



COPPE/UFRJ

**AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE INTERFACES POR MEIO DE GESTOS DAS
MÃOS EM APLICAÇÕES UTILIZADAS PELOS ENGENHEIROS DE PETRÓLEO**

Altemar Sales de Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadores: Nelson Francisco Favilla Ebecken
Gerson Gomes Cunha

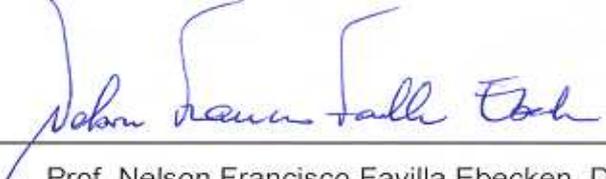
Rio de Janeiro
Novembro de 2008

AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE INTERFACES POR MEIO DE GESTOS DAS
MÃOS EM APLICAÇÕES UTILIZADAS PELOS ENGENHEIROS DE PETRÓLEO

Altemar Sales de Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

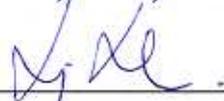
Aprovada por:



Prof. Nelson Francisco Favilla Ebecken, D.Sc.



Prof. Gerson Gomes Cunha, D.Sc.



Prof. Luiz Landau, D.Sc.



Profª. Cristina Jasbinschek Haguenaue, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
NOVEMBRO DE 2008

Oliveira, Altemar Sales de

Avaliação da Usabilidade de Interfaces por Meio de Gestos das Mãos em Aplicações Utilizadas pelos Engenheiros de Petróleo/Altemar Sales de Oliveira. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2008.

XIII, 105 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Nelson Francisco Favilla Ebecken

Gerson Gomes Cunha

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2008.

Referencias Bibliográficas: p. 82-93.

1. Avaliação de Usabilidade. 2. Interfaces Gestuais. 3. Visão Computacional. I. Ebecken, Nelson Francisco Favilla *et al.*. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

*'...Mas, tão certo quanto o erro de ser barco a motor
é insistir em usar os remos...'*

Renato Russo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, pela sabedoria, pelo privilégio da escrita e pelo poder da capacidade de criação que nos foi concedido.

À minha esposa Rosa Amelita, por ter incentivado, suportado e acreditado na realização deste estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus,

por intermédio do seu filho Jesus, porque Ele me concedeu graça e misericórdia até aqui.

À minha mãe,

por sempre me apoiar e acolher, principalmente nos momentos difíceis.

À minha esposa Rosa Amelita,

pelo amor e dedicação, que demonstrou durante esse e outros períodos.

Ao meu orientador Gerson Cunha,

por sua grande sabedoria aliada à simplicidade, por acreditar, apostar e encorajar em todos os momentos.

À professora Cristina Haguenuer,

que me mostrou os caminhos a serem percorridos desde a faculdade de educação da UFRJ.

Ao professor Luiz Landau,

pelo apoio e colaboração.

Ao meu orientador Nelson Ebecken,

por estar sempre disponível e pela sua confiança.

À CAPES, FINEP e ANP pelo patrocínio financeiro.

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

AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE INTERFACES POR MEIO DE GESTOS DAS MÃOS EM APLICAÇÕES UTILIZADAS PELOS ENGENHEIROS DE PETRÓLEO

Altemar Sales de Oliveira

Novembro/2008

Orientadores: Nelson Francisco Favilla Ebecken

Gerson Gomes Cunha

Programa: Engenharia Civil

Interação adequada, natural, flexível e ajustada ao usuário tem sido campo de estudo, na tentativa de criar interfaces de computadores mais próximas da linguagem humana, inclusive em aplicações baseadas em gestos. Avaliar essas interfaces, com o objetivo de atestar sua usabilidade no ambiente de trabalho, faz-se necessário, visto que a tecnologia computacional está presente no cotidiano profissional dos usuários.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a usabilidade de interfaces baseada em gestos das mãos em aplicações utilizadas por engenheiros de petróleo. Foram realizados estudos sobre interfaces gestuais, conceitos, métricas, medidas, atributos e critérios de usabilidade de interfaces e, posteriormente, procedeu-se ao levantamento das necessidades dos engenheiros de petróleo, tendo em vista a visualização de documentos (mapas, plantas estruturais, bacias hidrográficas e outros) e a escolha de gestos das mãos, a serem utilizados pelos engenheiros, durante a interação com esses documentos.

Para avaliar a usabilidade da interface em questão, foi construído um protótipo funcional, empregando a metodologia de desenvolvimento de sistemas orientados a objetos. Os resultados obtidos pela aplicação desse protótipo revelaram que há indicativos favoráveis de que a interação baseada em gestos da mão direita satisfaça os usuários em termos de eficiência, facilidade de aprender, facilidade de memorizar e de prazer em usá-la, em confronto com as interfaces tradicionais.

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

EVALUATION OF USABILITY OF INTERFACES THROUGH GESTURES OF THE HANDS IN APPLICATIONS USED BY THE ENGINEERS OF PETROLEUM

Altemar Sales de Oliveira

November/2008

Advisors: Nelson Francisco Favilla Ebecken

Gerson Gomes Cunha

Department: Civil Engineering

Appropriate interaction, natural, flexible and adjusted to the user has been study field, in the attempt to create closer interfaces of computers of the human language, besides in applications based on gestures. To evaluate those interfaces, with the objective of attesting their usability in the work environment, it is done necessary, because the computer technology is present in the professional users' daily.

This work has as objective evaluates the usability of interfaces based on gestures of the hands in applications used by engineers of petroleum. Studies were accomplished on gestures interfaces, concepts, metrics, measures, attributes and criteria of usability of interfaces and, soon after, proceeded to the rising of the engineers' of petroleum needs, tends in view the visualization of documents (maps, structural plants, basins and other) and the choice of gestures of the hands, used by the engineers, during the interaction with those documents.

To evaluate the usability of the interface in subject, a functional prototype was built, using the methodology of development of systems oriented to objects. The results obtained by the application of that prototype revealed that there are favorable indicative that the interaction based on gestures of the right hand satisfies the users in terms of the efficiency, facility of learning, facility of memorizing and of pleasure in using it, in confrontation with the traditional interfaces.

ÍNDICE DO TEXTO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xiii
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. O Problema.....	1
1.2. Objetivo.....	4
1.3. Justificativa	5
1.4. Organização do Trabalho.....	6
CAPÍTULO 2 - INTERFACES GESTUAIS BASEADAS NAS MÃOS LIVRES	7
2.1. Interfaces de Usuários	7
2.2. Interfaces Gestuais	12
CAPÍTULO 3 - USABILIDADE DE INTERFACES.....	18
3.1. Conceitos e Considerações	18
3.2. Métodos e Medidas de Avaliação.....	21
3.2.1. Medidas	21
3.2.2. Métodos	25
3.3. Trabalhos Relacionados e Conclusão.....	30
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA.....	32
4.1. Tipo da Pesquisa	32
4.2. Cenário	32
4.3. Sujeitos	33
4.4. Instrumentos e Técnicas de Coleta e de Tratamento de Dados	33
4.5. Etapas.....	34
CAPÍTULO 5 - A CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DO 6THSENTIDO.....	37
5.1. Levantamento das Necessidades do Usuário	37
5.2. A Escolha do HandVu	39
5.3. A Escolha dos Gestos das Mãos.....	41
5.4. Desenvolvimento e Descrição do Protótipo.....	42
5.5. Limitações.....	57
CAPÍTULO 6 - VALIDAÇÃO DA INTERFACE.....	59
6.1. Construção do Instrumento de Validação.....	59
6.2. Dinâmica de Uso da Interface Nova versus Interface Tradicional.....	60

6.3. Entrevistas	65
6.4. Descrição dos Resultados da Aplicação do Questionário de Validação	67
6.5. Discussão Sobre os Resultados.....	74
CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXO 1.....	94
ANEXO 2.....	95
ANEXO 3.....	96
ANEXO 4.....	97
ANEXO 5.....	98
ANEXO 6.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Sandscape.....	1
Figura 1.2 – Gestix em uso por médico para visualizar imagens	3
Figura 1.3a – Tablet PC.....	4
Figura 1.3b – Óculos com câmera e monitor sem fio	4
Figura 2.1 – Multidisciplinaridade de uma IHC.....	8
Figura 2.2 – Senseboard	10
Figura 2.3 – O Surface uma mesa interativa.....	10
Figura 2.4 – Toshiba Qosmio com tecnologia Hand Gesture Control.....	16
Figura 5.1 – Gestos para leitura pelo CRN Toolbox.....	40
Figura 5.2 – Gesto para ativar o reconhecimento do HandVu.....	41
Figura 5.3 – Tela do protótipo funcional 6thSentido	42
Figura 5.4 – Tela do protótipo funcional 6thSentido	43
Figura 5.5 – Tela principal do 6thSentido.....	46
Figura 5.6 – Planta do LabCog (UFRJ) visualizada no 6thSentido.....	47
Figura 5.7 – Posição correta da mão para o reconhecimento dos gestos	49
Figura 5.8 – Diagrama de Casos de Uso	52
Figura 5.9 - Diagrama de Classes de Implementação.....	53
Figura 5.10 – Diagrama de Seqüência (Visualizar a Próxima Página)	56
Figura 5.11 – Diagrama de Gráfico de Estados da classe Documento	57
Figura 6.1 – Gesto Iniciar executado pelo entrevistado durante a interação	62
Figura 6.2 – Gesto Último executado pelo entrevistado durante a interação.....	62
Figura 6.3 – Gesto Próximo executado pelo entrevistado durante a interação.....	63
Figura 6.4 – Gesto Girar executado pelo entrevistado durante a interação.....	64
Figura 6.5 – Gesto Aumentar executado pelo entrevistado durante a interação	64
Figura 6.6 – Gesto Anterior executado pelo entrevistado durante a interação	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 – Percentuais de aceitação pelos entrevistados por comandos do Adobe Reader	38
Gráfico 6.1 – Resultado da validação do 6 th Sentido versus Adobe Reader, no caso do atributo facilidade em aprender	68
Gráfico 6.3 - Resultado da validação do 6 th Sentido versus Adobe Reader, no caso do atributo facilidade de memorizar	68
Gráfico 6.5 – Resultado da validação do 6 th Sentido versus Adobe Reader, no caso do atributo erros	69
Gráfico 6.7 - Resultado da validação do 6 th Sentido versus Adobe Reader, no caso do atributo eficiência	70
Gráfico 6.9 - Resultado da validação do 6 th Sentido versus Adobe Reader, no caso do atributo satisfação	70
Gráfico 6.10 – Resultado do perfil do respondente	72
Gráfico 6.11 – Comparativo do Ranking Médio entre 6 th Sentido e o Adobe Reader ...	73

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 6.1 – Percentuais de respostas favoráveis e desfavoráveis para o 6 th Sentido	71
Tabela 6.2 – Percentuais de respostas favoráveis e desfavoráveis para o Adobe 71
Tabela 6.3 – Ranking médio do 6 th Sentido	73
Tabela 6.4 – Ranking médio, por atributo de usabilidade, para o Adobe Reader	73

1. Introdução

Neste capítulo são apresentadas as considerações iniciais do trabalho, envolvendo a avaliação da usabilidade de interfaces por gestos das mãos, a revisão bibliográfica sobre o tema do trabalho, assim como a motivação que levou o desenvolvimento do estudo, os objetivos e a organização do texto.

1.1. O Problema

A tecnologia computacional é utilizada em quase todas as atividades diárias humanas, envolvendo aplicações cada vez mais complexas. Novas interfaces têm permitido maior e melhor Interação Homem-Computador (IHC). Pesquisas têm avançado em direção a paradigmas, que implicam em formas mais intuitivas e naturais de interação, pois pesquisadores se embrenham em busca de melhores soluções. Podem-se citar aquelas cujo paradigma consiste no conceito de interação tangível ao usuário. O **SandScape** (Figura 1.1), por exemplo, é um sistema que disponibiliza uma interface tangível, que torna possível várias simulações diferentes computacionais, para facilitar a compreensão de paisagens topográficas. A paisagem projetada pode ser modificada, de maneira interativa, pela manipulação de areia, que nesse caso é o objeto tangível.



Figura 1.1 – SandScape

Fonte: (MIT, 2002).

Aplicações baseadas nesse paradigma são usadas para o entretenimento (ZHOU *et al.*, 2004, PLODERER, 2003, SHIRAI, SATO, 2004, FREI *et al.*, 2000, ISHII *et al.*, 1999, PATTEN, ISHII, 2007). Inclusive em filmes recentes como *Minority Report* e

The Island (CUNHA, 2007). Na área da música, o Jukebox living (OLIVEIRA, 2007) consiste numa discoteca que possui uma interface, a qual suporta controle de músicas, como se o usuário estivesse numa sala de estar. Trata-se de uma interface tangível, em que cada objeto físico pode ser movido e posicionado sobre uma superfície de exibição, com o propósito de selecionar as canções que serão tocadas. Cada um desses objetos representa uma maneira diferente de exibir a coleção. A troca de música acontece quando um diferente objeto é movido sobre a superfície. Nesse caso, a discoteca está em harmonia com a decoração existente na sala de estar.

Também, devido à busca por melhores IHC, o número de pesquisas sobre Interface Gestual (IG) vem crescendo, graças ao advento da Visão Computacional (VC), que é uma técnica para reconhecimento de imagens, de objetos e de movimentos (BUXTON *et al.*, 2002). Nesse tipo de interface, a interação do usuário com um determinado sistema computacional ocorre por meio do reconhecimento do gesto e acionamento de uma ação computacional associada. Os gestos podem ser feitos com a cabeça, com os braços, com as mãos e outros membros do corpo humano. Podem ser citados os trabalhos de: (KOPP *et al.*, 2006, LENMAN *et al.*, 2002, PREMARATNE, NGUYEN, 2007), Very Nervous System (EL-NASR, VASILAKOS, 2008, CAMURRI *et al.*, 2003). GRFNN (*Gesture Recognition Fuzzy Neural Network*) é um sistema de reconhecimento de gestos das mãos, que reconhece a linguagem americana de sinais, inclusive dígitos (BINH, EJIMA, 2005).

Existem interfaces baseadas, especificamente, nos gestos das mãos, aplicadas às várias atividades humanas utilizando sistemas computacionais. Nesse caso, ao invés de mouse e teclado ou outro dispositivo qualquer de entrada atrelado às mãos dos usuários, são usados os gestos para representar e manipular os comandos do sistema. Aplicações recentes, descritas no Capítulo 2 desta pesquisa, são: SAVI (HERPERS *et al.*, 2001), Reconhecimento de linguagem de sinais (TANIBATA *et al.*, 2002), Soft Remocon (DO *et al.*, 2006), Toshiba Qosmio (IKE *et al.*, 2007a) e Gestix (Figura 1.2) (WACHS *et al.*, 2008a).



Figura 1.2 – Gestix em uso por médico para visualizar imagens

Fonte: (WASH *et al.*, 2008)

Por um lado, pode-se constatar, por intermédio dos estudos citados anteriormente, que o paradigma IG associado ao reconhecimento de gestos das mãos tem sido usado com sucesso em aplicações diversas (CHAN, RANGGANATH, 2002, WACHS *et al.*, 2008), inclusive envolvendo gestos semáforos (sistemas de sinalização) em tarefas secundárias (KARAM, 2006, WHITE *et al.*, 2007, GIBET *et al.*, 2007) abordados no Capítulo 2. O sucesso ou não e a qualidade dessas aplicações é uma preocupação dos estudiosos sobre usabilidade dessa forma de IHC (CABRAL *et al.*, 2005, ARGYROS, LOURAKIS, 2006). A usabilidade preocupa-se com a relação entre as ferramentas e os seus utilizadores. Segundo (ISO 9241-11, 1998), a usabilidade é definida como "*a capacidade que um sistema interativo oferece a seu usuário, em um determinado contexto de operação, para a realização de tarefas de maneira eficaz, eficiente e agradável*". Há vários métodos e medidas para avaliação da usabilidade de sistemas (NIELSEN, LORANGER, 2006, SHNEIDERMAN, 2003). Alguns deles são apresentados no Capítulo 3 deste trabalho.

Por outro lado, um engenheiro de petróleo, cada vez mais dependente das tecnologias que estão em seu ambiente de trabalho, necessita de mecanismos de interação homem-máquina que lhe traga mais conforto e estejam mais adequados ao seu dia-a-dia. Nesse ambiente, mais especificamente em plataformas ou locais que requisitem mãos livres, o uso das interfaces baseadas em gestos das mãos seria consideravelmente útil. Quando se trata da construção de uma plataforma, por exemplo, pode haver necessidade de que o engenheiro visualize plantas relativas ao desenvolvimento da obra. Nesse caso, seria difícil e, até mesmo impróprio, usar os recursos computacionais tradicionais, os quais não combinariam com tal ambiente (fora do escritório) ou não estariam seguros ou não seriam preservados sem nenhum dano, já que uma obra, geralmente, está associada à poeira, espaço limitado, barulho, materiais pesados, pessoas transitando e, até, a acidentes eventuais. Pode-se

imaginar um engenheiro, transitando por uma plataforma em obra e tendo que visualizar documentos utilizando um notebook, sem recursos mobiliário nenhum para apoiá-lo e, então, usar o teclado e o *touch pad* atrelados! Nesse ambiente de trabalho, uma interface deveria ser mais natural e adequada a essas características. É possível imaginar, então, que um engenheiro pudesse ter disponível em seus próprios óculos de segurança (Figura 1.3b), com uma câmera acoplada e um micro monitor sem fio a um *tablet PC* (Figura 1.3a) a tiracolo, as plantas projetadas para sua visualização! Assim, a visualização poderia ser comandada por gestos das mãos do engenheiro captados pela câmera e exibidas no micro monitor (equivale a um monitor normal de 15 polegadas). Isso é que seria mais apropriado! Daria conforto ao profissional. Sabe-se que, em geral, a IHC nesse ambiente ainda está vinculada a teclado e mouse, o que não é adequado, nem tão pouco natural. Existe ainda uma lacuna em pesquisas com relação a esse tipo de abordagem ou preocupação.



Figura 1.3a – *Tablet PC*



Figura 1.3b – Óculos com câmera e monitor sem fio

Dessa maneira, este trabalho tem como foco a avaliação da usabilidade do paradigma IG, baseadas em gestos das mãos, quando se trata de aplicações voltadas para os engenheiros de petróleo, tendo em vista que essas aplicações ainda estão baseadas em interações convencionais (teclado, mouse e monitor). Acredita-se que, semelhante aos casos anteriores, esse paradigma venha a contribuir para melhorar a IHC nos ambientes em que esses profissionais trabalham.

1.2. Objetivo

Geral

- Avaliar a usabilidade da interação homem-computador por gestos das mãos em aplicações utilizadas pelos engenheiros de petróleo.

Específicos

- Revisar a literatura, abordando as interfaces por gestos das mãos, a usabilidade das interfaces e ferramentas baseadas em técnicas da VC, destinadas ao desenvolvimento dessas interfaces;
- Construir o protótipo e
- Validar o protótipo.

1.3. Justificativa

Sabe-se, como exposto anteriormente, que os engenheiros de petróleo ainda estão usando interfaces computacionais tradicionais em trabalhos de campo como em obras de plataformas e que não há estudos dedicados a atender às necessidades desses profissionais de terem interfaces mais apropriadas para o seu tipo de trabalho.

Dessa forma, esta pesquisa é justificada pelos motivos apresentados a seguir.

- Tornou disponível o protótipo de uma solução de interface baseada em gestos, que pode compor, de forma mais adequada, o ambiente de trabalho dos engenheiros de petróleo, que ainda estão vivenciando o problema de trabalharem com interfaces não ajustadas às características de um cenário de campo ou de obra em plataformas, por exemplo. Tal solução pode contribuir para que esses profissionais tenham acesso aos sistemas computacionais com uma interação mais confortável, podendo concorrer para que tenham um ambiente de trabalho que favoreça ainda mais a produção.
- Trata-se de um trabalho relevante, porque vem contribuir para preencher uma lacuna existente em estudos de usabilidade de interfaces baseadas em gestos das mãos, que é mais natural, intuitiva e acredita-se que seja mais adequada aos ambientes de trabalho de um engenheiro de petróleo.
- Contribui com estudos acadêmicos futuros de outros estudiosos, que venham a desenvolver trabalhos sobre o tema desta pesquisa, deixando à disposição uma documentação, a qual relata um caminho que pode ser adotado, em se tratando de desenvolvimento, implementação e validação da usabilidade de uma solução de interface baseada em gestos das mãos, que ainda é considerada uma interação sofisticada ou fora do usual.

1.4. Organização do Trabalho

Além desta introdução, este trabalho possui seis partes. No segundo capítulo, é apresentada uma breve evolução das interfaces de usuários, focando especialmente os paradigmas da interação tangível e perceptuais, tendo em vista a abordagem sobre interfaces gestuais. Nesse contexto, está em pauta a classificação dessas interfaces, com indicação do tipo de gestos abordados nesta pesquisa, além de alguns desafios da técnica de reconhecimento de gestos. O terceiro capítulo aborda o tema usabilidade de interfaces, apresentando os conceitos, considerações, critérios, medidas, métodos e atributos relativos à avaliação da usabilidade. No quarto, é apresentada a metodologia da pesquisa usada no desenvolvimento deste trabalho em detalhes, englobando a definição dos sujeitos, cenário, instrumentos de coleta de dados, métodos e técnicas, além da forma de tratamento dos dados. O quinto capítulo contém os aspectos relativos à construção de um protótipo para a interface, que é foco desta pesquisa, englobando o levantamento das necessidades dos usuários, engenheiros e futuros engenheiros de petróleo; a escolha do software para reconhecimento de gestos; a seleção dos gestos das mãos a serem usados neste estudo; os detalhes do desenvolvimento do protótipo; a descrição do mesmo; e as limitações desta pesquisa, com respeito ao próprio HandVu (sistema de reconhecimento de gestos), à Visão Computacional e à implementação do protótipo. No sexto, são apresentados os resultados da aplicação dos métodos e técnicas relativos à validação da interface proposta, contendo, inclusive, o relato da dinâmica de uso dessa interface pelos sujeitos da pesquisa e uma discussão sobre os resultados. Finalmente, no sétimo e último, são expostas as conclusões, contribuições e as perspectivas futuras com base nos resultados obtidos.

2. Interfaces Gestuais Baseadas nas Mãos Livres

Este capítulo apresenta uma breve evolução das interfaces de usuários, focando especialmente os paradigmas da interação tangível e perceptuais, tendo em vista a abordagem sobre IG. Nesse contexto, está em pauta a classificação dessas interfaces, com indicação do tipo de gestos abordado neste trabalho, e algumas dificuldades e desafios da técnica de reconhecimento de gestos.

2.1. Interfaces de Usuários

As máquinas fazem parte das tarefas do dia-a-dia dos seres humanos. Para manuseá-las, necessita-se de uma camada de ligação. Essa camada, a Interface do Usuário (UI), existe para que se estabeleça uma comunicação entre essas máquinas e o homem. Tal comunicação pode ser realizada de inúmeras formas, dependendo da aplicação, do equipamento, dos dispositivos de entrada e saída, dos dados, da informação e outros.

Para Barrilleaux (2001), uma UI é parte do conjunto de um sistema, criada para que haja um diálogo entre o usuário e esse sistema de forma adequada. Segundo Maddix (1990), o mecanismo integrante de um sistema de comunicação entre um usuário e uma máquina é denominado interface, que é uma parte muito importante desse sistema. Diante dessa importância, os projetistas devem se preocupar em produzir interfaces, que atendam aos usuários, de acordo com as suas necessidades (NIELSEN, 1993). O uso dessas interfaces pelos usuários é chamado de interação que, em se tratando de computadores, pode ser atribuído o termo Interação Homem-Computador (IHC).

A construção de uma IHC não deve ser apenas uma preocupação da área de Informática, mas espelhar uma abrangência multidisciplinar, conforme é mostrado na Figura 2.1, com o objetivo de haver um ajuste, cada vez maior, da interface ao seu usuário (DIX *et al.*, 2004).

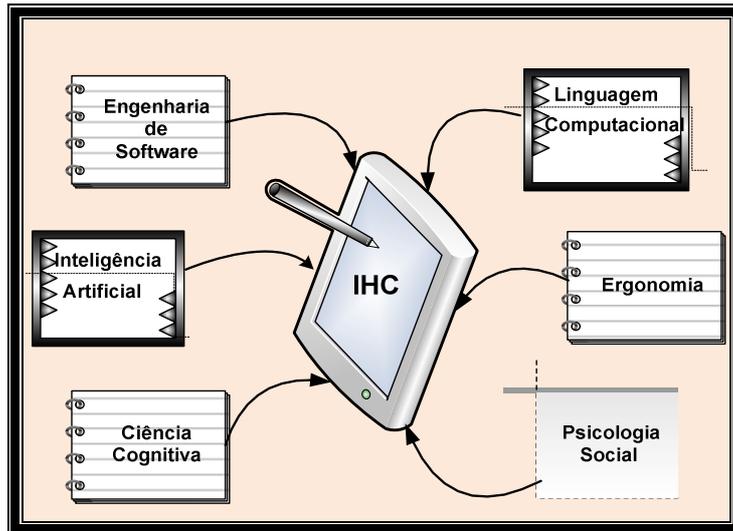


Figura 2.1 – Multidisciplinaridade de uma IHC

Fonte: (DIX *et al.*, 2004) – adaptado para este trabalho.

A partir do surgimento dos computadores, no que tange a interfaces, na década de 50, historicamente, não havia nenhuma abstração significativa inicialmente entre os usuários (naquele momento só programadores ou operadores) e as máquinas. A interação com computadores era realizada por interruptores ou cartões perfurados. Já, na década de 60, não existindo paradigma algum e permanecendo o cartão perfurado e os interruptores como dispositivo de interação predominante, um pesquisador (SUTHERLAND, 1963) desenvolveu uma interface que usava a manipulação de um objeto (caneta luminosa) associado à gesticulação das mãos.

A partir dos anos 70, a IHC passou a utilizar teclados semelhantes ao de uma máquina de escrever e interação por linhas de comando.

Na década de 80, surgem as Interfaces Gráficas do Usuário (GUI), que segundo Barrilleaux (2001) envolvem os seguintes conceitos: **WYSIWYG** (*What you see is what you get*), representação icônica e manipulação direta. Em relação ao estilo WYSIWYG, pode-se afirmar que a representação, com que o usuário interage nas telas de interface, é basicamente a mesma que a imagem final criada pelo sistema. A maioria das aplicações gráficas interativas possui algum componente nessa representação. Por exemplo, uma informação de um gráfico, que imprime um caractere colorido, também é visualizada nesse mesmo formato no vídeo.

Na representação icônica, os objetos, atributos ou relações, que podem ser operados, são representados de forma pictórica, ou seja, por intermédio do uso de ícones, que é um símbolo caracterizado pela semelhança ou pela analogia entre o símbolo escolhido e o que ele está representando. Esse estilo de representação não

está relacionado com a meta de manipulação direta, em que textos podem ser mais representativos que ícones, em certos casos.

Quanto à manipulação direta, os objetos, atributos ou relações, que podem ser acessados no sistema, são representados, visualmente, por meio de gráficos ou textos. As operações são invocadas por ações realizadas sobre a representação visual. A manipulação direta é um estilo de interação bastante explorado. Esse estilo permite a substituição da sintaxe de comandos pela manipulação direta dos objetos de interesse, trazendo o usuário mais próximo da semântica da aplicação. A metáfora utilizada é o ponto fundamental. Ela deve ser suficientemente simples, para que o usuário compreenda rapidamente e, ao mesmo tempo, bastante sofisticada, para oferecer, de forma natural, intuitiva e consistente, todas as operações necessárias à tarefa do usuário dentro dos sistemas de informação.

Por último, têm sido abordados pelos pesquisadores mais dois tipos de interfaces: a Interação Tangível ao Usuário (TUI), que são técnicas de interação natural, utilizando objetos físicos reais e a PUI (*Perceptual User Interfaces*), baseada no reconhecimento dos sentidos humanos, usando os conceitos da visão computacional aliados a técnicas de realidade virtual (TURK, KÖLSCH, 2004). Essas interfaces surgiram da necessidade de trazer uma IHC mais natural, flexível, eficiente, e poderosamente mais fácil de aprender e usar.

O termo tangível refere-se ao fato da interação com um dado sistema “computacional” ocorrer por meio de dispositivos e objetos do cotidiano. Em sistemas de interfaces tangíveis, o formato do objeto e as ações realizadas sobre o mesmo devem estar relacionados com o resultado desejado pelo usuário. Essa interação baseia-se no uso de formas físicas que representem e controlem informações digitais. Geralmente, esse tipo de interface usa estruturas simples e transparentes a ponto de permitir que seu usuário imagine seu modo de operação e seus significados (COSTANZA *et al.*, 2003). Várias soluções ou protótipos foram pioneiras e importantes para o desenvolvimento das TUIs. São elas: **Bricks**, **metaDESK**, **ambientROOM**, **SandScape** (MOTTA, 2008), **Senseboard** (JACOB *et al.*, 2002) e **Surface** (TECNOLOGIA, 2007). O **Bricks** oferece a manipulação de objetos virtuais, associando-os a objetos reais em formato semelhante ao de tijolos. Essa manipulação pode iniciar um processo ou fixar um parâmetro. No caso do **metaDESK**, é suportado o controle de objetos virtuais por intermédio de vários objetos reais associados, usando metáforas. Com respeito ao **ambientROOM**, consiste numa complementação do **metaDESK**, sendo que é utilizado um ambiente (quarto, por exemplo) como mídia. **SandScape** é um sistema que disponibiliza uma interface tangível que torna possível

várias simulações diferentes de computador para facilitar a compreensão de paisagens topográficas. O **Senseboard** tem como objetivo (Figura 2.2) manter e recuperar informações sobre compromissos dos usuários. Ele funciona basicamente como uma agenda eletrônica, em que o usuário arrasta, insere, copia, apaga entre outros comandos, apenas utilizando a tela de projeção do tipo LCD, plasma ou CRT.

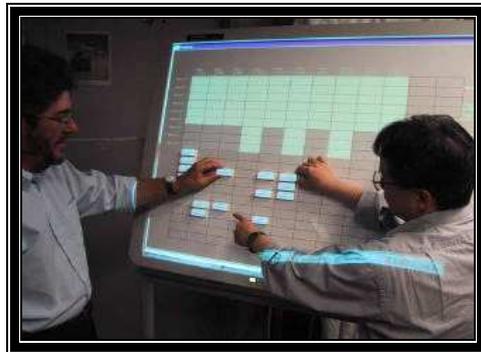


Figura 2.2 – Senseboard

O **Surface** (Figura 2.3), da Microsoft, é uma mesa eletrônica com uma tela de 30 polegadas, que detecta os movimentos das mãos próximos à tela que são projetados pelo sistema. O principal meio de interação é o uso das mãos. A entrada ou a manipulação de informações pode se realizada em forma de gestos, toques ou pela própria interação com os objetos físicos (celulares, câmeras digitais e outros).

É possível manusear imagens e documentos, bastando arrastar esses elementos na tela. Com o simples movimento da mão, os componentes da tela podem ser movidos de um ponto a outro, ampliados ou reduzidos, tornando-se confortável, tanto para a interação, quanto para a visualização da tela (TECNOLOGIA, 2007).



