado a crer que se encontra “imerso” sensorialmente em um mundo virtual (FRANÇA, 2011).

Portanto, podemos definir Realidade Virtual como sendo um mundo virtual criado por computador, que tenta imitar o mundo real, levando o usuário a se sentir parte desse cenário, por meio de dispositivos computacionais.

Como exemplo de aplicações da Realidade Virtual, podemos citar as CAVEs e o

Second Life (GABRIEL, 2010).

A Caverna digital ou *Cave Automatic Virtual Environment* (CAVE) é uma sala onde são projetados gráficos em 3D nas paredes, podendo ser visualizadas pelas pessoas dentro dela, por meio de um dispositivo, onde elas possam explorar e interagir com objetos, pessoas virtuais dentre outros, tendo-se um ambiente quase que totalmente virtual (Figura 17).



Figura 17. Caverna digital ou CAVE
Fonte: GABRIEL, M. (2009)

O *Second Life* (SL) é um ambiente virtual tridimensional que simula em alguns aspectos a vida real e social do ser humano, similar a um jogo de computador (Figura 18). Foi criado em 1999, desenvolvido em 2003 e mantido pela empresa Linden Lab. Os usuários deste ambiente o usam de diversas formas, como um jogo, um simulador, um comércio virtual ou uma rede social. O nome "*second life*", do inglês "segunda vida", que pode ser interpretado neste contexto como "vida paralela", uma vida complementar a vida real do usuário.



Figura 18. Ambiente Virtual Tridimensional do *Second Life*
Fonte: *SECOND LIFE* (2011)

4.2 REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) é definida como a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais (KIRNER, 2011).

Podemos dizer também que a Realidade Aumentada enriquece o ambiente real com esses objetos virtuais, usando algum dispositivo. É uma melhoria do mundo real com textos, imagens e outros objetos virtuais, gerados por computador (AZUMA, 1997 apud PARREIRAS, 2009; CUNHA, 2007; ISDALE, 2007).

É um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando propriedades como a combinação objetos reais e virtuais, mas no ambiente real. Podem ser aplicados todos os sentidos humanos, incluindo audição, tato e força e cheiro (COSTA; SISCOUTO, 2008 apud PARREIRAS, 2009).

Segundo Gabriel (2010) é a simples adição de elementos virtuais à realidade física para “ampliá-la”.

A Realidade Aumentada é uma área de pesquisa inserida dentro da Realidade Virtual, mas no caso da Realidade Aumentada ela preserva o usuário no mundo real aumentando as possibilidades de interação do usuário com este mundo.

A Realidade Aumentada pode ser aplicada no desenvolvimento de novas formas de interação do usuário com o mundo virtual, como por exemplo, na sua utilização na criação de interfaces tangíveis, que permite a manipulação de objetos virtuais como se fossem tocados diretamente pelo usuário, sem necessidade de periféricos como mouse, ou teclado. A Figura 19 mostra um exemplo de aplicação da Realidade Aumentada, mostrada no filme *Minority*

Report, de Stephen Spielberg.



Figura 19. Exemplo de aplicação de interfaces tangíveis
Fonte: Filme *Minority Report* (20th CENTURY FOX, 2002)

A Realidade Aumentada também permite a criação de novas formas de navegação como vista no ARQuake (Figura 20), que mistura o mundo real, com personagens virtuais, aumentando a sensação de imersão (LIMA et al, 2008 apud PARREIRAS, 2009).



Figura 20. Imagem do jogo ARQuake
Fonte: PARREIRAS, K. (2009)

Na Figura 21, a figurinha de jogador de baseball possui um marcador que é interpretado pela *webcam* por meio de uma aplicação, mostrando um modelo tridimensional.



Figura 21. Exemplo de Realidade Aumentada
Fonte: PARREIRAS, K. (2009)

Tanto a Realidade Aumentada quanto a tangibilidade possuem diversas aplicações como a publicidade, medicina, arquitetura, mecânica, jogos, artes, educação, entretenimento, acessibilidade, dentre outros.

4.3 REALIDADE MISTA

A Realidade Mista é a sobreposição de objetos virtuais gerados por computador com o ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico (KIRNER, 2011).

A Realidade Mista se refere à fusão dos mundos físico e virtual para produzir novos ambientes e visualizações onde objetos físicos e digitais coexistem e interagem em tempo real. É uma mistura de realidade, realidade aumentada, virtualidade aumentada e realidade virtual (GABRIEL, 2010).

Ainda segundo Gabriel (2010) na definição de Paul Milgram e Fumio Kishino (1994), Realidade Mista é qualquer lugar entre o extremos da virtualidade contínua ou

virtuality continuum (VC). A *Virtuality Continuum* se estende do real completo ao virtual completo com a realidade aumentada e a virtualidade aumentada se encaixando no meio (Figura 22).

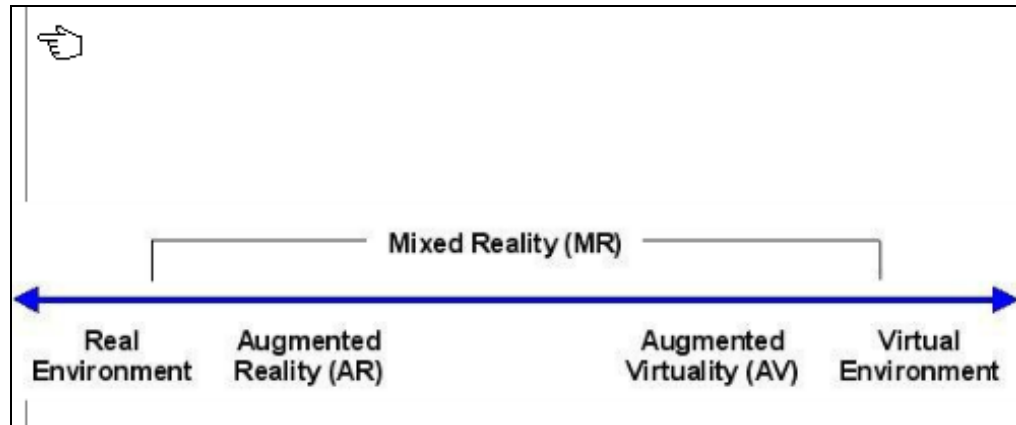


Figura 22. Realidade Mista: *Virtuality Continuum* (VC) de Paul Milgram
Fonte: GABRIEL, M. (2010)

A realidade mista tem aplicação ilimitada abrangendo as áreas de artes, entretenimento, educação, manutenção assistida, medicina, publicidade, marketing, etc.

Uma das aplicações é o *mobile tagging*, que é o processo de ler um código de barras 2D usando a câmera de um aparelho móvel ou similar. É possível gravar vários tipos de dados nos códigos, no entanto, normalmente são gravadas URLs. Depois de decodificar os códigos, o usuário pode ser diretamente levado ao site correspondente. Veja a Figura 23:

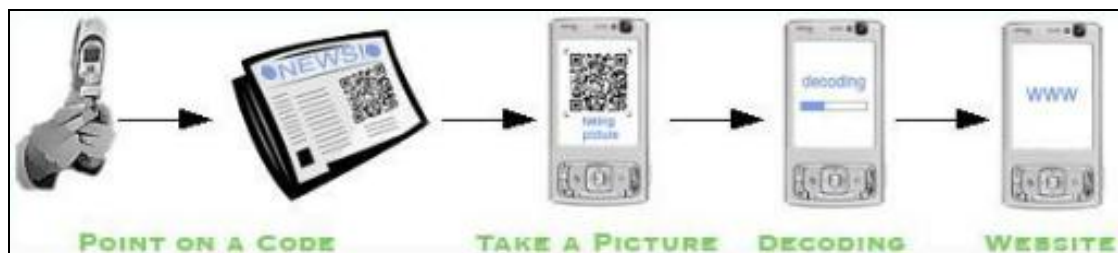


Figura 23. Processo do *mobile tagging*
Fonte: GABRIEL, M. (2009)

Existem mais de 70 tipos de códigos (Figura 24), no entanto para uso *mobile* eles se reduzem a 12, os mais usados são *QRCode* e *DataMatrix*.

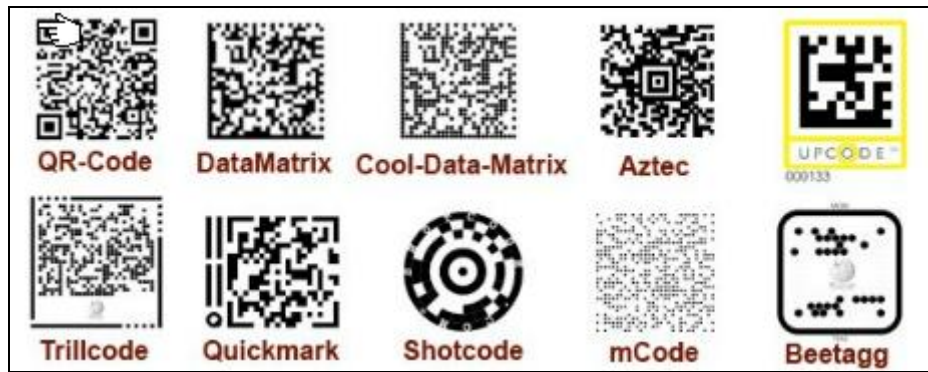


Figura 24. Principais tipos de códigos
 Fonte: GABRIEL, M. (2009)

A idéia é de uma convergência absoluta de mídias de informação, pois as *tags* conectam suportes de documentos estáticos com a internet e estimula o comportamento interativo dos usuários (GABRIEL, 2009).

Por se um elo físico para o mundo on-line e digital, as *mobile tags* são ferramentas de ampliação da realidade, adicionado uma camada de informações digitais às coisas físicas, sendo atualmente um dos meios mais simples e econômicos de se criar realidades mistas.

As *mobile tags* se apresentam também como um recurso de sustentabilidade, pois podem ser usados diretamente na tela do celular com a informação de cartão de visitas, ingressos de entrada em eventos ou embarque. Ou seja, evita a impressão desnecessária em papel, visto que os códigos podem ser armazenados no próprio dispositivo móvel que pode apresentá-los posteriormente para outros aparelhos com leitores habilitados.

4.4 CARACTERÍSTICAS DAS REALIDADES VIRTUAL, AUMENTADA E MISTA: IMERSÃO, INTERAÇÃO E ENVOLVIMENTO

Um sistema de realidade virtual consiste em um usuário, a interação homem-máquina e um computador. O usuário interage com o computador por meio da interface homem-máquina, possível através da utilização de equipamentos específicos. As Realidades Virtual, Aumentada e Mista podem ser consideradas também como a junção de três idéias

básicas: a imersão, a interação e o envolvimento (GABRIEL, 2010; KIRNER, 2011; PARREIRAS, 2009).

A idéia de imersão está ligada com o sentimento de se estar dentro do ambiente. Um sistema imersivo é obtido com o uso de capacete de visualização, mas existem também sistemas imersivos baseados em salas com projeções nas paredes, como vimos anteriormente, no caso da CAVEs. Além do fator visual, os dispositivos ligados com os outros sentidos também são importantes para esse sentimento, como som, posicionamento automático da pessoa e dos movimentos da cabeça, cheiros, umidade, etc. A pura visualização tridimensional através de monitor não é considerada imersiva.

Interação é a capacidade do computador é a de captar as ações do usuário e em tempo real e modificá-las no ambiente virtual. Este é um dos motivos das pessoas utilizarem a Realidade Virtual no entretenimento, já que a interação é um princípio básico dos videogames.

A idéia de envolvimento está ligada com o a emoção que o usuário sente com determinada interação. Esta emoção pode ser a leitura de um livro, que é considerado um envolvimento passivo ou participar de um jogo, considerado envolvimento ativo. A Realidade Virtual é capaz de proporcionar para o usuário estas possibilidades ao permitir a exploração de ambientes virtuais e a interação do usuário esse mundo digital.

4.5 TRAJETÓRIA E CONTEXTO DA REALIDADE VIRTUAL, AUMENTADA E MISTA

Conforme descrito por Kirner (2008) a Realidade Virtual surgiu no Brasil, na década de 90, dentro do contexto internacional, impulsionada pelo avanço tecnológico, exposição de pesquisadores a novas tecnologias e iniciativas individuais, integrando áreas

multidisciplinares, envolvendo: computação gráfica, sistemas distribuídos, computação de alto desempenho, sistemas de tempo real, Interação Humano-Computador, periféricos, etc.

A seguir, serão apresentadas uma abordagem do surgimento e evolução da Realidade Virtual e uma análise das ocorrências tecnológicas em cada fase.

Embora a Realidade Virtual seja uma tecnologia, que se firmou na década de 90, ela tem suas origens na década de 50, com experiências baseadas em técnicas cinematográficas. Nesse sentido, Morton Heilig iniciou, em 1956, a construção do *Sensorama*, uma máquina que permitia ao usuário fazer um passeio pré-gravado de motocicleta por Manhattan. O usuário podia ver o trajeto, através da projeção de um filme, e sentir sensações sincronizadas com o passeio como: sons, cheiros, vibrações e vento.

Em 1961, os engenheiros da Philco: Comeau e Bryan criaram um capacete, o *Head-Mounted Display* (HMD), cujo movimento controlava uma câmera remota, permitindo a implementação de tele-presença.

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

Em 1965, Ivan Sutherland publicou o trabalho “*The Ultimate Display*”, no qual estabeleceu os conceitos de um display que poderia ser usado para o usuário ver e interagir

com objetos em um mundo virtual, com aparência de real, envolvendo estímulos visuais, sonoros e táteis, de forma a atuar de maneira intuitiva e realista.