Figura 2.3 - O Surface uma mesa interativa

Uma TUI trata a manipulação de objetos reais como uma maneira mais natural de interagir com o computador, do que apontar ou referenciar objetos que sequer existem. Informações e estado do sistema são representados diretamente pelo objeto físico por intermédio de, por exemplo, sua forma, aparência, textura e localização

espacial, enquanto dados adicionais são providos digitalmente geralmente mostrados por meio de vídeo-projeção sobre o próprio objeto (ISHII, ULLMER, 1997).

No SandScape, uma paisagem projetada pode ser modificada, de maneira interativa, pela manipulação de areia. Os resultados são analisados e geram uma variedade de simulações computacionais que podem ser vistas pelo usuário, em tempo real, sobre a superfície da areia. Os usuários podem alterar a forma desse modelo, manipulando areia, em recipientes cobertos por raios infravermelhos, simultaneamente vendo os efeitos resultantes. Isto é, da imagem do modelo de areia capturada pela máquina fotográfica infravermelha, é possível determinar a geometria de superfície em questão. Essa imagem é, então, usada como a contribuição para diversas funções de análise, usadas para calcular a altura, declive, contornos, sombras, drenagem e aspecto do modelo. Essa análise está, de volta, projetada sobre a superfície da areia. A areia funciona como um objeto em que a entrada e a saída estão refletidas.

Um filme de ficção científica, lançado em 2005, que usou o paradigma de TUI foi “A Ilha” (*The Island*) do diretor Michael Bay. Nesse filme, o diretor de uma organização, cujo negócio era clonagem humana, interpretado por Sern Bern, utilizava um sistema de informação para fornecer os dados dos seus pacientes, usando a própria superfície de sua mesa de trabalho como entrada e saída de informações, interagindo por meio de um cristal em forma de pirâmide. Ao deslocar a pirâmide, ao girar ou ao posicioná-la em uma dada posição geográfica sobre a mesa, o sistema executa uma ação específica sobre as informações desejadas pelo cientista. A pirâmide e os outros componentes dessa interface estavam em harmonia com o ambiente, parecendo “peças de adorno” do consultório. O uso desses recursos demonstrava uma IHC bem simples e próxima do cotidiano humano, sem os equipamentos computacionais tradicionais (OLIVEIRA, 2007).

Quanto à PUI, que engloba o tema específico deste trabalho, será abordada mais profundamente na seção a seguir. Esse conceito está diretamente relacionado aos multimeios de interação (entrada para o computador), à exploração de mídias distintas (multimídia) e ao controle usando técnicas de reconhecimento (visão, reconhecimento de gestos, fala, por exemplo). Ele envolve a percepção de gestos e outros itens, dentro do contexto de interfaces gestuais, sem requerer qualquer contato físico com dispositivos ou com objetos físicos. Sendo que proporciona uma IHC altamente interativa, interação multimodal (toque, áudio, gestos), natural, eficiente e completa, se comparadas às interações tradicionais (TURK, ROBERTSON, 2000).

2.2. Interfaces Gestuais

O homem usa o corpo ou partes dele como forma natural de linguagem, podendo utilizar uma grande variedade de gestos para exprimir o que não pode ser facilmente expresso pela fala. O uso das mãos como interação é muito comum em um diálogo (HONGO *et al.*, 2000, ZHU *et al.*, 2000). Os gestos expressam ou enfatizam idéias no uso de linguagens (GURALNIK, 1994).

Uma forma de comunicação sem a necessidade da fala, utilizando apenas gestos para representar comandos, é ASL (*American Sign Language*), a linguagem americana de sinais (EISENHAUER *et al.*, 2002). No Brasil, também, existe uma linguagem, sem uso de palavras sonoras, a LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais). As Línguas de Sinais não são universais. Existem países que possuem a sua própria língua de sinais, sofrendo influências da própria cultura (VASCONCELOS *et al.*, 2007). No ano de 2002, foi sancionada a lei nº 10.436, reconhecendo a LIBRAS como meio de comunicação por gestos (BRASIL, 2002).

Gestos foram considerados uma solução de sucesso por introduzir um método natural e intuitivo para as IHCs (CHAN, RANGGANATH, 2002, WACHS *et al.*, 2008a). Os primeiros gestos que foram aplicados a interações de computador foram abordados em (SUTHERLAND, 1963). O trabalho desse autor, na década de 60, focava interação por gestos de forma manipulada, utilizando dispositivo em forma de caneta luminosa. Desde então, a utilização dos gestos, para facilitar um estilo mais expressivo e intuitivo nas interações de usuários, ganhou popularidade entre pesquisadores de IHC (KARAM, 2006).

Estabelecer a troca de informação do homem com o computador por gestos ou gestos pré-definidos é o objetivo de uma Interface Gestual (IG). Para que haja essa troca, é necessário o uso de um gesto associado a uma ação computacional e, em seguida, a interpretação desse gesto pelo computador, para que a tarefa automatizada seja realizada. O gesto utilizado como linguagem deve conter um significado previamente armazenado para que haja um diálogo (KARAM, 2006).

Em se tratando de IHC baseado em gestos, Quek *et al.* (2002) aborda as seguintes categorias de gestos: manipulações, semáforos, gesticulação (combinação de gestos e fala), *deictic*¹ (demonstrar, focalizar) e linguagem de sinais (Quirologia). As

¹ O termo *déitico* vem do grego *dêixis* e apresenta como significado: 'indicar', 'apontar', 'demonstrar' e 'focalizar'. O uso do *déitico* está relacionado ao sentido, à referência, que se constrói na interação face a face, pois, para que haja o entendimento dos participantes do contexto de comunicação, é necessário perceber, de forma mútua, as convenções lingüísticas

três últimas categorias estão descritas detalhadamente em Karam (2006). Gestos manipulativos são aqueles cuja proposta tem como pretensão o controle de algum objeto físico, aplicando um relacionamento estreito entre os movimentos de gestos das mãos ou dos braços e esse objeto que está sendo manipulado. O foco deste trabalho consiste na aplicação de semáforos, que são sistemas de sinais usando *flags* (marcos), *lights* (luzes), *arms* (braços) ou *hands* (mãos).

De acordo com Quek *et al.* (2002), gestos semáforos são sistemas de gestos que empregam um dicionário estilizado de gestos estáticos ou dinâmicos das mãos ou dos braços. Nas propostas baseadas em semáforos, os gestos servem como um conjunto de símbolos destinado à interação com a máquina. Apesar de serem consideradas como uma das mais largamente aplicadas, na prática, ainda não são muito usadas, sendo um método prático para dar suporte a interações a distância em ambientes inteligentes (CAO, BALAKRISHNAN, 2004, LENMAN *et al.*, 2002, WILSON, SHAFER, 2003).

Gestos semáforos podem ser categorizados em estáticos, dinâmicos e *stroke* (golpe). O foco deste trabalho consiste em gestos semáforos estáticos e dinâmicos, por considerar posturas estáticas e movimentos dinâmicos das mãos (ALPERN; MINARDO, 2003, REKIMOTO, 2002). Como nesta pesquisa os gestos são realizados usando mãos livres (*hands-free*), a categoria *stroke* não é considerada, visto que nesse caso os gestos estão combinados a objetos físicos (MOYLE, COCKBURN, 2002, SMITH, SCHRAEFEL, 2004, LENMAN *et al.*, 2002, ZHAO, BALAKRISHNAN, 2004, BARRIENTOS, CANNY, 2002, WU, BALAKRISHNAN, 2003, OU *et al.*, 2003, PASTEL, SKALSKY, 2004, PIRHONEN *et al.*, 2002).

Quek *et al.* (2002) afirma que o uso de gestos semáforos na IHC tem sido predominante tema de pesquisas. Apesar desse autor e de Wexelblat (1997) afirmarem que gestos semáforos não são naturais para IHC e representarem uma pequena parcela da comunicação humana, Karam e Schraefel (2005) defende que essa parcela é potencialmente bem escolhida para ser aplicada em interações secundárias.

A seleção do menu, em um editor de textos, para a escolha de uma opção qualquer, é considerada uma tarefa secundária. Enquanto que a edição (digitação) do texto propriamente dita é a tarefa principal nesse contexto. A interação com um DVD

e paralingüísticas negociadas. A capacidade de correlação ligando-se as pessoas de uma interação, ou de referir-se ao tempo e espaço dos interlocutores. (CAVALCANTE, 2002)

Player para controlar as funções básicas pode ser realizada usando gestos pré-definidos, durante a construção de uma planilha eletrônica, que é a tarefa principal, simultaneamente ouvindo música, que é a tarefa secundária.

Podem ser citados vários trabalhos de autores que defendem o uso de gestos semáforos em tarefas secundárias. São eles: (BAUDEL, BEAUDOUIN-LAFON, 1993, CAO, BALAKRISHNAN, 2004, LENMAN *et al.*, 2002 WILSON, SHAFER, 2003, STREITZ *et al.*, 1999, ALPERN, MINARDO, 2003, PICKERING, 2005, KARAM, SCHRAEFEL, 2005).

A técnica utilizada para o reconhecimento de gestos das mãos é chamada de Visão Computacional (VC). Ela consiste em capturar e reconhecer objetos, imagens e gestos, inclusive os gestos das mãos (BUXTON *et al.*, 2002). O uso da VC permite uma grande diversidade para o desenvolvimento de IHC, inclusive sem o uso de dispositivos fixados ao usuário para que haja interação, necessitando apenas de uma câmera. Dentro desse contexto, essa técnica permite estabelecer uma interface com o computador, de uma forma mais natural e intuitiva por meio de gestos. Sem o uso de quaisquer dispositivos atrelados às mãos, o usuário fica voltado apenas para a aplicação, e a câmera sendo a única fonte de captura de informação, assim, pode-se afirmar que o mecanismo de interação é baseado em VC (OKA *et al.*, 2002). Essa técnica permite o uso de gestos como forma de interação (BINH, *et al.*, 2005).

A VC tem evoluído, mas existem ainda vários desafios a serem alcançados. De acordo com Truyenque (2005), muitos dos problemas da VC, como por exemplo o de detectar uma mão em movimento sobre um fundo relativamente constante, que parece simples à primeira vista, são, na realidade, produto de um complexo processo realizado pelo cérebro humano. Fazer o computador reproduzir esse processo é o desafio da VC.

Um dos grandes problemas é a quantidade de informação de entrada disponível. A retina tem aproximadamente 125 milhões de células receptivas para capturar informações do ambiente. Mesmo se as câmeras (resolução máxima de captura em tempo real) tivessem a mesma capacidade de captura de informação, os computadores não possuem o enorme poder de processamento em paralelo que possui o nosso cérebro. Portanto, somente alguns processos básicos são implementados na maioria dos sistemas em tempo real baseados em VC.

Outro problema da VC é a baixa confiabilidade e a instabilidade, ocasionadas, entre outras coisas, por mudanças de iluminação, oclusão, movimento e ruído nos equipamentos de captura. O sistema de visão humano integra várias características

que são observadas em paralelo (ex. cor, movimento, contornos), junto ao seu conhecimento do mundo, para lidar com esses problemas. Conseguir isso num computador não é uma tarefa fácil.

As capacidades humanas são fruto da integração do conhecimento do mundo (experiência humana) ao longo de nossas vidas e é importante considerar isto nos algoritmos de VC, caso o objetivo seja para alcançar resultados mais robustos. Por essas razões é difícil construir um sistema de Visão Computacional de propósito geral, que seja capaz de trabalhar com toda classe de objetos e em todos os ambientes. É preciso restringir o campo de ação e construir sistemas mais específicos.

Nos últimos anos, muitos trabalhos de pesquisa relacionados à IHC baseada em visão têm sido desenvolvidos (WACHS *et al.*, 2008a). No que diz respeito à interação baseada nas mãos, muitos dos sistemas desenvolvidos têm se dedicado ao reconhecimento de gestos e posturas, o que significa que a interação com o computador é baseada no reconhecimento de diferentes posturas e gestos das mãos. Alguns são apresentados no Capítulo 5, inclusive o HandVu (pronuncia-se *Hand View*) que é utilizado nesta pesquisa. Uma interessante diversidade de abordagens tem sido apresentada, mas na maioria dos casos se depararam com os mesmos problemas de segmentação e rastreamento. O HandVu usa o método (algoritmo) Viola-Jones e possui algumas limitações que são abordadas nos Capítulos 5 e 6.

Alguns sistemas recentes que fazem uso desse tipo de interação por gestos são o Very Nervous System (EL-NASR; VASILAKOS, 2008) e o Eyesweb (CAMURRI *et al.*, 2003). Alguns sistemas que fazem uso dessa interação, especificamente, baseados nas mãos Soft Remocon (DO *et al.*, 2006), Toshiba Qosmio (IKE *et al.*, 2007b), SAVI (HERPERS *et al.*, 2001), JSL (TANIBATA *et al.*, 2002) e Gestix (WACHS *et al.*, 2008b).

Quanto ao Very Nervous System, é um sistema composto de uma ou duas câmeras que reconhecem a velocidade, a posição e os gestos de dançarinos em uma visualização 3D. Após esse reconhecimento é enviado ao sistema os dados necessário para a reprodução de músicas. Cada música, gerada a partir desses dados, possui timbres, frequências, tons e parâmetros específicos para cada movimento do dançarino.

O Eyesweb permite extrair informação dos movimentos do corpo de um *performer* (um músico, um bailarino, ou de um público) e utilizar essa informação para controle e geração de sons. Ou seja, a partir do movimento do corpo toca-se um som.

O Soft Remocon é um sistema que controla eletrodomésticos e serviços, em uma “casa inteligente”, acionados por meio de gestos, permitindo aumentar o volume e trocar de canal da televisão, abrir e fechar cortinas. Seu funcionamento consiste em reconhecer o usuário e os gestos realizados, por intermédio de três câmeras presas ao teto. Após o reconhecimento da posição da mão e da direção, o sistema certifica-se do comando com a emissão de um som, para evitar possíveis erros.

A Toshiba, fabricante de computadores, incorporou em seus notebooks modelos, Qosmio (Figura 2.4), a tecnologia *Hand Gesture Control*, que permite ao usuário interagir com o sistema por meio de gestos das mãos, capturados por uma web-câmera integrada ao console. Essa tecnologia reconhece em tempo-real objetos cinéticos, tridimensionais e posturas das mãos em um PC. O drive de DVD Player pode ser controlado por gestos para acionar os comandos iniciar, parar, pausar, avançar e voltar um vídeo, por exemplo, estão disponíveis nessa interface gestual. O processamento do reconhecimento dos gestos é responsabilidade do co-processador SpursEngine™, liberando a máquina para outras tarefas concorrentes. Com isso, o tempo de processamento é robusto e paralelo (IKE *et al.*, 2007a).



Figura 2.4 – Toshiba Qosmio com tecnologia *Hand Gesture Control*

Quanto ao SAVI, é um sistema para controlar vídeo, utilizando os gestos das mãos à distância. Pode ser utilizado em vídeo conferências, o usuário realiza gestos específicos para a execução de determinadas tarefas.

Um sistema para o reconhecimento da linguagem de sinais japonesa (JAPANESE SIGN LANGUAGE - JSL) em qualquer ambiente. Para isso é necessário apenas que o usuário realize os gestos específicos da JSL e o sistema os reconhece em tela.

O Gestix é uma interface de computador que é ativada à distância, sendo controlada por gestos das mãos livres. Essa interface foi desenvolvida para área da saúde. Nela, os médicos podem manipular as imagens digitais, realizando os seguintes comandos: girar, ampliar determinadas áreas e selecionar novas imagens, sem necessidade de qualquer contato físico com dispositivos eletrônicos. Esse

aplicativo funciona em duas etapas: inicialmente, a máquina reconhece o cirurgião, localiza e rastreia os gestos de suas mãos. Na segunda etapa, os médicos devem aprender a fazer oito gestos de navegação definidos para manipular o sistema. Existe, também, uma área neutra, permitindo que os médicos baixem as mãos sem que o sistema continue a rastreá-las (WACHS *et al.*, 2008a).

No contexto da IHC, gestos das mãos, geralmente podem ser apresentados como posturas estáticas diferentes. Tecnicamente, em se tratando de VC, pode-se distinguir gesto e postura do seguinte modo (PAVLOVIC *et al.*, 1997): gesto está relacionado ao movimento e postura à estática. No âmbito desta pesquisa, no que se refere a gestos das mãos, o termo gesto corresponde ao aspecto estático do gesto, como está sendo tratado nos Capítulos 5 e 6.

3. Usabilidade de Interfaces

Este capítulo trata o tema usabilidade de interfaces do usuário, abordando conceitos associados, medidas, métodos e critérios relativos à avaliação da usabilidade de interfaces, direcionando para validação da interação por gestos das mãos.

3.1. Conceitos e Considerações

Usabilidade é um atributo de qualidade relativo a quão fácil um sistema pode ser usado, mais especificamente, se refere a quão depressa os usuários podem aprendê-lo; quão eficiente e fácil de memorizar esse sistema é; quão propenso a erros se apresenta; e, finalmente, a quantos usuários gostariam de utilizá-lo (NIELSEN, LORANGER, 2006).

Usado pela primeira vez em 1968, em Garmisch, na Alemanha, durante um workshop destinado aos crescentes problemas da tecnologia de software, o termo Engenharia de Software nomeia a disciplina tecnológica preocupada com a produção e manutenção sistemática de produtos de software, desenvolvidos e modificados dentro de prazos e custos estimados (FAIRLEY, 1985).

Jensen e Tonies (1979) afirmaram que, sob o ponto de vista dessa disciplina, um produto podia ter sua qualidade avaliada a partir de um conjunto de requisitos fundamentais. Dentre os quais, ainda não havia um que indicasse uma efetiva preocupação com a facilidade de utilização (MEDEIROS, 1998). Fez-se menção a compreensibilidade, que implicava em que o produto devesse ser inteligível ao ponto do usuário facilmente entender o funcionamento e o relacionamento com outros produtos ou componentes do sistema. Pode-se notar, então, que a compreensibilidade procurava garantir ao usuário a possibilidade de entender o funcionamento do produto, o que revela uma forte priorização da lógica de funcionamento com relação à lógica de utilização. Entendeu-se, a partir disso, que o software, como produto acabado, devesse ser um elemento estático, mas dotado de funcionamento tão compreensível, que o usuário pudesse se adaptar a forma de utilizá-lo. O que é contrário ao que se propõe, quando a usabilidade veio a ser um termo especificado claramente para a qualidade do software. Sendo que, nesse caso, o funcionamento do software deve ser adaptado à forma de utilização mais satisfatória ao usuário. Nesse sentido, normas e padrões foram estabelecidos. Podem ser citadas a NBR 9241-11 (2002), a ISO 9241-400 (2007) e a ISO 9241-410 (2008) como as mais recentes.

Para Pressman (2005) a usabilidade é uma propriedade do software que está relacionada a facilidade de aprender, não sendo fácil de usar, está frequentemente fadado ao fracasso.

Segundo Nielsen (1993), é importante perceber que a usabilidade de interfaces não pode ser caracterizada por uma só propriedade. Ao invés disso, ela está tradicionalmente associada a cinco atributos. São eles: facilidade de aprender, facilidade de memorizar, erros, eficiência e satisfação.

O primeiro atributo consiste em que o sistema seja fácil de aprender, de forma que o usuário possa realizar com agilidade as tarefas desejadas. Quanto à eficiência, o sistema deve propiciar um nível alto de produtividade ao usuário em suas tarefas. Refere-se aos esforços exigidos para que o usuário atinja seus objetivos. Esforço pode ser medido, por exemplo, em tempo gasto para completar determinada tarefa ou em termos de número de erros registrados antes de completá-la. Espera-se que com menos esforço obtenha-se melhores resultados.

A facilidade de memorizar implica em que o usuário lembre com facilidade de como as tarefas devam ser executadas, sem que tenha que passar novamente pela aprendizagem de comandos necessários a realização dessas tarefas.

Com relação a erros, o sistema deve ter uma baixa taxa de erro, de forma que usuários façam poucos erros durante o seu uso, e que erros cometidos possam ser recuperados facilmente. Além disso, os erros, que levem a algum tipo de catástrofe, não devem acontecer.

Com respeito à satisfação, o sistema deve ser agradável ao usuário, de maneira que ele se sinta satisfeito em usá-lo. Satisfação diz respeito ao grau de conforto que os usuários sentem, quando utilizam o sistema e o quanto o consideram adequado como meio para atingir seus objetivos. Esse aspecto, por ser mais subjetivo que os dois anteriores, torna-se mais difícil de medir. O que não quer dizer que seja mais ou menos importante. Blythe *et al.* (2004) defendem uma extensão da usabilidade que tem o foco na satisfação, tendo em vista que esse atributo não pode ser entendido como “ausência de dor” e que o prazer no uso de interfaces, não deva estar associado somente a sistemas de entretenimento, mas também a tarefas de trabalho e a simples diversões domésticas, tais como ouvir músicas e ver álbum de fotografias. O pensamento desses autores pode ser estendido para o tratamento da usabilidade de interfaces não convencionais, como é o caso desta pesquisa.

Medir a usabilidade de uma interface não é somente levar em consideração o quanto ela é amigável ou não ao usuário. Para isso, é necessário levar em conta a

medida dos atributos acima mencionados e, além disso, o grupo de usuários e as tarefas que são executadas por eles (SHACKEL, 1991, NIELSEN, LORANGER, 2006). Por exemplo, um grupo de usuários, que utilize fórmulas matemáticas, pode adorar interfaces voltadas para esse fim, mas outros usuários, que não pertençam a esse clã, podem odiar. Um mesmo sistema pode ser medido como tendo características de usabilidade diferentes, se usado por diferentes usuários para tarefas diferentes (NIELSEN, 1993).

É possível que nem todos os aspectos da usabilidade sejam considerados igualmente no desenvolvimento de um projeto de interface. Por exemplo, o atributo facilidade de aprender seria especialmente importante no caso de um sistema que é executado, numa empresa cuja rotatividade de empregados seja alta. Assim, antes de começar um projeto de interface nova, é importante discutir a métrica de usabilidade de interesse para o projeto. Para cada atributo de usabilidade de interesse, vários níveis diferentes de desempenho podem ser especificados. Para analisar o atributo erro, pode-se especificar que a medida entre 1 e 3 erros de usuários por hora seja uma meta de um projeto de interface. Nesse caso, se o usuário atingiu uma média de 4,5 erros por hora, a meta não foi atingida. Se o atributo de interesse for facilidade de aprender, a medida de usabilidade consiste em analisar a evolução de aprendizagem do usuário. No caso do projeto de interfaces para sistemas de informação de museus, deve-se levar em consideração o atributo facilidade de aprender, tendo em vista o pouco tempo que o usuário tem para aprender a utilizá-lo. Dentro desse contexto, o tempo de aprendizagem do usuário é zero (NIELSEN, LORANGER, 2006).

Para ISO 9241-11 (1998), a usabilidade é definida como "a capacidade que um sistema interativo oferece ao seu usuário, em um determinado contexto de operação, para a realização de tarefas de maneira eficaz, eficiente e agradável". Nesse caso, os atributos de usabilidade são: eficácia, eficiência e satisfação.

Já, em (PREECE *et al.*, 2007), a usabilidade é caracterizada por: efetividade, que consiste em que o sistema faça o que ele tem que fazer; eficiência, que mede o quão rápido uma tarefa pode ser executada pelo sistema; segurança, que se refere à proteção, que o sistema oferece ao usuário com relação a danos e frustrações, com respeito à execução da tarefa desejada, evitando situações danosas, prevenindo erros e permitindo recuperá-los; utilidade consiste em prover ferramentas poderosas; facilidade de aprender, que permite avaliar o quanto é fácil aprender a utilizar o sistema; e, finalmente, facilidade de recordar, que proporciona medir o quanto é fácil recordar como o sistema funciona, após ter sido treinado a usá-lo uma vez.

Shneiderman e Plaisant (2004) definem que a base para a avaliação da qualidade de uma interface está associada a: tempo de aprendizagem, que se refere ao tempo em que um usuário demora a aprender os comandos necessários para realização do conjunto de tarefas a serem feitas; velocidade de utilização, que consiste no tempo que usuário demora a executar as tarefas; taxa de erros do utilizador, que indica o número e o tipo de erros cometidos pelos utilizadores; retenção ao longo do tempo, que diz respeito à forma como os utilizadores operam o sistema; e, por último, a satisfação, que revela o grau de satisfação ou gosto dos utilizadores relativamente a vários aspectos da interface e do seu modo de operação. Pode ser avaliado por meio de questionários com escalas ou de comentários de texto livre.

Observa-se que Nielsen (1993) e Shneiderman (1998) propõem os mesmos atributos de usabilidade com denominações diferentes. E, a eficiência e a satisfação, referenciadas pela ISO 9241-11 (1998), estão contempladas dentro do conjunto proposto por esses dois autores. Dessa forma, com base nesses autores, estabeleceram-se para esta pesquisa os atributos de usabilidade abordados no Capítulo 6. A seguir são apresentados alguns métodos e algumas medidas de avaliação da usabilidade, além de mencionados estudos sobre validação da usabilidade de interfaces, inclusive baseadas nos gestos das mãos.

3.2. Métodos e Medidas de Avaliação

De acordo com o momento em que for realizada a avaliação de usabilidade, ela pode ser classificada como formativa ou somativa. A avaliação formativa acontece antes da implementação e tem a participação na construção do sistema, influenciando as características do produto em desenvolvimento, uma vez que auxilia o projetista a formar e a refinar o projeto. A avaliação somativa acontece após a implementação, com o objetivo de testar o funcionamento apropriado do sistema finalizado (BOOTH, 1989). Esta pesquisa realiza a avaliação somativa, que está sendo abordada no Capítulo 6.

3.2.1. Medidas

A Norma Brasileira 9241-11 (NBR 9241-11, 2002), baseada na ISO 9241 parte 11, estabelece que, normalmente, é necessário fornecer, pelo menos, uma medida para eficácia, eficiência e satisfação. Como a importância relativa dos componentes de usabilidade depende do contexto de uso e das propostas para as quais a usabilidade está sendo descrita, convém que não haja regra geral de como as medidas sejam escolhidas ou combinadas. A escolha e o nível de detalhes de cada medida

dependem dos objetivos das partes envolvidas na medição. Convém que seja considerada a importância relativa de cada medida para os objetivos. Por exemplo, nos casos em que o uso do sistema não é freqüente, pode ser dada grande importância para as medidas de facilidade de aprender e de facilidade de memorizar.

Se não for possível obter medidas objetivas de eficácia e eficiência, medidas subjetivas, baseadas na percepção dos usuários, podem ser utilizadas. As medidas objetivas fornecem indicações diretas de eficácia e eficiência, enquanto que as subjetivas podem estar ligadas diretamente com a satisfação. A satisfação também pode ser inferida de medidas objetivas do comportamento dos usuários, e as estimativas de eficácia e eficiência também podem ser derivadas de opiniões subjetivas que os usuários expressam sobre seus trabalhos e seus resultados.

Os objetivos de usabilidade podem-se relacionar a um objetivo primário (produzir uma carta) ou a objetivos menores (localizar e substituir) ou objetivos secundários (apreensibilidade ou adaptabilidade). Ao focar os objetivos da usabilidade nos propósitos mais importantes do usuário, pode ser necessário ignorar muitas funções, mas provavelmente esta seja a abordagem mais prática. Determinar objetivos de usabilidade por intermédio de objetivos menores pode permitir uma avaliação antecipada no processo de desenvolvimento.

A escolha de valores de critério de medidas de usabilidade depende dos requisitos para o produto e as necessidades da organização determinam os critérios. Pode ser necessário especificar critérios tanto para o nível mínimo aceitável quanto para o nível esperado de usabilidade. Ao determinar valores de critério para um grupo de usuários, os critérios podem ser determinados como uma média (p.ex. tempo médio para completar uma tarefa não ser mais que 10 minutos), para indivíduos (p.ex. todos os usuários podem completar a tarefa em 10 minutos), ou para uma porcentagem de usuários (p.ex. 90% dos usuários podem completar a tarefa em 10 minutos). Ao determinar critérios, deve-se tomar cuidado, para que seja dado o peso apropriado para cada item de medida. Por exemplo, para determinar critérios para erros, pode ser necessário dar pesos que reflitam a importância relativa de diferentes tipos de erros.

A seleção de medidas e do ambiente para teste dependerá dos objetivos da atividade de medidas e seus relacionamentos com o ciclo de projeto.

A eficácia é definida como a acurácia e completude com que os usuários atingem objetivos específicos. Para medir acurácia e completude, é necessário produzir uma especificação operacional de critérios para atingir satisfatoriamente os

objetivos. Isso pode ser calculado em termos de qualidade e quantidade de saídas. Por exemplo, a especificação de um formato requerido para documentos de saídas, juntamente com o número e extensão de documentos a serem processados.

A acurácia pode ser medida pela extensão com a qual a qualidade da saída corresponde com o critério especificado e a completude pode ser medida como a proporção da quantidade alvo que foi alcançada.

Se uma única medida de eficácia é requerida, é possível combinar medidas de acurácia e completude. Por exemplo, completude e acurácia podem ser calculadas como porcentagens e multiplicadas entre si, resultando um valor percentual para eficácia. Em casos em que não é apropriado nivelar acurácia com completude, as duas medidas devem ser consideradas independentemente.

A eficiência é medida relacionando o nível de eficácia alcançada com os recursos usados. Por exemplo, a eficiência temporal pode ser definida como a proporção entre a medida de eficiência em alcançar um objetivo específico e o tempo para atingir tal objetivo. Cálculos similares podem ser feitos no que diz respeito à eficiência no uso de energias físicas ou mentais, custos materiais ou financeiros (ISO 9241-11, 1998).

A satisfação pode ser avaliada por medidas subjetivas ou objetivas. Medidas objetivas podem ser baseadas na observação do comportamento do usuário (p.ex. postura corporal, movimento do corpo, frequência de distração) ou pode ser baseada no monitoramento de respostas psicológicas do usuário. As medidas subjetivas de satisfação são produzidas, quantificando subjetivamente a intensidade das reações atitudes ou opiniões expressadas por um usuário. Este processo de quantificação pode ser feito de muitas maneiras, por exemplo, pedindo ao usuário para dar uma nota correspondente à intensidade de seu sentimento em um momento particular, ou pedindo ao usuário para classificar produtos na ordem de preferência, ou usando uma escala de atitudes baseadas em um questionário.

As escalas de atitudes, quando desenvolvidas apropriadamente, têm a vantagem de poderem ser rápidas para usar, terem confiança reconhecida, e não requerem habilidades especiais para aplicá-las. Questionários de atitudes, que são desenvolvidos usando técnicas psicométricas², terão estimativas de confiança e

² Psicometria é a área da psicologia que trata do desenvolvimento e da aplicação de técnicas de mensuração aos fenômenos psíquicos. Técnicas psicométricas consistem em medições que se fazem mediante a atribuição de valores numéricos aos comportamentos, de maneira que as diferenças de comportamento sejam representadas por variações nesses valores numéricos (KAPLAN, SACCUZZO, 2004).

validade reconhecidas e quantificáveis, e poderão ser resistentes a fatores como falsificação, preconceitos de respostas positivas e negativas, e conveniência social. Elas também permitem resultados para serem comparados com normas estabelecidas para respostas obtidas no passado.

As medidas para eficiência, eficácia e satisfação apresentadas até o momento estão baseadas na NBR 9241. Seguem com base em Nielsen (1993), as medidas relativas à facilidade de aprender, à facilidade de memorizar e a erros. Sendo que, segundo Hornbaek (2006), existem poucos trabalhos que consideram esses dois primeiros atributos.

A facilidade de aprender é provavelmente o atributo mais fácil de ser medido. Comumente, a maneira de medir esse atributo consiste em estabelecer que os usuários sejam capazes de completar uma determinada tarefa com sucesso, num certo período de tempo.

Facilidade de memorização é raramente avaliada completamente como acontece com os demais atributos de usabilidade. Existem dois modos principais de fazer uma medição desse atributo. A primeira forma consiste em submeter usuários casuais, que no momento não utilizam o sistema, a testes padronizados, medindo o tempo necessário para a realização de tarefas contidas nesses testes. A segunda trata da aplicação de perguntas aos usuários, após a interação com o sistema, relativas aos efeitos dos comandos, com o objetivo de contabilizar o número de respostas certas. Apesar de essa opção ser mais fácil de ser realizada, a primeira é mais significativa, pois leva em consideração a existência de interfaces dotadas de recursos automatizados ou não (assistentes e ajudas), não havendo necessidade de que o usuário memorize os comandos ao ponto de responder com sucesso a questões sobre eles.

Quanto ao atributo erros, os usuários deveriam fazer menos erros quanto possível, ao usar um sistema computacional. Tipicamente, um erro está definido como qualquer ação não completada para alcançar um objetivo desejado, e a taxa de erros de um sistema é medida, contando-se o número de tais ações dos usuários, enquanto executam alguma tarefa específica. Taxas de erros podem servir para medir outros atributos de usabilidade.

3.2.2. Métodos

Diante das diversas abordagens de avaliação de usabilidade, Shneiderman (1998) sugere que a adoção de um método adequado depende de vários fatores. São eles:

- estágio em que se encontra o projeto, indicando se os trabalhos estão nas fases mais elementares, em pleno andamento ou em fase de conclusão;
- grau de inovação do projeto, que aponta se o domínio do assunto ou da solução em questão tem natureza bem definida ou se é de caráter exploratório;
- número de usuários potenciais;
- criticidade da interface, tendo em vista que a interface de um sistema de controle de tráfego aéreo desempenha papel muito mais crítico do que a interface de um quiosque de informações turísticas;
- custos do produto e dos recursos destinados a testes. Nesse caso, pode-se afirmar que há métodos de inspeção de custos e precisão bastante variados. A criticidade do produto e o grau de precisão dos resultados esperados dos testes serão significativos para a busca do equilíbrio entre os custos de desenvolvimento do produto e os custos de inspeção da usabilidade;
- disponibilidade de tempo e de especialistas em usabilidade (KOYANI *et al.*, 2004); e a
- experiência da equipe de projeto e avaliação.

Este trabalho, dentre os itens acima, levou em consideração os fatores: grau de inovação, custos e disponibilidade de tempo.

Nielsen (1994) classifica os métodos de avaliação de usabilidade em quatro categorias:

- automática, em que a usabilidade é avaliada por programas de computador, que comparam a interface propriamente dita e suas especificações;
- empírica, em que a usabilidade é avaliada, a partir da observação dos testes feitos com usuários reais. É a forma de avaliação mais regularmente utilizada, apresentando alguns empecilhos. Usualmente é caro e difícil reunir usuários reais, para testar todos os aspectos de cada nova versão do projeto;

- formal, na qual a usabilidade é medida a partir de modelos e fórmulas. Essa forma de avaliação é de difícil aplicação, sendo particularmente problemática no caso de interfaces altamente interativas e complexas;
- informal: a avaliação da usabilidade dá-se a partir de regras heurísticas e de experiências, conhecimentos ou habilidades pessoais ou de grupos.

Embora a classificação, proposta por Nielsen (1994), possa contar com considerável aceitação junto à comunidade ligada à usabilidade de software, adotou-se, como orientação desta pesquisa, a classificação sugerida por Shneiderman (1998), que divide os métodos de avaliação levando em conta, além da forma de condução (assim como o faz Nielsen), o ambiente onde se dá a avaliação e os envolvidos (especialistas, usuários ou ambos). Essa classificação consiste em:

- Revisões Especializadas;
- Testes e Estudos Laboratoriais;
- Pesquisas de Opinião;
- Testes de Aceitação;
- Avaliação Durante o Uso Ativo e
- Experimentação Psicologicamente Orientada.

As revisões especializadas requerem a participação de um especialista com domínio das questões de usabilidade, do assunto ou da interface em questão, em se tratando de interfaces altamente especializadas. Nem sempre esses profissionais compõem uma equipe de desenvolvimento. Obviamente, há a alternativa de participação de consultores especializados, mas Shneiderman (1998) alerta que a reação da equipe de desenvolvimento contra recomendações externas ao grupo tende sempre a ser maior. Nielsen (1994), em particular, denomina esse tipo de avaliação como Inspeção de Usabilidade, e o inclui na categoria das avaliações informais.

No que se refere aos testes de usabilidade e estudos laboratoriais, o teste de usabilidade, até bem pouco tempo atrás, parecia uma boa idéia, mas inviabilizada pelas tradicionais dificuldades de recursos e cronogramas alocados aos projetos (SHNEIDERMAN, 1998).

A importância desses laboratórios reside na abordagem científica dos aspectos relacionados à usabilidade. A reunião e combinação de técnicas de teste e avaliação permitem a revisão de conceitos e o desenvolvimento de novas ferramentas, num ciclo

evolutivo que tem muito a oferecer aos fornecedores de programas e usuários de computador.

Basicamente, o funcionamento deste tipo de laboratório não difere de outros laboratórios. Há um ambiente propício para ensaios de interação, onde o usuário pode ser observado, tendo suas reações registradas por câmeras, recursos de captura de ações de teclado e mouse, e, algumas vezes, as próprias expressões faciais e corporais. Os usuários participantes dos experimentos são informados das condições, em que se darão os ensaios e, explicitamente, consentem que todos os aspectos da interação possam ser registrados.

Autorizam, ainda, que as condições da interação sejam controladas pelo grupo de avaliação, visando observar as reações do usuário, sendo que erros podem ser, propositadamente, inseridos na interação, interrupções constantes podem ser feitas (telefone, ruídos, conversação no ambiente de ensaio), tarefas incoerentes podem ser solicitadas.

O objetivo dos ensaios laboratoriais é avaliar, sob condições controladas, a usabilidade oferecida, seja em situações normais de interação, seja em situações extremas (HIX, HARTSON, 1993). Essa avaliação foi aplicada em uma interface de dispositivo móvel por Ferreira (2007), em um sistema (SiFEUP) da Universidade do Porto por Guerreiro (2005).

No caso das pesquisas de opinião, elas constituem uma técnica bastante comum de avaliação. São comparativamente baratas e podem servir como um bom complemento para os testes de usabilidade e revisões especializadas (SHNEIDEMAN, 1998).

O sucesso das pesquisas de opinião depende da objetividade do instrumento de coleta adotado. Quanto mais dirigido para os dados que se pretende analisar, e quanto menos ambíguo, melhor será a eficácia de aplicação do instrumento. As entrevistas e os questionários são instrumentos muito utilizados para esse fim. Para Santos e Fialho (1995), a entrevista dirigida é, em geral, efetuada a partir de um rol de questões objetivas, previamente a serem respondidas pelo entrevistado. A distinção entre essa entrevista e o questionário consiste do fato de que a primeira é feita a partir do contato direto entre entrevistado e entrevistador. O questionário pode ser aplicado de forma a dispensar essa relação pessoal. As informações dessas entrevistas podem ser comparadas e analisadas estatisticamente. Na entrevista informal, não existe um protocolo estabelecido com questões prévias. O entrevistado é convidado a discorrer livremente sobre algumas questões dirigidas pelo entrevistador. O que caracteriza

esse tipo de entrevista é o fato de não haver obrigação de uma amostra representativa, nem de uma análise estatística das informações. Uma decisão importante é a escolha da amostra ou o uso ou não da população.

Alguns trabalhos importantes que usaram essa forma de avaliação são encontrados em:

- Shneiderman e Norman (1989), que relata o desenvolvimento do QUIS (*Questionnaire for User Interaction Satisfaction*);
- Oppermann e Reiterer (1997), que referencia o SUMI (*Software Usability Measurement Inventory*) desenvolvido como parte do Projeto MUSIC (*Metrics for Usability Standards in Computing*);
- Prümper (1999), que descreve brevemente o ISONORM 9241/10, baseado na norma ISO 9241-10; e finalmente,
- Reiterer (1993) que apresenta o EVADIS II (*Evaluation of User Interfaces*), uma versão aprimorada do questionário voltado para especialistas.

Esta pesquisa utilizou a pesquisa de opinião para a validação do protótipo batizado de 6thSentido, abordada e descrita no Capítulo 6. No entanto, não usou ou adaptou nenhum desses questionários, visto que eles contêm questões que não são adequadas à avaliação da usabilidade do tipo de interface em foco. Algumas questões que levaram ao não uso desses questionários são: no QUIS, o tamanho do menu e das letras é adequado?; no SUMI, às vezes gostaria de saber se estou usando o botão certo; no ISONORM, possui questões relacionadas a entrada de dados. Com base nessas e outras questões, foi criado o próprio questionário, levando em consideração que o 6thSentido é uma interface diferente da tradicional.

Com respeito aos testes de aceitação, pode-se afirmar que o desenvolvimento tradicional de software determina que, já nas etapas mais elementares do projeto, devam ser definidos os requisitos funcionais e operacionais do produto em questão. A esses requisitos devem ser atribuídos valores ou características que servirão como critérios de aceitação do produto por parte do cliente.

Usualmente, esses critérios são definidos por intermédio da determinação de tempos de resposta para a recuperação ou registro dos dados, para a emissão de relatórios e outros aspectos afins. A aceitação do sistema fica condicionada ao cumprimento dos limites estabelecidos. Ensaios com os usuários, antes da entrega propriamente dita, permitem medir as variáveis estabelecidas e compará-las com os valores definidos. Caso esses limites não sejam adequadamente observados, a

equipe de desenvolvimento precisa fazer os ajustes necessários, até que os limites de aceitação possam ser atingidos.

Freqüentemente, a definição de critérios de aceitação relativos à interface de utilização é caracterizada por uma expressiva ambigüidade. Shneiderman (1998) sugere a substituição de critérios como interface amigável e *user friendly* por parâmetros efetivamente mensuráveis, dentre os quais: tempo de aprendizagem; tempo de resposta para determinada função; taxa de erros por usuário; e grau de satisfação subjetivo do usuário, já descritos anteriormente neste capítulo.

Quanto ao método de avaliação durante o uso ativo, o apoio ao efetivo uso por parte dos usuários, seja por meio de centrais de atendimento, programas de treinamento ou, ainda, suporte local ou remoto, permite estreitar os laços de afinidades com as comunidades que utilizam o sistema. Nesse caso, as impressões fornecidas pelos próprios usuários, a partir da utilização real do sistema, em seu ambiente de produção, permitem aprimorar e corrigir aspectos da interface. Maiores detalhes sobre esse método e as sugestões de algumas formas de avaliação associadas podem ser encontradas em (SHNEIDERMAN, 1998).

Com respeito à experimentação psicologicamente orientada, a avaliação de usabilidade a partir de experimentos de interação baseados em aspectos psicológicos constitui uma importante abordagem científica. Levando em conta aspectos cognitivos, são propostas tarefas de interação aos usuários e observadas reações e apreciações do usuário. Shneiderman (1998) relaciona algumas preocupações comuns nesses experimentos. São eles:

- lidar com um problema prático e considerar a estrutura teórica;
- estabelecer hipóteses lúcidas e passíveis de teste;
- tomar os devidos cuidados com os fatores que possam influenciar as análises estatísticas; e
- generalizar as conclusões.

3.3. Trabalhos Relacionados e Conclusão

Em Hornbaek (2006), encontra-se uma revisão da literatura sobre avaliação da usabilidade, envolvendo medidas de usabilidade empregadas em 180 estudos publicados em periódicos especializados em IHC. As conclusões dessa revisão sobre usabilidade foram: medidas da qualidade de interação, avaliadas por peritos de domínio, só são usadas em alguns estudos; aproximadamente um quarto dos estudos não avalia o resultado da interação dos usuários, deixando de dar suporte em alguns propósitos amplos sobre usabilidade; medidas de aprender e memorizar são raramente empregadas, apesar de serem recomendadas em literatura especializada; alguns estudos tratam a medida de como os usuários interagem com as interfaces como sendo sinônimo de qualidade em uso, apesar de ser fraca a relação de padrão de uso e qualidade em uso; medidas da satisfação de usuários com as interfaces estão em desacordo, visto que, na prática a maioria dos estudos elaboram perguntas, ignorando os questionários validados prontamente disponíveis; e muitos estudos confundem critérios com medidas.

Podem ser citados alguns trabalhos sobre a avaliação da usabilidade da interação com o usuário, tais como: (FERREIRA, 2007, BARROS, 2003, HORNBAEK, 2006, GUERREIRO, 2005, BETIOL, CYBIS, 2004, DAWSON *et al.*, 2005). Quanto à avaliação da usabilidade de interfaces baseadas em gestos, há poucos trabalhos na literatura levantada e, dentre eles, o de Cabral (2005), que aborda a gestos das mãos e da cabeça. Kadobayashi *et al.* (1998) avalia os gestos do corpo inteiro. Krum *et al.* (2002) que avalia a combinação dos gestos com a fala. OU *et al.* (2003) que avalia gestos. Quanto a avaliação de gestos das mãos, podem ser citados Baudel e Beaudouin-Lafon (1993), Lee e Kim (1998). Valendo ressaltar que não foram encontrados trabalhos relativos à avaliação da usabilidade interfaces baseadas em gestos das mãos em aplicações destinadas a engenheiros de petróleo.

O levantamento da literatura sobre usabilidade apresentada neste capítulo não teve como propósito esgotar o tema ou realizar uma *overview*, mas sim, procurar a base teórica para tomar decisões sobre a escolha dos atributos, das medidas, dos métodos, dos critérios e dos objetivos de usabilidade a serem usados nesta pesquisa. Uma revisão mais detalhada sobre esse assunto pode ser encontrada em (HORNBAEK, 2006).

Os atributos de usabilidade escolhidos para a execução deste trabalho são aqueles propostos por Nielsen (1993) e Shneiderman (1998). A avaliação é somativa, adequada ao desenvolvimento de um protótipo evolutivo funcional de uma interface

não convencional. Levou-se em consideração para a escolha das medidas e dos métodos de avaliação da usabilidade os fatores: inovação, custos e disponibilidade de tempo. Escolheram-se medidas subjetivas para avaliar quanto aos atributos eficiência, erros, facilidade de aprender e facilidade de memorizar em detrimento das objetivas. Esse fato se deveu ao fator inovação, visto que a interface, sendo não usual, dependeria muito mais da opinião de seus utilizadores do que de cálculos de fórmulas. Além disso, ainda não se têm definido para esse tipo de interface as medidas que seriam mais adequadas. Apesar de ser comum o uso de medida objetiva para medir a eficiência, que pode ser mensurada pelo quociente entre o sucesso na realização da tarefa e o tempo gasto, Gabbard (1997) afirma que, quando se trata de interfaces não tradicionais, nem sempre o tempo é significativo, mas sim o controle do dispositivo de entrada. Inclusive, ele argumentou que numa cirurgia, em que o tempo não é um fator crítico, a eficiência não estaria relacionada ao tempo de realização da tarefa, mas sim à precisão no controle dos dispositivos utilizados.

Os fatores custos e disponibilidade de tempo levaram à adoção do método, classificado por Nielsen (1994), pesquisa de opinião, que é barato em relação aos demais e requer pouco tempo de envolvimento dos utilizadores. Quanto aos objetivos e aos critérios, foram definidos após o levantamento das necessidades do usuário, apresentados na Seção 6.2.

4. Metodologia

Neste capítulo, é descrita a metodologia a ser adotada neste trabalho. São apresentados o tipo da pesquisa, os sujeitos, o cenário, as etapas de desenvolvimento, os instrumentos e as técnicas de coleta e de tratamento de dados, usados durante a execução deste estudo.

4.1. Tipo da Pesquisa

Com base em (CHIZZOTTI, 2003, GIL, 2002), pode-se afirmar que esta pesquisa é um estudo de caso. Uma das vantagens da utilização do estudo de caso é o estímulo a novas descobertas. Em virtude da flexibilidade do seu planejamento ou da sua organização, durante o seu desenvolvimento, é possível neste tipo de pesquisa que o investigador disponha de um plano inicial e, ao longo do tempo, o seu interesse seja despertado por outros aspectos que não foram previstos. Este é o motivo pelo qual o estudo de caso é recomendado para a realização de estudos exploratórios (GIL, 2002).

Por outro lado, de acordo com Chizzotti (2003), uma pesquisa pode ser classificada como qualitativa ou quantitativa, segundo a escolha dos instrumentos e procedimentos técnicos utilizados na coleta e na análise de dados. Gil (2002) apresenta outras classificações, usando esse mesmo critério. Para Yin (2006), a diferença entre pesquisa qualitativa e quantitativa não é definida com base nas fontes de coleta de dados, mas nas crenças filosóficas do pesquisador.

Assim, considerando a classificação de Chizzotti (2003), esta pesquisa é quanti-qualitativa, por envolver a aplicação de questionário com questões fechadas, entrevista diretiva ou estruturada e entrevista não-diretiva ou não-estruturada.

4.2. Cenário

O cenário desta pesquisa consiste numa universidade situada no Estado do Rio de Janeiro, possuindo um total de: 8000 alunos, 1250 professores e 18 cursos de graduação e atuando no mercado há mais de 30 anos. Para manter o sigilo das informações fornecidas por essa instituição, nesta pesquisa, foi-lhe atribuído o nome fictício “UNIPETRO”, que é usado em toda documentação deste trabalho.

4.3. Sujeitos

Os sujeitos desta pesquisa, num primeiro momento, foram cinco engenheiros, professores do curso de Engenharia de Petróleo da UNIPETRO. Esses profissionais responderam a uma entrevista diretiva ou estruturada (Anexo 1) e a uma entrevista não-estruturada, com o objetivo de participarem do levantamento das necessidades dos usuários para elaboração da nova interface baseada em gestos da mão, solução proposta por esta pesquisa. Num segundo momento, os sujeitos foram 29 alunos, totalizando 90,62% dos alunos pertencentes às turmas dos dois últimos períodos em andamento desse curso. Esses alunos aceitaram, voluntariamente, participar da dinâmica de interação com a nova interface e com a tradicional, tendo, ao final, respondido ao questionário de avaliação da usabilidade relativo a ambas as interfaces (Anexo 2 e 3) e a uma entrevista não-estruturada, com objetivo de estabelecer um comparativo entre as interfaces. Dessa forma, é possível afirmar que se trabalhou com amostra.

4.4. Instrumentos e Técnicas de Coleta e de Tratamento de Dados

Os instrumentos de coleta de dados usados nesta pesquisa foram:

1. entrevista diretiva, elaborada com o objetivo de levantar as necessidades dos profissionais da Engenharia de Exploração do Petróleo, descrita no Capítulo 5 deste trabalho e cujas questões fechadas estão no Anexo 1;
2. entrevista não-estruturada, que foi aplicada em dois momentos. Primeiramente, no levantamento das necessidades, com a finalidade de levantar as atividades dos engenheiros de exploração de petróleo, em que ferramentas computacionais ou softwares são usados, e quais seriam essas ferramentas. Além disso, procurou-se investigar ou descobrir se havia padrões de gestos específicos para esses profissionais, utilizados na execução de suas tarefas ou na interação com máquinas ou pessoas. Os resultados dessa entrevista podem ser encontrados na Seção 5.1. Num segundo momento, este tipo de instrumento foi aplicado a cinco alunos dentre os vinte e nove sujeitos participantes desta pesquisa, com a finalidade de validar o 6th Sentido e, a partir da análise dos dados resultantes da sua aplicação, contribuir para a realização de um comparativo entre as duas interfaces abordadas na etapa de validação, conforme descrito na Seção 6.4 e 6.5 desta pesquisa;

3. questionário, com questões fechadas, que pode ser visualizado nos Anexos 2 e 3, e está descrito na Seção 6.1, cuja aplicação implica em resultados sobre a usabilidade do 6thSentido, descritos na Seção 6.4.

Informações também foram coletadas a partir de documentos institucionais. Tais informações eram constituídas de dados sobre o perfil da UNIPETRO, englobando o quantitativo relativo a cursos, alunos, professores e outros. O registro em vídeo (SANTOS, FIALHO, 1995) foi usado para registrar a interação dos usuários com o 6thSentido, durante a aplicação, descrita na Seção 6.2, tendo em vista uma análise posterior dessa interface quanto ao sucesso ou não na realização dos gestos propostos, à dificuldade dos usuários em gesticular, à duração de tempo para realização de um gesto, aos problemas relativos à tonalidade da pele e ao contraste do ambiente. Também houve, durante o uso da interface em questão, o registro em LOG, que consiste num processo de gravação automática em arquivo, das operações efetuadas pelos usuários, com o propósito de: armazenar o momento inicial do gesto, saber se o gesto foi realizado com sucesso, mostrar a duração do tempo para o reconhecimento de um gesto e verificar se ação desejada foi realizada com sucesso.

O tratamento e a análise dos dados consistiram no uso de cálculos estatísticos, envolvendo resultados em percentuais, desvio padrão, média aritmética e ranking médio (SILVA, 2006), representados em gráficos e tabelas, em se tratando dos dados coletados a partir das entrevistas diretivas e do questionário de validação. No caso dos dados qualitativos, resultantes das entrevistas informais e dos registros por filmagem e em LOG, usou-se a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2006), apresentados no Capítulo 6.

4.5. Etapas

Para que o objetivo deste trabalho fosse alcançado, estabeleceram-se as seguintes etapas:

1. Revisão da literatura;
2. Construção do protótipo da nova interface baseada em gestos das mãos;
3. Validação da interface;
4. Documentação da dissertação.

Na primeira etapa, foi realizado um estudo sobre os seguintes assuntos: interfaces acionadas por gestos das mãos, ferramentas de VC, usadas na construção dessas interfaces destinadas ao reconhecimento de gestos das mãos e, além disso,

medidas e métodos relacionados à validação da usabilidade de IHC, inclusive focando as baseadas em gestos das mãos.

A segunda consistiu em levantar as necessidades dos usuários da nova interface por intermédio dos instrumentos descritos na Seção 5.1 desta pesquisa; selecionar uma ferramenta, que suportasse o serviço de reconhecimento de gestos das mãos, para desenvolvimento do protótipo; escolher os gestos que foram utilizados e implementar o protótipo, a partir dos resultados do levantamento das necessidades do usuário e construir propriamente um protótipo para o 6thSentido.

Na terceira, as seguintes tarefas foram realizadas:

- a) elegeram-se os atributos de usabilidade de IHCs, que foram utilizados na validação do protótipo, com base na revisão da literatura;
- b) construiu-se uma ferramenta de avaliação ou questionário (Anexo 2 e 3) de avaliação com questões fechadas, que está descrito na Seção 6.1, com base nos critérios de usabilidade escolhidos anteriormente;
- c) treinou-se um grupo de sujeitos da pesquisa para interagirem com a interface nova e a interface tradicional, conforme relatado na Seção 6.2;
- d) submeteu-se o 6thSentido e a interface tradicional aos alunos, voluntários da pesquisa, solicitando a eles que executassem tarefas de uma dinâmica de interação, as quais estão detalhadas na Seção 6.2 e, posteriormente, usassem o questionário mencionado no item b, para avaliar ambas as interfaces;
- e) aplicaram-se entrevistas não-estruturadas aos participantes da pesquisa, com o objetivo de que esses envolvidos relatassem informalmente as suas experiências com ambas as interfaces, buscando traçar um comparativo entre as duas; e
- f) realizou-se o tratamento dos dados obtidos, a partir da aplicação de instrumentos mencionados nos itens “d” e “e”, conforme descrito na Seção 4.4.

A quarta etapa consistiu em relatar toda a experiência desta pesquisa em formato de dissertação, seguindo as normas da ABNT e da Instituição de ensino (COPPE/UFRJ), da qual o autor deste estudo é aluno.

Vale acrescentar que os procedimentos metodológicos para a avaliação da usabilidade estão em consonância com Miranda e Moraes (2006), que ressaltam que o recrutamento dos participantes para avaliar uma interação deve vir em primeiro lugar. Esses participantes devem estar próximo da população que irá utilizar a interface. Quanto às tarefas que serão realizadas, devem ser o próximo passo. Essas

tarefas devem ser escolhidas a fim de permitir que o avaliador explore as áreas da interface consideradas como relevantes. O registro da interação deve ser o item seguinte. Logo, tudo deve ser gravado, durante a realização das tarefas. Por último, realiza-se a análise dos resultados.

5. A Construção do Protótipo do 6th Sentido

Este capítulo aborda aspectos relativos à construção de um protótipo para o 6th Sentido, englobando o levantamento das necessidades dos usuários, profissionais da área de Engenharia de Petróleo; a escolha do HandVu (pronuncia-se *Hand View*) como software de reconhecimento de gestos; a seleção dos gestos das mãos a serem usados neste estudo; os detalhes do desenvolvimento do protótipo; a descrição do mesmo; e as limitações desta pesquisa, com respeito ao próprio HandVu, à Visão Computacional e à implementação do protótipo.

5.1. Levantamento das Necessidades do Usuário

Com o propósito de realizar o levantamento das necessidades de um engenheiro da área de petróleo, foi feita, num primeiro momento, uma entrevista não-estruturada (com duração aproximada de trinta minutos) e, posteriormente, uma estruturada (com duração aproximada de quinze minutos), com cinco professores do Curso de Engenharia de Petróleo da instituição UNIPETRO. Na primeira entrevista, estimulou-se cada engenheiro a descrever suas atividades, levando em consideração o emprego de ferramentas computacionais, para realizá-las, apontando algumas dessas ferramentas, as quais são usadas nessas atividades. Dessa forma, cada profissional expôs a suas experiências em utilizar o computador para elaborar suas tarefas profissionais. Como resultado dessa entrevista, pode-se constatar que: a) dos cinco entrevistados, todos afirmaram já ter usado o Adobe Reader ou o Power Point para visualização, em forma de apresentação, de documentos; b) além disso, nenhum mencionou conhecer a existência de um padrão de gestos das mãos como forma de interação por gestos em sistemas computacionais no campo da Engenharia de Petróleo; e c) a maioria afirmou usar ou ter usado o AutoCAD para elaboração ou visualização de documentos. Vale acrescentar que um dos respondentes verbalizou a seguinte expressão: -“Que legal! ...Se existisse uma interação por gestos na nossa comunicação com as ferramentas ou software que usamos para trabalhar no dia-a-dia”. Ainda com respeito ao uso de arquivos no formato PDF, o engenheiro do LAMCE (Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia) afirmou utilizar largamente esse formato para disponibilização de plantas estruturais no trabalho, inclusive em 3D (CUNHA, 2008).

Num segundo momento, a entrevista formal ou estruturada (Anexo 1), contendo três questões fechadas, foi aplicada aos mesmos cinco professores entrevistados no primeiro momento, dando prosseguimento à coleta de informações. A primeira questão tem como objetivo conhecer o tempo de experiência profissional do entrevistado para dar ênfase às respostas fornecidas às questões seguintes. A segunda tem a finalidade de obter a informação sobre a familiaridade do questionado com o Adobe Reader ou Powerpoint. A terceira questão dessa entrevista, enfatizando a atividade de visualização de mapas e plantas, armazenadas em arquivos do tipo PDF, mencionada e descrita anteriormente na entrevista informal. Nesse caso, para a análise dos dados coletados, utilizou-se a análise estatística por percentuais e com base no Gráfico 5.1, pode-se afirmar que: a primeira (ir para a próxima página) e a quinta opção (aumentar a área de visualização) alcançaram, cada uma, 15% de aceitação; a segunda (ir para a página anterior), 12% ; a terceira (ir para a última página), a quarta (ir para primeira página), a sétima (rotar uma página), a décima primeira (ativar o recurso de leitura de texto, caso exista texto) e a última opção (usar a ajuda do aplicativo para uma dos comandos citados), cada uma, obtiveram 9%; enquanto que a décima opção (apresentar comentários da página) apresentou um total de 6% de aceitação; e para as opções seis (exibir automaticamente uma página de cada vez), oito (exibir as propriedades (autor, data e hora de criação, por exemplo) da página) e nove (exibir grades na página), cada uma houve uma aceitação de 3%.

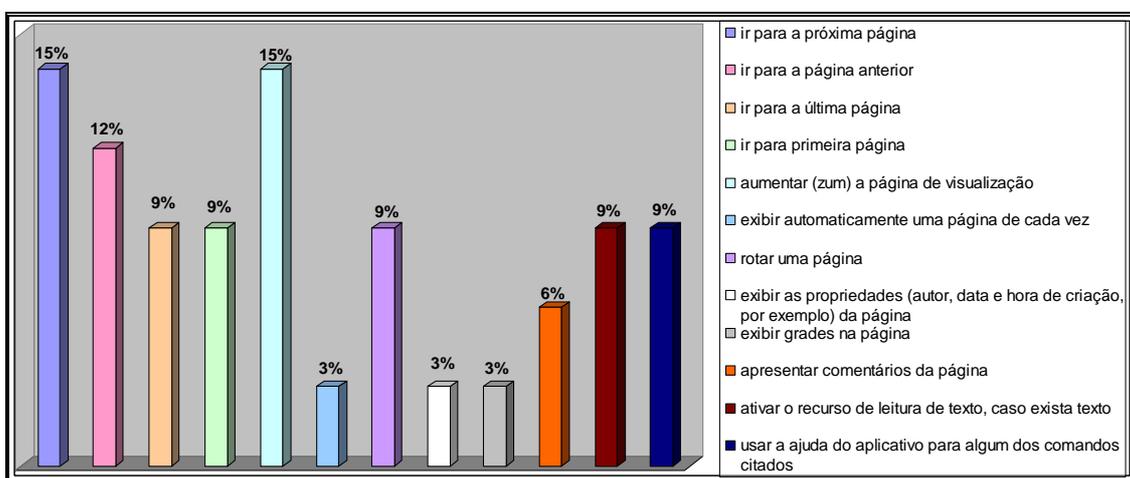


Gráfico 5.1 – Percentuais de aceitação pelos entrevistados por comandos do Adobe Reader

A partir desse resultado, três critérios foram adotados para se ter, ao final, apenas cinco ações a serem ativadas por gestos. O primeiro critério consistiu em escolher as mais votadas, as quais estão agrupadas nos percentuais de aceitação 14%, 12% e 9%. Sendo assim, seriam escolhidos os comandos correspondentes às opções 1, 2, 3, 4, 5, 7, 11 e 12. O segundo implicou em selecionar as opções que

tratassem da manipulação e visualização de páginas especificamente. Nesse sentido, as opções descartadas, dentre as citadas imediatamente acima, foram a de número 11 e 12, restando as opções 1, 2, 3, 4, 5 e 7. O terceiro critério estabeleceu um nível de utilidade para cada uma das opções do último conjunto de opções escolhidas. Nesse caso, a quarta foi descartada devido ao fato de que: o documento já inicia na primeira página; e existe a possibilidade de acesso à quarta opção (ir para a primeira página) por intermédio do uso da segunda opção (ir para a página anterior). Ou seja, a necessidade de se ter a quarta opção é bem menor em relação às demais. Mais especificamente, as opções 5 e 7, não podem ser descartadas, porque não há outra forma de realizar as ações que cada uma delas faz, por intermédio de outras opções dentre as que restaram. Além disso, pode-se afirmar que o nível de utilidade da 2 é alto, já que contribui para o acesso a todas as páginas. E, com relação à opção 3, apesar da possibilidade da visualização por intermédio de acionar várias vezes a opção 1, se o documento possuir muitas páginas, realizar esse procedimento, pode ser demorado.