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

Depois disso, surgiram diversos sistemas e ferramentas, mas é importante salientar a tendência de facilitar o acesso aos recursos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada com maior oferta de software livre (gratuito e de código aberto), como programas para autoria visual de aplicações de Realidade Virtual com a Linguagem VRML e X3D.

Ainda segundo Kirner (2008), analisando as ocorrências tecnológicas, a evolução da Realidade Virtual é tratada do ponto de vista de vários parâmetros, envolvendo sistemas, interfaces, inteligência, tipos de interação e tempo.

O ambiente real e o ambiente computacional são elementos de referência para essa análise. Até o início da década de 90, a tecnologia integrada ao ambiente real e computacional propiciava interações previsíveis, decorrentes da eletrônica e da computação, mas ainda apresentava pouca inteligência, envolvida na interação com o usuário. Nesse sentido, os sistemas, de maneira geral, eram relativamente simples.

Durante a década de 90, os avanços tecnológico, computacional e de telecomunicações permitiram a convergência de fatores para o aparecimento de sistemas e dispositivos com comportamento mais inteligentes, apresentando interfaces mais interativas e amigáveis, e os sistemas computacionais ficaram mais presentes e transparentes aos usuários.

Isto resultou do uso mais intensivo de: sistemas distribuídos, processamento paralelo, inteligência artificial, etc.

É nesse contexto que a evolução da Realidade Virtual apresenta suas principais variações, de acordo com a Figura 25, mostrando a evolução dos sistemas reais e virtuais, em função de tecnologias, envolvendo inteligência, interfaces, interações e tipos de sistema.

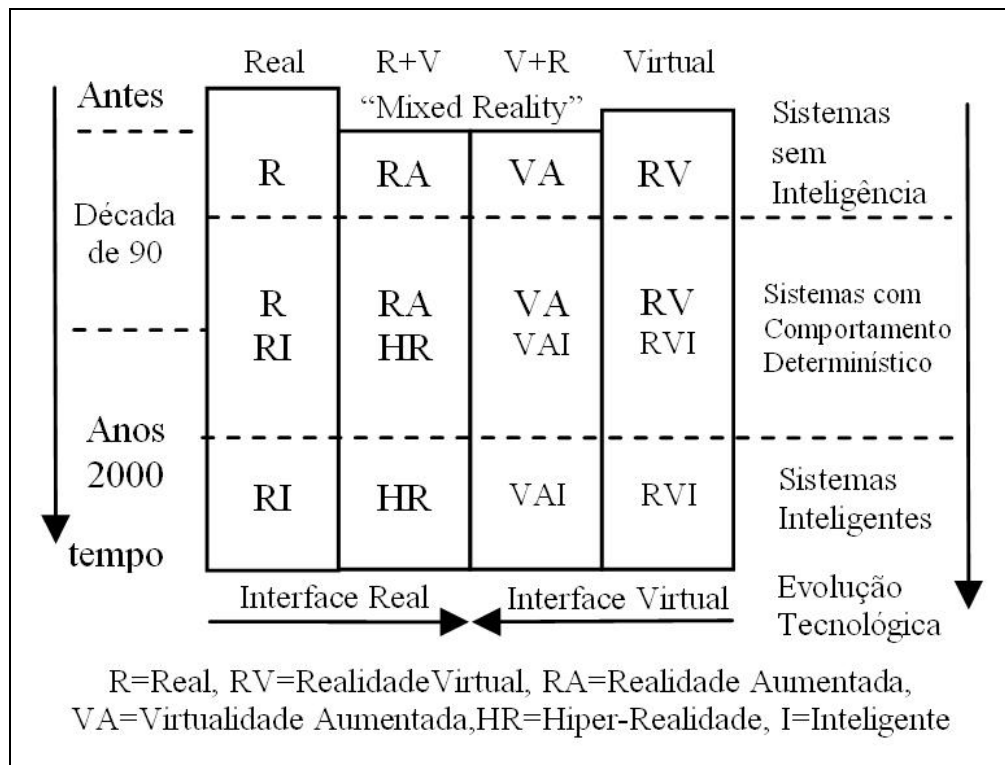


Figura 25. Evolução da Realidade Virtual no contexto tecnológico
Fonte: KIRNER, C. (2008)

Até o início da década de 90, o ambiente real usava pouca ou nenhuma tecnologia avançada. Os sistemas de Realidade Virtual eram simples e pouco interativos e a tecnologia de rastreamento do usuário era baseada em elementos mecânicos, magnéticos, e ultra-sônicos.

Durante a década de 90, o avanço tecnológico permitiu o desenvolvimento de dispositivos interativos mais avançados, com comportamento determinístico. A visão computacional evoluiu e passou a ser bastante usada. A Realidade Mista, abrangendo a Realidade Aumentada e a Virtualidade Aumentada, tornou-se objeto de estudo e de desenvolvimento ainda mais intenso.

Por volta do ano 2000, técnicas de inteligência artificial e novas formas de interação, contribuíram para o desenvolvimento de dispositivos mais avançados e de sistemas de Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Virtualidade Aumentada com algum grau de inteligência. Começaram a aparecer os objetos reais inteligentes e os sistemas virtuais inteligentes, que interagem com os usuários reagindo diferentemente de acordo com situações variadas, compondo a hiper-realidade. A hiper-realidade é a capacidade de combinar realidade virtual, realidade física, inteligência artificial e humana, integrando-as naturalmente para servir de interface com o usuário no acesso a aplicações avançadas.

O diagrama da Figura 25 apresenta também a influência do tipo de interface/interação na classificação dos tipos de sistemas virtuais. Nesses sistemas, o uso de interfaces/interações do ambiente real define os ambientes de Realidade Aumentada e de Hiper-realidade. O uso de interfaces/interações do ambiente virtual define os ambientes de Realidade Virtual e de Virtualidade Aumentada inteligentes e sem inteligência.

Em função da evolução da Realidade Virtual no Brasil, nas universidades e em empresas, e o estado da arte a nível internacional, pode-se identificar algumas tendências (KIRNER, 2008). Assim, como no passado, a Realidade Virtual vem sendo desenvolvida sob duas vertentes: sistemas profissionais de alto custo, em uso nas empresas; e sistemas populares e de médio custo, em universidades. Enquanto as empresas estão focadas em aplicações específicas de Realidade Virtual, as universidades vêm pesquisando seu desenvolvimento e aplicações de maneira mais ampla.

Do ponto de vista do hardware, continua a tendência de uso de “clusters”, para aplicações de alto desempenho, e o uso de redes e da internet para aplicações multiusuários. Os microcomputadores de alto desempenho continuam sendo demandados, devido ao baixo custo, assim como dispositivos especiais mais baratos.

O uso de *webcams* vem se intensificando, com as aplicações baseadas em visão computacional para a obtenção de rastreamento de baixo custo. O GPS também vem ganhando importância em aplicações voltadas para ambientes abertos.

As pesquisas de Realidade Aumentada estão se ampliando, em decorrência da evolução da área de Realidade Virtual, do baixo custo e das facilidades de acesso aos recursos. A disponibilidade das bibliotecas, frameworks e sistemas de autoria, voltados para os desenvolvedores de aplicações ou para os usuários finais, é de fundamental importância para acelerar ainda mais o avanço dessa área.

Da mesma maneira, os sistemas hápticos (sensíveis ao tato) estão em crescimento, uma vez que os custos estão baixando e novas equipes estão trabalhando em pesquisas na área, voltadas principalmente para uso em Medicina.

As interfaces, que até agora não acompanharam os avanços de hardware, estão sendo revistas, apontando para uma tendência forte ao uso de telas multi-toque, explorando o uso de interfaces tangíveis. Esta tendência está dentro do espaço de atuação de interfaces com Realidade Aumentada, cujo potencial é maior por atuar no espaço tridimensional.

Por sua vez, as aplicações colaborativas com Realidade Virtual e Realidade Aumentada tendem a crescer, apoiando principalmente áreas como educação e treinamento, com ênfase em educação à distância, e laboratórios virtuais.

A visualização e manipulação de dados também estão evoluindo com o uso de Realidade Virtual e Aumentada, por meio de aplicações mais potentes e amigáveis, melhorando a interação e o entendimento do usuário.

Os jogos de entretenimento e de uso educacional estão ganhando mais impulso com a adoção de técnicas e recursos de Realidade Virtual e Aumentada, explorando o realismo e novas formas de interação em tempo real.

Apesar da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada originarem-se há algumas décadas, suas evoluções foram muito dependentes do avanço tecnológico de hardware de alto desempenho, de software e de dispositivos. Assim, a Realidade Virtual consolidou-se na década de 90, enquanto a Realidade Aumentada pode ser considerada uma tecnologia do ano 2000. A disponibilização gratuita e aberta de software, como a linguagem VRML e ARToolKit, teve um papel importante na popularização da Realidade Virtual e Aumentada.

Por outro lado, a Realidade Virtual foi incorporada rapidamente a empresas de grande porte do Brasil, por volta do ano 2000, para o desenvolvimento de aplicações em exploração de petróleo, indústria aeronáutica e indústria automobilística. Alguns tipos de recursos avançados de Realidade Virtual também foram adquiridos por universidades e centros de pesquisa.

5 TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção são comentados os trabalhos correlatos que ajudaram e inspiraram a elaboração deste projeto de pesquisa. Eles demonstram diversas aplicações da tangibilidade em interfaces.

Os videogames da nova geração utilizam dispositivos tangíveis variados, sejam por meio de gestos ou de visão computacional. Nos trabalhos acadêmicos veremos o compositor musical com realidade aumentada, o gerenciador de emergências com superfície multi-toque e os projetos com Wiimote de Johnny Lee.

Os sistemas Webcam Mania e o CamSpace, utilizam como base qualquer webcam simples e objetos reais. E por último o SixthSense, que busca explorar questões cotidianas e sociais.

5.1 WIIMOTE, *KINECT* E *MOVE*

Paiva (2010) descreve que, na era de revolução dos games, as mais famosas empresas de jogos eletrônicos do mundo perceberam que para que o seu produto seja real não basta somente ter gráficos que pareçam reais, pois os jogadores esperam mais do que isso. Diante desse cenário, resolveram abandonar o clássico controle de videogame para tentar aproximar ainda mais os jogos da realidade. Iniciado pela Nintendo com o Wii, agora Microsoft e Sony também entram com o *Kinect* e o *Move*, respectivamente. Todos esses dispositivos captam movimentos, e veremos a diante as diferenças entre eles.

5.1.1 Wiimote



Figura 26. Wiimote e Nunchuk , respectivamente
Fonte: PAIVA, W. (2010)

O Wiimote já é bastante popular. Na época do lançamento, em 2006, mudou totalmente o conceito de se jogar videogame.

O Wiimote conta com três acelerômetros para captar os movimentos do controle e um sensor infravermelho para fazer o controle funcionar como uma espécie de apontador. Pode ser acoplado a ele o Nunchuk que permite ao jogador executar mais movimentos com a outra mão. Em 2009 foi lançado também o Wii Motion Plus, que melhora a precisão e o tempo de resposta dos acelerômetros.

5.1.2 Kinect



Figura 27. Kinect
Fonte: PAIVA, W. (2010)

Apesar de ser baseado em captar movimentos do jogador, como o Wii vem fazendo nos últimos anos, a proposta da Microsoft para o XBOX 360, lançada no final de 2010 nos Estados Unidos, é bastante inovadora, pois o controle foi totalmente abolido e deu lugar ao corpo todo do jogador. O Kinect possui duas câmeras, uma com 640×480 pixels, usada para reconhecimento de face e exibição de vídeos e a outra é uma câmera infravermelho para

captar profundidade. Com esta dupla de câmeras, o *Kinect* é capaz de detectar até seis pessoas no ambiente, mas somente duas podem jogar ao mesmo tempo.

A idéia da câmera infravermelho é simples: ela preenche o ambiente com uma luz invisível ao olho humano que cria um mapa de calor do jogador. Isso faz com que ela seja capaz de captar movimentos até mesmo no escuro. Ao criar este mapa, os membros do jogador mais próximos da tela ficam mais destacados e desta forma o sistema de processamento consegue distinguir os movimentos. Além disso, o sistema também conta com reconhecimento de voz.

5.1.3 Move



Figura 28. Move
Fonte: PAIVA, W. (2010)

O acessório para *Playstation 3* da Sony, lançado no segundo semestre de 2010, tem a proposta de ser o mais preciso controle de movimentos no mercado unido ao melhor gráfico. Ele utiliza uma esfera luminosa, uma câmera, dois sensores inerciais e um magnetômetro para captar os movimentos.

A esfera luminosa pode brilhar em 360 cores diferentes. A câmera capta as cores do ambiente e faz um processamento para que a esfera brilhe numa cor fácil de distinguir. A câmera sabe a distância do controle pelo tamanho que a esfera fica quando está mais distante ou mais próxima. A *Playstation Eye* (câmera) atua em conjunto com o move e também serve para a exibição de vídeos. Os sensores inerciais são compostos por um acelerômetro e um

sensor de velocidade, para captar a rotação do controle e o movimento geral do mesmo. O magnetômetro mede a orientação do campo magnético da Terra e calibra os sensores inerciais para evitar falhas.

Um simples controle sem fio também acompanha o *Move*, chamado *Navigation Controller*. Também será possível que uma única pessoa utilize dois controles *Move* combinados para jogar.

5.2. COMPOSITOR MUSICAL TANGÍVEL USANDO O ARTOOLKIT

Tendo como base os conceitos da computação tangível e da realidade aumentada, o projeto e desenvolvimento do Compositor Musical Tangível com a biblioteca de software para realidade aumentada ARToolKit, foi elaborado em 2005, na Divisão de Ciência de Computação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, por Marcelo Fernandes França.

Conforme França (2011) ele é composto por marcadores específicos representando instrumentos musicais, criados e calibrados no ARToolKit. Ao interagir com um determinado marcador, por exemplo, o que representa uma bateria, o computador emite o som correspondente. Da mesma forma, se o participante interagir com o marcador que representa uma guitarra, tem-se uma música composta por sons de dois instrumentos. A Figura 29 mostra alguns exemplos de marcadores a serem utilizados. O marcador B corresponde à bateria, G à guitarra, e assim sucessivamente.



Figura 29. Exemplos de marcadores a serem utilizados
Fonte: FRANÇA, M. (2011)

Os participantes podem interagir com o sistema por meio do deslocamento dos marcadores ao longo do eixo x. Conforme o participante desloca um determinado marcador, as variáveis musicais como altura, duração, intensidade, e ritmo do instrumento referente a este marcador serão modificados e, baseado nessa informação, o sistema irá produzir o som correspondente. Além disso, os participantes podem visualizar imagens que são geradas utilizando-se como parâmetros de entrada as variáveis musicais de cada marcador. A geração destas imagens será feita utilizando-se princípios básicos de computação gráfica. O resultado esperado é semelhante ao gerado pelo *Advanced Visualization Studio* (AVS) um plug-in de visualização para um dos mais conhecidos *players* de mp3 atuais, o *Winamp*. A Figura 30 ilustra o funcionamento deste procedimento. Conforme os participantes interagem com os marcadores, deslocando-os ao longo do eixo x, Figura 30 (a), uma imagem correspondente é gerada, Figura 30 (b).

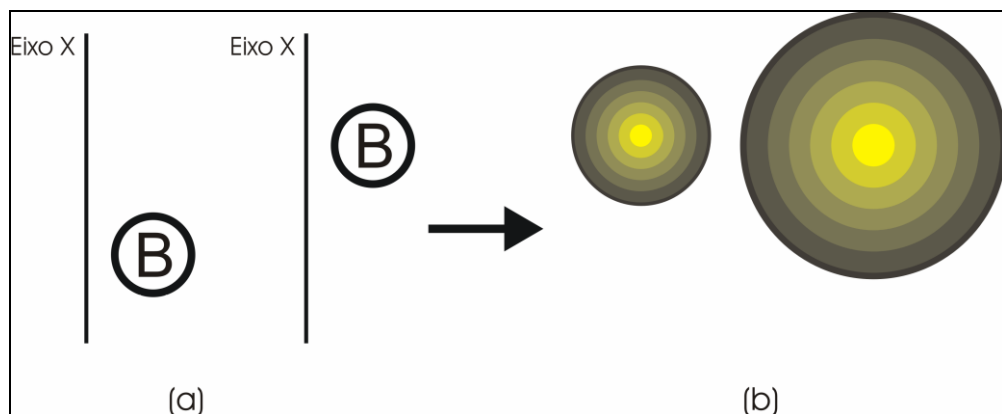


Figura 30. Interação com os marcadores (a), e a visualização da imagem correspondente (b)
Fonte: FRANÇA, M. (2011)

5.3 PROJETOS COM O WIIMOTE, DE JOHNNY LEE

Em junho de 2008, a Nintendo já vendeu quase 30 milhões de consoles Wii. Isso excede significativamente o número de Tablet PCs em uso hoje, de acordo com as estimativas mais generosas de vendas de *Tablets*. Isso faz com que o Wiimote seja um dos dispositivos de

entrada mais comuns no mundo, e um dos mais sofisticados. Os projetos citados a seguir mostram como explorar e demonstrar as aplicações do Wiimote. Desenvolvidos desde 2008 por Johnny Lee na Universidade Carnegie Mellon em Pittsburgh, nos Estados Unidos, dentre outros locais (LEE, 2011).

5.3.1 Rastreamento dos Dedos

Usando uma matriz de diodos emissores de luz (*LEDs*) e uma fita reflexiva, pode-se usar a câmera de infravermelho do Wiimote para controlar objetos com os dedos, em 2D no espaço. Isso permite interagir com o computador simplesmente agitando as mãos no ar similar à interação vista no filme "*Minority Report*". O Wiimote pode controlar até quatro pontos simultaneamente. O software controle é um programa personalizado C# e DirectX.

5.3.2 Lousa Interativa de Baixo Custo

Sabendo que o Wiimote pode controlar fontes de luz infravermelha, podemos acompanhar uma caneta que tenha um *LED* Infravermelho na ponta. Ao apontar o Wiimote para uma tela de computador, que pode ser ampliada com um projetor, uma TV ou similares, pode-se criar lousas interativas de baixo custo. É possível tornar qualquer tela em uma tela sensível ao toque, como a de um notebook ou PC por exemplo, usando o mesmo método.

5.3.3 Rastreamento de Cabeça para Desktops de Realidade Virtual

Usando a câmera infravermelha no Wiimote e uma barra com duas luzes infravermelhas montada sobre a cabeça, controla-se com precisão a localização da cabeça e as

imagens visualizadas na tela tornam-se dependentes da visão e posição do usuário. Esse método transforma o monitor num ambiente virtual. Ele reage ao movimento da cabeça e do corpo como se fosse uma verdadeira janela criando uma ilusão de profundidade e espaço.

O programa só precisa saber o tamanho da tela e da barra de sensor. O software é personalizado em C# e DirectX (coleção de APIs para programação de jogos).

5.4 WEBCAM MANIA

Webcam Mania é um pacote de jogos que propõe uma nova forma de interagir com eles. Utilizando uma *webcam* convencional, ele irá reproduzir a imagem do usuário na tela e permitirá que este interaja com o cenário e os objetos do jogo. Foi desenvolvido por Tanninen (2010) e continua evoluindo em 2011. O aplicativo é executado em Flash diretamente no navegador web. Seguem algumas telas na Figura 31.

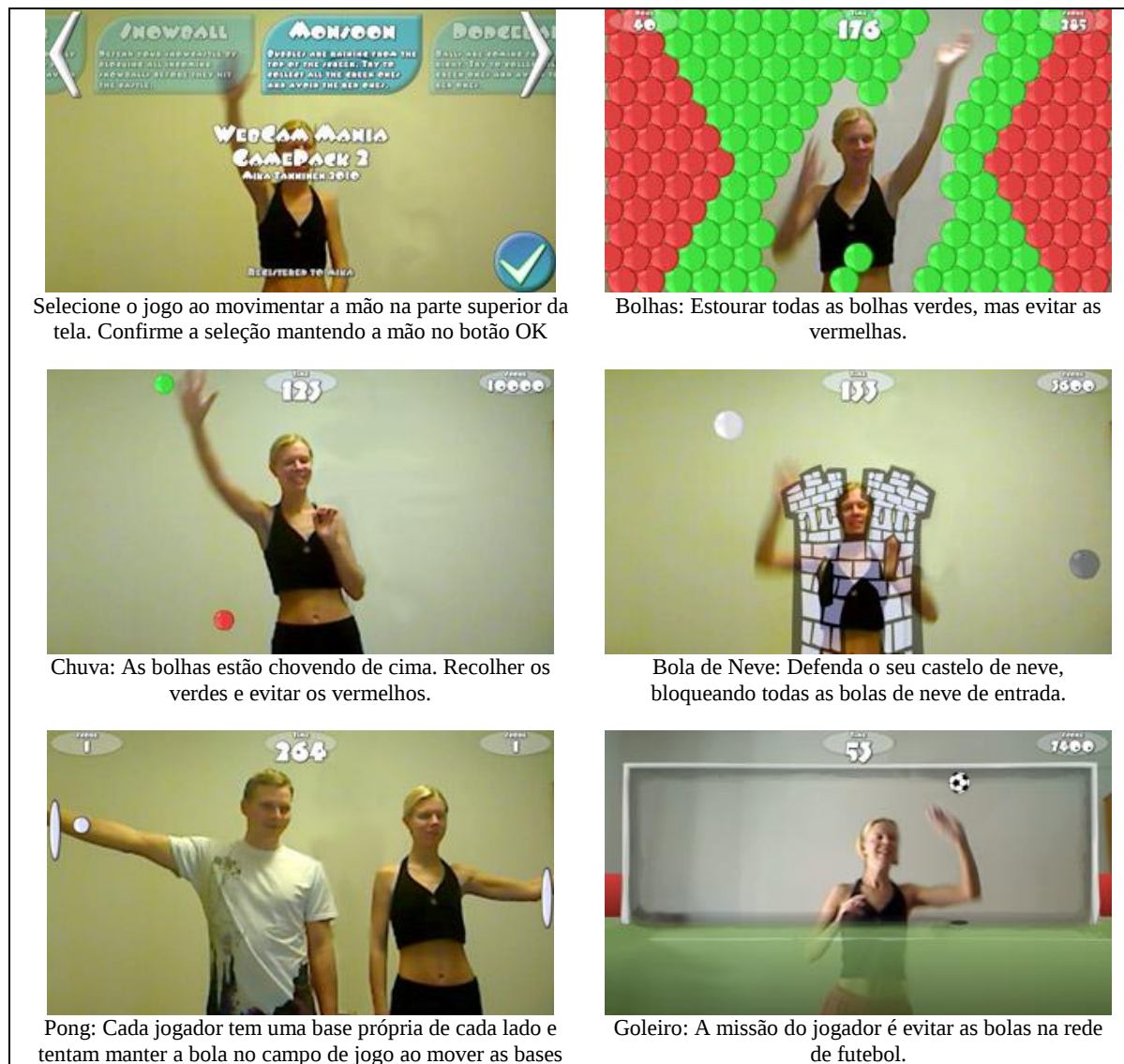


Figura 31. Telas do Webcam Mania
Fonte: TANNINEN, M. (2010)

5.5 INTERFACE TANGÍVEL PARA APLICAÇÕES DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS

Este projeto de pesquisa propõe o estudo de viabilidade baseado em frameworks conhecidos e desenvolvimento desta modalidade de interface, visando construir uma superfície tangível de baixo custo com aplicação em gerenciamento de emergências para tomada de decisões estratégicas. Desenvolvido por Adriel O. Radicchi, Augusto L. P. Nunes e

Leonardo C. Botega, no Centro Universitário Eurípides Soares da Rocha, na cidade de Marília - SP e no Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos - SP (RADICCHI; NUNES; BOTECA, 2010).

Para a construção da plataforma Tangível de mesa, busca-se o custo-benefício como parâmetro para a escolha dos materiais, bem como soluções de engenharia para o melhor aproveitamento das características dos mesmos. A mesa possuirá em sua composição uma placa acrílica transparente, que será responsável por mostrar ao usuário cada interação feita pelo mesmo, *LEDs* terão como finalidade iluminar as bordas laterais da placa acrílica de forma que a luminosidade alcance seu interior, para que objetos apoiados sobre a superfície criem manchas captadas por uma lente infravermelho. Um espelho de tamanho proporcional, responsável por aumentar o tamanho da projeção utilizando conceitos de engenharia e física em questão da angulação de forma que a projeção reflita na placa acrílica. Duas *webcams* para reconhecer um toque ou um objeto provindo de um usuário através das manchas formadas no acrílico, que caracterizam o reconhecimento da interação para a aplicação. Um pequeno projetor terá como finalidade gerar as imagens projetadas no espelho e também por receber as informações provindas do computador, que comporta a aplicação e gerenciar o hardware. A disposição dos componentes segue no modelo na Figura 32.

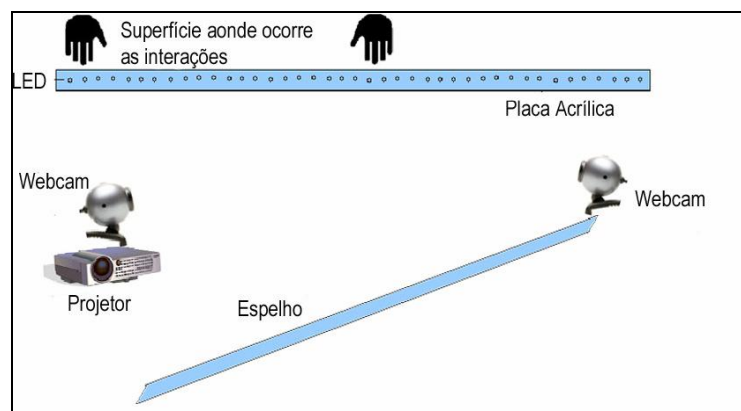


Figura 32. Esquema da disposição dos componentes
Fonte: RADICCHI, A. (2010, p. 2)

5.6 CAMSPACE

É uma plataforma de visão por computador que conecta o mundo virtual e o real através de jogos de movimento, experiências e atividades. A plataforma pode detectar gestos humanos e transforma objetos de uso diário (como latas, garrafas, caixas, etc.) em controladores que pode operar aplicações e jogos de computador (Figura 33). Desenvolvida pela Cam-Trax Technologies (2009), com sede em Israel. É executada a partir de qualquer navegador web usando um plug-in próprio, necessitando apenas de uma conexão com a internet e qualquer *webcam*.