Dessa forma, ficou esclarecido que:

- dentre as atividades profissionais dos engenheiros de petróleo realizadas, usando o apoio de ferramentas computacionais, a visualização de mapas e plantas foi uma das necessidades apontadas pelos entrevistados;
- os comandos mais utilizados para o tipo de visualização citada acima foram: ir para a próxima página, ir para a página anterior, ir para a última página, aumentar (*Zoom*) a página de visualização e girar uma página, os quais este trabalho levou em consideração para implementar o 6th Sentido, mais detalhadamente abordados na seção 5.4.

5.2. A Escolha do HandVu

Conforme afirmado no Capítulo 2 deste trabalho, é difícil construir um sistema de VC de propósito geral. A seguir estão descritos alguns sistemas de VC recentes.

O CRN ToolBox (Figura 5.1) é uma ferramenta computacional voltada para o reconhecimento de gestos, com objetivo de controlar um carro virtual em tempo-real (BANNACH *et al.*, 2006). Essa ferramenta tem caráter educacional, pois está relacionada ao controle de um carro para treinamento dos usuários, permitindo várias possibilidades como, por exemplo, estacionar um carro em uma vaga. Para o reconhecimento dos gestos, é necessário o uso de uma luva e sensores de movimentos atrelados ao corpo do usuário.



Figura 5.1 – Gestos para leitura pelo CRN Toolbox

Outra aplicação para o reconhecimento de gestos é o CALI (Jota *et al.*, 2006). Ele utiliza métodos para reconhecer os contornos da mão do usuário, identificando os gestos realizados pela aplicação de técnicas de reconhecimento.

O GRFNN (BINH, EJIMA, 2006) consiste em uma aplicação para o reconhecimento de gestos, utilizando lógica Fuzzy. Essa aplicação utiliza o método de comparação para a identificação de gestos.

Mais uma aplicação é o GeLex (MO, NEUMANN, 2007) que reconhece os dedos das mãos, provendo uma coleção de gestos. Ele funciona como uma caixa preta para os desenvolvedores, lendo apenas gestos estáticos.

Dentre os aplicativos que dão suporte à VC, escolheu-se o HandVu (KÖLSCH *et al.*, 2004) porque, além desse software oferecer mecanismo para o reconhecimento de gestos das mãos livres (no caso, especificamente da mão direita livre) em qualquer ambiente sob quaisquer situação de iluminação mínima e outros objetos, ele possui código aberto, documentação acessível e é gratuito. Além de fornecer dados sobre a localização da mão. Fato que pode ser usado em trabalhos futuros para leitura de gestos dinâmicos.

O HandVu dá suporte ao rastreamento do movimento da mão e ao reconhecimento de posturas predeterminadas em tempo-real³, utilizando uma web-câmera comum, sem a necessidade de quaisquer outros dispositivos. Segundo Kölsch (2004), esse software foi projetado, baseado em métodos e algoritmos, que garantem a robustez e desempenho em tempo-real para a detecção, a fim de ser empregado em diversas condições ambientais e de luz, possibilitando reconhecer uma mão humana,

³ Quanto ao tempo de resposta de um sistema, normalmente, os atrasos admissíveis, para que o ser humano tenha a sensação de interação em tempo-real, estão em torno de 100 milissegundos (TORI *et al.*, 2006).

determinar sua localização em movimento e distinguir uma determinada configuração dos dedos (postura). Diante dessas características, optou-se pelo seu uso, em detrimento aos demais softwares com a mesma finalidade apresentados anteriormente, para a confecção do protótipo do 6thSentido, funcionando, assim, como servidor (armazenador) e reconhecedor de gestos.

A versão utilizada para este trabalho (beta3) oferece o reconhecimento de apenas seis posturas. O seu funcionamento consiste, basicamente, em duas fases (KÖLSCH, 2004): na primeira, é detectada a existência da mão direita por meio de um gesto específico (Figura 5.2), verificando-se a diferença de cores entre o fundo do quadro e a mão. Após essa detecção, um quadro verde é desenhado na interface do HandVu, seguindo a mão do usuário. Somente, a partir desse momento, o HandVu é ativado e está apto a reconhecer outras posturas. A segunda fase consiste no reconhecimento dos gestos propriamente. Esse reconhecimento é realizado por quadros de imagens diferentes e por probabilidade de tons de cores, usando o método Viola-Jones (VIOLA, JONES, 2003).

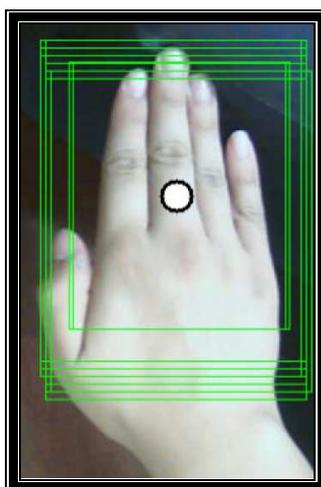


Figura 5.2 - Gesto para ativar o reconhecimento do HandVu

5.3. A Escolha dos Gestos das Mãos

Com base na entrevista informal descrita na seção 5.1, pode-se afirmar que não há uma padronização de gestos na área de Engenharia de Petróleo, para a visualização de documentos. Então, foram adotados os seis gestos reconhecidos pelo HandVu como padrão para a construção do protótipo deste trabalho. Esses gestos foram associados aos comandos oferecidos pelo 6thSentido conforme apresentado no Quadro 5.1.

5.4. Desenvolvimento e Descrição do Protótipo

O protótipo da interface gestual recebeu o nome de 6thSentido⁴ (Figura 5.3), que consiste em uma interface, solução não convencional para a visualização de documentos no formato PDF acionada por gestos da mão direita, a ser usada pelos profissionais da área de Engenharia de Petróleo, em se tratando da exposição e manuseio de imagens a serem consideradas em estudos e explicações desses profissionais. Seu protótipo disponibiliza seis gestos, para que um usuário manuseie as principais ações para a manipulação nesses documentos, os quais podem conter mapas de bacias hidrográficas, estruturas de plataformas, plantas geográficas e outras imagens e textos da área mencionada. O 6thSentido controla o Adobe Reader⁵ para a exibição de páginas desses PDFs. Resolveu-se trabalhar com esse software porque ele faz uso do formato PDF, que é largamente utilizado no mundo e por diversos profissionais, inclusive engenheiros. Além disso, é gratuito e possui atributos de segurança, que impedem a modificação do conteúdo do documento, conservando sempre sua estrutura original. Também oferece um compactador embutido, contribuindo para a redução do tamanho final do arquivo, que pode conter imagens e gráficos demasiadamente grandes, os quais interessam aos usuários do 6thSentido.



Figura 5.3 – Tela do protótipo funcional 6thSentido

⁴ Trata-se de um nome fantasia, utilizando a combinação do termo sexto em inglês (6th) com o termo sentido em português, pronunciando-se sexto sentido.

⁵ É um software gratuito. É utilizado para compartilhar documentos eletrônicos. Sua utilização consiste em visualizar, pesquisar, assinar digitalmente, verificar, imprimir e compartilhar arquivos no formato PDF.

Ainda sobre a adoção desse formato para visualização, pode-se afirmar que um item importante consiste na possibilidade de conversão de um arquivo qualquer para esse formato. Ou seja, é possível converter arquivos provenientes de qualquer programa fonte para esse formato. Para isso, é necessário instalar o programa gratuito e *Open Source*⁶, PDFCreator⁷, para realizar essa conversão. Para realizá-la, basta selecionar a opção de impressão do programa de origem (por exemplo, AutoCAD). A Figura 5.4 permite a visualização de um documento seguido dessa conversão.

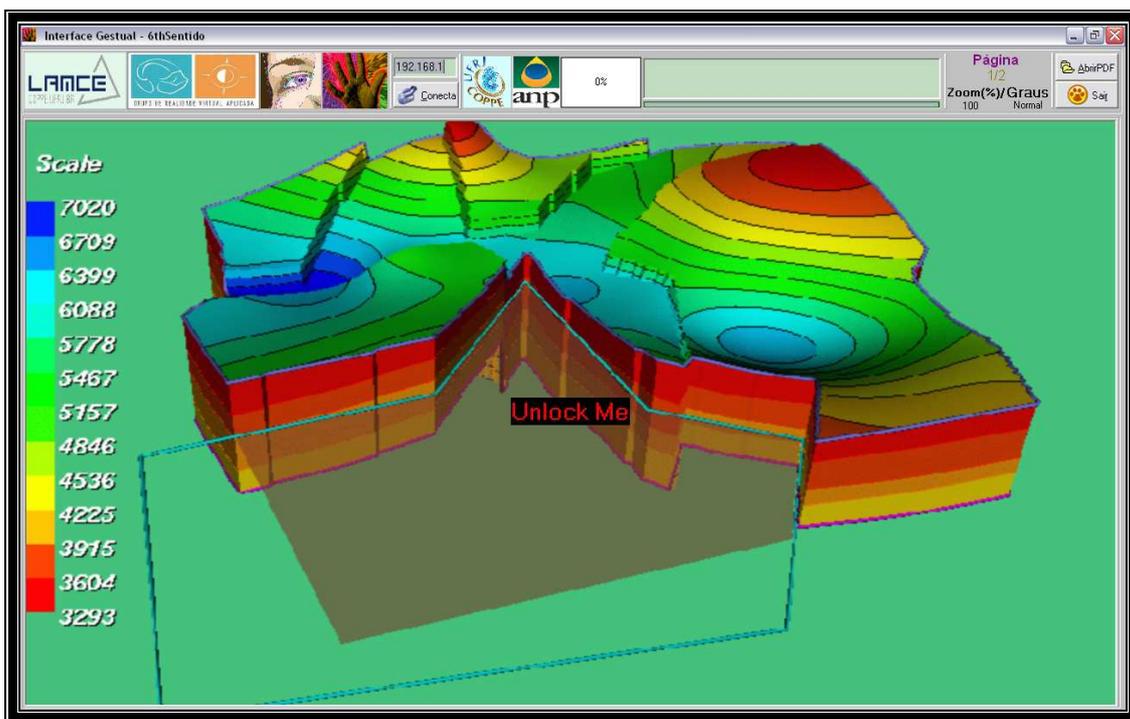


Figura 5.4 – Tela do protótipo funcional 6thSentido

O 6thSentido oferece para visualização de documentos as seguintes opções (Quadro 5.1): **próximo**, **último**, **anterior**, **zoom** (aumentar) e **girar**. Se o usuário desejar ir para a próxima página, deve escolher a opção **próximo**. O **último** posiciona na última página do documento. Para retornar uma página, a opção escolhida deve ser a **anterior**. Caso a escolha seja **zoom**, a página é aumentada em 50 % até o limite de 200%. Se a opção **girar** for gesticulada, a página é rotacionada em 90 graus no sentido horário. Para iniciar a seleção por gestos, deve-se começar pelo gesto **iniciar** (Figura 5.2), que é responsável pela ativação do reconhecimento.

⁶ Programa de código fonte aberto, podendo ser modificado por qualquer pessoa.

⁷ Programa gratuito para gerar arquivos no formato PDF.

Quadro 5.1 – Opções de gestos/comandos do 6thSentido

 <p data-bbox="328 510 440 544">INICIAR</p>	<p data-bbox="603 344 1321 479">Inicia o HandVu, possibilitando o reconhecimento e o rastreamento das mãos para o usuário interagir com o 6thSentido.</p>
 <p data-bbox="304 913 464 947">ANTERIOR</p>	<p data-bbox="707 797 1217 831">Exibe a página anterior do documento.</p>
 <p data-bbox="312 1283 456 1317">PRÓXIMO</p>	<p data-bbox="707 1133 1217 1167">Exibe a próxima página do documento.</p>
 <p data-bbox="336 1619 432 1653">GIRAR</p>	<p data-bbox="563 1503 1361 1536">Gira a página do documento em 90 graus no sentido horário.</p>

 <p>AUMENTAR</p>	<p>Aumenta o tamanho de visualização da página do documento. A cada realização deste gesto, a área de visualização é aumentada em 50% até o limite de 200%, retornando ao tamanho original em seguida.</p>
 <p>ÚLTIMO</p>	<p>Exibe a última página do documento.</p>

Quando o 6thSentido (Figura 5.5) é acionado pelo usuário, é aberta uma interface que contém:

- a) um botão abrir PDF, que possibilita ao usuário selecionar o arquivo PDF a ser visualizado;
- b) um botão sair, que permite ao usuário sair da interface;
- c) um mostrador do número da página corrente e do total de páginas;
- d) um mostrador do percentual de *Zoom* da página corrente;
- e) um display, responsável por mostrar as informações oriundas do HandVu, especificadas mais adiante neste capítulo;
- f) um mostrador, que informa o grau de certeza (ou percentagem) do reconhecimento de um gesto;
- g) a imagem do último gesto e do corrente reconhecidos (quando não há gesto exibe outra imagem);
- h) um botão conectar, para estabelecer a conexão com o HanVu;
- i) uma caixa de texto, para entrada de endereço eletrônico, no caso de uma conexão remota com o HandVu;
- j) um mostrador do grau de rotação do documento; e
- k) janela do HandVu (permite a opção de ser escondida).

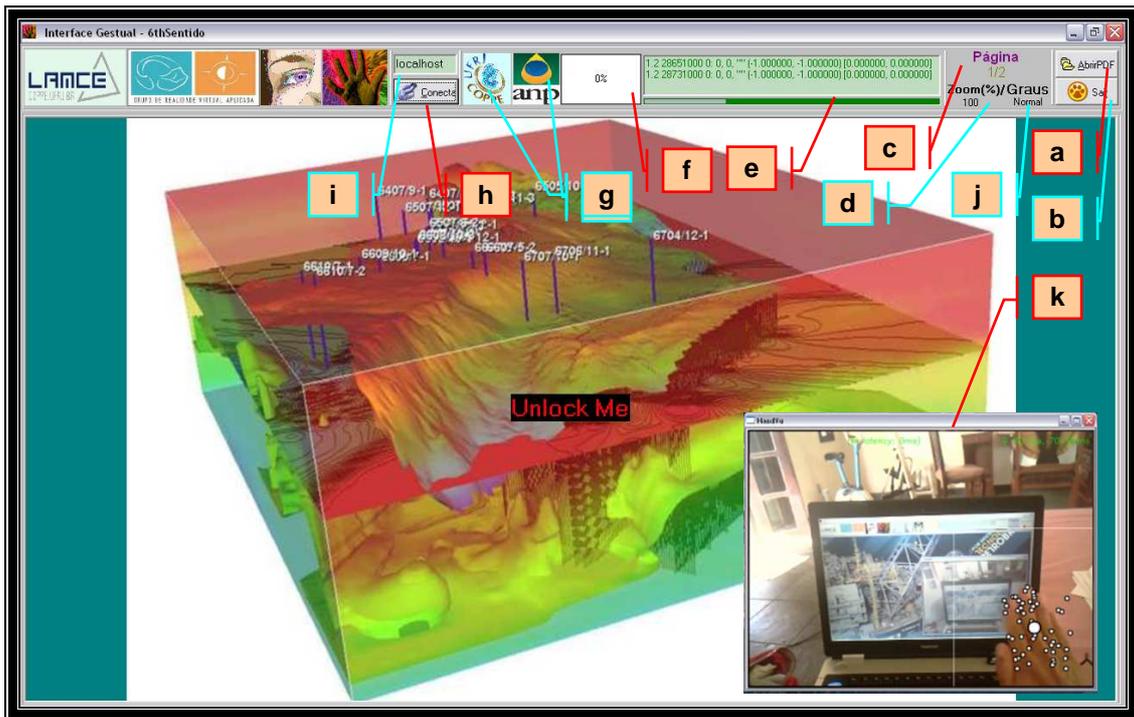


Figura 5.5 – Tela principal do 6thSentido

O protótipo 6thSentido foi desenvolvido no ambiente de programação Delphi 2007 (CANTÚ, 2007). Esse ambiente foi escolhido baseado nos seguintes motivos: a) oferecer suporte a programação orientada a objetos adotada neste trabalho; b) possuir uma versão de testes (grátis) sem restrições de funcionalidades; c) gerar um programa executável reduzido em tamanho ao final da compilação, dispensando quaisquer outros itens para execução; d) ser consideravelmente difundido no meio acadêmico e profissional, oferecendo material para suporte e consultas; e e) permitir um desenvolvimento rápido baseado em objetos e dar suporte a reusabilidade de código.

O 6thSentido (Figura 5.6) possibilita o seu funcionamento sem a janela do HandVu.

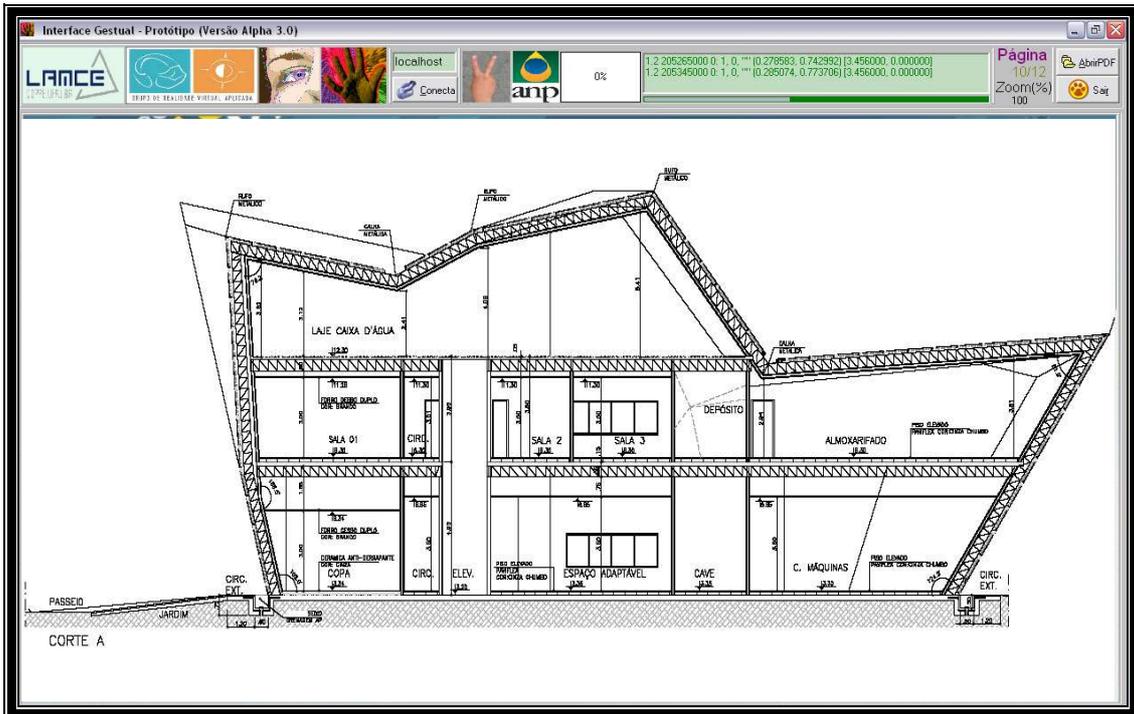


Figura 5.6 – Planta do LabCog (UFRJ) visualizada no 6thSentido

Nesse ambiente, foram utilizados os componentes⁸ TSocket.Servidor e TSocket.Client e TAplication.PDF como parte do desenvolvimento.

O TSocket.Servidor e o TSocket.Client realizam a comunicação com o HandVu, recuperando o protocolo de transmissão de dados, via protocolo TCP/IP (responsável por permitir que dois ou mais computadores se comuniquem) em formato ASCII e com delimitador, enviados pelo HandVu, contendo:

- número da versão do protocolo de transmissão das informações;
- o tempo decorrido do frame (quadro) atual desde o primeiro frame capturado;
- identificador a que o objeto do evento corresponde, atualmente ele é fixo com o valor 0 (zero);
- valor 1, caso um objeto tenha sido rastreado; do contrário, o valor é 0 (zero);
- valor 1, para indicar se alguma postura está sendo reconhecida; caso contrário, o valor é 0 (zero);
- a postura ou gesto reconhecido;

⁸ É uma unidade que pode ser utilizada na construção de vários sistemas e substituídas por outras unidades que tenham a mesma funcionalidade (BOOCH *et al.*, 2005).

- a posição da mão no formato (x,y); e
- a escala obtida e o valor de rotação do ângulo não estão sendo utilizados.

Desses dados, apenas são utilizados a postura reconhecida e a posição da mão no formato (x,y). O componente TApplication.PDF é responsável pela correlação entre o gesto do usuário e a ação realizada, durante a visualização de páginas pelo usuário. Para cada gesto reconhecido, é emitida uma voz, pronunciando o nome do gesto, com o objetivo de fornecer um *feedback* para o usuário. Caso a tela de exibição esteja ativa, esse *feedback* é fornecido por meio da visualização de vários quadrados verdes à volta do gesto e um círculo branco e preto que marca o centro da imagem capturada da mão (Figura 5.2).

O HandVu envia as informações, capturadas pela câmera, para o servidor (local ou remoto) na porta 7045, por meio do protocolo TCP/IP. Uma vez estabelecida a comunicação, o 6thSentido processa as informações e, a cada gesto reconhecido associa a uma das ações descritas no Quadro 5.1.

O 6thSentido possibilita ao usuário observar os gestos capturados, pela câmera, em uma janela, que pode estar sobreposta à área de visualização da interface (Figura 5.7), e emite um *feedback* sonoro para cada gesto reconhecido. A comunicação entre o HandVu e o 6thSentido é realizada pela API de *sockets* (mecanismo de comunicação entre processos, definidos por um ponto final bidireccional para combinação dos dados enviados e recebidos), colocadas automaticamente pelo HandVu na porta 7045 (no servidor) já mencionada. Assim, o 6thSentido recupera as informações dessa porta e as utiliza de maneira a controlar a visualização de páginas pelo usuário.

O 6thSentido disponibiliza um processo de gravação em arquivo, automático das operações efetuadas pelo usuário, com objetivos de: armazenar o momento inicial do gesto; saber se o gesto foi realizado com sucesso; mostrar a duração do tempo para o reconhecimento de um gesto; e verificar se ação desejada após o gesto, foi realizada com sucesso. Esse mecanismo é chamado de LOG e o seu uso encontra-se detalhado no Capítulo 6.

A plataforma para a utilização do 6thSentido é da Microsoft e o sistema operacional é o Windows XP. O hardware utilizado para a construção do 6thSentido foi um notebook Toshiba de 2,0 GHz Centrino, placa de vídeo Intel de 128 Mb, HD de 100 Gb, 1Gb de Ram e uma web-câmera Microsoft NX6000. Foi necessária instalação da versão 1.0 do OpenCV (uma coleção de ferramentas que dão suporte a Visão Computacional). A câmera deve ficar na posição frontal e perpendicular à mão do usuário, as quais não precisam se aproximar da câmera.

Para a instalação do 6thSentido deve ser observada a configuração mínima, que consiste em: Windows 2000/XP, PC 1.5 GHz, OpenCV, Adobe Reader e uma web-câmera USB ou *Firewire* com 320x240 de resolução.

Para utilizar o 6thSentido, uma das possibilidades, que permite considerável mobilidade, é que seus usuários utilizem um *Tablet PC* a tiracolo, uma mini-câmera e um micro-monitor, ambos presos aos óculos de segurança.

Para a identificação dos gestos, não há necessidade de ambientes específicos ou preparados, podendo-se utilizar qualquer ambiente com objetos ao fundo ou não. O que pode comprometer o reconhecimento do gesto é a presença de muitas sombras de objetos ou áreas com muito brilho no ambiente (alto contraste) descritas na Seção 5.5. A posição planar dos gestos (Figura 5.7) deve estar de modo plano com a superfície e pode sofrer uma variação angular lateral de até 15 graus no sentido anti-horário da vista do usuário, sem comprometer o reconhecimento.



Figura 5.7 – Posição correta da mão para o reconhecimento dos gestos

Durante os testes de desenvolvimento do 6thSentido, pode-se observar que quanto mais claro o ambiente e escuro o fundo, o reconhecimento dos gestos aconteceu de forma mais precisa e rápida. Outro ponto observado foi sobre a oscilação no reconhecimento dos gestos, que ocasionava uma ação não desejada pelo usuário, principalmente em se tratando do gesto Último, várias vezes, nem reconhecido.

Entende-se por oscilação a leitura indevida de um determinado gesto. Por exemplo, o gesto realizado foi o Próximo, mas consta o reconhecimento de outro gesto, disparando a ação específica desse outro gesto. Para evitar essa oscilação, foi criado um temporizador, cujo funcionamento consiste em reconhecer o mesmo gesto durante um segundo, disparando a ação desejada, pelo usuário, em seguida, sendo possível a visualização pelo grau de certeza na tela. Mesmo assim, ainda, pode haver a oscilação, que nesse caso seria a leitura indevida de um gesto pelo período de um segundo.

Sendo o 6thSentido uma solução automatizada, o seu desenvolvimento envolveu métodos técnicos e ferramentas da Engenharia de Software. Ou seja, seu processo de desenvolvimento englobou o modelo de ciclo de vida chamado espiral (PRESSMAN, 2005) e os diagramas e conceitos da UML (*Language Modeling Unified*), que pode ser utilizada, quando se adota uma metodologia de desenvolvimento Orientada a Objetos (BOOCH *et al.*, 2005). No caso deste trabalho, optou-se por documentar e representar graficamente os diagramas referentes às fases relativas ao levantamento e à análise de requisitos. O que contribuiu, consideravelmente, para estudar o problema e propor a solução adequada para a elaboração do protótipo em questão. Foram representados os seguintes diagramas: Diagramas de Casos de Uso, Diagramas de Gráficos de Estados, Diagramas de Classes e Diagramas de Sequências (BOOCH *et al.*, 2005). Esses diagramas foram elaborados com a ferramenta CASE (*Computer-Aided Software Engineering*), Rational Rose da IBM, possibilitando a construção dos códigos, no ambiente Delphi, com a utilização do Delphi Rose Link para a realização da Engenharia Reversa. O uso desse tipo de ferramenta é indicada para o controle automatizado do processo de desenvolvimento do software e para a construção de software com qualidade e produtividade (PRESSMAN, 2005). O Rational Rose foi adotado, nesta pesquisa, devido à: familiaridade do autor, sua difusão no meio acadêmico e profissional e a distribuição de versão, gratuita e completa, para testes pelo seu fabricante.

O requisito é uma condição cuja exigência deve ser satisfeita, podendo ser classificado em funcional e não-funcional. Os requisitos funcionais representam os comportamentos que um sistema deve apresentar diante das ações e desejos de seus usuários. Ou seja, o sistema deve produzir uma resposta quando solicitado. Os requisitos não-funcionais quantificam determinados aspectos de comportamento, propriedades, características, restrições e outros (PAULA FILHO, 2003).

Com relação aos requisitos funcionais do 6thSentido, pode-se afirmar que esta interface deve ser capaz de permitir ao usuário o:

- controle da visualização das páginas anterior, próxima e última do documento em PDF, por meio de gestos da mão direita;
- giro de 90 graus da página do documento em PDF, por meio de gesto da mão direita; e
- aumento em 50% da página do documento, em PDF, até o limite de 200%, por meio de gesto da mão direita.

Com relação aos requisitos não funcionais do 6thSentido, pode-se afirmar que a interface proposta deve ser capaz de possibilitar:

- o reconhecimento os gestos da mão direita em tempo-real;
- a emissão de um *feedback* sonoro para cada gesto reconhecido;
- a visualização do reconhecimento dos gestos do HandVu;
- a emissão de um *feedback* visual para cada gesto reconhecido, permitindo que o usuário tenha opção de visualizar o gesto corrente por intermédio de uma janela do HandVu (Figura 5.5);
- a emissão de um *feedback* visual do grau de certeza, do gesto corrente, do último gesto reconhecidos e da conexão com HandVu;
- a visualização do número da página corrente e total de páginas do documento;
- a seleção de arquivos PDFs e conectar-se remotamente ao HandVu, informando o endereço eletrônico da estação remota;
- o distanciamento das mãos do usuário em relação a câmera.

O Diagrama de Casos de Uso apresenta uma visão dos aspectos dinâmicos do sistema, tendo como base central a modelagem do comportamento de um sistema ou de uma classe. Esse diagrama envolve a representação da interação do contexto do sistema e dos seus requisitos com os atores (representação de um conjunto coerente de papéis que um usuário pode desempenhar). O Diagrama de Casos de Uso (Figura 5.8) do 6thSentido mostra as possibilidades de controle (Quadro 5.1), que um usuário pode ter sobre as páginas de um documento PDF, por intermédio de uma interação por gestos da mão direita. Visualizar a próxima página do documento é um caso de uso do 6thSentido representado no diagrama a seguir, que corresponde ao requisito número 1 da lista de requisitos funcionais abordada anteriormente.