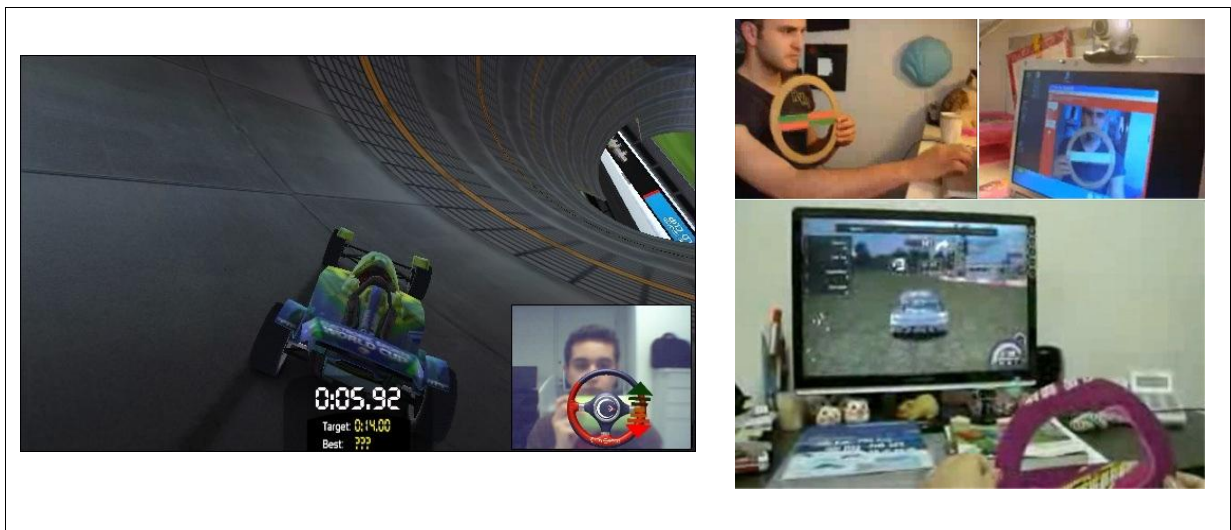


Figura 33. Telas do CamSpace
Fonte: CAM-TRAX TECHNOLOGIES (2009)

5.7 SIXTHSENSE

Conforme Rebelo (2009) descreve, o SixthSense (Sexto Sentido), desenvolvido pelo *MediaLab* do MIT, envolve explorar as questões cotidianas e sociais. Baseia-se nas condições que envolvem o conjunto de padrões dos ambientes. Veja o exemplo de

computação pervasiva, vestível, bits tangíveis, e ambiente atento; tudo é para auxiliar no paradigma de *workaday world*.

SixthSense é uma interface vestível e gestual que aumenta nossos sentidos por meio da manipulação de informações digitais enquanto realizamos atividades de rotina. Gerenciado pela Professora Pranav Mistry da Fluid Interfaces Group do MIT/Media Lab o projeto possui algumas partes conceituais e outras que já foram implementadas e funcionam como protótipo.

O projeto trabalha com a idéia de realidade aumentada projetando informações em tudo que manipulamos. Apoiado por quatro anéis referência, uma câmera e um projetor é possível conseguir e manipular informações como uma calculadora na própria mão, tirar fotos apenas enquadrando o cenário com as mãos, buscar mais informações sobre o livro da biblioteca (opinião, críticas ou anotações contidas num site). Outras aplicações incluem ajuda na compra de produtos com informações adicionais (digitais) que podem determinar sua compra, informações adicionais num bilhete de viagem com detalhes sobre atrasos no embarque, projeção de um relógio no pulso, informações públicas sobre uma pessoa que acaba de encontrar (blog, currículo), dentre outras (Figura 34).

É de fato um sexto sentido informando detalhes que só poderiam ser conhecidos se houvesse tempo de pesquisar, mas eles oferecem suporte imediato.

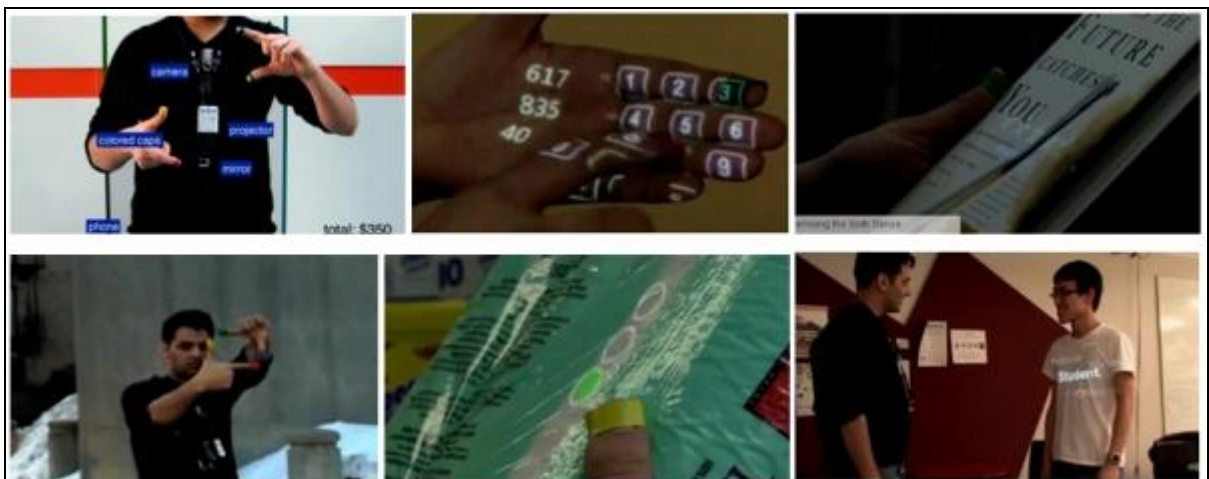


Figura 34. Imagens das aplicações do projeto SixthSense
Fonte: REBELO, I. (2009)

6. iBITAGE - INTERAÇÃO BIT TANGÍVEL E GESTUAL

Esta pesquisa consistiu na avaliação da tangibilidade na interação em interfaces gráficas do Windows® e na proposição de mecanismos tangíveis como dispositivos de entrada utilizando realidade mista. Para atingir o objetivo desta pesquisa foram efetuados: uma pesquisa bibliográfica, um estudo de caso da interação na interface gráfica do Windows® e o desenvolvimento de um projeto de interação Bit Tangível para a interface Windows® com uso de realidade mista. A interface proposta é do tipo tangível e gestual baseada em manipuladores físicos. Para a interface tangível, foi desenvolvido um protótipo de baixo custo utilizando como dispositivos de entrada de dados webcams e controle Wiimote do videogame Wii proprietário da marca Nintendo. Foram utilizadas bibliotecas e frameworks livres e de código aberto para implementação da interação.

6.1 METODOLOGIA

Dentro das linhas de pesquisa do curso de Ciência de Computação, este projeto se insere principalmente na disciplina de Interação Humano-Computador, onde se encontram os projetos que abordam as formas clássicas de se interagir com os dispositivos computacionais e os novos meios e as novas tecnologias, com seus respectivos elementos e processos de desenvolvimento.

As etapas de desenvolvimento da pesquisa foram: levantamento bibliográfico, avaliação da tangibilidade da interface gráfica do sistema operacional Windows®, projeto de interação Bit Tangível para a interface Windows®, modelagem do protótipo e funcionamento dos softwares e dispositivos, prototipação da interface tangível, avaliação do protótipo por meio de teste de usabilidade com usuários.

6.1.1 Levantamento Bibliográfico

A primeira etapa desta pesquisa foi o levantamento bibliográfico, buscando organizar as referências. O desenvolvimento foi baseado nos materiais já produzidos sobre o assunto, como livros, artigos, dissertações, sites da internet, projetos e ou produtos comerciais e projetos livres já desenvolvidos. Fontes variadas, como sites específicos sobre os frameworks e bibliotecas de programação e sobre os projetos similares existentes, onde se encontram os processos de desenvolvimento e tutoriais mostrando a implementação das técnicas. Mas tanto no que diz respeito ao software (frameworks e bibliotecas de programação) quanto ao hardware (dispositivos tangíveis), pretendeu-se abordar uma bibliografia que fundamentasse o tema de forma acadêmica.

6.1.2 Avaliação da Tangibilidade da GUI do Sistema Operacional Windows®

Dispositivos tangíveis são capazes de receber as interações naturais do usuário e convertê-las em interações computacionais de entrada correspondentes compondo uma solução para complementar as interfaces gráficas do Windows®, como a possibilidade de substituir o mouse ou o teclado em alguns momentos, por exemplo, proporcionando uma forma de abstração numa interface mais intuitiva, atrativa e divertida, utilizando movimentos corporais do cotidiano como novas formas de interações.

Clicar em um botão da interface do Windows® para confirmar uma ação pode ser inseguro algumas vezes. Substituir essas confirmações por gestos específicos feitos com o Wiimote ou apresentar marcadores de realidade mista mostram-se como formas mais seguras, ágeis e também atrativas. Apertar um botão pode ser difícil para o usuário e fácil para o

computador. Já um gesto é mais difícil para o computador compreender, mas é fácil para o usuário. Se o usuário executou o gesto é por que ele queria realmente fazer aquela interação. Gestos e marcadores também podem ser mais eficientes que teclas de atalhos ou comandos pré-definidos do sistema operacional.

Abaixo são apresentadas algumas interações com as interfaces gráficas do Windows® e possíveis sugestões de como torná-las mais tangíveis ao usuário, baseadas nos princípios de projetos de interação vistos anteriormente:

- a) **visibilidade:** o componente *checkbox* para aceitar os termos de uso de um programa muitas vezes confundem usuários mais iniciantes. A confirmação poderia ser no próprio botão de prosseguir. Mostrar um marcador de realidade mista com um símbolo de aceitação (uma mão com um sinal positivo) poderia agilizar o processo. Um álbum digital musical poderia começar a tocar quando a capa do CD com um marcador fosse exibida.
- b) **retorno:** o usuário não vê a possibilidade de desligar o computador sem instalar as atualizações do Windows® *Update*. Neste caso, poderia existir um retorno tátil (vibração) ou sonoro.
- c) **restrição:** quando um site possui uma conexão segura SSL mas o certificado está vencido, as mensagens de informação mostradas pelo navegador Internet Explorer do Windows® não são claras e deixam o usuário apreensivo. Deixar a compreensão desses riscos mais fácil com mensagens de ajuda aliadas ao uso de cores e de possibilidades caminhos a seguir seria uma alternativa.
- d) **mapeamento:** mover o braço empunhando o Wiimote na direção desejada para mover mouse, janelas, objetos no desktop, dentre outros, tornam o entendimento dessa interface mais simples e aumenta a relação entre controle e efeito. A maioria

dos usuários iniciantes tem dificuldade em usar o mouse no período de aprendizado.

e) **consistência**: os movimentos do Wiimote e os marcadores podem ser utilizados e reutilizados em diferente programas, pois sua similaridade facilita o aprendizado do usuário.

f) **fornecimento ou *affordance*** (auto-sugestão): movimentos do Wiimote são auto sugestivos, já que os objetos vão se mover na mesma direção. Os marcadores geralmente serão ícones que mostram facilmente ao usuário para que server o objeto, como a foto de uma calculadora, do símbolo de desligar, uma nota musical para abrir o *player* de musica, etc.

A Tabela 2 mostra os resultados das atividades avaliadas no Windows® em comparação com o protótipo desenvolvido:

Tabela 2. Resultados das atividades avaliadas no Windows®
(Adaptado de REBELO, 2009)

Objetivo	Ação esperada	Resultado	Detalhes
Usar o gerenciador de arquivos para visualizar imagens aleatórias da web	Localizar elemento visual com o Wiimote, executar no menu o gerenciador de arquivos CoolIris no menu.	Escolher a imagem que desejada ampliar.	Movimentar o Wiimote para esta ação conforme as instruções da tela.
Tocar uma música desejada no <i>player</i> de mp3	Localizar elemento visual com o Wiimote, executar no menu o <i>Windows Media Player</i> .	Escolher uma música desejada na lista pré-definida.	Movimentar o Wiimote para esta ação conforme as instruções da tela.
Abrir uma página numa lista no navegador web	Localizar elemento visual com o Wiimote, executar no menu o navegador web.	Escolher um dos sites da lista e navegar.	Movimentar o Wiimote para esta ação conforme as instruções da tela.
Interagir com um jogo pré-especificado	Localizar elemento visual com o Wiimote, executar no menu o jogo desejado.	Usar os gestos conforme o objetivo do jogo.	Movimentar o Wiimote para esta ação conforme as instruções da tela.
Executar um programa de fazer contas	Mostrar o marcador com o símbolo da calculadora	Abre a calculadora do Windows	Neste caso, o uso da calculadora será com interações clássicas.
Desligar computador	Mostrar o marcador com o símbolo de desligamento.	Força o computador a se desligar.	Similar a acessar o menu: Iniciar->Desligar

A Tabela 3 mostra algumas soluções de como ampliar a tangibilidade no sistema Windows® baseada no protótipo desenvolvido.

Tabela 3. Ampliação da tangibilidade no Windows®

Windows® - interação clássica na GUI	Interação Tangível
Mover o cursor do mouse para a esquerda	Fazer um gesto com o Wiimote para a esquerda
Clique do mouse	Pressionar um botão ou fazer um gesto com o Wiimote
Teclas de atalho	Mostrar um marcador (realidade mista)
Movimentação das barras de rolagem	Inclinar o Wiimote para cima ou pra baixo
Comandos predefinidos do sistema	Mostrar um marcador (realidade mista)
Gerenciadores de imagens ou arquivos	Mover, arrastar, soltar, ampliar, com o movimento do Wiimote
Players de música e vídeo	Com gestos do Wiimote, ir para próxima música ou vídeo, parar, aumentar volume, etc.
Navegadores web	Com o Wiimote, rolar a página, ampliar, voltar e avançar, etc.
Jogos	Com os movimentos do Wiimote, pular, atirar, mover cartas, selecionar, etc.