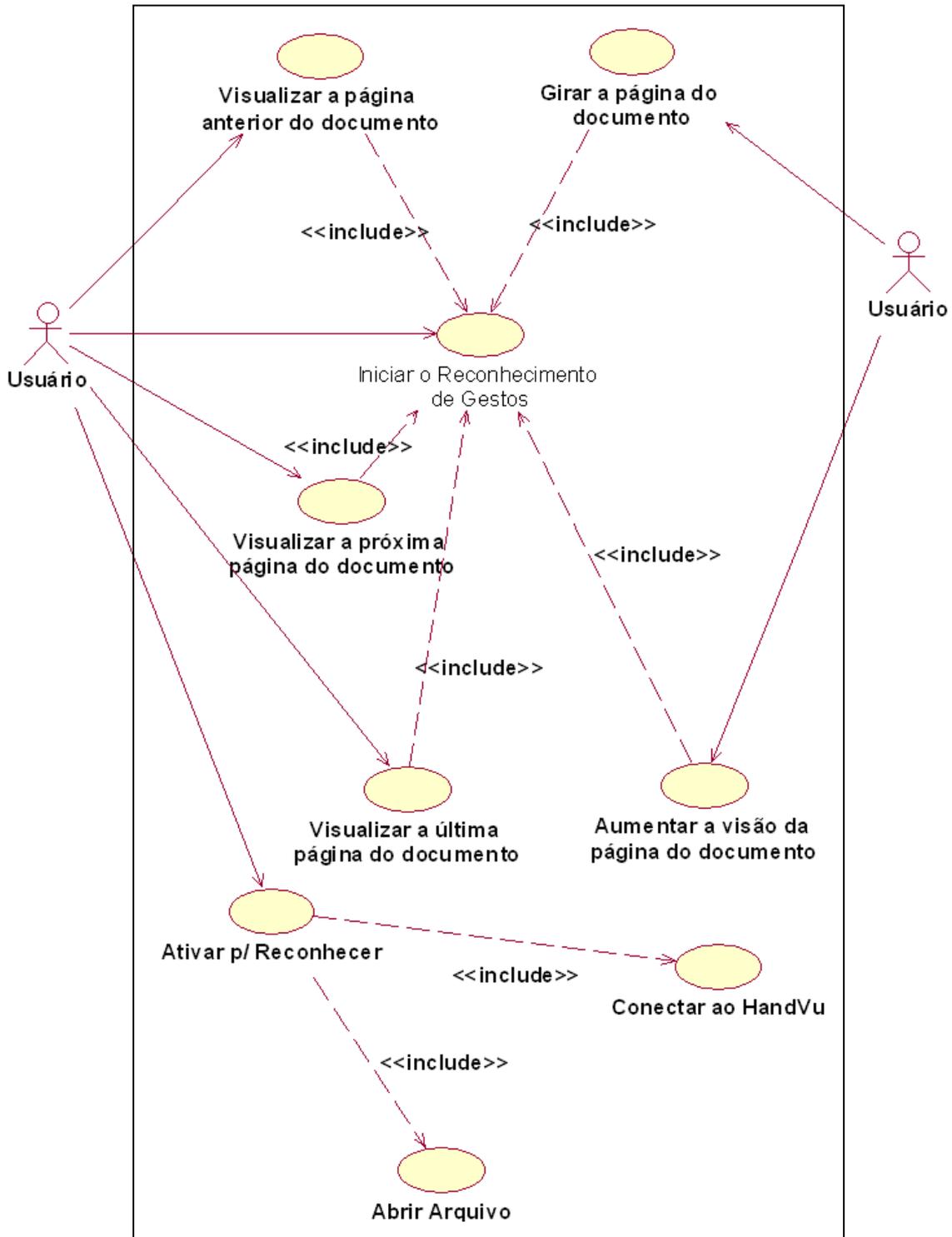


Figura 5.8 – Diagrama de Casos de Uso

O Diagrama de Classes representa a visão estática do sistema, sendo constituído de classes e das associações entre elas. Para a modelagem estática do 6th Sentido, considerando a solução desejada, que não é um sistema convencional, utilizou-se duas abordagens oferecidas pela UML: a modelagem do vocabulário do sistema e da distribuição de responsabilidades em um sistema. A primeira consiste em

modelar a partir das abstrações definidas para a solução do problema ou da tecnologia empregada para implementar uma solução para esse problema. A segunda aborda o equilíbrio das responsabilidades entre as abstrações. Esse equilíbrio tem como objetivo que cada classe do sistema atue de forma eficaz.

O Diagrama de Classe de implementação (Figura 5.9) do 6th Sentido contém as classes e suas características, que foram identificadas, tendo como base o vocabulário utilizado, quando se trata de interação por gestos das mãos, e suas operações e associações, a partir das quais são exercidas as suas responsabilidades.

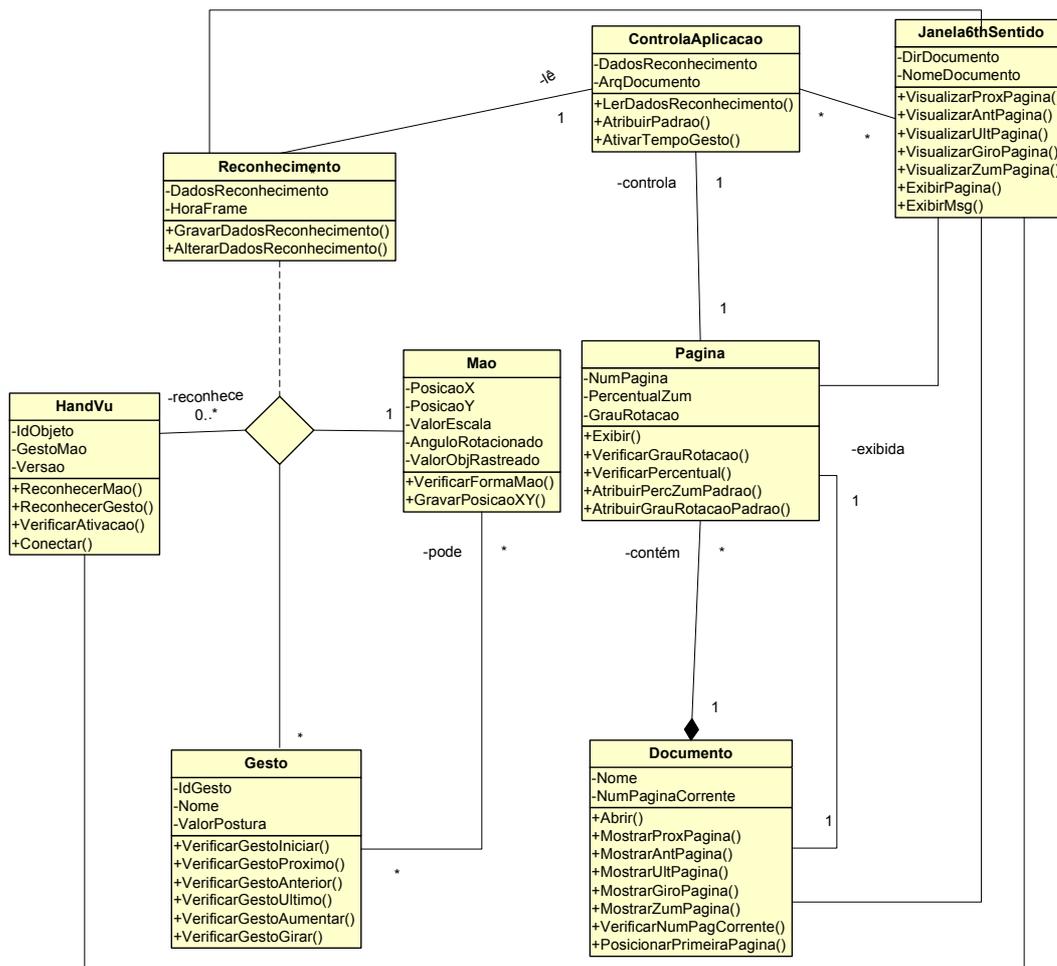


Figura 5.9 - Diagrama de Classes de Implementação

A classe Gestor é responsável pela descrição dos objetos gestos, associados às classes Mao, HandVu e da classe associativa Reconhecimento, os quais assumem comportamento de realizar verificações com relação a identificação do objeto gesto reconhecido.

Quanto à classe Mao, ela tem como atribuição descrever os objetos Mao, envolvidos na associação das classes Mao, HandVu e da classe associativa

Reconhecimento, assumindo o papel de identificar e reconhecer a forma do objeto mão e localizá-lo. Ou seja, se o objeto é uma mão que possa ser reconhecida pelo HandVu.

Já a classe HandVu possui como imputabilidade descrever os objetos HandVu, abrangidos na associação das classes, Mao, Gesto, classe de interface Janela6thSentido e da classe associativa Reconhecimento, admitindo a função de ativar para reconhecer os gestos, reconhecer a mão e o gesto do usuário, e conectar o HandVu.

No que diz respeito à classe associativa Reconhecimento, o seu papel é delinear os objetos Reconhecimento, que possuem associação com as classes ControlaAplicacao e Janela6thSentido, apresentando o comportamento de gravar os dados dos gestos da mão reconhecidos ou não pelo HandVu.

A classe de controle ControlaAplicacao é responsável pela descrição dos objetos ControlaAplicacao, associados à classe de interface Janela6thSentido, à classe Pagina e a classe associativa Reconhecimento, no que diz respeito à leitura dos dados do reconhecimento dos gestos, ao controle do tempo do gesto reconhecido e à atribuição dos padrões das páginas do documento, do documento e do 6thSentido.

Quanto à classe Pagina, ela tem como atribuição descrever os objetos Pagina envolvidos na associação com as classes Documento, com a classe de controle ControlaAplicacao e a classe de interface Janela6thSentido, assumindo o papel de exibir a página do documento, verificar qual o grau de rotação e o percentual de *zoom* correntes e atribuir novos valores de *zoom* e rotação à pagina exibida.

A classe Documento é uma agregação por composição da classe Pagina. Essa classe é responsável pela descrição dos objetos Documento, associados à classe Pagina e a classe de interface Janela6thSentido, assumindo o papel de: abrir um documento, contendo as páginas a serem exibidas; mostrar a próxima, a anterior e a última página; exibir a página girada; verificar o número da página corrente e posicionar na primeira página, quando aberto pela primeira vez o documento.

No que diz respeito à classe de interface Janela6thSentido, ela tem como atribuição descrever os objetos Janela6thSentido, associados às classes Documento, Pagina, HandVu, à classe de controle ControlaAplicacao e à classe associativa Reconhecimento. Esses objetos assumem o comportamento de realizar a exibição das páginas, com relação aos possíveis estados (Anexo 6), do documento e dos *feedbacks* (mensagens) aos usuários.

O objetivo do Diagrama de Seqüência é apresentar as interações entre os objetos das classes na forma temporal em que elas acontecem, envolvendo o envio de mensagens entre esses objetos. Em geral, cada caso de uso do diagrama de caso de uso pode possuir um diagrama de seqüência correspondente. Um objeto só pode reagir a uma mensagem, se existir uma operação correspondente na classe à que pertence, que se encontra representado no diagrama de classe. No caso do 6thSentido, o Diagrama de Seqüência (Figura 5.10) corresponde às interações de cada objeto das classes envolvidas na execução do caso de uso Visualizar a Próxima Página do Documento (Figura 5.9). VerificarAtivacao é uma mensagem enviada para um objeto da classe HandVu. Os diagramas desse tipo, relativos aos demais casos de uso, podem ser visualizados no Anexo 5.

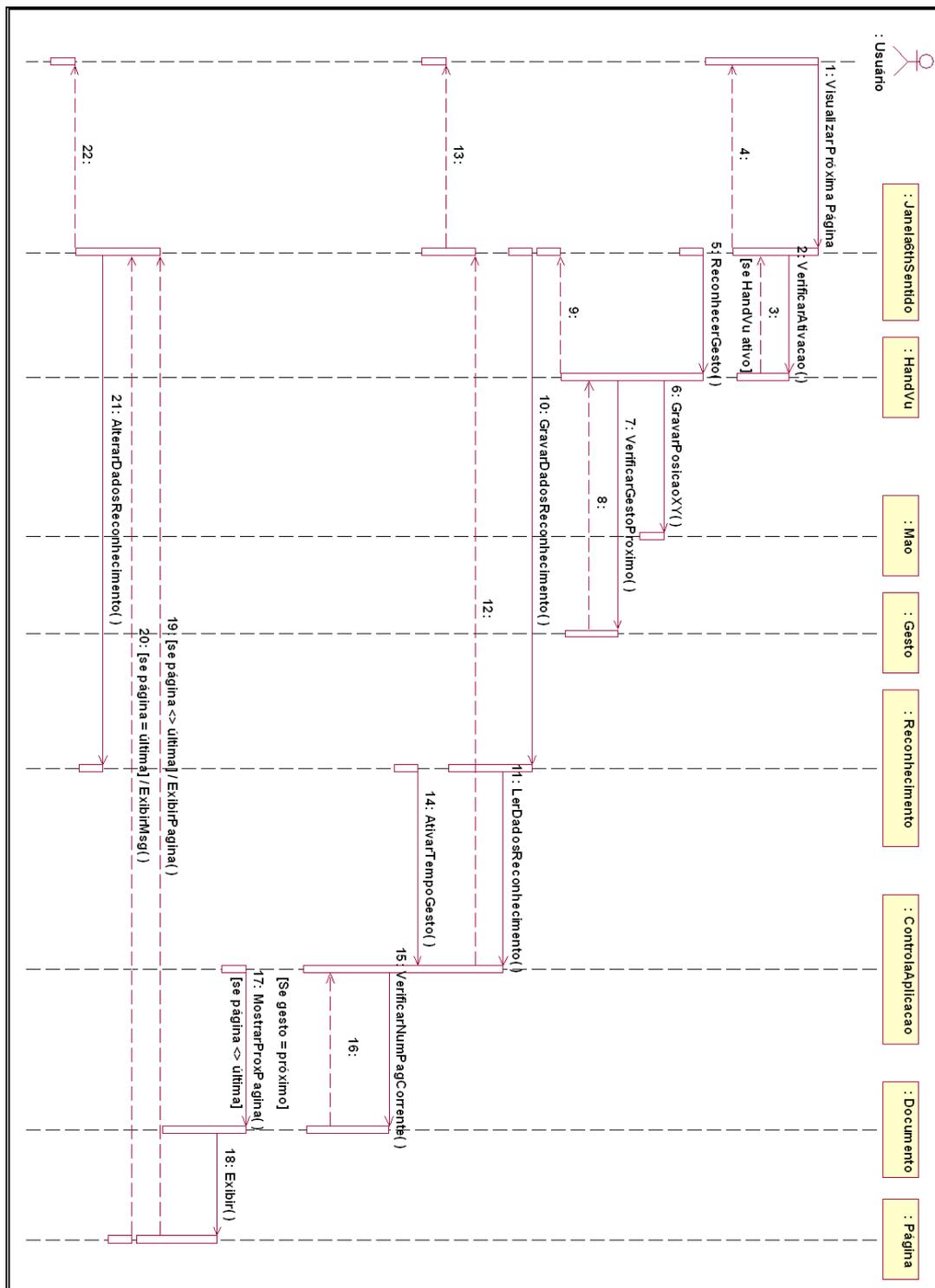


Figura 5.10 – Diagrama de Seqüência (Visualizar a Próxima Página)

Quanto ao Diagrama de Gráficos de Estados, ele apresenta os possíveis estados e o tempo de vida de um único objeto de uma determinada classe, possibilitando o estudo das condições em que um objeto se encontra para reagir a um estímulo (mensagem). O diagrama (Figura 5.11) a seguir apresenta os estados de um objeto da classe Documento que pertence ao modelo de classe (Figura 5.9) do 6thSentido. Pode-se observar, nesse caso, que, se um objeto da classe Documento

está no estado de Exibindo Última Página, ele não pode ir para o estado de Exibindo Próxima Página. Os demais diagramas desse tipo estão representados graficamente no Anexo 6.

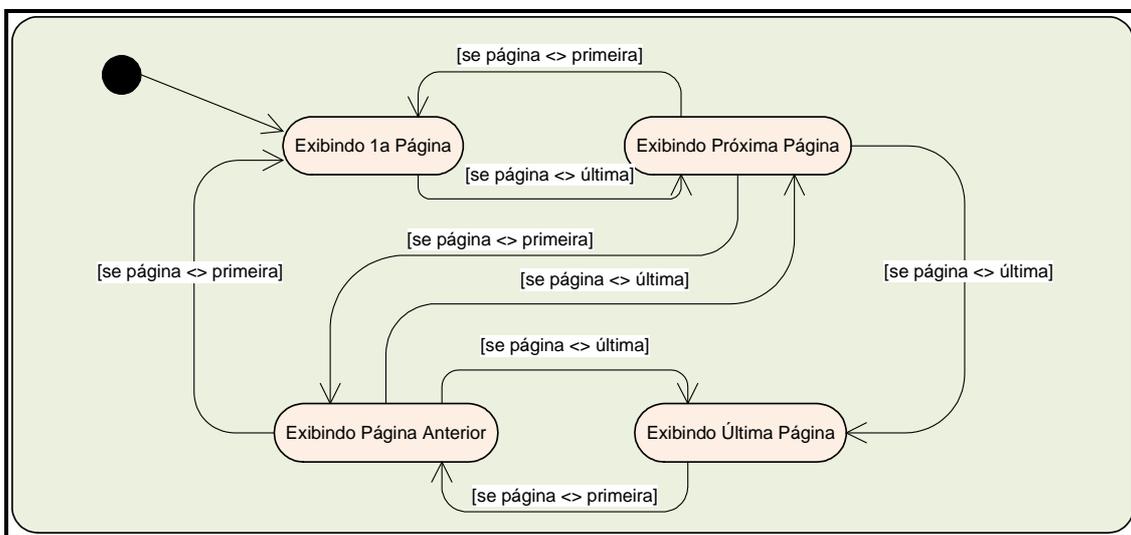


Figura 5.11 – Diagrama de Gráfico de Estados da classe Documento

5.5. Limitações.

As limitações do 6th Sentido podem ser divididas em três categorias: oriundas do HandVu, da visão computacional e próprias. No primeiro caso, podem ser citadas as seguintes limitações:

- reconhecimento e rastreamento de apenas seis gestos estáticos pré-definidos;
- movimentação da mão, durante o reconhecimento, não pode ser muito rápida;
- ambientes com muito contraste e alto brilho dificultam o reconhecimento;
- algumas oscilações no reconhecimento de um gesto;
- dificuldade do reconhecimento do gesto último;
- angulação da mão não pode ultrapassar 15 graus à esquerda (posição da mão no sentido anti-horário) da visão do usuário, conforme Figura 5.7;
- quando um objeto ou reflexo é focado indevidamente, por causa do seu alto contraste, o HandVu não reinicializa o reconhecimento. Para solução dessa limitação, o usuário deve obstruir o foco da câmera e liberá-lo em seguida.
- apenas a mão direita é reconhecida; e
- a câmera somente pode ser posicionada sobre as costas da mão na posição perpendicular.

No caso da segunda categoria, foram consideradas as limitações:

- com respeito ao uso de uma web-câmera, ela poderia trazer preocupações de privacidade ao usuário, pois poderia estar gravando situações fora do interesse, no que diz respeito a atividade de interação; e
- a memorização dos gestos pode ocasionar um desconforto para o usuário.

Quanto a terceira categoria, podem ser citadas as limitações:

- a oscilação durante o reconhecimento, ocasionando uma ação não desejada pelo usuário. Para evitar essa oscilação, foi criado um temporizador cujo funcionamento consiste em reconhecer o mesmo gesto durante um segundo, disparando a ação desejada, pelo usuário, em seguida; e
- o aparecimento da janela do HandVu (Figura 5.5), não tendo sido possível redimensioná-la, o que pode ocasionar ao usuário um desvio da sua atenção, que deveria estar focada somente nas tarefas a serem realizadas usando o 6thSentido. Essa limitação foi contornada até o momento, possibilitando ao usuário minimizar essa janela, tendo em vista que uma vez memorizados os gestos, não há mais necessidade dessa janela.

Mais comentários sobre essas limitações podem ser encontradas nos Capítulos 6 e 7.

6. Validação da Interface

Este capítulo aborda a construção de um instrumento de validação, necessário para avaliar o 6thSentido, após a interação de alunos dos dois últimos períodos em andamento do Curso de Engenharia de Petróleo da instituição, cenário desta pesquisa; o treinamento para utilização do 6thSentido, englobando como esses alunos deveriam realizar os gestos das mãos, para ativar os comandos para manipular e visualizar páginas de um documento em formato PDF; a descrição da dinâmica de aplicação do 6thSentido e da interface tradicional do Adobe Reader, envolvendo a especificação de equipamentos necessários e o relato sobre a execução das tarefas realizadas pelos participantes, durante a interação com ambas as interfaces, inclusive descrevendo os detalhes registrados pela filmagem e pelo LOG; a descrição das entrevistas com os sujeitos da pesquisa e de seus resultados, após essa dinâmica e, finalmente, a descrição dos resultados relativos à aplicação do questionário de validação (Anexo 2 e 3).

6.1. Construção do Instrumento de Validação

O questionário (Anexo 2 e 3), construído para validar o 6thSentido, foi elaborado com base nos conceitos de usabilidade defendidos por Nielsen e Loranger (2006) e Shneiderman (1998), abordados no Capítulo 3. Dessa maneira, esse instrumento engloba, em sua parte sobre perfil do respondente, uma questão fechada que tem como objetivo descobrir se o entrevistado já tinha utilizado o Adobe Reader ou algum outro software para visualização de documentos, em forma de apresentação. Com base na resposta obtida, por meio dessa questão, pretendeu-se fazer algumas ressalvas, se necessário, a respeito de avaliações desfavoráveis ao uso do 6thSentido, no caso de usuários habituados ao uso de softwares para apresentação. Com respeito à parte de avaliação, propriamente dita, contém um quadro composto de uma coluna de atributos de usabilidade escolhidos com base na revisão da literatura sobre usabilidade abordada no Capítulo 3 deste trabalho, para os quais o respondente deve atribuir um conceito numa escala (LIKERT, 1967) de um a cinco (**5=Excelente**; **4=Muito Bom**; **3=Regular**; **2=Ruim**; **1=Insuficiente**).

Em concordância com o Nielsen e Loranger (2006), um autor consagrado pelos seus estudos sobre IHC, e com Cabral *et al.* (2005), que aborda a usabilidade de uma interface baseada em gestos das mãos livres (*hand-free*), resolveu-se que os atributos

acima mencionados seriam: **facilidade de aprender, eficiência, facilidade de memorizar, erros e satisfação**. A **facilidade de aprender** consiste na ausência de obstáculos para utilizar o que foi proposto. **Eficiência** implica na agilidade para a realização da tarefa pelo usuário, durante a interação. A **facilidade de memorizar** diz respeito a quão fácil é recordar como o sistema funciona, após ter aprendido a utilizá-lo. **Erros** diz respeito a níveis aceitáveis de falhas ou nenhum (no caso de catástrofe), durante a interação e que na ocasião de erros possam ser facilmente tratados e recuperados. Um erro, durante a interação com o 6thSentido, pode ser a leitura indevida de um gesto, disparando uma ação indesejada que é uma limitação do HandVu descrita no Secção 5.5. **Satisfação** implica em que a interação cause um sentimento ou sensação agradável, ou seja, que o usuário fique em harmonia em usar o sistema.

Vale ressaltar que o método de avaliação da usabilidade, escolhido para ser utilizado neste capítulo, foi à pesquisa de opinião descrita no Capítulo 3, dando ênfase, como defendido por Shneiderman (1998), ao critério ou atributo satisfação ao usuário.

Assim que o questionário foi elaborado, houve um pré-teste aplicado a um aluno e a um professor do Curso de Engenharia de Petróleo da UNIPETRO, com o objetivo de que fosse detectado se o instrumento estava objetivo e menos ambíguo possível, adequado a uma aplicação eficaz.

6.2. Dinâmica de Uso da Interface Nova versus Interface Tradicional

Após a autorização (Anexo 4) por parte da UNIPETRO, num primeiro momento, foram convidados alunos dos dois últimos períodos do Curso de Engenharia de Petróleo, futuros engenheiros, por meio de convite verbal, realizado de turma em turma, tendo em vista uma breve explicação sobre esta pesquisa, propondo aos alunos participarem como voluntários a avaliarem o 6thSentido. Durante o convite, foi informado o dia, horário e sala (laboratório), em que o pesquisador voltaria para efetivamente realizar o experimento no qual os alunos participariam. Também, foi disponibilizado telefone e e-mail de contato, para que os alunos esclarecessem possíveis dúvidas sobre a pesquisa. Num momento seguinte, uma nova visita foi realizada e os vinte e nove interessados participaram do treinamento e, posteriormente, da interação que possibilitou a validação do 6thSentido em relação ao Adobe Reader.

Esta seção apresenta a dinâmica de interação dos sujeitos da pesquisa com o 6thSentido e com o Adobe Reader. Essa dinâmica englobou o treinamento e a interação com ambas as interfaces, destinada propriamente à validação do 6thSentido, ambos no período da noite.

a) Treinamento

O treinamento foi dado aos alunos dos dois últimos períodos em andamento do Curso de Engenharia de Petróleo da UNIPETRO, no laboratório de informática dessa Instituição, durante o total de quatro dias, num intervalo de duas semanas, totalizando **29** voluntários. Consistiu na realização da atividade de visualização do conteúdo de um documento no formato PDF, por meio da ativação dos recursos: ir para a próxima página, ir para a página anterior, ir para a última página, girar uma página e aumentar (*zoom*) a página. No caso do 6thSentido, envolveu oito alunos e, primeiramente, houve uma explanação sobre essa interface, durante 15 minutos em cada dia, uma única vez, totalizando ao final de quatro dias, uma hora. Posteriormente, os alunos usaram os gestos da mão direita (Quadro 5.1), para acionar esses recursos e, além disso, ativar o reconhecimento, usando o gesto Iniciar (Figura 5.2). Devido à pouca iluminação do ambiente foi colocado um fundo escuro (ver Seção 5.4), na área coberta pela câmera para o reconhecimento, para evitar oscilação. O tempo limitado, para que os alunos realizassem todas as tarefas citadas, foi de quinze minutos, para cada um dos voluntários, totalizando ao final dos quatro dias, aproximadamente, sete horas.

No caso do Adobe Reader, usando o mouse, apenas três alunos ativaram os mesmos recursos citados anteriormente, para visualização de documentos no formato PDF, pois os outros dispensaram o treinamento alegando já saberem utilizá-lo. Para isso, foi determinado um tempo de quinze minutos, os quais não foram usados totalmente. Nesse caso, como o laboratório continha 30 computadores com o esse software instalado, o treinamento foi realizado coletivamente.

b) Interação dos Pesquisados com as Interfaces

Durante a interação, foram feitas as mesmas tarefas descritas anteriormente no treinamento (Item a), para cada interface, sendo que pode anotar a ressalva de que, no caso do Adobe Reader, desta vez, interagiram, cerca de oito alunos por dia, totalizando 29 ao final dos quatro dias; sendo que a interação levou menos de cinco minutos.



Figura 6.1 – Gesto Iniciar executado pelo entrevistado durante a interação

O pesquisador permaneceu disponível para prestar esclarecimentos sobre possíveis dúvidas, quanto à posição correta da mão, ao modo correto de fazer o gesto, à lista dos comandos a serem executados e às informações da interface do 6thSentido. Essa interação foi filmada, de maneira que somente as mãos dos usuários ficaram registradas.

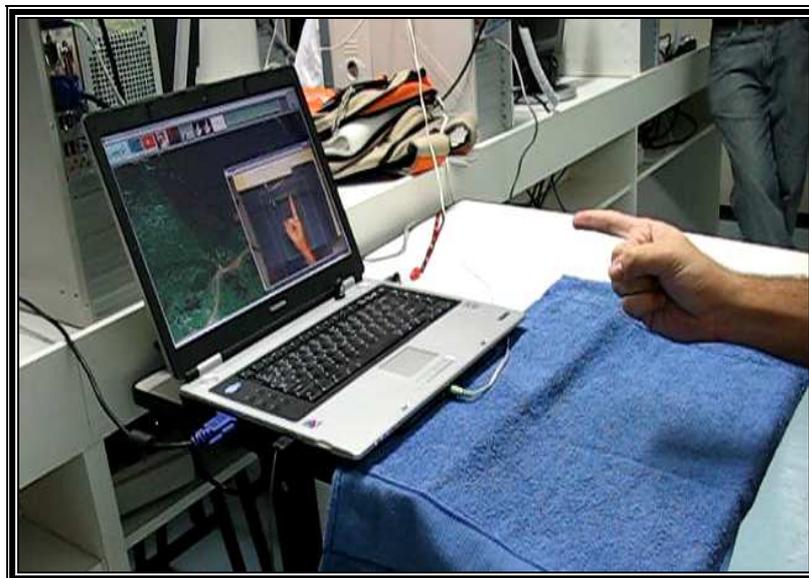


Figura 6.2 – Gesto Último executado pelo entrevistado durante a interação

Com base no arquivo de LOG e na filmagem da interação, pode-se afirmar que todos os gestos foram realizados com sucesso. Ou seja, foram lidos e reconhecidos. A seguir são apresentados os gestos Iniciar (Figura 6.1), Próximo (Figura 6.3), Anterior (Figura 6.6), Girar (Figura 6.4), Aumentar (Figura 6.5) e Último (Figura 6.2) realizados pelos pesquisados, durante a validação. Para a realização de cada um desses gestos,

cada um entrevistado, levou, em média, menos de 15 segundos cada, com exceção do gesto Último, que durou até dois minutos para ser realizado em alguns casos.

Quanto ao gesto Iniciar (Figura 6.1), não houve nenhum problema durante a interação. Todos os alunos conseguiram realizá-lo com sucesso.

O gesto Último (Figura 6.2) foi concretizado por apenas 4 dos voluntários. Esse fato reafirma ou ratifica a existência de uma limitação do HandVu mencionada no Capítulo 5. A partir do registro do LOG, foi possível identificar que, dos 29 participantes, 18 conseguiram pelo menos a leitura desse gesto, mas não concretizaram a tarefa, devido a essa limitação. 7 dos pesquisados não conseguiram realizar a tarefa e nem a leitura do gesto em questão.



Figura 6.3 – Gesto Próximo executado pelo entrevistado durante a interação

Com respeito ao gesto Próximo (Figura 6.3), com base no Log, pode-se afirmar que apresentou o menor tempo de reconhecimento e, conseqüentemente, o menor tempo, em média menos de 5 segundos, de concretização. Talvez, esse fato seja devido à facilidade com que o aluno gesticula essa forma de gesto, que lhe é familiar, pois faz parte do seu dia-a-dia na comunicação com outras pessoas do seu meio. O que merece uma investigação futura.

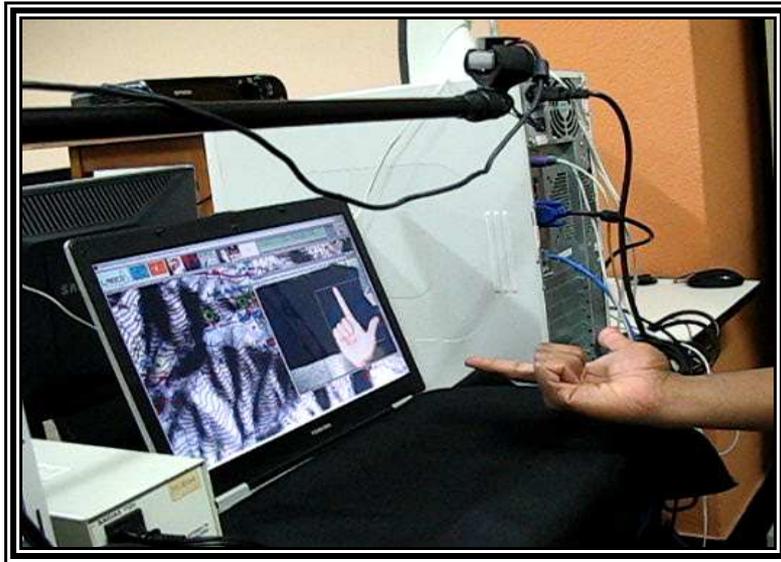


Figura 6.4 – Gestor Girar executado pelo entrevistado durante a interação

Quanto ao gesto Girar (Figura 6.4), foi realizado normalmente por todos os voluntários.



Figura 6.5 – Gestor Aumentar executado pelo entrevistado durante a interação

O gesto Aumentar (Figura 6.5), no caso de 5 alunos, foi gesticulado de forma errada (alguns dedos muito juntos ou muito separados), ocasionando dificuldade no reconhecimento. Esse fato foi solucionado, mediante o fornecimento de instruções do pesquisador.



Figura 6.6 – Gesto Anterior executado pelo entrevistado durante a interação

Com respeito ao gesto Anterior (Figura 6.6), não foi registrado dificuldade alguma por parte dos participantes.