6.1.3 Projeto de Interação Bit Tangível para a Interface Windows®

O projeto de interação com usuário (PUI) visa definir os processos de comunicação e interação humana com a interface tangível com os artefatos ou produtos interativos. Neste TCC, foi elaborado o PUI Bit Tangível para a interface Windows® com uso de realidade mista. Foram definidos: o público-alvo, as atividades, os softwares, os equipamentos e elementos de interações que oferecem saídas e entradas de dados para a geração de estímulos permitindo, assim, um diálogo fluido. O PUI foi desenvolvido seguindo as quatro atividades básicas que definem o processo do projeto de interação (Preece et al, 2005).

A primeira atividade do PUI consistiu na identificação das necessidades e estabelecimentos dos requisitos tendo como resultado:

- a) Público-alvo: usuários de informática de diferentes níveis de familiaridade com

o computador, de incitantes (galerias de fotos, redes sociais), intermediários (computador com ferramenta na profissão), e avançados (programadores, profissionais de TI);

b) Tipo de suporte: fornecer suporte às atividades digitais cotidianas das pessoas seja em casa, no trabalho ou no entretenimento. Dentre essas tarefas podemos citar a manipulação arquivos como imagens e música, navegar na web, jogar games, executar aplicativos, etc.

Como segunda atividade do PUI, foi elaborada a modelagem do PUI Bit Tangível para a interface Windows®, com objetivo de descrever um projeto alternativo que vá de encontro aos requisitos. A partir do modelo é descrito como o protótipo funciona e como se comporta. O resultado desta etapa é apresentado no item 6.1.4 Modelagem do PUI.

A construção de versões interativas de maneira que possam ser comunicadas e analisadas é a terceira atividade de um PUI. A implementação de um protótipo possibilita mostrar ao usuário como um produto está sendo modelado e verificar a primeira reação de aceite. A etapa de prototipação é descrita no item 6.1.5 Prototipação da Interface Tangível.

É necessário avaliar o que está sendo construído e medir sua aceitabilidade. Para isso é realizada a quarta atividade do PUI que objetiva definir e aplicar formas de determinar a usabilidade e aceitabilidade do produto. A etapa de avaliação é apresentada no item 6.1.6 Avaliação e Teste de Usabilidade.

6.1.4 Modelagem do PUI

A modelagem do PUI Bit Tangível para a interface Windows®, exibida na Figura 35, descreve o funcionamento do protótipo interativo e os elementos e tecnologias contidos nesse modelo. Estes itens estão descritos da seguinte forma:

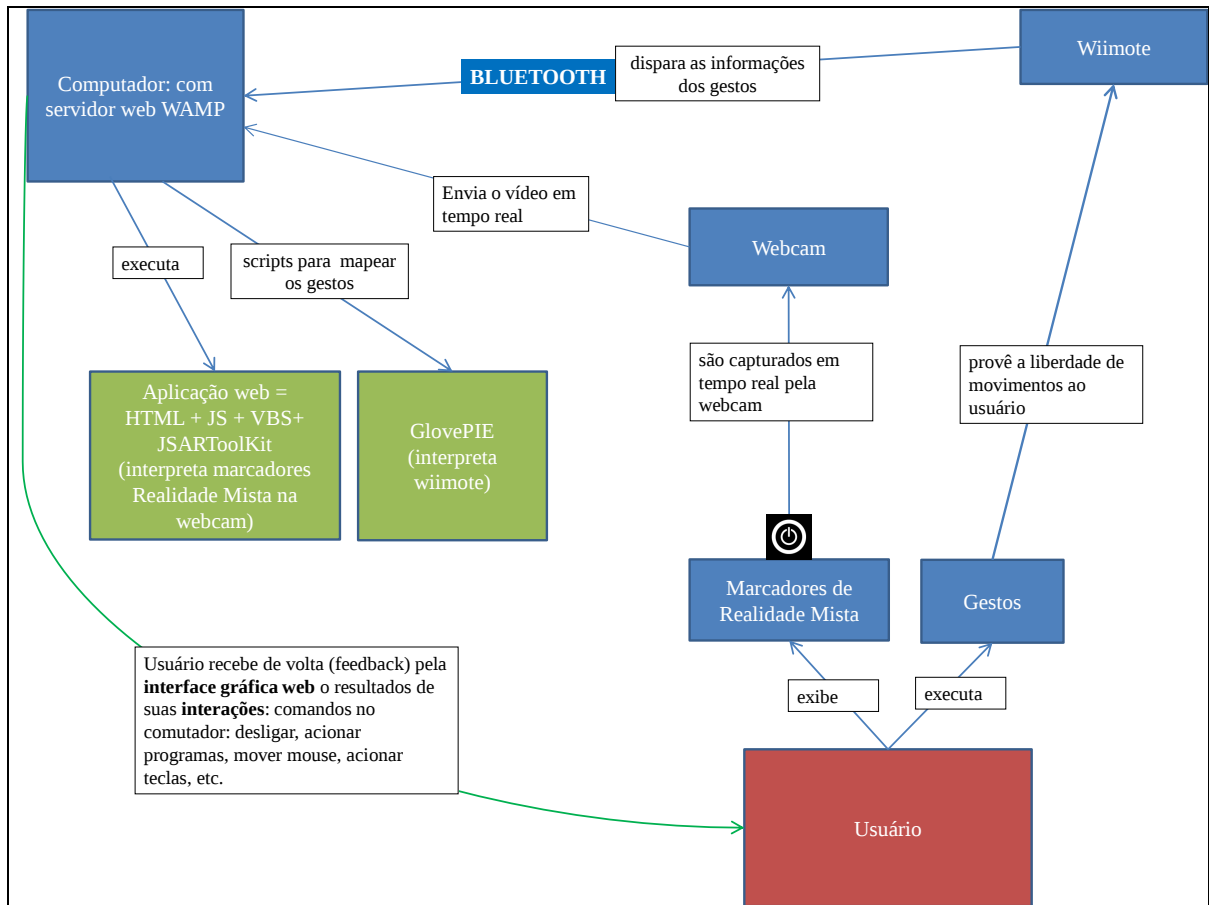


Figura 35. Funcionamento do protótipo

- a) computador: executa o servidor WAMP, com a aplicação web e o GlovePIE;
- b) WAMP (servidor web): permite a execução da aplicação web;
- c) *webcam*: fonte de vídeo em tempo real para permitir a visualização dos marcadores de realidade mista;
- d) Wiimote: ele dispara as informações dos gestos do usuário, que são captados pelo adaptador *bluetooth* USB no computador. Essas informações são tratadas pelos scripts do GlovePIE;
- e) aplicação web: interface gráfica para o usuário, mostrando o vídeo da câmera e as mensagens de ajuda para que o usuário saiba o que cada gesto ou marcador faz.
- f) GlovePIE 0.43: usado para programar scripts e mapear os gestos pré-definidos executados pelo usuário usando o Wiimote;
- g) marcadores: podem ser impressos ou exibidos com a tela de um celular.

Quando identificados pelo JSARToolKit executam uma ação no computador.;

h) usuário: executa os gestos pré-definidos e/ou exibe marcadores de realidade mista. O usuário recebe o *feedback* pela interface gráfica web, com o resultados de suas interações: comandos no computador como desligar, acionar programas, mover mouse, acionar teclas, etc.

O protótipo é composto por uma aplicação web usando as linguagens HTML, JavaScript (JS) e Visual Basic Script (VBS), além da biblioteca JSARToolKit para monitorar a *webcam* e os marcadores de realidade mista pré-definidos, que podem ser impressos ou exibidos pela tela de um celular. Ao mostrar um marcador, a aplicação web executa uma ação: desligar o computador, acionar um comando pré-definido, etc. Em paralelo, o GlovePIE executa os scripts programados para interpretar os gestos do usuários executados com o Wiimote. Essa mesma aplicação vai exibir mensagens de ajuda, para orientar o usuário sobre quais funções da interface do Windows® são disparadas por quais gestos ou marcadores.

Os elementos envolvidos no protótipo, tanto de hardware como de software, estão especificados a seguir, considerando suas funcionalidades, características, meios de comunicação de dados e aspectos técnicos:

a) computador com Windows® XP Professional, Internet Explorer 8, placa de vídeo de 32mb, Processador Mobile AMD Sempron 1,8 GHz, 1256mb de RAM:

b) servidor web WAMP 2.1 (Windows®, Apache, MYSQL, PHP) é projeto *open source* para instalação de forma rápida do servidor de HTTP Apache 2.2 com suporte a linguagem PHP 5.3 (SASSE, 2007), para executar aplicações web. O ambiente web foi escolhido por dois motivos principais: a aplicação pode futuramente ser executada em um servidor na internet, além de ser o ambiente de programação de domínio do acadêmico;

c) *webcam* é uma câmera de vídeo de baixo custo que capta imagens e as

transfere para o computador ligada pela porta USB. O modelo utilizado foi a Creative WebCam NX de resolução de 352 x 288 a 640 x 480 pixels;

d) Wiimote é alimentado por duas pilhas comuns AA e conecta-se ao computador usando *bluetooth*. Outros detalhes desse dispositivo já foram abordados no capítulo Trabalhos Correlatos;

e) adaptador *bluetooth* USB é meio de comunicação sem fio que permite maior liberdade de movimentos ao usuário. Conecta e trocar informações entre telefones celulares, computadores, impressoras, câmeras e consoles de videogames através de uma frequência de rádio de curto alcance (aproximadamente 20 metros) e alta capacidade de transferência de dados que vai de 2 a 3mb. O modelo usado foi o Encore ENUBT-C2E;

f) HTML 4 e 5 é linguagem de marcação utilizada para produzir páginas da web que são interpretados pelos navegadores web;

g) JavaScript (JS) é uma linguagem de script, porém pode ser considerada uma linguagem de programação. É a principal linguagem para programação *client-side* para os navegadores web atuais;

h) Visual Basic Script (VBS) é um subsistema do Visual Basic usado em páginas da web, semelhante ao JS. A versão VBS do Internet Explorer tem um interpretador que processa o código embutido no HTML. O VBS é usado para comandos do Windows® como desligar, executar aplicativos, etc. (MUSARDO, 2008);

i) JSARToolKit: é uma biblioteca que permite o uso da realidade Aumentada, conforme descrito anteriormente no capítulo Projeto de Interação;

j) GlovePIE 0.43: abstrai o tipo específico de controlador usado pelo usuário e facilita a construção da interface (Torrezam; Almeida, 2010). Outros detalhes

desse software já foram abordados no capítulo Projeto de Interação;

k) marcadores: cartões impressos ou imagens digitais com uma moldura retangular e um símbolo em seu interior e funcionam como um código de barras, permitindo técnicas de visão computacional para calcular a posição e orientação da câmera em relação aos marcadores, de forma que o sistema possa sobrepor objetos virtuais sobre eles (Almeida; Oikawa; Meiguins 2006, Kirner; Tori 2010).

6.1.5 Prototipação da Interface Tangível

O protótipo interativo iBITAGE foi desenvolvido aplicando os conceitos da tangibilidade e os respectivos paradigmas da computação ubíqua, das interfaces gestuais e Bits Tangíveis. A interface proposta é do tipo tangível e gestual baseada em manipuladores físicos. Para a interface tangível, foi desenvolvido um protótipo de baixo custo utilizando como dispositivos de entrada de dados webcams e controle Wiimote do videogame Wii proprietário da marca Nintendo. Foram utilizadas bibliotecas e frameworks livres e de código aberto para implementação da interação.

Os dispositivos de hardware, levando-se em conta o baixo custo (Tabela 4), com os quais os usuários vão interagir para complementar as interfaces gráficas do Windows® são a *webcam*, o Wiimote e os marcadores para realidade mista.

Tabela 4. Custo médio dos dispositivos

Wiimote	Webcam	Adaptador bluetooth USB
R\$ 125,00	R\$ 25,00	R\$ 25,00

Fonte: Pesquisa feita na internet e lojas locais em 10/2011

Obs.: a *webcam* e o *bluetooth* costumam vir integrados aos notebooks, o que pode reduzir ainda mais o custo.

Os principais inspirações para o planejamento e elaboração deste protótipo foram

o GlovePIE, o Webcam Mania, o CamSpace e os projetos com o Wiimote de Johnny Lee, citados anteriormente nos capítulos referentes aos trabalhos correlatos e as bibliotecas e frameworks para desenvolvimento de interfaces tangíveis.

Este projeto prevê uma quantidade limitada de gestos e marcadores. O usuário pode, por exemplo, mover o braço para a esquerda e o cursor do mouse mover-se na mesma direção. Cada gesto é convertido pela aplicação numa interação clássica nas interfaces convencionais como o clique do mouse, a movimentação do mouse, teclas específicas, teclas de atalho, a movimentação das barras de rolagem, comando predefinidos do sistema, dentre outros. Nos processos que forem complexos demais para serem manipulados com gestos serão então usados marcadores de realidade mista. Neste momento, é que se pode validar o uso desses objetos concretos como elementos de interação tangível em interfaces gráficas.

O resultado será visualizado na tela do computador, mas a experiência pode ser maximizada em telas grandes tais como a de uma TV ou projetores.

Para construção do protótipo foram usadas as bibliotecas de programação e frameworks previamente citados e também os dispositivos de hardware Wiimote e uma *webcam*. Para validar o uso de objetos concretos como elementos de interação utilizando realidade mista, foram aproveitados os recursos presentes no JSARToolKit, que permite calibrar os marcadores para que eles funcionem eficientemente no sistema.

Para utilizarmos o Wiimote como dispositivo tangível, é necessário que ele esteja conectado a um computador por meio do *bluetooth*. Este computador precisa estar apto a interpretar as informações enviadas através do GlovePIE, que por meio de scripts de programação, traduz os movimentos do controle manuseado pelo usuário, usando as propriedades dele para realizar as atividades propostas com o computador. O GlovePIE mostrou-se como a melhor opção de software para este fim, visto que outros se limitavam a explorar o Wiimote apenas parcialmente, enquanto este apresentou suporte completo a todos

os recursos do dispositivo, além de ser gratuito.

O estabelecimento da comunicação entre o Wiimote e o computador implica na instalação do software BlueSoleil 2.3,. Ele instala os drivers controladores necessários para que o adaptador *bluetooth* seja capaz de reconhecer o Wiimote e outros dispositivos *bluetooth*. Ao adquirir um adaptador *bluetooth*, o BlueSoleil é disponibilizado gratuitamente e é de fácil compreensão para instalação e utilização.

Utilizando os softwares BlueSoleil e GlovePIE em conjunto, será possível interagir com o computador em diversas atividades. Na interface do BlueSoleil, serão exibidos todos os dispositivos *bluetooth* que estiverem ao seu alcance, sendo possível selecioná-los e ativar a ligação do dispositivo desejado. Outro software muito útil para checar se a ligação do Wiimote com o computador foi bem sucedida é o WiinRemote, que possui a visualização gráfica das funções do controle.

O Wiimote capta os dados da sua orientação no espaço através da câmera infravermelha, localizada na sua extremidade frontal e dos seus acelerômetros no interior do controle, conforme a Figura 36.

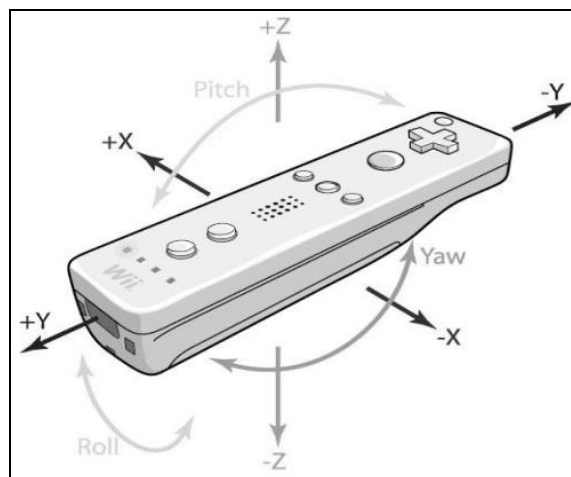


Figura 36. As coordenadas do Wiimote no espaço
Fonte: TORREZAM, A. (2010)

Os softwares usados para construção da aplicação web foram o NVU, que possui modo de edição visual de HTML e o Notepad++ como auxiliar de código. Ambos são

gratuitos.

Para executar a aplicação, é necessário instalar o WAMP e colocar os arquivos dentro da subpasta WWW (geralmente c:\wamp\www\tcc), e acessar pelo navegador Internet Explorer o endereço <http://localhost/tcc/>.

O escopo do protótipo relacionado aos Bits Tangíveis que utilizam muito da Realidade Virtual, Aumentada e Mista foi implantado tomando como base o exemplo relatado por Kawasaki (2009) e foi adaptado para conter na mesma tela, as instruções de uso do Wiimote e dos marcadores para os usuários. Com o JSARToolKit já acoplado a página HTML, foi necessário ainda trabalhar a questão dos marcadores de realidade mista.

Para criar os marcadores, basta encontrar o símbolo desejado em qualquer banco de imagens, como o Google Images e converter essa imagem para uma versão em preto e branco usando o GIMP ou qualquer outro software livre de edição de imagens. Deve ser um símbolo do tipo ícone, ou seja, sem riqueza de detalhes.

Os marcadores não precisam necessariamente ser impressos. Uma sugestão é exibi-los para a *webcam* usando a tela de um telefone celular. A Figura 37 mostra um dos marcadores utilizados.

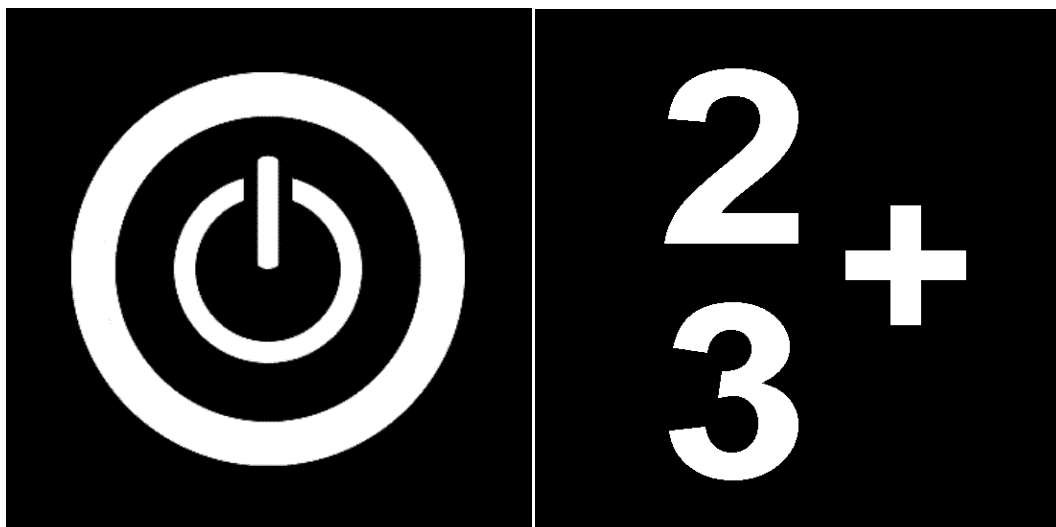


Figura 37. Marcador para desligar o computador e para executar a calculadora do Windows

Para que o JSARToolKit “enxergue” o marcador, é necessário gerar um arquivo com a extensão PAT, usando a ferramenta ARToolKit Marker Generator Online (<http://flash.tarotaro.org/ar/MarkerGeneratorOnline.swf>). Ao executá-lo, deve-se definir o parâmetro “*Marker Size*” para 100%, apontar o marcador impresso ou salvo no celular para a webcam e pressionar o botão “*Get Pattern*” quando uma linha vermelha contornar o marcador. Em seguida, pressionar o botão “*Save*” para salvar o arquivo padrão “*.pat”.

Para a integração da Realidade Mista como aplicação web, foram necessários ainda algumas implementações em linguagem JavaScript que consistiram em definir dois parâmetros, o `MARKER_CODE` e o `MARKER_TITLE`, para que os mesmos buscassem, respectivamente, o arquivo PAT do comando que se pretende executar e a mensagem na tela para usuário.

```
var MARKER_CODE = ['./code/desligar.pat'];
```

```
var MARKER_TITLE = ['DESLIGAR'];
```

A função `LOCALIZA` foi implementada para detectar quando a mensagem para o usuário foi mostrada e automaticamente executar o arquivo que contém as instruções em linguagem VBS para manipular as operações no sistema operacional:

- a) `VBS Scripting.FileSystemObject`: serve para executar aplicações instaladas;
- b) `VBS WScript.Shell`: serve para executar comando do sistema, como desligar o computador.

Para que os tipos de objetos do VBS utilizados funcionem no Internet Explorer mesmo sendo num servidor web local, é necessário fazer algumas modificações nas configurações de segurança do navegador. O nível de segurança da zona de Intranet Local deve ser mudado para “baixo”. Na tela de nível personalizado, deve-se habilitar a opção “Inicializar e criar script de controles ActiveX não marcados como seguros”.

Visando maior controle dos testes, o protótipo desenvolvido provê a interface

gráfica interativa mostrando o vídeo da câmera e as mensagens de ajuda para que o usuário, conforme visto anteriormente. As opções disponíveis para o usuário na tela do protótipo são apresentadas como seguem:

- a) gerenciador de arquivos;
- b) *player* de música e vídeo;
- c) navegador web;
- d) jogos;
- e) executar um programa: calculadora;
- f) desligar computador.

As telas a seguir ilustram as opções anteriormente citadas (Figuras 38, 39, 40, 41 e 42:



Figura 38. Tela principal do protótipo com webcam ativa



Figura 39. Tela principal do protótipo com a ajuda do gerenciador de arquivos

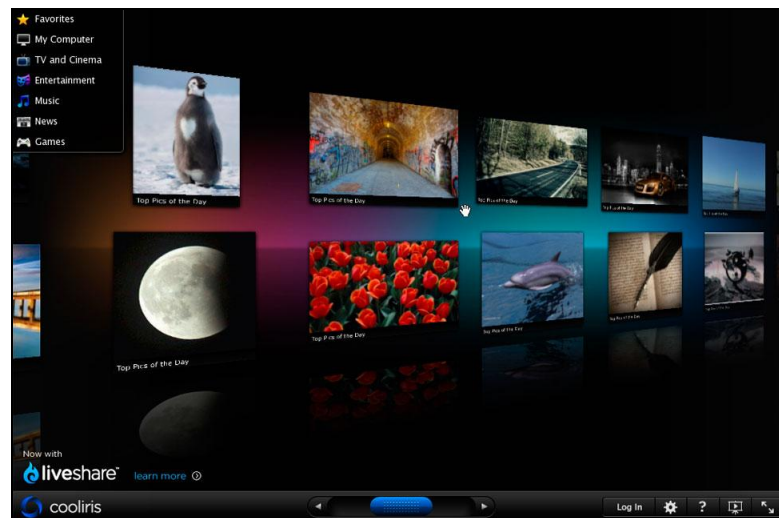


Figura 40. Gerenciador de arquivos CoolIris
(Extensão para os navegadores Firefox e Chrome)

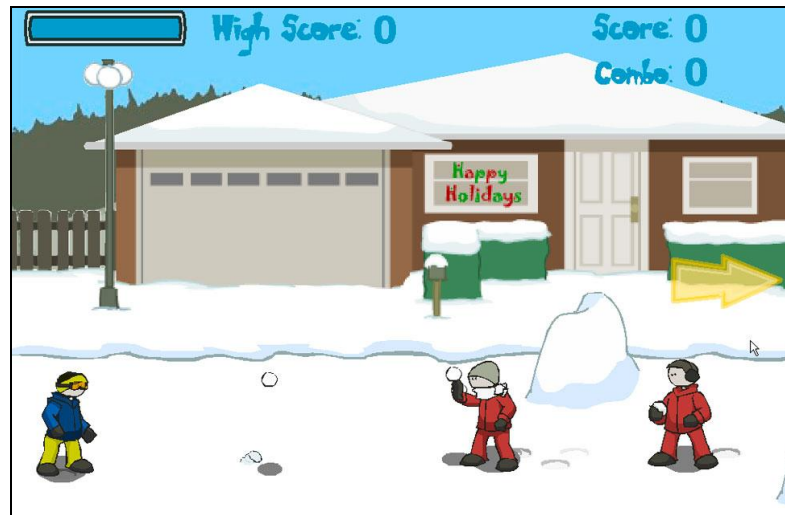


Figura 41. Jogo Bola de Neve (Snow Blitz da Armor Games)



Figura 42. Jogo Atirar Cartas (Virtual Throwing Cards do WiiPlayable)

Lembrando que, para realizar as implantações de aplicações que visam a tangibilidade, existem alternativas em diversos ambientes de programação e sistemas operacionais diferentes.

6.1.6 Avaliação e Teste de Usabilidade

Nesta etapa foi realizada a avaliação do protótipo iBITAGE com aplicação de testes de usabilidade com usuários de diferentes níveis de conhecimento em informática. Os

usuários foram classificados quanto ao nível de familiaridade com computador (SOUZA et al, 2008):

- a) usuário iniciante: uso do PC em casa para fins pessoais como galerias de fotos, redes sociais e etc.;
- b) usuário intermediário: utiliza o computador com ferramenta da profissão, utiliza sistemas de gerência, opera programas de manipulação de imagens, etc.
- c) usuário avançado: programadores e demais profissionais de TI. Etc.

Na avaliação, também foram consideradas as seguintes informações sobre os usuários:

- a) nível de familiaridade/especialização no domínio da aplicação, ou seja, conhecimento sobre como realizar as mesmas tarefas sem o auxílio do computador: iniciante, intermediário, ou avançado.
- b) frequência de uso: ocasional (menos de duas vezes por mês) ou frequente;
- c) ambiente gráfico preferido: Windows®, Macintosh®, Linux ou indiferente.

Embora os usuários tenham diferentes níveis, a proposta dos testes é de ser igual para todos, ou seja, o uso de funções básicas. Os mesmos foram entrevistados para que seja possível identificar em que classificação o usuário se encaixa.

A avaliação realizada foi qualitativa, usando a observação direta para avaliar os seis candidatos, sendo dois de cada nível de familiaridade com o computador. Assim devem-se obter dados que permitam medir o rendimento, a frequência de sucesso e a capacidade ou o comportamento dos indivíduos, além dos princípios do projeto de interação (visibilidade, retorno ou *feedback*, restrições, mapeamento, consistência e o fornecimento ou *affordance*). Conforme Schuhmacher (2007) e Rebelo (2009) podemos usar como critérios de avaliação:

- a) avaliar a **eficácia** da interação entre o usuário e o sistema confrontando a execução das tarefas pretendidas pelos usuários, ou seja, se o objetivo foi

alcançado

b) verificar quanto a interface foi **eficiente** durante a interação, observando o tempo necessário para realização da tarefa, problemas encontrados e necessidade de ajuda;

c) observar a **satisfação** do usuário quanto à atratividade e facilidade, verificando o esforço necessário durante o uso;

d) analisar o **aprendizado**, que é o atributo que evidencia o esforço do usuário para aprender funcionalidades, controles de operação, compreender formatos de entrada e saída, dentre outros.