6.3. Entrevistas

Após a dinâmica de interação dos **vinte e nove** participantes da pesquisa com as duas interfaces, o pesquisador realizou entrevista não-diretiva com apenas **cinco** deles, os quais aceitaram ser entrevistados, durante 10 minutos, objetivando comentar sobre o tema: comparação entre a interface tradicional e o 6thSentido. Ou seja, o pesquisador deixou os alunos livres para mencionarem como se sentiram, utilizando as duas interfaces abordadas, tendo em vista estabelecer uma comparação entre ambas.

Quanto às verbalizações expressadas pelos entrevistados, logo após a interação, foram as seguintes:

1)“...parece uma interface de filme de ficção, muito boa poderia ser usada, também, para deficientes físicos, em relação a outra, pois não necessita de teclado...ela é fácil e rápida”;

2)“...realmente funciona apenas com gestos, poderia ter mais gestos! mesmo assim é muito boa, respondendo bem rápido, a outra interface é mais completa em relação aos comandos e não tem erros quando clicamos nos botões...”;

3)“...essa interface (6thSentido) é mais prazerosa e divertida que a do Adobe, mas pode cansar a mão com o tempo...realizei mais rápido as tarefas no Adobe, pois já mexi com ele.”;

4)“...achei que ela (6thSentido) apresenta alguns erros, para alguns gestos, no reconhecimento. Quanto à satisfação e o prazer, ela é incomparavelmente melhor, não preciso ficar procurando um minúsculo botão para clicar como no Adobe”; e

5)“...fiquei um pouco preocupado com a tela que mostra a mão e me distrai quanto ao documento do fundo. Os gestos do 6thSentido foi muito fácil de aprender e gostoso de fazer...foi muito interessante usar apenas as mãos para comandar, fiquei impressionada”.

Algumas expressões contidas nos comentários acima foram enquadradas nas categorias ou atributos relativos à usabilidade, permitindo analisar e organizar os resultados a partir da entrevista.

Quanto ao atributo Facilidade de Aprender, pode-se observar que a existência das expressões: “ela é fácil”, no caso do comentário 1, e “foi muito fácil de aprender”, citada no comentário 5. Com relação à primeira, revela uma referência ao atributo em questão ou ao atributo Facilidade de Memorizar ou a ambos. No caso da segunda, percebeu-se claramente uma alusão à Facilidade de Aprender. O que permite afirmar que a nova interface foi considerada fácil de aprender por um dos entrevistados.

Com relação ao atributo Erros, é possível afirmar, por meio da expressão “achei que ela (6thSentido) apresenta alguns erros, para alguns gestos”, inserida no comentário 4. Nesse caso, o participante da entrevista apontou erros para o 6thSentido com respeito ao reconhecimento de gestos. O que remete ao problema da oscilação já mencionado e explicado nas Seções 5.4 e 5.5 desta pesquisa.

O atributo Eficiência foi referenciado nas expressões “ela é fácil e rápida” no comentário 1 e “respondendo bem rápido” do comentário 2. O que aponta para o fato de que os entrevistados acharam que o 6thSentido permite a realização das tarefas solicitadas com agilidade.

Com respeito ao atributo Satisfação, existem indícios, com base nas expressões “gostoso de fazer” do comentário 5, “é mais prazerosa” do comentário 3 e “satisfação e o prazer” do comentário 4, de que o 6thSentido é agradável de usar na opinião da maioria dos entrevistados.

Também foi observado, por meio dos comentários expostos anteriormente, que, na opinião de alguns dos respondentes:

- o 6thSentido é uma interface futurista presente em alguns filmes, com base na expressão “parece uma interface de filme de ficção” do comentário 1;

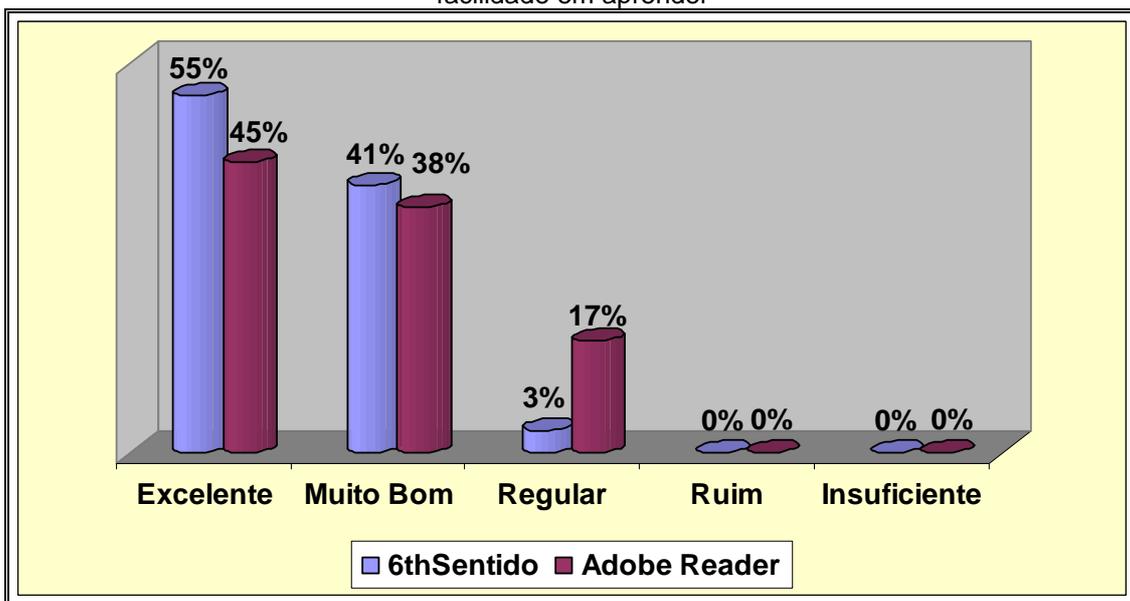
- a quantidade de gestos é pequena, baseada na expressão “poderia ter mais gestos!” do comentário 2;
- o 6thSentido pode trazer um desconforto durante a realização dos gestos. Isso foi revelado com base em “pode cansar a mão” do comentário 4;
- pode acontecer o desvio de atenção para a tela do HandVu em detrimento à tarefa principal (visualizar os documentos). A expressão “fiquei um pouco preocupado com a tela que mostra a mão” do comentário 5 revela este fato. Essa expressão também ratifica a limitação do 6thSentido abordada na Seção 5.5. Neste caso, ainda pode-se atribuir esse comentário ao pouco tempo de experiência do participante com a interação por gestos; e
- a liberdade de usar apenas a mão, sem o manuseio de nenhum dispositivo, remete à característica ou qualidade atribuída a interfaces baseada em gestos das mãos pelos estudiosos referenciados nos Capítulos 1, 2 e 3 desta pesquisa. Isso foi expressado no comentário 5, por intermédio de “interessante usar apenas as mãos”.

6.4. Descrição dos Resultados da Aplicação do Questionário de Validação

Depois da interação com ambas as interfaces e antes da entrevista não estruturada, os participantes dessa interação responderam a um questionário apresentado anteriormente neste capítulo. E, alguns minutos antes dessa aplicação, o autor deste trabalho explicou como os alunos deveriam prosseguir ao preenchimento desse instrumento de validação.

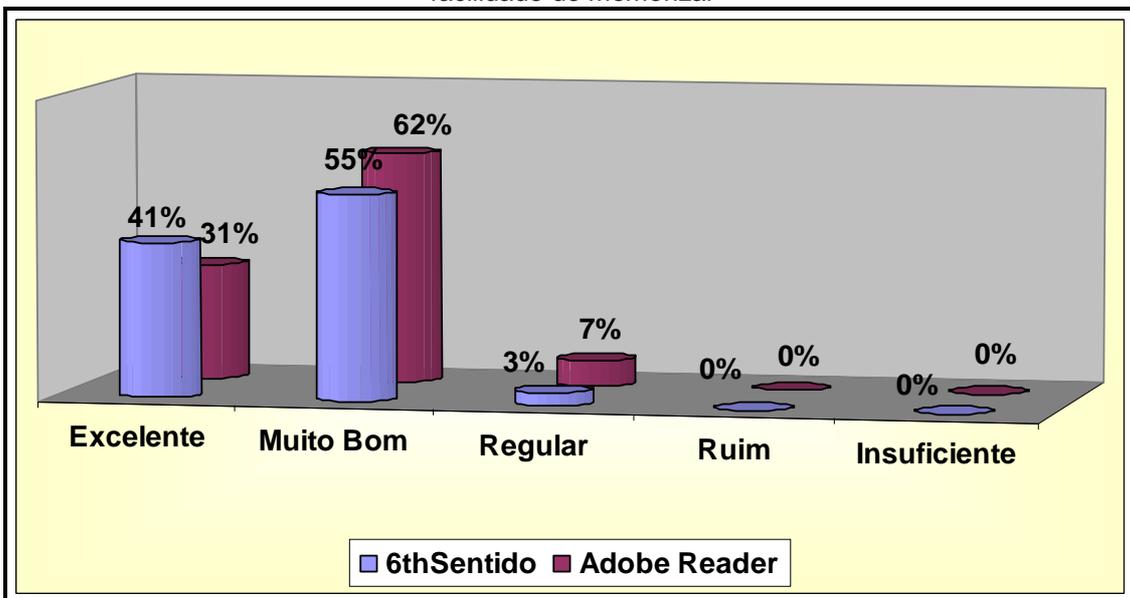
Esta seção aborda os resultados da pesquisa, em se tratando da aplicação dos questionários de validação aos participantes nos casos de interação com o 6thSentido e com o Adobe Reader. Esses resultados são apresentados a seguir, num primeiro momento, considerando para cada atributo de usabilidade, os gráficos com os percentuais para cada conceito da escala Likert (**5=Excelente**; **4=Muito Bom**; **3=Regular**; **2=Ruim**; **1=Insuficiente**), para ambos os casos de interação; e, num segundo momento, expondo os percentuais obtidos e as respostas relativas à primeira questão, a qual trata do perfil do respondente.

Gráfico 6.1 – Resultado da validação do 6thSentido versus Adobe Reader, no caso do atributo facilidade em aprender



No caso do 6thSentido, com relação ao atributo **facilidade de aprender** (Gráfico 6.1), pode-se afirmar que: 55% dos respondentes atribuíram o conceito excelente, 41% optaram por muito bom, 3% marcaram regular e nenhum dos participantes assinalou ruim ou insuficiente. Já com relação ao Adobe Reader, 45% dos entrevistados escolheram o conceito excelente, 38% apontou muito bom, 17%, regular e nenhum dos pesquisados anotou ruim ou insuficiente.

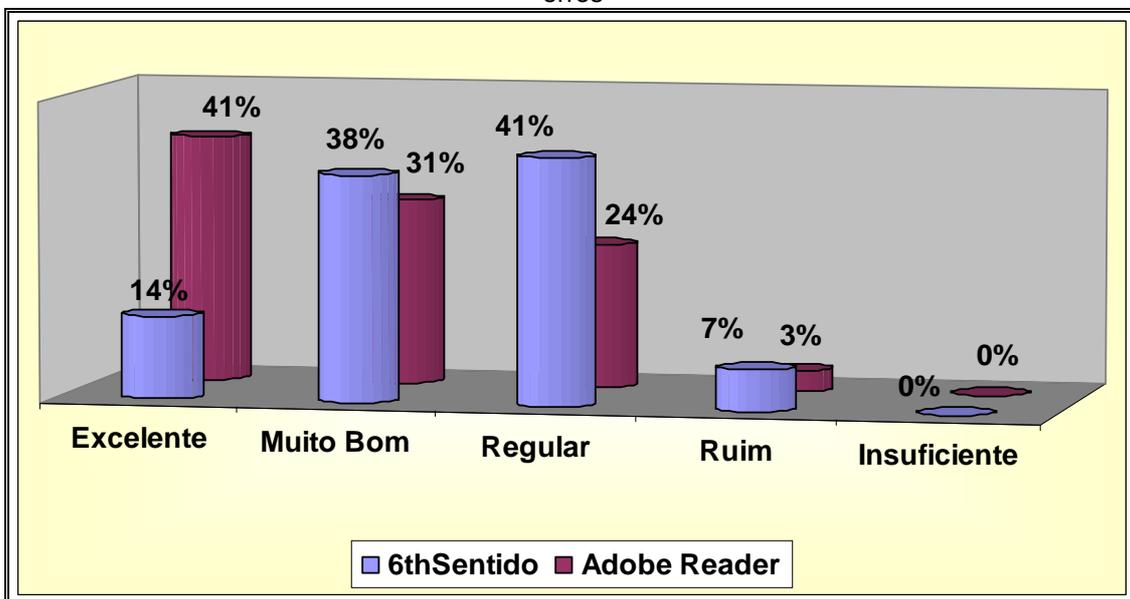
Gráfico 6.2 - Resultado da validação do 6thSentido versus Adobe Reader, no caso do atributo facilidade de memorizar



Com respeito ao atributo **facilidade de memorizar**, no caso do 6thSentido (Gráfico 6.2), 55% dos entrevistados assinalaram o conceito muito bom, 41% optaram por excelente, 3% marcaram regular e nenhum respondente escolheu ruim ou

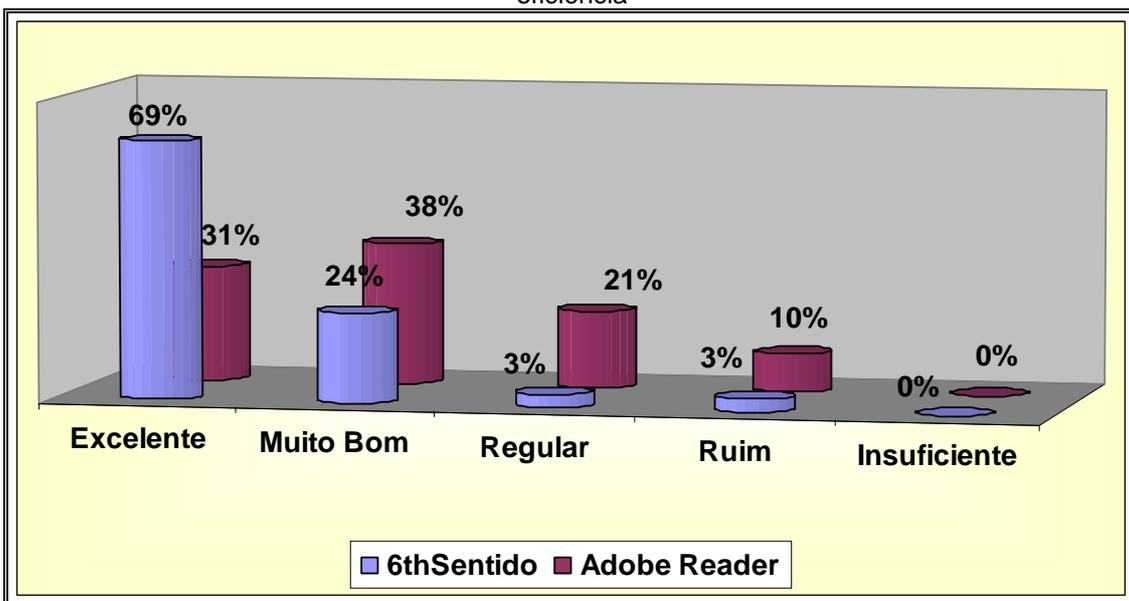
insuficiente. Quanto ao Adobe Reader, 62% dos participantes responderam muito bom, 31%, excelente, 7%, regular e nenhum dos voluntários assinalaram ruim ou insuficiente.

Gráfico 6.3 – Resultado da validação do 6thSentido versus Adobe Reader, no caso do atributo erros



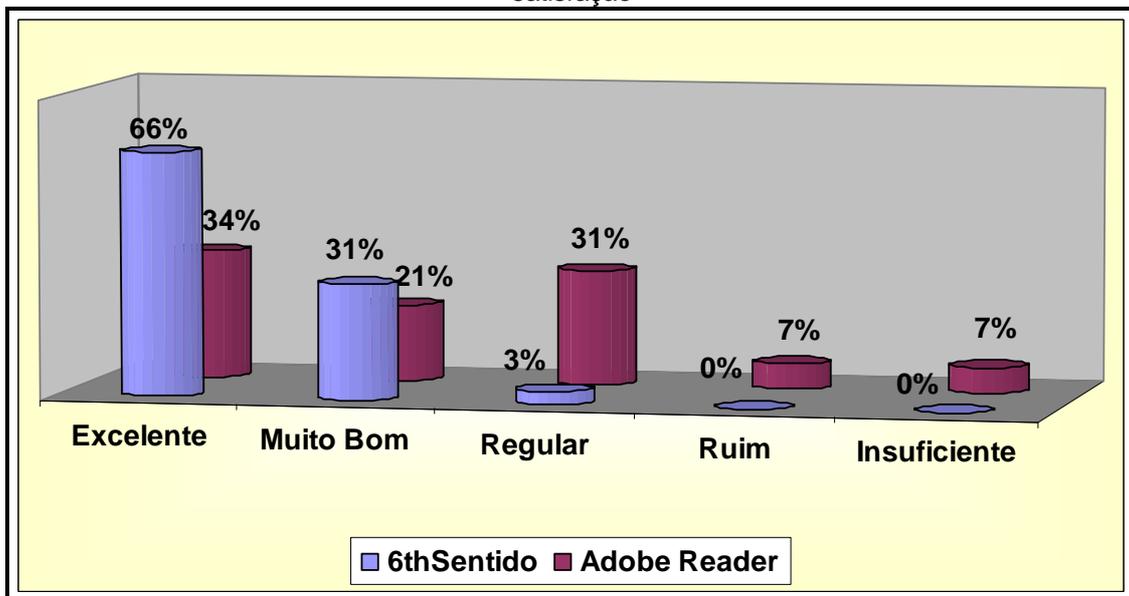
Para o 6thSentido (Gráfico 6.3), no caso do atributo **erros**, 41% dos participantes responderam o conceito regular, 38% marcaram muito bom, 14% assinalaram excelente, 7%, ruim e nenhum dos respondentes escolheu insuficiente. No que diz respeito ao Adobe Reader, os pesquisados apontaram 41% para o conceito excelente, 24% para regular, 31% para muito bom, 3%, ruim e nenhum dos voluntários escolheu insuficiente.

Gráfico 6.4 - Resultado da validação do 6thSentido versus Adobe Reader, no caso do atributo eficiência



Em se tratando do atributo **eficiência** para o 6thSentido (Gráfico 6.4), 69% dos respondentes escolheu o conceito excelente, 24% optaram por muito bom, 3% assinalaram regular, 3%, ruim e nenhum dos entrevistados marcou insuficiente. No caso do Adobe Reader, 31% dos pesquisados optaram pelo conceito excelente, 38% para o muito bom, 21% para regular e, no caso do conceito ruim 10%, sendo que nenhum dos voluntários selecionou insuficiente.

Gráfico 6.5 - Resultado da validação do 6thSentido versus Adobe Reader, no caso do atributo satisfação



Quanto ao atributo **satisfação**, em se tratando do 6thSentido (Gráfico 6.5), 66% dos entrevistados optaram pelo conceito excelente, 31%, pelo muito bom, 3% marcou regular e nenhum dos participantes assinalou ruim ou insuficiente. O Adobe Reader

obteve 34% para o conceito excelente, 31% para regular e 21% para muito bom e 7% para cada um dos conceitos ruim e insuficiente.

Com o propósito de apresentar os resultados obtidos com relação a ambas às interfaces, de forma mais sucinta que pudesse conduzir mais facilmente às discussões e conclusões, estabeleceu-se que as pontuações 4 (Muito Bom) e 5 (Excelente) seriam classificadas como respostas favoráveis e, em contrapartida, as 1 (Insuficiente) e 2 (Ruim), como desfavoráveis, sendo que a pontuação 3 (Regular) não entrou nessa representação. Assim, foi possível apresentar os resultados a seguir, tendo em vista a comparação entre as interfaces em questão, usando a média, que é o quociente entre o somatório da quantidade das respostas de cada atributo para cada conceito em questão (Tabela 6.3 e Tabela 6.4) e o número de pontuação considerada (quatro conceitos apenas), e o desvio padrão como referências.

Tabela 6.1 – Percentuais de respostas favoráveis e desfavoráveis para o 6thSentido

Atributos	% respostas		Desvio padrão
	Favoráveis	Desfavoráveis	
Facilidade de aprender	96,6	0,0	2,7
Facilidade de memorizar	96,6	0,0	2,7
Erros	51,7	6,9	1,6
Eficiência	93,1	3,4	3,0
Satisfação	96,6	0,0	3,0

No caso do 6thSentido, as respostas foram mais favoráveis em relação à facilidade de aprender, facilidade de memorizar, eficiência e satisfação. Sendo que, com relação a erros, houve uma diminuição expressiva de respostas favoráveis em comparação com os demais atributos.

Tabela 6.2 – Percentuais de respostas favoráveis e desfavoráveis para o Adobe Reader

Atributos	% respostas		Desvio padrão
	Favoráveis	Desfavoráveis	
Facilidade de aprender	82,8	0,0	2,3
Facilidade de memorizar	93,1	0,0	2,8
Erros	72,4	3,4	1,9
Eficiência	69,0	10,3	1,7
Satisfação	55,2	13,8	1,3

Quanto ao Adobe Reader, os maiores percentuais de respostas favoráveis ocorreram com respeito à facilidade de aprender e à facilidade de memorizar.

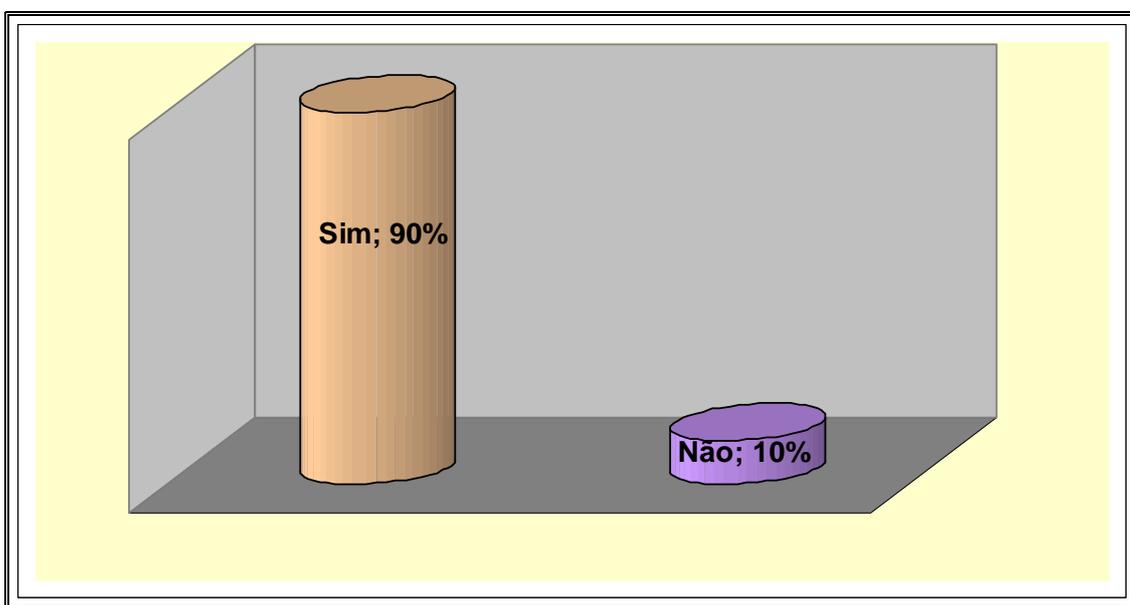
Estabelecendo uma comparação, o 6thSentido obteve resultados mais favoráveis que o Adobe Reader em relação à facilidade de aprender, à facilidade de memorizar, à eficiência e à satisfação. Ou seja, na opinião dos respondentes, a nova interface é mais fácil de aprender e de memorizar. É mais eficiente e é mais agradável

de ser utilizada. No entanto, no Adobe Reader, o resultado relativo ao atributo erros foi melhor, tendo sido observado um percentual expressivamente maior de respostas favoráveis.

Os valores de desvio padrão (Tabela 6.1 e 6.2) ratificam a confiabilidade dos resultados obtidos (percentuais de respostas) e apresentados.

Com base no Gráfico 6.7, a maioria dos participantes da pesquisa respondeu ter familiaridade com o Adobe Reader ou outro software de apresentação. Dos alunos envolvidos, 26 alunos (90%) já foram usuários do Adobe Reader ou outro software de apresentação de documentos e 3 (10%) nunca o usaram.

Gráfico 6.7 – Resultado do perfil do respondente



Para sintetizar a comparação entre as interfaces, estabeleceu-se a representação dos resultados nas tabelas a seguir (Tabela 6.3 e 6.4), em que está anotada a quantidade de respostas para ambas e o Ranking Médio (Gráfico 6.11), calculado como o quociente entre o somatório da multiplicação do número de respostas atribuídas a cada conceito pelo seu peso e o somatório das respostas obtidas para cada atributo considerado. Assim, pode ser observado que para os atributos Eficiência e Satisfação, o Adobe Reader teve um resultado bem mais expressivo que o 6thSentido. Já com relação à Facilidade de aprender e Facilidade de memorizar, ambos ficaram em torno de 5, basicamente entre o Excelente e o Muito Bom, sendo que os resultados do 6thSentido foram maiores. No entanto, o 6thSentido obteve uma perda de pontuação significativa no caso do atributo Erros e o Adobe Reader em relação ao atributo Satisfação.

Ainda com base no Gráfico 6.8, vale lembrar que, de acordo com a pontuação 5, 4, 2 e 1 atribuída aos conceitos Excelente, Muito Bom, Ruim e Insuficiente, respectivamente, o resultado de cada atributo aproxima-se ou distancia-se dessa pontuação. Por exemplo, o atributo Erros, no caso do 6thSentido, que obteve o menor resultado, está mais próximo do conceito 4 (Muito Bom) ao invés do conceito 2 (Ruim).

Gráfico 6.8 – Comparativo do Ranking Médio entre 6thSentido e o Adobe Reader

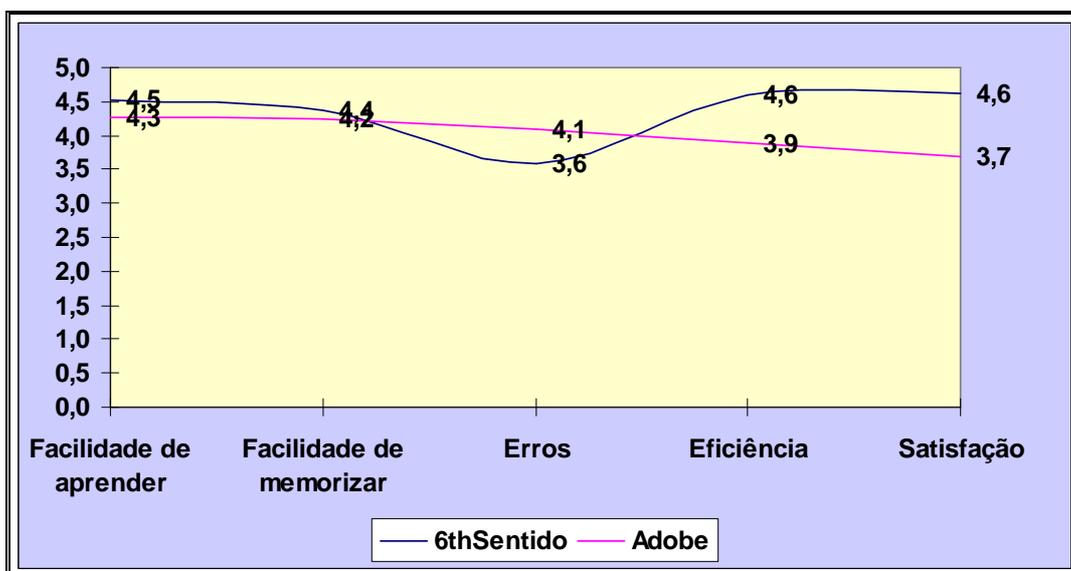


Tabela 6.3 – Ranking Médio (RM) do 6thSentido

Atributos de usabilidade	Respostas					RM
	Excelente	Muito Bom	Regular	Ruim	Insuficiente	
Facilidade de aprender	16	12	1			4,5
Facilidade de memorizar	12	16	1			4,4
Erros	4	11	12	2		3,6
Eficiência	20	7	1	1		4,6
Satisfação	19	9	1			4,6
Total RM						21,7

Tabela 6.4 – Ranking Médio, por atributo de usabilidade, para o Adobe Reader

Atributos de usabilidade	Respostas					RM
	Excelente	Muito Bom	Regular	Ruim	Insuficiente	
Facilidade de aprender	13	11	5			4,3
Facilidade de memorizar	9	18	2			4,2
Erros	12	9	7	1		4,1
Eficiência	9	11	6	3		3,9
Satisfação	10	6	9	2	2	3,7
Total RM						20,2

6.5. Discussão Sobre os Resultados

Esta seção apresenta uma discussão sobre os resultados da aplicação do questionário de validação e da entrevista, direcionamento para o estabelecimento de conclusões futuras, considerando os registros do LOG e da filmagem.

Quanto ao atributo facilidade de aprender, considerando as respostas da pesquisa de opinião realizada aos vinte e nove voluntários, os resultados foram mais favoráveis para o 6thSentido. Ora, a partir dos percentuais resultantes relativos à primeira questão do questionário, a maioria dos questionados já tinha familiaridade com o Adobe Reader ou similares. O que ao certo implicaria em uma melhor avaliação para o caso da interface tradicional e não para a nova, para a qual houve um treinamento de apenas quinze minutos. A partir da entrevista, pode-se aceitar que a nova interface foi considerada fácil de aprender. Com base no LOG, pode-se afirmar que a maior parte dos entrevistados realizou todos os gestos com sucesso e que todos os gestos foram concretizados pela maioria. Considerando que o treinamento dos voluntários para usar o 6thSentido foi de 15 minutos, tais afirmativas apontam para a confirmação de que a nova interface seja fácil de aprender. No entanto, vale acrescentar o fato de que o gesto último foi concretizado por apenas 4 dos participantes. O que poderia indicar uma dificuldade desses usuários na aprendizagem desse gesto. Contudo, por meio da filmagem, observou-se que os usuários estavam realizando os gestos corretamente. Nesse caso, é possível fazer uma ressalva com respeito à oscilação do HandVu, abordada como uma limitação desse software na Seção 5.5.

Com respeito ao atributo facilidade de memorizar, com base na aplicação dos questionários, o 6thSentido também obteve resultados mais favoráveis em comparação com o Adobe. Não houve menção clara a esse atributo nas entrevistas. As colocações, feitas a partir da análise do registro do LOG e da filmagem e expostas acima com relação à facilidade de aprender, podem ser consideradas também para o atributo em questão, quando se trata da concretização e realização dos gestos. O que permite afirmar que a nova interface é fácil de memorizar.