Existem várias técnicas de elicitação de requisitos, sendo que a escolha depende do tempo e dos recursos disponíveis além do tipo de informação que necessita ser elicitada. As técnicas mais práticas baseiam-se em entrevistas e na prototipação (REBELO, 2009). Veja na tabela 5 as necessidades e requisitos do protótipo interativo em questão.

Tabela 5. Necessidades e requisitos do protótipo interativo

Necessidade	Requisito
Executar uma música ou vídeo	Necessita de um programa que toque mídias
Usar um gerenciador de arquivos	Necessita de um programa que visualize arquivos como o Windows Explorer ou o CoolIris (Extensão para os navegadores Firefox e Chrome)
Abrir uma página da internet	Necessita de um programa do tipo navegador web
Jogar	Necessita definir qual o jogo e os dispositivos de comando do mesmo
Desligar computador	Necessita executar o comando respectivo na interface
Executar um programa para fazer contas	Necessita executar uma calculadora virtual

Conforme Krug (2010) a **escolha dos participantes** pode ser feita utilizando os próprios círculos de convivência do autor do projeto, como família, amigos, colegas de trabalho e estudantes, visto que o público-alvo, neste caso, é composto de voluntários e usuários de informática de níveis variados (Tabela 6).

Tabela 6. Tabela de participantes voluntários

Usuário N°	nível de familiaridade ou especialização das tarefas testadas SEM uso do computador	nível de familiaridade com computador	freqüência de uso	ambiente gráfico preferido
1. Homem, 22 anos Auxiliar Adm. Segundo-Grau Completo	intermediário	iniciante	ocasional	Windows®
2. Mulher, 20 anos Auxiliar Adm. Segundo-Grau Completo	iniciante	iniciante	ocasional	Windows®
3. Mulher, 29 anos Financeiro Segundo-Grau / Técnico em Química Completo / Técnico em Adm. Incompleto	intermediário	intermediário	freqüente	Windows®
4. Homem, 22 anos Vendedor	intermediário.	intermediário	ocasional	Windows®
5. Homem, 22 anos Designer Web Superior Incompleto	avançado	avançado	freqüente	Macintosh®
6. Homem, 27 anos Programador Superior Completo	avançado	avançado	freqüente	Windows®

Foram criados **cenários e tarefas** sem descrevê-los na linguagem do projeto, mas sim no vocabulário do usuário. Vejamos a Tabela 7.

Tabela 7. Detalhamento de atividades para os usuários executarem no protótipo

Objetivo / Cenário	Ação - tarefas	Resultado esperado
Usar o gerenciador de arquivos para visualizar imagens aleatórias da web	Localizar elemento visual com o Wiimote, executar no menu o gerenciador de arquivos Cooliris no menu e escolher as imagens desejadas e ampliá-las.	O usuário vai movimentar o Wiimote para esta ação conforme as instruções da tela.
Tocar uma música desejada no <i>player</i> de mp3	Localizar elemento visual com o Wiimote, executar no menu o <i>Windows Media Player</i> escolher uma música desejada na lista pré-definida	O usuário vai movimentar o Wiimote para esta ação conforme as instruções da tela.
Abrir uma página numa lista no navegador web	Localizar elemento visual com o Wiimote, executar no menu o navegador web e escolher um dos sites da lista para navegar	O usuário vai movimentar o Wiimote para esta ação conforme as instruções da tela.
Interagir com um jogo pré-especificado	Localizar elemento visual com o Wiimote, executar no menu o jogo desejado e usar os gestos conforme o objetivo do mesmo	O usuário vai movimentar o Wiimote para esta ação conforme as instruções da tela.
Executar um programa de fazer contas	Mostrar o marcador com o símbolo da calculadora	Abre a calculadora do Windows®
Desligar computador	Mostrar o marcador com o símbolo de desligamento	Força o computador a se desligar, como se o usuário clicasse em Iniciar->Desligar

Durante os testes de os usuários são incentivados a fazer seus **pensamentos em voz alta (protocolos de verbalização)** enquanto executam as tarefas. Agnes (2007) e Krug (2010) sugerem o seguinte **roteiro dos testes**:

- a) descrever o protótipo,
- b) explicar que não é o participante que será testado e sim a interface;
- c) descrever o protocolo de verbalização (pensar em voz alta);
- d) perguntar se há dúvidas;
- e) falar sobre ajuda e finalização;
- f) realizar entrevista de pré-teste para definição do perfil do usuário;
- g) acionar o software;
- h) apresentar o cenário e a primeira tarefa;
- i) estimular o uso do protocolo de verbalização, durante as tarefas, e fazer as anotações;
- j) se a primeira tarefa for completada apresentar a segunda tarefa e assim por diante;
- k) aplicar o questionário em entrevista pós-teste.

6.2 RESULTADOS OBTIDOS: DA AVALIAÇÃO

Segundo Rebelo (2009) a diferença entre projeto de interação bom e ruim é o resultado sobre a facilidade de aprendizado, eficácia, atender ao objetivo e ser agradável. Estes parâmetros podem ser compreendidos como um resumo da usabilidade e podem ajudar a comparar projetos bons e ruins, identificando pontos fracos e fortes.

O projeto ruim é normalmente identificado por pontos fracos que causam irritabilidade, confusão, incapacidade (pela ineficiência do sistema ou dificuldade de uso),

desistência, entre outros. O meio mais eficaz de descobrir por que é difícil de ser utilizado e como seria possível melhorá-lo é permitindo que usuários reais utilizem o projeto enquanto são observados.

Após o teste, por meio do questionamento dos usuários em entrevista, são coletados os dados qualitativos, as percepções e a satisfação. São dados subjetivos e podem ser quantificadas através das respostas desses questionários. Lembrando que temos seis tarefas e seis usuários, vejamos a Tabela 8.

Tabela 8. Métricas de usabilidade das opções do protótipo
(Adaptado de AGNER 2007; REBELO 2009)

Usabilidade	Gerenciador de arquivos	Player	Navegador web	Jogos	Executar programa: calculadora	Desligar computador
Eficácia: Número de tarefas concluídas	5/6	5/6	4/6	6/6	6/6	6/6
Eficácia: Número de usuários que completaram as tarefas corretamente	5/6	5/6	4/6	6/6	6/6	6/6
Eficiência: Número de passos para completar a tarefa (poucos / necessários)	5/6	5/6	4/6	5/6	6/6	6/6
Eficiência: completar a tarefa em pouco tempo	5/6	5/6	3/6	6/6	6/6	6/6
Satisfação: Frequência de reclamações	1/6	1/6	2/6	1/6	1/6	1/6
Satisfação: Boas expressões faciais e tons de voz dos usuários	5/6	6/6	5/6	6/6	6/6	6/6
Aprendizado: exigir pouco esforço do usuário para aprender funcionalidades, controles de operação, compreender formatos de entrada e saída, etc.	5/6	5/6	4/6	6/6	6/6	6/6
Aprendizado: Número de acessos à ajuda	1/6	1/6	2/6	1/6	1/6	1/6

Baseadas nos estudos de Krug (2010), Rebelo (2009) e Schuhmacher (2007), seguem as questões na Tabela 9, respondidas pelos usuários após testarem o protótipo. O método é o *Questionnaire for User Interface Satisfaction* (QUIS), um modelo de questionário de satisfação que serve ao propósito deste projeto. Ele abrange aspectos como visibilidade, leiaute de telas, significados dos símbolos ou ícones, interação e terminologia.

Tabela 9. Avaliação dos usuários após o teste

	Ruim $\leftrightarrow$ Bom	Usu. 1	Usu. 2	Usu. 3	Usu. 4	Usu. 5	Usu. 6	Média
Mensagens de ajuda na tela	1 2 3 4 5	4	4	5	4	3	5	4,2
O usuário sabe que está indo para o lugar certo ao escolher um item de menu	1 2 3 4 5	4	4	5	4	3	5	4,2
Os objetos informam o que se deve fazer para atingir o objetivo desejado	1 2 3 4 5	4	3	4	4	4	5	4,0
Tempo para realizar uma tarefa	1 2 3 4 5	4	3	4	3	3	5	3,7
O tempo de resposta e de processamento	1 2 3 4 5	3	4	5	5	4	4	4,2
Quantidade de recursos utilizados pelo usuário para concluir a tarefa	1 2 3 4 5	4	5	4	4	4	5	4,3
O sistema oferece ao usuário o tipo certo de funcionalidade	1 2 3 4 5	5	5	5	5	4	4	4,7
É fácil aprender a usar	1 2 3 4 5	5	4	4	4	4	5	4,3
Utiliza analogias e metáforas do mundo real	1 2 3 4 5	5	5	4	4	4	3	4,2
O sistema serve ao propósito principal	1 2 3 4 5	5	4	5	5	4	5	4,7
É possível aperfeiçoar o uso do sistema por meio de um conjunto mais amplo de funções	1 2 3 4 5	5	4	5	5	4	5	4,7

6.3 RESULTADOS OBTIDOS: GERAIS

Poucas dificuldades foram observadas nos usuários durante os testes. As principais foram a falta de familiaridade com o Wiimote e marcadores e a resistência ao usar novas formas de formas de interação, que causaram certo aumento no tempo na execução das tarefas. As recomendações para amenizar esses problemas podem ser a motivação e incentivo ao aprendizado, por meio da atratividade e grau diferenciado de interatividades das novas ferramentas.

Os marcadores e o Wiimote permitiriam aos usuários uma grande variedade de ações, motivadas pela facilidade e atratividade desses objetos e sua similaridade com as atividades do mundo do físico, que instigaram seus sentidos e capacidade de aprender. As metáforas do mundo real ajudaram na compreensão do virtual.

Algumas dificuldades que ocorreram durante a elaboração do protótipo foram configurações de segurança do navegador Internet Explorer que entravam em conflito com as funções das opções do protótipo. A criação de marcadores de realidade mista também foi dificultosa no início, mas este problema foi sanado pela quantidade de informação sobre o tema e pelos tutoriais na internet, além dos testes com as ferramentas.

Entre projetistas de interação é comum sugerir que um sistema é fácil se o usuário inexperiente aprender a utilizá-lo em menos de dez minutos (PREECE et al 2008, p. 37 apud REBELO, 2009). Porém, o usuário possuiria certo grau de conhecimento na área. Não se pode esperar que um advogado aprendesse um aplicativo de engenharia com a mesma eficiência que um engenheiro. Sistemas complexos não poderiam ser submetidos a essa regra. Um piloto não poderia aprender todos os elementos do painel de um avião Boeing® em dez minutos, ele talvez consiga se familiarizar tendo por base o conhecimento de outros painéis.

A regra dos três cliques sugere que depois de três cliques ou etapas, se o usuário

não encontrar a informação ele abandonaria a interface. Porter (2003 apud REBELO, 2009) fez uma pesquisa e mostrou que os usuários se frustram quando não conseguirem alcançar seu objetivo, mesmo que demore algum tempo. A média de vinte e cinco cliques foi definida como aceitável para os que conseguiram encontrar a informação, pois antes de desistir, eles faz muitas tentativas. A pesquisa mostra que a reclamação do usuário é sobre o sintoma (encontrar ou não o dado) e não sobre o problema que causou o fenômeno (desorganização da informação, por exemplo).

A Tabela 10 a seguir expõe as características de alguns dos trabalhos correlatos em comparação ao protótipo desenvolvido iBITAGE.

Tabela 10. Quadro comparativo: trabalhos correlatos X protótipo desenvolvido

Trabalho	Características
Protótipo desenvolvido - iBITAGE	Gestual, bits tangíveis, Wiimote, marcadores, realidade mista, webcam, vários aplicativos.
Compositor Musical	Marcadores, realidade aumentada, apenas aplicativo musical.
Rastreamento dos Dedos	Gestual, movimentos dos dedos, Wiimote, aplicativos de objetos virtuais específicos.
Lousa Interativa	Gestual, caneta, Wiimote, vários aplicativos.
Webcam Mania	Gestual, webcam, apenas jogos pré-especificados.
Gerenciamento de emergências	Superfície multi-toque, objetos reais, tomada de decisões, aplicação específica.
CamSpace	Gestual, webcam e quaisquer objetos do cotidiano, jogos e varias aplicações.
SixthSense	Vestível e Gestual, hardware próprio, realidade aumentada, questões cotidianas e sociais, informações digitais online, projeções de imagens.

CONCLUSÃO

As pesquisas visando novas formas de interação baseadas na tangibilidade passam inevitavelmente pelos estudos da disciplina de IHC. A consolidação da interface do usuário na metáfora do desktop nos últimos anos propiciou um grande amadurecimento das ferramentas ao ponto que os trabalhos correlatos citados, tanto os acadêmicos quanto os comerciais, tiveram bastante sucesso, garantido pelos conceitos e aspectos importantes do projeto de interação com o usuário.