Quanto a erros, vale lembrar que no 6thSentido é a não concretização da tarefa desejada. Prosseguindo, pode-se afirmar que o 6thSentido obteve um percentual de respostas favoráveis, consideravelmente menor, que o Adobe Reader com base na aplicação dos questionários. Ou seja, as respostas foram expressivamente favoráveis para o Adobe Reader. Por que os respondentes acharam que a nova interface apresentava mais erros que a tradicional? Os resultados, levantados por meio das

entrevistas, apontam a existência de erros na nova interface. Com base no LOG, é possível afirmar que existem algumas oscilações na leitura de alguns gestos. Vale lembrar que para concretizar uma tarefa, é necessário que o mesmo gesto relacionado a essa tarefa, seja reconhecido interruptamente por um segundo, como já mencionado anteriormente. Se houver uma oscilação (leitura de um outro gesto indevidamente por parte do HandVu), haverá uma alteração para mais no tempo de concretização dessa tarefa. Diante desse quadro, o pesquisado pode interpretar essa alteração de tempo como um erro. Essa oscilação pode estar relacionada a algumas limitações do HandVu, tais como leitura indevida do gesto, devido à rapidez do movimento das mãos, angulação incorreta dos gestos ou outras encontradas na Seção 5.5.

Com respeito à eficiência, com base na pesquisa de opinião, o 6thSentido apresentou percentual de respostas favoráveis maior que o Adobe Reader. No caso dos resultados das entrevistas, o fato é que dois dos entrevistados acharam que o 6thSentido permite a realização das tarefas com agilidade. O que é uma contradição, já que o atributo erros foi indicado como um ponto negativo da nova interface. O que leva a essa contradição? Analisando o conteúdo da entrevista, pode-se afirmar que um pesquisado relatou não haver necessidade de perder tempo para encontrar os botões para acionar as tarefas. Fato que pode estar associado à eficiência do 6thSentido, tendo em vista que não há botões para os comandos. Na verdade, o pesquisado referiu-se ao fato de que o tempo gasto para procurar e pressionar o botão de comando é maior, se comparado a realizar o gesto desejado no 6thSentido. Exemplificando, para executar o comando aumentar no Adobe Reader, após a realização de outro comando diferente desse, pode haver uma perda tempo significativa em comparação com os outros comandos, devido ao posicionamento distante em relação aos outros botões dessa interface. Como já relatado com base na filmagem e no LOG, houve erros em quantidade expressiva, com relação ao gesto Último. Esse ocorrido foi a causa das atribuições desfavoráveis ao atributo erro pela maioria dos entrevistados. No entanto, com respeito aos demais gestos, esses foram concretizados com sucesso pela totalidade. O que revela agilidade na realização das tarefas em questão e ratifica o resultado favorável relativo ao atributo eficiência.

Com relação à satisfação, as respostas dos questionários apontaram para um percentual expressivamente maior de respostas favoráveis para o 6thSentido. Os resultados relativos a entrevista confirmam essa expressividade já que mais da metade dos participantes acharam que o 6thSentido é agradável de usar. Não se pode afirmar nada com base na filmagem e no LOG a acerca desse atributo.

7. Conclusões, Contribuições e Perspectivas Futuras

Este estudo abordou a validação da usabilidade de uma interface baseada em gestos da mão direita em aplicações utilizadas pelos engenheiros de petróleo. Teve como objetivo avaliar a usabilidade da interação homem-computador por gestos das mãos aplicada às atividades desses profissionais.

Todo o levantamento bibliográfico consistiu em adquirir uma fundamentação teórica em interfaces acionadas por gestos das mãos; em ferramentas de VC, usadas na construção dessas interfaces, destinadas ao reconhecimento de gestos das mãos e, além disso, em atributos, medidas e métodos relacionados à validação da usabilidade de IHC. Com essa busca na literatura, não se pretendeu esgotar assunto algum, mas sim, procurou-se uma base para tomar decisões e escolher métodos e procedimentos adequados ao desenvolvimento desta pesquisa.

Após esse levantamento, passou-se a apontar as necessidades dos usuários por intermédio de instrumentos descritos na Seção 5.1 deste trabalho. Essa coleta inicial de informações foi feita com o intuito de descobrir quais as necessidades de um engenheiro de petróleo relativas ao uso de sistemas computacionais em seus ambientes de trabalho. A partir dessa coleta, pode-se constatar que: todos usavam o Adobe ou Power Point para visualização de documentos em forma de apresentação; não havia um conjunto padronizado de gestos usados no ambiente de trabalho dos engenheiros, que pudesse ser utilizados na interação IHC baseada em gestos das mãos; a maioria afirmou ter usado ou usar o AutoCAD para elaboração ou visualização de documentos e, além disso, foi revelado que, dentre as atividades profissionais dos engenheiros de petróleo utilizando ferramentas computacionais, a visualização de mapas e plantas foi uma das necessidades apontadas, tendo sido indicados os comandos mais usados nessa visualização, os quais foram apresentados na Seção 5.1.

Depois de levantar as necessidades, escolheu-se, com base na literatura levantada, o HandVu como o sistema de VC, para ser aplicado no desenvolvimento do protótipo da nova interface proposta por esta pesquisa. A justificativa dessa escolha está exposta na Seção 5.2. A seguir, os gestos a serem usados nesse desenvolvimento foram selecionados com base no levantamento das necessidades mencionadas anteriormente e na capacidade de suporte ao reconhecimento de

gestos, oferecida pelo HandVu, que reconhece apenas seis gestos na versão utilizada. Logo após a seleção dos gestos e da associação desses aos comandos escolhidos, prosseguiu-se ao desenvolvimento propriamente dito do protótipo da nova interface chamada de 6thSentido.

O 6thSentido consiste em uma interface baseada em gestos da mão direita, uma solução não convencional, para visualização de documentos no formato PDF. Seu protótipo oferece seis gestos estáticos, para que o usuário manuseie as principais ações de navegação nesses documentos, os quais podem conter mapas de bacias hidrográficas, estruturas de plataformas, plantas geográficas e outras imagens e textos da área mencionada. Ele controla o Adobe Reader para exibição das páginas desses PDFs e suporta as opções: próximo, último, anterior, *Zoom* e girar, associadas aos gestos correspondentes e expostas no Quadro 5.1 do Capítulo 5. Foi construído em ambiente DEPHI e modelado com o uso da UML. Demais informações e mais detalhes sobre a sua elaboração e recursos oferecidos podem ser obtidos na Seção 5.4 deste trabalho.

Após a construção do protótipo, passou-se à validação da usabilidade. Elegeu-se os atributos de usabilidade com base no levantamento da ISO, da NBR e de trabalhos de estudiosos como Nielsen (1993) e Shneiderman (1998). Assim, os atributos escolhidos foram: facilidade de aprender, facilidade de memorizar, erros, eficiência e satisfação. Também, optou-se, dentre os métodos e medidas existentes para avaliação da usabilidade, pela pesquisa de opinião junto aos alunos dos últimos períodos do Curso de Engenharia de Petróleo da instituição de ensino superior chamada neste trabalho de UNIPETRO e caracterizada no Capítulo 4. A justificativa para a escolha desse método consistiu em três fatores: custo, visto que é barato em comparação com os outros; quantidade de tempo disponível dos sujeitos da pesquisa e ênfase à satisfação do usuário. Foram usados questionários e entrevista não estruturada, conforme descrito no Capítulo 4 e expostos nos Anexos 2, 3 e 1, respectivamente. As medidas usadas foram às subjetivas, já que se tratou de uma interface não convencional. Ainda nessa validação, optou-se pelo registro da interação dos participantes desta pesquisa por intermédio de filmagem e por LOG.

Antes da aplicação da pesquisa de opinião, houve a dinâmica de uso da nova interface e da tradicional, tendo sido utilizada, neste último caso, a interação com o Adobe Reader, usando o mouse. Consistiu em duas partes: um treinamento e a interação propriamente, englobando as mesmas tarefas a serem realizadas em ambas as interfaces. Mais detalhes sobre essa dinâmica estão apresentados no Capítulo 6.

Com base nos resultados dos questionários e das entrevistas e, além disso, tendo em vista o tratamento dos dados obtidos por intermédio do uso de cálculos estatísticos de média aritmética, desvio padrão e ranking médio, representados por percentuais em gráficos e em tabelas, pode-se constatar que:

1. 90% dos participantes já foram usuários do Adobe Reader ou de outro software de apresentação de documentos;

2. quanto ao atributo facilidade de aprender, levando em consideração as respostas da pesquisa de opinião realizada, os resultados foram mais favoráveis para o 6thSentido. A partir da entrevista, revelou-se que a nova interface foi considerada fácil de aprender por 20% dos entrevistados. Com base no LOG, pode-se afirmar que a maior parte dos entrevistados realizou todos os gestos com sucesso e que todos os gestos foram concretizados pela maioria. Tomando como base o fato de que o treinamento dos voluntários para usar o 6thSentido foi de 15 minutos, tais afirmativas apontam para a confirmação de que a nova interface é fácil de aprender. No entanto, vale acrescentar o fato de que o gesto último foi concretizado por apenas 4 dos participantes. O que poderia indicar uma dificuldade desses usuários na aprendizagem desse gesto. Contudo, por meio da filmagem, observou-se que os usuários estavam realizando os gestos corretamente. Nesse caso, é possível fazer uma ressalva com respeito à oscilação do HandVu, abordada como uma limitação desse software na Seção 5.5.

3. no caso do atributo facilidade de memorizar, considerando os resultados da aplicação dos questionários, o 6thSentido também obteve resultados mais favoráveis em comparação com o Adobe Reader. Não houve menção clara a esse atributo, quando se trata dos resultados das entrevistas. As colocações, feitas a partir da análise do registro do LOG e da filmagem e expostas no item 2 com relação à facilidade de aprender, podem ser consideradas também para o atributo em questão, quando se trata da concretização e realização dos gestos. O que permite afirmar que a nova interface é fácil de memorizar. Valendo ainda acrescentar que não se pode duvidar da satisfação dos questionados com respeito a esse atributo, já que, mesmo familiarizados com Adobe Reader, mostraram-se satisfeitos expressivamente com o 6thSentido.

4. com relação a erros, vale lembrar que no 6thSentido é a não concretização da tarefa desejada. Prosseguindo, foi revelado que o 6thSentido obteve um percentual de respostas favoráveis, consideravelmente, menor que o Adobe Reader, com base na aplicação dos questionários. Ou seja, as respostas foram expressivamente favoráveis

para o Adobe Reader. Por que os respondentes acharam que a nova interface apresentava mais erros que a tradicional? Os resultados, levantados por meio das entrevistas, apontam que 20% dos participantes indicaram a existência de erros na nova interface com respeito ao reconhecimento de gestos. Com base no LOG, é possível afirmar que existem algumas oscilações na leitura de alguns gestos. Vale lembrar que para concretizar uma tarefa, é necessário que o mesmo gesto relacionado a essa tarefa, seja reconhecido interruptamente por um segundo. Se houver uma oscilação (leitura de um outro gesto indevidamente por parte do HandVu), haverá uma alteração para mais no tempo de concretização da tarefa. Diante desse quadro, o pesquisado pode interpretar essa alteração de tempo como um erro. Essa oscilação pode estar relacionada a algumas limitações do HandVu, tais como leitura indevida do gesto, devido à rapidez do movimento das mãos, angulação incorreta dos gestos ou outras encontradas na Seção 5.5.

5. com respeito à eficiência, com base na pesquisa de opinião, o 6thSentido apresentou percentual de respostas favoráveis maior que o Adobe Reader. No caso dos resultados das entrevistas, o fato é que 40% dos entrevistados acharam que o 6thSentido permite a realização das tarefas com agilidade. O que é uma contradição, já que o atributo erros foi indicado como um ponto negativo da nova interface. O que leva a essa contradição? Como já relatado com base na filmagem e no LOG, houve erros em quantidade expressiva, com relação ao gesto Último. Esse ocorrido foi à causa da atribuição da quantidade expressiva de desfavoráveis ao atributo erros pela maioria dos entrevistados. No entanto, com respeito aos demais gestos, esses foram concretizados com sucesso pela totalidade. O que indica agilidade na realização das tarefas em questão e ratifica o resultado favorável relativo ao atributo eficiência.

6. quanto à satisfação, as respostas dos questionários apontaram para um percentual expressivamente maior de respostas favoráveis para o 6thSentido. Os resultados relativos à entrevista confirmam essa expressividade, já que 60% dos participantes acharam que o 6thSentido é agradável de usar. Neste caso, não se pode afirmar nada com base na filmagem e no LOG a acerca desse atributo.

Vale ainda acrescentar, com base nas entrevistas não estruturadas, que os entrevistados apontaram as seguintes características para o 6thSentido: interface futurista, que pode ser entendida como sofisticada; e interface sem uso de dispositivos, que pode ser percebida como interface baseada em mãos livres, indicando uma naturalidade na interação.

A implementação do 6thSentido e os resultados da aplicação dos instrumentos relativos à pesquisa de opinião, aplicados após a interação dos usuários com essa interface, indicaram algumas limitações. As limitações do 6thSentido podem ser divididas em três categorias: oriundas do HandVu, da visão computacional e próprias.

No primeiro caso, podem ser citadas as seguintes limitações: reconhecimento e rastreamento de apenas seis gestos estáticos pré-definidos; movimentação da mão, durante o reconhecimento, não pode ser muito rápida; ambientes com muito contraste e alto brilho dificultam o reconhecimento; algumas oscilações no reconhecimento de um gesto; dificuldade do reconhecimento do gesto último; angulação da mão não pode ultrapassar 15 graus à esquerda (posição da mão no sentido anti-horário) da visão do usuário, conforme Figura 5.6; quando um objeto ou reflexo é focado indevidamente, por causa do seu alto contraste, o HandVu não reinicializa o reconhecimento. Para solução dessa limitação, o usuário deve obstruir o foco da câmera e liberá-lo em seguida; apenas a mão direita é reconhecida; e a câmera somente pode ser posicionada sobre as costas da mão na posição perpendicular.

No caso da segunda categoria, foram consideradas as limitações: outra questão é com respeito ao uso de uma web-câmera. Ela poderia trazer preocupações de privacidade ao usuário, pois poderia estar gravando situações fora do interesse, no que diz respeito à atividade de interação; e à memorização dos gestos pode ocasionar um desconforto para o usuário.

Com respeito à terceira categoria, podem ser citadas as limitações: a oscilação durante o reconhecimento, ocasionando uma ação não desejada pelo usuário. Para evitar essa oscilação, foi criado um temporizador cujo funcionamento consiste em reconhecer o mesmo gesto durante um segundo, disparando a ação desejada, pelo usuário, em seguida; e o aparecimento da janela do HandVu (Figura 5.5), não tendo sido possível redimensioná-la, o que pode ocasionar ao usuário um desvio da sua atenção, que deveria estar focada somente nas tarefas a serem realizadas usando o 6thSentido. Essa limitação foi contornada até o momento, possibilitando ao usuário minimizar essa janela, tendo em vista que uma vez memorizados os gestos, não há mais necessidade dessa janela.

Com base nessas limitações, as perspectivas futuras podem ser as seguintes:

1. diminuir a oscilação, modificando a lógica do temporizador;
2. redimensionar o tamanho da janela do HandVu;
3. permitir a reinicialização do reconhecimento, na situação em que um objeto ou reflexo é focado indevidamente;

4. possibilitar que o gesto seja reconhecido com o posicionamento frontal da câmera;
e
5. acrescentar melhorias com relação ao feedback de erros.

Além disso, pretende-se aumentar a quantidade de gestos, combinando os gestos oferecidos pelo HandVu entre si; possibilitar o reconhecimento de gestos dinâmicos e estender os métodos e procedimentos da usabilidade, por aplicar medidas objetivas aos atributos escolhidos, adequadas ao tipo de interface em questão e aumentar a amostra, envolvendo mais sujeitos, instituições e cursos na pesquisa em questão, de modo que se possa partir para uma generalização dos resultados.

Quanto às contribuições e relevância desta pesquisa, vale afirmar que:

1. abordou um tema pouco explorado, contribuindo para preencher uma lacuna existente em estudos de usabilidade de interfaces baseadas em gestos da mão direita para engenheiros de petróleo;
2. propôs uma solução de interface cuja aplicação pode compor, de forma mais adequada, o ambiente de trabalho de engenheiros de petróleo, que ainda estão usando interações homem-computador tradicional, não ajustadas a sua necessidade de mãos livres;
3. definiu um caminho/estratégia, que pode ser usada, com algumas modificações, para avaliar a usabilidade de interface baseada em gestos da mão direita, que ainda é um assunto pouco explorado na literatura;
4. tornou disponível uma documentação que pode servir para apoiar outras pesquisas sobre o mesmo tema, inclusive com respeito ao desenvolvimento, implementação e validação de uma solução de interação baseada em gestos, cujo uso ainda é incomum;
5. projetou e implementou um protótipo de uma interface que está mais adequada ao ambiente de trabalho dos engenheiros de petróleo, que têm necessidade de estar com as mãos livres de dispositivos de interação, para visualizar e apresentar páginas de um documento importante para a realização de seu trabalho de campo como, por exemplo, estruturas de plataformas.

Referências Bibliográficas

- ALPERN, M., MINARDO, K., 2003, "Developing a car gesture interface for use as a secondary task", **Conference on Human Factors in Computing (CHI'03)**, 932-933, Flórida, USA, Abril.
- ARGYROS, A. A., LOURAKIS, M. I. A., 2006, "Vision-Based Interpretation of Hand Gestures for Remote Control of a Computer Mouse", **Computer Vision in Human-Computer Interaction (CHI'06)**, 40-51, Flórida, USA.
- BANNACH, D., KUNZE, K. S., LUKOWICZ, P., *et al.*, 2006, "Distributed modular toolbox for multi-modal context recognition", **Conference on the Architecture of Computing Systems (ARCS'06)**, Frankfurt, Germany.
- BARDIN, L., 2006, **Análise de Conteúdo**. Edições 70.
- BARRIENTOS, F. A., CANNY, J. F., 2002, "Cursive: controlling using pen gesture". In: **Proceedings of the international virtual environments**, pp. 113–119, Bonn, Germany.
- BARRILLEAUX, J., 2001, **3D User Interfaces with Java 3D**. 1 ed, Manning Publications Co.
- BARROS, V. T. O., 2003, **Avaliação da Interface de Um Aplicativo Computacional Através de Teste de Usabilidade, Questionário Ergonômico e Análise Gráfica do Design**. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.
- BAUDEL, T., BEAUDOUIN-LAFON, M., 1993, "Charade: Remote Control of Objects Using Free-Hand Gestures". In: **Communications of the ACM**, v. 36, pp. 28-35.
- BETIOL, A. H., CYBIS, W. A., 2004, "Avaliação de usabilidade para os computadores de mão: um estudo comparativo entre três abordagens para ensaios de interação". In: **Anais do VI Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais**, v. 1, pp. 19-26, Curitiba, Paraná.

- BINH, N. D., EJIMA, T., 2005, "Hand Gesture Recognition Using Fuzzy Neural Network". In: **Proc. of International Journal on Graphics, Vision and Image Processing**, pp. 1–6, Cairo, Egito.
- BINH, N. D., SHUICHI, E., EJIMA, T., 2005, "Real-Time Hand Tracking and Gesture Recognition System". In: **International Conference on Graphics, Vision and Image**, v. 7, pp. 19-21, Cairo, Egito.
- BLYTHE, M. A., OVERBEEKE, K., MONK, A. F., *et al.*, 2004, **From usability to enjoyment. Funology From Usability to Enjoyment**. USA, Springer.
- BOOCH, G., RUMBAUGH, J., JACOBSON, I., 2005, **Unified Modeling Language User Guide**. 2 ed., Addison-Wesley Professional.
- BOOTH, P., 1989, **An Introduction To Human-Computer Interaction**. 1 ed., Psychology Press.
- BRASIL. Lei Nº 10.436, de 24 de abril de 2002. **Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS)**, Brasília, DF.
- BUXTON, W., BILLINGHURST, M., GUIARD, Y., *et al.*, 2002, **Human input to computer systems: theories, techniques and technology**. (Manuscrito de livro em andamento, sem editora), Disponível em: <http://www.billbuxton.com/inputManuscript.html>>. Acesso em: abr. 2008.
- CABRAL, M. C., 2005, **Interação baseada em gestos de mãos e cabeça para ambientes de realidade virtual utilizando visão computacional**. Dissertação M.Sc, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CABRAL, M. C., MORIMOTO, C. H., ZUFFO, M. K., 2005, "On the usability of gesture interfaces in virtual reality environments". In: **Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction (CLIHC'05)**, v. 124, pp. 100-108, Cuernavaca, Mexico.
- CAMURRI, A., MAZZARINO, B., VOLPE, G., 2003, "Analysis of Expressive Gesture: The EyesWeb Expressive Gesture Processing Library". In: **Proceedings the 5th International GestureWorkshop (GW'03)**, v. 2915, pp. 469-470, Genova, Italy.
- CANTÚ, M., 2007, **Delphi 2007 Handbook**. Itália.

- CAO, X., BALAKRISHNAN, R., 2004, "VisionWand: interaction techniques for large displays using a passive wand tracked in 3D". In: **Proceedings of ACM Symposium on User Interface Software & Technology (UIST'04)**, pp. 729, Santa Fe, New Mexico.
- CAVALCANTE, M. M., 2002, "O demonstrativo e seus usos", **Revista Perspectiva, Florianópolis**, v. 20, n. 1, pp. 159-184.
- CHAN, W. N., RANGGANATH, S., 2002, "Real-time gesture recognition system and application", **Image and Vision**, v. 20, n. 3, pp. 993-1007.
- CHIZZOTTI, Antônio., 2003, **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. São Paulo, Cortez.
- COSTANZA, E., SHELLEY, S. B., ROBINSON, J., 2003, "Introducing audio d-touch: A tangible user interface for music composition and performance". In: **Proceedings International Conference on Digital Audio Effects (DAFX'03)**, London, UK.
- CUNHA, Gerson Gomes. **Introdução a Realidade Virtual**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2008. Nota de aula ministrada aos alunos de mestrado e doutorado do programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.
- CUNHA, Gerson Gomes, OLIVEIRA, A. S., MOTTA, R. A. S. M., 2007, "Uma aplicação da engenharia do entretenimento: objetos do cotidiano usados no gerenciamento de uma discoteca virtual pelos 'amantes' da música". In: **Anais do Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGeT 2007)**, Resende, Rio de Janeiro.
- DAWSON, J. W., CHEN, P., ZHU, Y., 2005, "Usability Study of The Virtual Test Bed and Distributed Simulation", **Winter Simulation Conference (WICSA'05)**, 1298-1305, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- DIX, A., FINLAY, J., ABOARD, G., *et al.*, 2004, **Human-computer interaction**. 3 ed. Hemel Hempstead, England, Prentice Hall.
- DO, J. H., JUNG, J. W., JUNG, S. H., *et al.*, 2006, "Advanced Soft Remote Control System Using Hand Gesture". In: **Proceedings 5th Mexican International**

- Conference on Artificial Intelligence (MICAI'05)**, v. 4293, pp. 745–755, Apizaco, Mexico.
- EISENHAUER, M., HOFFMAN, B., KRETSCHMER, D., 2002, “State of the Art Human-Computer Interaction”, **GigaMobile**, pp. 95.
- EL-NASR, M. S., VASILAKOS, A. V., 2008, “DigitalBeing - using the environment as an expressive medium for dance”, **Information Sciences: an International Journal**. V. 178, n. 3, pp. 663-678.
- FAIRLEY, R., 1985, **Software engineering concepts**. New York, USA, Mc Graw-Hill.
- FERREIRA, D. S., 2007, **Abordagem Híbrida para Avaliação da Usabilidade de Dispositivos Móveis**. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba.
- FREI, P., SU, V., MIKHAK, B., *et al.*, 2000, “curlybot: Designing a New Class of Computational Toys.” In: **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI'00)**, p.129-136, The Hague, The Netherlands.
- GABBARD, J., 1997, **A taxonomy of Usability characteristics of virtual environments**. M.Sc. thesis, Faculty of the Virginia, USA.
- GIBET, S., COURTY, N., KAMP, JF., 2007, “Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation”, **International Gesture Workshop (GW'07)**, Lisboa, Portugal.
- GIL, A. C., 2002, **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo, Atlas.
- GUERREIRO, J. P. G., 2005, **Usabilidade do SiFEUP**. Monografia, Universidade do Porto, Portugal.
- GURALNIK, D. B., 1994, **Webster's New World Dictionary of the American Language, Macmillan General Reference**. 3 ed., Macmillan General Reference.
- HERPERS, R., DERPANIS, K., MACLEAN, W. J., *et al.*, 2001, “SAVI: an actively controlled teleconferencing system”, **Journal Image and Vision Computing**, v. 19, n. 11, pp. 793–804.

- HIX, D., HARTSON, H. R., 1993, **Developing User Interfaces, Ensuring Usability Through Product & Process**. New York, John Wiley & Sons Inc.
- HONGO, H., OHYA, M., YASUMOTO, M., *et al.*, 2000, "Face and hand gesture recognition for human-computer interaction". In: **Proceedings International Conference on Pattern Recognition (ICPR'00)**, v. 2, pp. 2921-2924, Barcelona, Spain.
- HORNBAEK, K., 2006, "Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research", **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 64, pp. 79–102.
- IKE, T., KISHIKAWA, N., STENGER, B., 2007a, "A Real-Time Hand Gesture Interface Implemented on a Multi-Core Processor", **Machine Vision and Application (MVA'07)**, 9-12, Tóquio, Japão.
- IKE, T., STENGER, B., KISHIKAWA, N., *et al.*, 2007b, "Hand Gesture User Interface Implemented on Cell Broadband Engine™". **Toshiba Review**. v. 62 n. 6.
- ISHII, H., ULLMER, B., 1997, "Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms", **Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'97)**, Los Angeles, USA.
- ISHII, H., WISNESKI, C., ORBANES, J., *et al.*, 1999, "PingPongPlus: Design of an Athletic-Tangible Interface for Computer-Supported Cooperative Play". In: **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit**, pp. 394-401, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- ISO 9241-11, 1998, **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals, Part 11 Usability Statements**. Draft International Standard ISO.
- ISO 9241-400, 2007, **Ergonomics of human-system interaction. Part 400: Principles and requirements for physical input devices**. Draft International Standard ISO.
- ISO 9241-410, 2008, **Ergonomics of human-system interaction Part 410: Design criteria for physical input devices**. Draft International Standard ISO.

- JACOB, R. J. K., ISHII, H., PANGARO, G., *et al.*, 2002, "A tangible interface for organizing information using a grid. In: **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Changing our world, changing ourselves (CHI'02)**, pp. 339-346, Minneapolis, Minnesota, USA.
- JENSEN, R.W., TONIES, C.C., 1979, **Software. Engineering.** Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- JOTA, R., FERREIRA, A., CEREJO, M., *et al.*, 2006, "Recognizing Hand Gestures with CALI". **Ibero-American Symposium in Computer Graphics (SIACG'06)**, Santiago de Compostela, Espanha.
- KADOBAYASHI, R., NISHIMOTO, K., MASE, K., 1998, "Design and Evaluation of Gesture Interface of an Immersive Walk-through Application for Exploring Cyberspace". 1998. In: **Proceedings of the 3rd. International Conference on Face & Gesture Recognition (FG98)**, pp. 534, Nara, Japan.
- KARAM, M. A., 2006, **A framework for research and design of gesture-based human computer interactions.** Thesis D.Sc., School of Electronics and Computer Science, United Kingdom.
- KARAM, M., SCHRAEFEL, M. C., 2005, "A study on the use of semaphoric gestures to support secondary task interactions". In: **(CHI '05) extended abstracts on Human factors in computing systems**, pp. 1961–1964, Portland, OR, USA.
- KÖLSCH, M., 2004, **Vision based hand gesture interfaces for wearable computing and virtual environments.** Ph.D. thesis, University of California, Santa Barbara.
- KÖLSCH, M., TURK, M., HOLLERER, T., 2004, "Vision-based interfaces for mobility. Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services". In: **The First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (MobiQuitous'04)**, pp. 86-94, Boston, Massachusetts, USA.
- KOPP, S., TEPPER, P., FERRIMAN, K., *et al.*, 2006, "Trading spaces: How humans and humanoids use speech and gesture to give directions". In: Nishida, T. (ed), **Conversational informatics: An engineering approach**, chapter 8, West Sussex, England, John Wiley & Sons Ltd.

- KOYANI, S. J., BAILEY, R. W., NALL, J. R., 2004, **Research-Based Web Design & Usability Guidelines**. USA, Computer Psychology.
- KRUM, D. M., OMOTESO, O., RIBARSKY, W., *et al.*, 2002, "Speech and gesture multimodal control of a whole earth 3d visualization environment". In: **Proceedings of the symposium on Data Visualisation**, pp. 195–200.
- LEE, H., KIM, J., 1999, "An HMM-based threshold model approach for gesture recognition", **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**.
- LENMAN, S., BRETZNER, L.; THURESSON, B., 2002, "Using marking menus to develop command sets for computer vision based hand gesture interfaces". In: **Proceedings of the Second Nordic Conference on Human-Computer interaction (NordiCHI '02)**, v. 31, pp. 239-242, Aarhus, Denmark.
- LIKERT, R., 1967, **The Human Organization: Its Management and Value**. USA, McGraw-Hill.
- MADDIX, F., 1990, **Human-computer interaction: theory and practice**. England, Ellis Horwood Limited.
- MEDEIROS, M., 1998, "Ferramentas de Concepção de Interfaces Homem-Máquina", **CTAIRRevista**, v. 1, n. 1, Florianópolis.
- MIRANDA, F. M. P., MORAES, A., 2006, "Ergonomic study of electronic commerce websites: the process of purchase". In: **16th congress of the International Ergonomics Association (IEA'06)**, Maastricht, the Netherlands.
- MIT (Massachusetts Institute of Technology), 2002, **SandsCape**. Disponível em: http://www.aec.at/en/archives/center_projekt_ausgabe.asp?iProjectID=11024>, Acessado em: out. 2008.
- MO, Z., NEUMANN, U. A., 2007, "Framework for Gesture Interface Design", **Journal of Multimedia**, v. 2, pp. 1-9.
- MOTTA, Rosa Amelita Sá, OLIVEIRA, A. S., CUNHA, G. G., 2008, "Interação Tangível em uma Discoteca Virtual". In: **Simpósio de Iniciação Científica (SICT'08)**, Bom Retiro, São Paulo.

- MOYLE, M., COCKBURN, A., 2002, "Gesture navigation: an alternative 'back' for the future". In: **Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'02)**, pp. 822-823, Minneapolis, Minnesota, USA.
- NBR 9241-11, 2002, **Requisitos ergonômicos para trabalho de escritório com computadores: parte 11-orientação sobre usabilidade**, Rio de Janeiro, ABNT.
- NIELSEN, J., 1993, **Usability Engineering**. Califórnia, Morgan Kaufmann.
- NIELSEN, J., 1994, "Heuristic evaluation". In: Nielsen, J., Mack, R. L. (eds.), **Usability Inspection Methods**, New York, NY, John Wiley & Sons.
- NIELSEN, J., LORANGER, H., 2006, **Prioritizing Web Usability**. New Riders Press, Berkeley.
- OKA, K., SATO, Y., KOIKE, H., 2002, "Real-time Tracking of Multiple Fingertips and Gesture Recognition for Augmented Desk Interface Systems". In: **Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition**, pp. 429, Washington, D.C.
- OLIVEIRA, Altemar Sales de, MOTTA, R. A. S., CUNHA, G. G., 2007, "Interação Tangível em uma Discoteca Virtual". In: **Simpósio de Iniciação Científica (SICT'07)**, Bom Retiro, São Paulo.
- OPPERMANN, R., REITERER, H., 1997, "Software evaluation using iso 9241 evaluator", **Behaviour & Information Technology**, v.16, p. 232-245.
- OU, J., FUSSELL, S. R., CHEN, X., *et al.*, 2003, "Gestural communication over video stream: supporting multimodal interaction for remote collaborative physical tasks". In: **Proceedings of the 5th international conference on Multimodal interfaces**, pp. 242–249, Vancouver, British Columbia, Canada.
- PASTEL, R., SKALSKY, N., 2004, "Demonstrating information in simple gestures". In: **Proceedings of the 9th international Conference on intelligent User interfaces (IUI'04)**, pp. 360-361, Funchal, Madeira, Portugal.
- PATTEN, J., ISHII, H., 2007, "Mechanical constraints as computational constraints in tabletop tangible interfaces. In: **Proceedings of the SIGCHI conference on**

Human factors in computing systems (CHI'07), pp. 809-818, San Jose, California, USA.