A IHC está preparada para uma transformação ampla num futuro próximo, gerada pelo aumento da aplicação dos paradigmas da computação tangível (Computação Ubíqua, Pervasiva, Vestível, Bits Tangíveis, etc.). O interesse pela pesquisa nesta área tende a crescer ainda mais, a fim de apoiar os novos estilos das formas de interação, fornecendo ao usuário um cenário rico em informações úteis e diversas funcionalidades dos dispositivos. A popularização das tecnologias voltadas para a tangibilidade já existentes, tanto isoladas como agrupadas em aparelhos, também pode incentivar ainda mais pesquisas. Como exemplo, o Wiimote e o iPhone usam várias dessas tecnologias num mesmo dispositivo.

A avaliação da tangibilidade na interação em interfaces gráficas do Windows® e a proposição de mecanismos tangíveis como dispositivos de entrada utilizando realidade mista foram o escopo desta pesquisa. As referências bibliográficas, o estudo de caso da interação na GUI do Windows® e a elaboração do protótipo de baixo custo de interação tangível com uso de realidade mista permitiram atingir este propósito.

O levantamento bibliográfico permitiu também identificar uma vasta quantidade de bibliotecas e frameworks de programação, viabilizando o aproveitamento das interfaces tangíveis pelos desenvolvedores em seus projetos. O estudo aumentou a percepção sobre a quantidade de problemas nas interações que o cotidiano apresenta, tanto nas interfaces reais como nas virtuais para serem resolvidas pelos profissionais da computação.

Dentre as formas que podem promover ampliação de tangibilidade nas interfaces gráficas do Windows®, a comparação com os princípios de projetos de interação no protótipo foram de importância considerável (visibilidade, retorno, restrição, mapeamento, etc.).

Com a proposição do projeto de interação Bit Tangível para a interface Windows® com uso de realidade mista foi possível desenvolver um protótipo de interface tangível e gestual baseada em manipuladores físicos de baixo custo. Para isso foram utilizados como dispositivos de entrada de dados *webcams* e controle *Wiimote* do videogame *Wii* proprietário da marca Nintendo. E para implementação da interação foram usadas bibliotecas e frameworks de código aberto e livre.

Nos testes de usabilidade com os usuários no protótipo, foi possível observar diversos comportamentos interessantes e diferentes nas interações clássicas nas GUIs. A utilização das mãos para controlar o *Wiimote* e os marcadores geraram uma rica variedade de gestos e ações. Os usuários demonstraram motivação com a atratividade das novas formas de manipular as informações digitais, que estimularam mais os seus sentidos e seu aprendizado. Dentre as vantagens, observou-se o aproveitamento das habilidades desenvolvidas pelos usuários no mundo físico, a exteriorização das representações internas do computador e a interação facilitada por meio da manipulação de objetos reais.

A utilização de metáforas e analogias do mundo real para melhor compreender o ambiente virtual, mostrou-se como uma característica que merece destaque especial nos projetos de interação centrados no usuário.

Algumas dificuldades que ocorreram durante a elaboração do protótipo foram configurações de segurança do navegador Internet Explorer que entravam em conflito com as funções das opções do protótipo. A criação de marcadores de realidade mista também foi dificultosa no início, mas este problema foi sanado pela quantidade de informação sobre o tema e pelos tutoriais na internet, além dos testes com as ferramentas.

Como possibilidades de trabalho futuros, sugere-se que o protótipo desenvolvido evolua para um projeto completo, e tenha sua aplicação web disponibilizada em um endereço acessível pela internet para estender a possibilidade de uso e de testes para mais usuários. Outras sugestões são a aplicação dos conceitos de acessibilidade e também explorar a interação por voz.

REFERÊNCIAS

- AGNER, Luiz. **Testes De Usabilidade**. 2007. Disponível em:
<<http://www.slideshare.net/agner/testes-de-usabilidade-slide-share-1>>. Acesso em: set. 2011.
- ALPHEN, Fernand. **Hermes, o deus da cybercoisa**. Rio de Janeiro: BRASPORT, 2004.
- AMSTEL, Frederick van. **Corporeidade e interfaces tangíveis**. 2008. Disponível em:
<http://usabilidoido.com.br/corporeidade_e_interfaces_tangiveis.html>. Acesso em: abr. 2011.
- _____. **Design de Interação e Interfaces Tangíveis**. 2008. Disponível em:
<http://usabilidoido.com.br/design_de_interacao_e_interfaces_tangiveis.html>. Acesso em: abr. 2011.
- _____. **Design de Interação e Interfaces Tangíveis**. 2008. Disponível em:
<http://usabilidoido.com.br/afinal_o_que_e_design_de_interacao.html>. Acesso em: abr. 2011.
- BIAGI, Heloisa. **FLARToolKit, JSARToolkit e os novos rumos da Realidade Aumentada**. 2011. Disponível em: <<http://digifilia.com/flartoolkit-jsartoolkit-e-os-novos-rumos-da-realidade-aumentada/>>. Acesso em: ago. 2011.
- BOTEGA, Leonardo C. **Análise de imagens tomográficas da ciência do solo em ambiente de Realidade Virtual**. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. 2008.
- CAM-TRAX TECHNOLOGIES. **CamSpace - Technology**. 2009. Disponível em:
<<http://www.camspace.com/technology/>>. Acesso em: abr. 2011.
- CYBIS, Walter de Abreu; BETIOL, Adriana Holtz; FAUST, Richard. **Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações**. 2. ed, rev. e atual São Paulo: Novatec, 2010.
- CYBIS, Walter. **Ergonomia & Usabilidade**. 2009. Disponível em:
<<http://www.slideshare.net/luizchina/ergonomia-usabilidade>>. Acesso em: mar. 2011.

FRANÇA, Marcelo Fernandes. **Um Compositor Musical Tangível Usando o ARToolKit**. 2011. Instituto Tecnológico de Aeronáutica - Divisão de Ciência de Computação, São José dos Campos - SP. Disponível em: <<http://www.bibl.ita.br/xiencita/Artigos/COMP1.pdf>>. Acesso em: abr. 2011.

GABRIEL, Martha. **Marketing na Era Digital**, Novatec, 2010.

_____. **QR codes & Realidade Aumentada**. 2009.
<<http://www.slideshare.net/marthagabriel/qr-codes-realidade-aumentada-por-martha-gabriel>>. Acesso em: abr. 2011.

HEWETT; BAECKER; CARD; CAREY; GASEN; MANTEI; PERLMAN; STRONG; VERPLANK. **ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction**. 2009.
<http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html#2_1>. Acesso em: jun. 2011.

KIRNER, Claudio. **Realidade Virtual e Aumentada**. 2011. Disponível em: <<http://www.realidadevirtual.com.br/cmsimple-rv/?ENTRADA>>. Acesso em: jun. 2011.

_____. **Evolução da Realidade Virtual no Brasil**. In: X Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2008, João Pessoa. Proceedings of the X Symposium on Virtual and Augmented Reality. Porto Alegre: SBC, 2008. v. 1. p. 1-11. Disponível em: <<http://www.ckirner.com/historia-rv/historiarv.htm>>. Acesso em: jun. 2011.

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

KIRNER, Claudio; TORI, Romero. **Fundamentos de Realidade Aumentada**. 2010. Disponível em: <https://2316907829794976850-a-1802744773732722657-s-sites.googlegroups.com/site/patrickpsilva/rv/RV_texto_aula_3.pdf?attachauth=ANoY7cq9uVAMyAWYKEtX7HwDHRS1huTzZKVPPhaqVBgcqtbhAKF2r1FlrvNlKJmUvbM814t4EGM6kN3CKvSLz_kKFr2y0m5KS7nBrs7dyV8KCE1UFDTgfauX5RwuxKHP3xC-n5kWibmdjPGNy99vLLX60dfLCWcTrotJMAezz18S7O1g7NFyEbTNf_U5gPnz3tl5WTcAb6KhCBd4Pp7UBq7Z__e6YMf8PQQ%3D%3D&attredirects=0>. Acesso em: set. 2011.

KENNER, Carl. **GlovePIE**. 2010. Disponível em: <<http://www.glovepie.org/>>. Acesso em: fev. 2011.

KRUG, Steve. **Simplificando Coisas que Parecem Complicadas**, Alta Books, 2010.

KAWASAKI, Yusuke. **JSARToolKit - AR (Augmented Reality) by JavaScript**. 2009. Disponível em: <<http://kawanet.blogspot.com/2009/05/jsartoolkit-ar-augmented-reality-by.html>>. Acesso em: ago. 2011.

LEE, Johnny. **Wii Remote Projects**. 2008. Disponível em: <<http://johnnylee.net/projects/wii/>>. Acesso em: mar. 2011.

MUSARDO, Igor. **Executar aplicativos instalados no Computador a partir de uma aplicação Web**. 2008. Disponível em: <<http://igormusardo.com.br/2008/07/13/executar-aplicativos-instalados-no-computador-a-partir-de-uma-aplicacao-web/>>. Acesso em: ago. 2011.

NIELSEN, Jakob **Engenharia de Usabilidade**. São Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.

NUI GROUP. **Touchlib**. Disponível em: <<http://nuigroup.com/touchlib/>>. Acesso em: jun. 2011.

PAIVA, William. **Kinect, Move e Wiimote: Qual a diferença?**. 2010. Disponível em: <<http://www.quenerd.com.br/blog/nerd-games/kinect-move-e-wiimote-qual-a-diferenca>>. Acesso em: fev. 2011.

PARREIRAS, Diego de Jesus Penaforte. **Realidade Aumentada e Interatividade: o Quebra Cabeça Virtual**. Revista Realidade Virtual da Universidade Federal do Rio de Janeiro, v. 2, n.18. jul/dez, 2009. Disponível em: <http://www.latec.ufrj.br/revistarealidadevirtual/vol2_2/3.pdf>. Acesso em: abr. 2011.

PEREIRA, Koji. **Interfaces tangíveis**. In: Quinta Digital, 2009, Belo Horizonte - MG. Disponível em: <<http://panmedialab.org/blog/?p=1143>> ou <http://www.ustream.tv/recorded/2099500#utm_campaign=synclinkback&source=deniedbyhost&medium=2099500>. Acesso em: abr. 2011.

PREECE, Jenny. **Human-Computer Interaction**. Addison Wesley. 1994.

PREECE, Jenny; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. **Design de interação: além da interação homem-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

RADICCHI, Adriel; NUNES, L. P. Augusto; BOTEAGA, Leonardo C. **Proposta de desenvolvimento de interface tangível para aplicações de gerenciamento de emergências**. 2010. Computing and Information Systems Research Lab, Centro Universitário Eurípides Soares da Rocha, Marília - SP. Wireless Networks and Distributed Interactive Systems,

Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, SP. Disponível em: <http://ufscar.academia.edu/AdrielRadicchi/Papers/389679/Proposta_de_Desenvolvimento_de_Interface_Tangivel_para_Aplicacoes_de_Gerenciamento_de_Emergencias>. Acesso em: abr. 2011.

REBELO, Irla B. **Interação e avaliação**: apostila. Brasília, DF. 2009. Disponível em: <<http://irlabr.wordpress.com/apostila-de-ihc/>>. Acesso em: out. 2011.

ROCHA, Heloísa Vieira da; BARANAUSKAS, Maria Cecília Calani. **Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador**. 2003, NIED, UNICAMP.

SASSE, Erick. **WAMP Server**. 2007. Disponível em: <<http://www.ericksasse.com.br/wamp-server/>>. Acesso em: set. 2011.

SCHUHMACHER, Vera R. Niedersberg. **Interface Humano-Computador**: livro didático. 3. ed. rev. e atual. Palhoça: Unisul Virtual, 2007.

SECOND LIFE. **O que é o Second Life**. 2011. Disponível em: <<http://secondlife.com/whatis/?lang=pt-BR>>. Acesso em: ago. 2011.

SIMÕES, Bruno. **Interfaces**. 2006. Disponível em: <<http://www.brunosimoes.org/websites/RealidadeAumentada/index.php?select=4>>. Acesso em: nov. 2011.

SOUZA, Clarisse S. de; LEITE, Jair C.; PRATES, Raquel O.; BARBOSA, Simone D. J. **Projeto de Interfaces de Usuário: Perspectivas Cognitivas e Semióticas**. 2008. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <www.athanazio.com/downloads/ihc/apostila-ihc.pdf>. Acesso em: jun. 2011.

TANNINEN, Mika. **Webcam Mania GamePack 2**. 2010. Disponível em: <http://mika.tanninen.net/Ohjelmat_Webcam_en.shtml>. Acesso em: fev. 2011.

TORREZAM, Alexandre; ALMEIDA, J. D. Diogo. **Projeto de interação baseado em controle 3D**. 2010. Ciência da Computação, Centro Universitário Cândido Rondon (Unirondon) Cuiabá - Brasil. Disponível em: <http://www.unirondon.br/14sci/artigos/artigo_alexandre.pdf>. Acesso em: set. 2011.

YASUDA, Eduardo Shiota. **Ergonomia e usabilidade**: Design Centrado no Usuário. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Design, Hab. em Comunicação Visual,

Centro Universitário Senac. Disponível em:
<http://www.eduardosy.com.br/public/seminario_usabilidade_ref.pdf>. Acesso em: jun. 2011.

ZEGHER, Catherine; TEICHER, Hendel. **3 X Abstraction**. The Drawing Center/Yale University. 2005.

MEIGUINS, Bianchi S.; ALMEIDA, Igor S.; OIKAWA, Marina A. **Cartões Marcadores Reconfiguráveis em Ambientes de Realidade Aumentada**. 2006. Departamento de Informática, Universidade Federal do Pará (UFPA) Belém - Brasil. Disponível em:
<<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/svr/2006/060.pdf>>. Acesso em: set. 2011.