PAULA FILHO, Wilson de Pádua., 2003, **Engenharia de Software - Fundamentos, Métodos e Padrões**. Rio de Janeiro, LTC.

PAVLOVIC, V. I., SHARMA, R., HUANG, T. S., 1997, "Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review", **IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 19, pp. 677-695.

PICKERING, C. A., 2005, "Gesture recognition driver controls", **IEE Journal of Computing and Control Engineering**, v. 16, pp. 27-40.

PIRHONEN, A., BREWSTER, S., HOLGUIN, C., 2002, "Gestural and audio metaphors as a means of control for mobile devices". In: **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI'02)**, pp. 291-298, Minneapolis, Minnesota, USA.

PLODERER, B., 2003, **Tangible User Interfaces Potentials Inherent in Tangible User Interfaces for Simplified Handling of Computer Applications**. Ph.D. dissertation, University of Applied Sciences, Germany.

PREECE, J., SHARP, H., ROGERS, Y., 2007, **Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction**. John Wiley & Sons.

PREMARATNE, P., NGUYEN, Q., 2007, "Consumer electronics control system based on hand gesture moment invariants", **IET Computer Vision**, v. 1, pp. 35-41.

PRESSMAN, R. S., 2005, **Software Engineering - A Practitioner's Approach**. 6 ed. USA, McGraw-Hill.

PRÜMPER, P., 1999, "Test it: ISONORM 9241/10". In: **Proceedings of HCI International**, pp. 1028-1032, Munich.

QUEK, F., MCNEILL, D., BRYLL, R., *et al.*, 2002, "Multimodal human discourse: gesture and speech". In: **ACM Transactions on Computer-Human Interaction**, v. 9, pp.171-193.

- REITERER, H., 1993, EVADIS II: A new method to evaluate user interfaces. In: **Proceedings of the conference on People and computers VII**, pp. 103 – 115, York, United Kingdom.
- REKIMOTO, J., 2002, “SmartSkin: an infrastructure for freehand manipulation on interactive surfaces”. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '02)**, pp. 113-120, Minneapolis, Minnesota, USA.
- SANTOS, N., FIALHO, F. A. P., 1995, **Manual de análise ergonômica no trabalho**. Curitiba, GENESIS.
- SHACKEL, B., 1991, **Human Factors for Informatics Usability**. University Press, Cambridge.
- SHIRAI, A., SATO, M., 2004, “Tangible Playroom: An entertainment system using a haptic interface and body interaction”. In: **Proceedings Virtual Reality International Conference (VRIC'04)**, pp.93-99, Oxford, UK.
- SHNEIDERMAN, B., 2003, “Promoting Universal Usability with Multi-Layer Interface Design”. In: **Proceedings of the 2003 conference on Universal usability**, pp. 1-8, Canadá.
- SHNEIDERMAN, B., NORMAN, K., 1989, “Questionnaire for user interaction satisfaction (quis 5.0)”, **HCI-Lab**, Universidade de Maryland, USA.
- SHNEIDERMAN, B., PLAISANT, C., 2004, **Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction**. 4 ed., Boston, MA, Addison Wesley Publishers.
- SILVA, Ermes Medeiros da, *et al.*, 2006, **Estatística para os cursos de: Economia, Administração e Ciências Contábeis**. São Paulo, Atlas.
- SMITH, G. M., SCHRAEFEL, M. C., 2004, “The radial scroll tool: scrolling support for stylus- or touch-based document navigation”. In: **Proceedings of the 2004 ACM Symposium on User Interface Software and Technology**, Santa Fe, New Mexico, USA, pp. 53–56.

- STREITZ, N. A., GEILER, J., HOLMER, T., *et al.*, 1999, “i-land: an interactive landscape for creativity and innovation”. In: **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems**, pp. 120-127, USA.
- SUTHERLAND, I., 1963, “Sketchpad: a man-machine graphical communications system”. In: **proceedings of the AFIPS Spring Joint Computer Conference**, pp. 329-346, Detroit, Michigan.
- TANIBATA, N., SHIMADA, N., SHIRAI, Y., 2002, “Extraction of hand features for recognition of sign language words”. In: **Proceedings of the International Conference on Vision Interface (VI’02)**, pp. 391-398, Calgary, Canada.
- TECNOLOGIA, 2007, “Tendências para os próximos dez anos”, **Revista Veja**, Edição especial, Agosto, São Paulo, Disponível em: http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia_2007/p_068.html>. Acesso em: abr. 2008.
- TRUYENQUE, M. A. Q., 2005, **Uma aplicação de visão computacional que utiliza gestos da mão para interagir com o computador**. Dissertação M.Sc, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- TURK, M., KÖLSCH, M., 2004, “Perceptual interfaces”. In: Medioni, G., Kang, S. B., (eds), **Emerging Topics in Computer Vision**, chapter 10, Prentice Hall.
- TURK, M., ROBERTSON, G., 2000, “Perceptual User Interface”. In: **Communication of ACM**, v. 43, pp. 32-34.
- VASCONCELOS, S. P., SANTOS, F. S., SOUZA, G. R., 2007, “LIBRAS: língua de sinais”. **Nível 1. AJA**, Programa Nacional de Direitos Humanos, Ministério da Justiça, Secretaria de Estado dos Direitos Humanos CORDE, Brasília, DF.
- VIOLA, P., JONES, M., 2003, “Fast Multi-view Face Detection”. In: **Technical Report TR2003-96**, MERL, Cambridge, Massachusetts.
- WACHS, J., STERN, H. I., EDAN, Y., *et al.*, 2008a, “A hand gesture sterile tool for browsing MRI images in the OR”, **Journal of the American Medical Informatics Association**. v. 15, pp. 321-323.

- WACHS, J. P., STERN, H. I., EDAN, Y., *et al.*, 2008b, "A Gesture-based Tool for Sterile Browsing of Radiology Images", **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 15, pp. 321-323.
- WEXELBLAT, A., 1997, "Research challenges in gesture: Open issues and unsolved problems". In: **Proceedings of the International Gesture Workshop on Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction**, v. 1371, pp. 1-11.
- WHITE, S., LISTER, L., FEINER, S., 2007, "Visual Hints for Tangible Gestures in Augmented Reality". In: **IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'07)**, pp. 47-50, Nara, Japan.
- WILSON, A., SHAFER, S., 2003, "XWand: UI for intelligent spaces". In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'03)**, pp. 545-552, Flórida, USA.
- WU, M., BALAKRISHNAN, R., 2003, "Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop displays". In: **Proceedings of the Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (UIST'03)**, pp. 193-202, Vancouver, Canada.
- YIN, R. K., 2006, **Estudo de Caso-Planejamento e Métodos**. 3 ed. Porto Alegre, Bookman.
- ZHAO, S., BALAKRISHNAN, R., 2004, "Simple vs. compound mark hierarchical marking menus". In: **Proceedings of the Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (UIST '04)**, pp. 33-44, New York, USA.
- ZHOU, Z., CHEOK, A. D., CHAN, T. T., *et al.*, 2004, "Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes". In: **Australian Workshop on Interactive Entertainment (IE'04)**. pp. 19-22, Sydney, Austrália.
- ZHU, Y., REN, H., XU, G., *et al.*, 2000, "Toward real-time human-computer interaction with continuous dynamic hand gestures". In: **Proceedings of the IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition**, pp. 544-549, Grenoble, France.

ANEXO 1



ENTREVISTA ESTRUTURADA PARA LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DE ENGENHEIROS DE PETRÓLEO EM VISUALIZAR PLANTAS E MAPAS

Tempo de experiência profissional: () anos
 Já usou o Adobe Reader ou Power Point para apresentações: () sim () não

Instruções de Preenchimento:

- marque com um X, no retângulo ao final da linha, a opção que represente os comandos mais utilizados por você, no que se refere a utilização do Adobe Reader, para visualizar plantas e mapas, em forma de apresentação de página:

COMANDOS DO ADOBE READER	“X”
1. ir para a próxima página	
2. ir para a página anterior	
3. ir para a última página	
4. ir para primeira página	
5. aumentar (<i>Zoom</i>) a página de visualização	
6. exibir automaticamente uma página de cada vez	
7. rotar uma página	
8. exibir as propriedades (autor, data e hora de criação, por exemplo) da página	
9. exibir grades na página	
10. apresentar comentários da página	
11. ativar o recurso de leitura de texto, caso exista texto	
12. usar a ajuda do aplicativo para algum dos comandos citados	

ANEXO 2



QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO 6thSentido

PERFIL

Você já utilizou, alguma vez, o Adobe Reader ou algum aplicativo para apresentação de documentos? () **Sim** () **Não**

AVALIAÇÃO

Avalie o 6thSentido, com relação à **facilidade de aprender**, à **facilidade de memorização**, ao tratamento dos **erros**, a sua **eficiência** em realizar as tarefas solicitadas e ao fato de oferecer uma interação que proporcione **satisfação** ao usuário. Para isso, você deve atribuir um conceito (de um a cinco conforme a legenda a seguir), a cada um dos atributos expostos abaixo, marcando um **X** na coluna que corresponde ao conceito a ser atribuído.

Legenda: 5=Excelente; 4=Muito Bom; 3=Bom; 2=Regular; 1=Insuficiente.

ATRIBUTOS/CONCEITOS	5	4	3	2	1
INTERFACE DO 6thSENTIDO					
1. Facilidade de aprender. <i>O que se deseja saber é se você aprendeu COM FACILIDADE a utilizar o 6thSentido. Ou seja, o 6thSentido é fácil de utilizar?</i>					
2. Facilidade de memorizar. <i>O que se quer saber é se é fácil recordar como o 6thSentido, após ter aprendido a utilizá-lo. Ou seja, é fácil se recordar de como essa interface funciona?</i>					
3. Erros. 3.1 <i>Níveis aceitáveis de erros</i> <i>O que se deseja saber é o se 6thSentido erra muito. Ou seja, essa interface comete uma quantidade grande de erros?</i> 3.2 <i>Recuperação de erros</i> <i>O que se quer saber é o se os erros são facilmente recuperados pelo 6thSentido. Ou seja, essa interface permite que você recupere erros com facilidade?</i> 3.3 <i>Feedback</i> <i>O que se deseja saber é o se 6thSentido fornece um retorno, indicando quando um erro é cometido.</i>					
4. Eficiência. <i>O que se quer saber é se o 6thSentido permite que você realize suas tarefas com agilidade.</i>					
5. Satisfação. <i>O que se deseja saber é o se 6thSentido é agradável de usar. Ou seja, você sente uma sensação agradável em usar o 6thSentido?</i>					

ANEXO 3



QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO ADOBE READER

PERFIL

Você já utilizou, alguma vez, o Adobe Reader ou algum aplicativo para apresentação de documentos? () **Sim** () **Não**

AVALIAÇÃO

Avalie o ADOBE READER, com relação à **facilidade de aprender**, à **facilidade de memorização**, ao tratamento dos **erros**, a sua **eficiência** em realizar as tarefas solicitadas e ao fato de oferecer uma interação que proporcione **satisfação** ao usuário. Para isso, você deve atribuir um conceito (de um a cinco conforme a legenda a seguir), a cada um dos atributos expostos abaixo, marcando um **X** na coluna que corresponde ao conceito a ser atribuído.

Legenda: 5=Excelente; 4=Muito Bom; 3=Regular; 2=Ruim; 1=Insuficiente.

ATRIBUTOS/CONCEITOS	5	4	3	2	1
INTERFACE DO ADOBE READER					
6. Facilidade de aprender. <i>O que se deseja saber é se você aprendeu COM FACILIDADE a utilizar o ADOBE READER. Ou seja, o ADOBE READER é fácil de utilizar?</i>					
7. Facilidade de memorizar. <i>O que se quer saber é se é fácil recordar como o ADOBE READER, após ter aprendido a utilizá-lo. Ou seja, é fácil se recordar de como essa interface funciona?</i>					
8. Erros. 3.1 Níveis aceitáveis de erros <i>O que se deseja saber é o se ADOBE READER erra muito. Ou seja, essa interface comete uma quantidade grande de erros?</i> 3.2 Recuperação de erros <i>O que se quer saber é o se os erros são facilmente recuperados pelo ADOBE READER. Ou seja, essa interface permite que você recupere erros com facilidade?</i> 3.3 Feedback <i>O que se deseja saber é o se ADOBE READER fornece um retorno, indicando quando um erro é cometido.</i>					
9. Eficiência. <i>O que se quer saber é se o ADOBE READER permite que você realize suas tarefas com agilidade.</i>					
10. Satisfação. <i>O que se deseja saber é o se ADOBE READER é agradável de usar. Ou seja, você sente uma sensação agradável em usar o ADOBE READER?</i>					

ANEXO 4

Rio de Janeiro, 26 de junho de 2008.

Prezado Senhor Diretor da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas da UNIPETRO.

Venho, por meio desta, solicitar a sua autorização para aplicar os questionários anexos (Anexo 1 e Anexo 2) aos professores e alunos, respectivamente, do curso de Engenharia de Petróleo. Além disso, será necessária a participação dos alunos desse curso, num experimento, envolvendo o uso de ferramentas computacionais voltadas para a área de Petróleo e Gás. Precisarei, também, da sua permissão para utilizar uma sala de aula ou laboratório (preferencialmente), a fim de acomodar os alunos que desejarem participar do referido experimento. Valendo acrescentar, que todo material ou equipamento utilizado nesse experimento será fornecido por mim e que o anonimato da instituição e dos envolvidos será garantido.

O propósito desses questionários e da referida experimentação da ferramenta consiste na realização da coleta de informações, relativa à pesquisa científica, cujo tema é **“Avaliação da usabilidade de interfaces por meio de gestos das mãos para aplicações da engenharia de petróleo”**. Essa pesquisa atende ao desenvolvimento de uma dissertação de mestrado, pré-requisito para conclusão do grau de mestre em sistemas computacionais do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

Desde já agradeço a sua atenção e o seu empenho ao fornecer a autorização solicitada!

ALTEMAR SALES DE OLIVEIRA (**ORIENTANDO**)

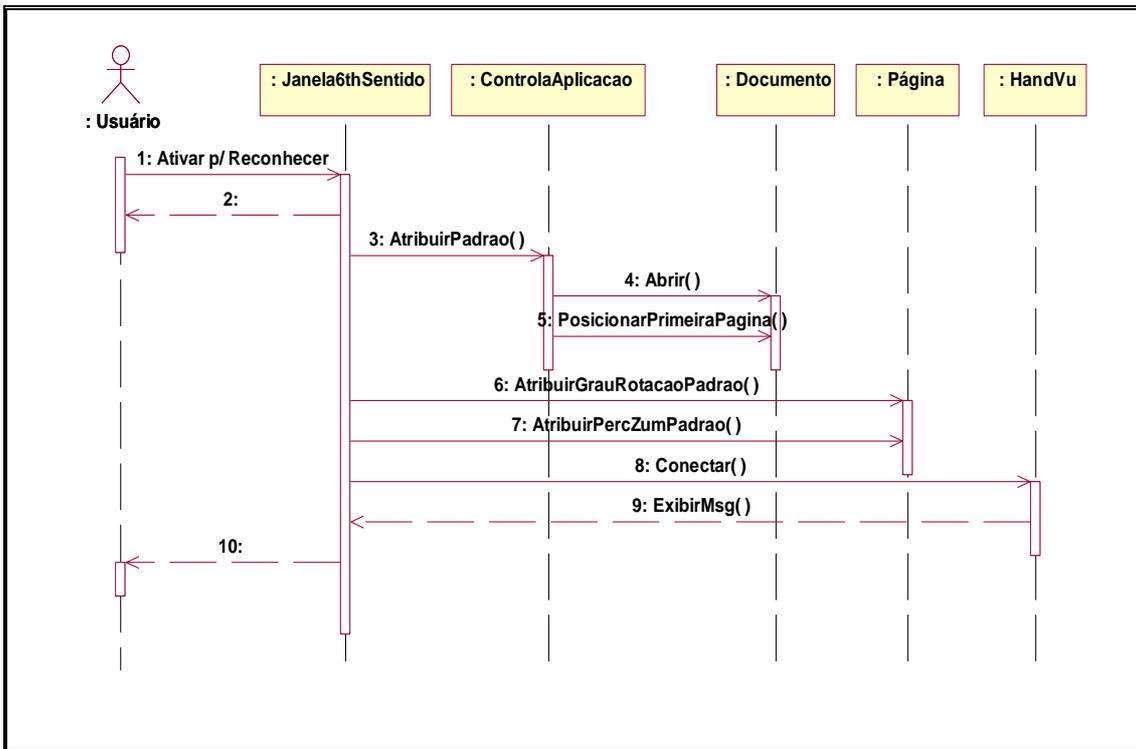
NELSON FRANCISCO FAVILLA EBECKEN (**ORIENTADOR**)

GERSON GOMES CUNHA (**ORIENTADOR**)

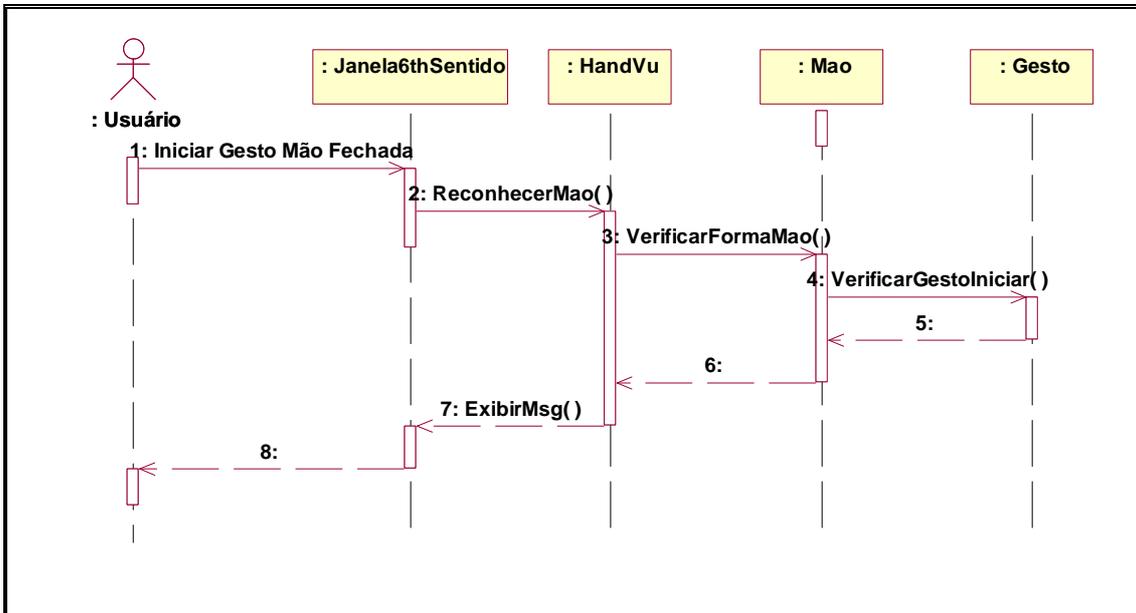
LUIZ LANDAU (**COORDENADOR**)

ANEXO 5

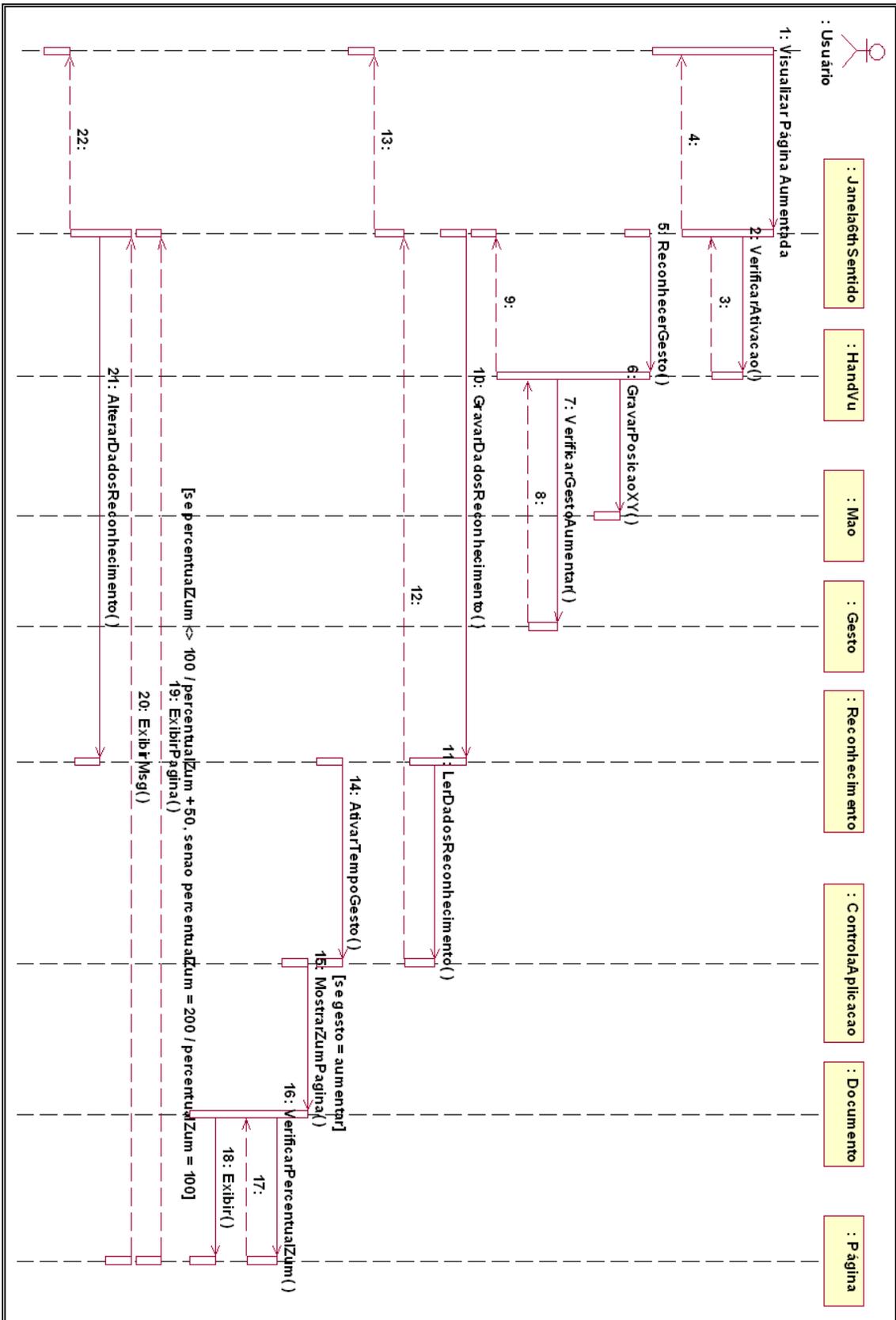
1 - Diagrama de Seqüência - Ativar para Reconhecer



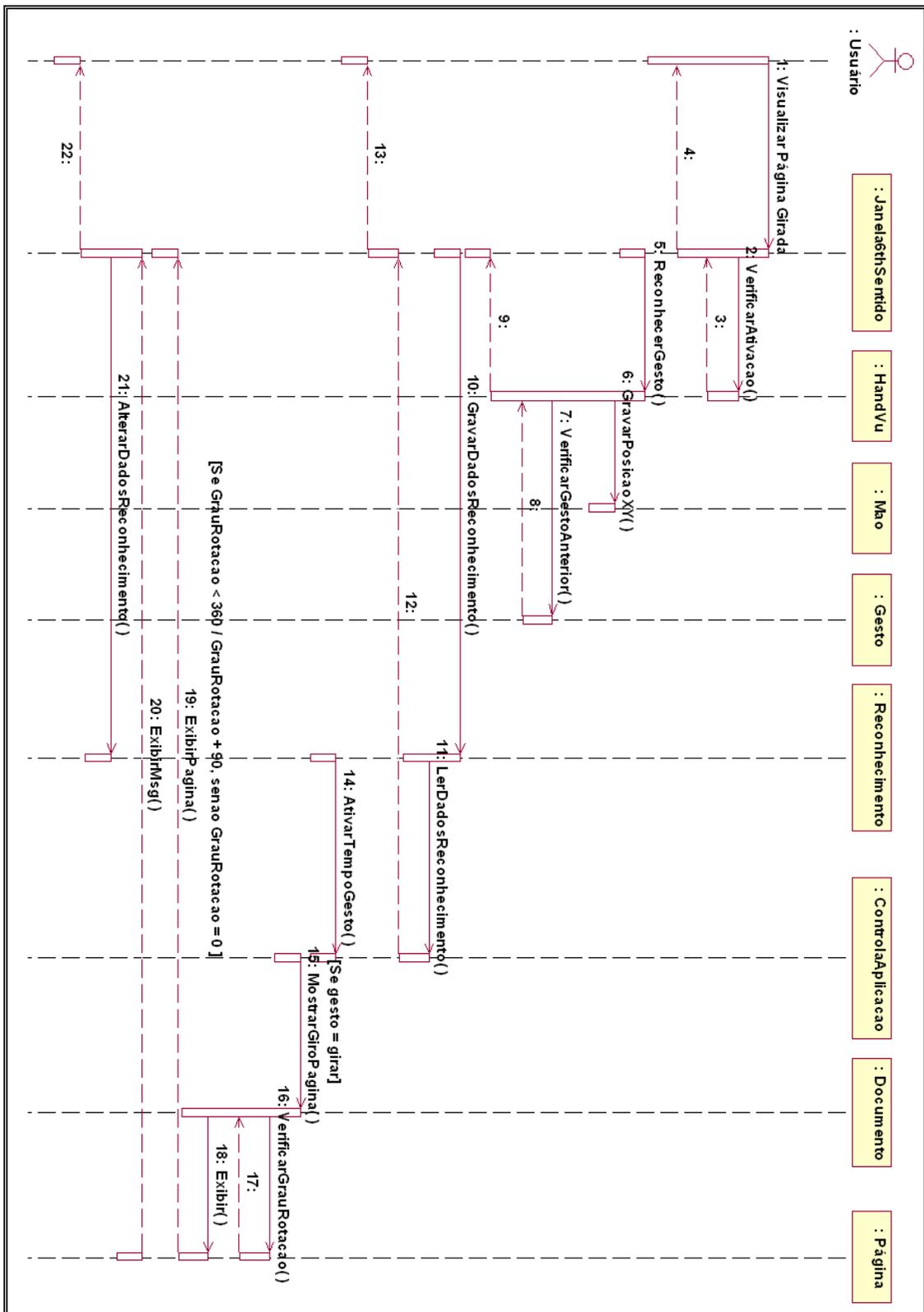
2 - Diagrama de Seqüência - Iniciar o Reconhecimento de Gestos



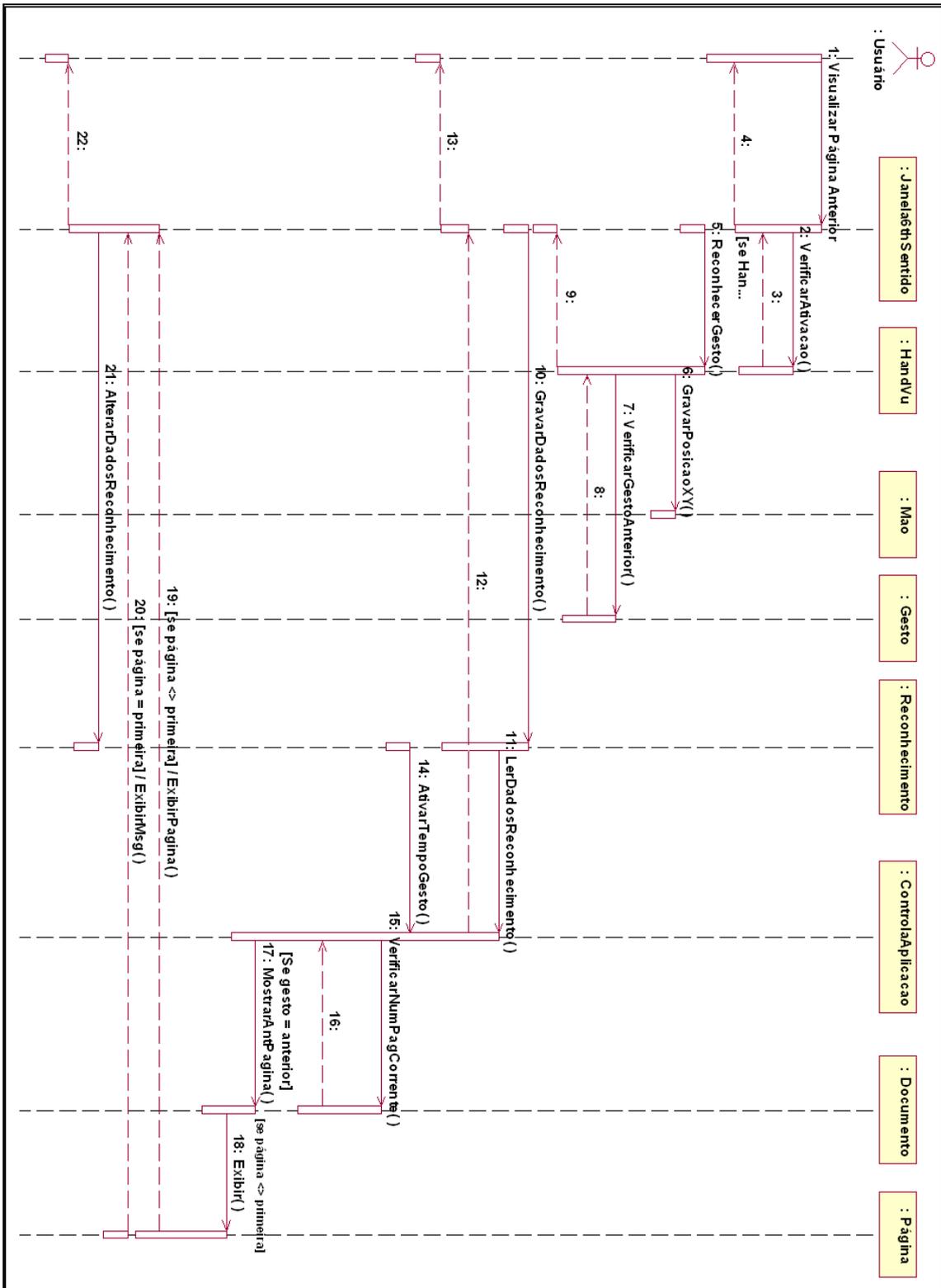
3 - Diagrama de Seqüência - Aumentar a visão da página do documento



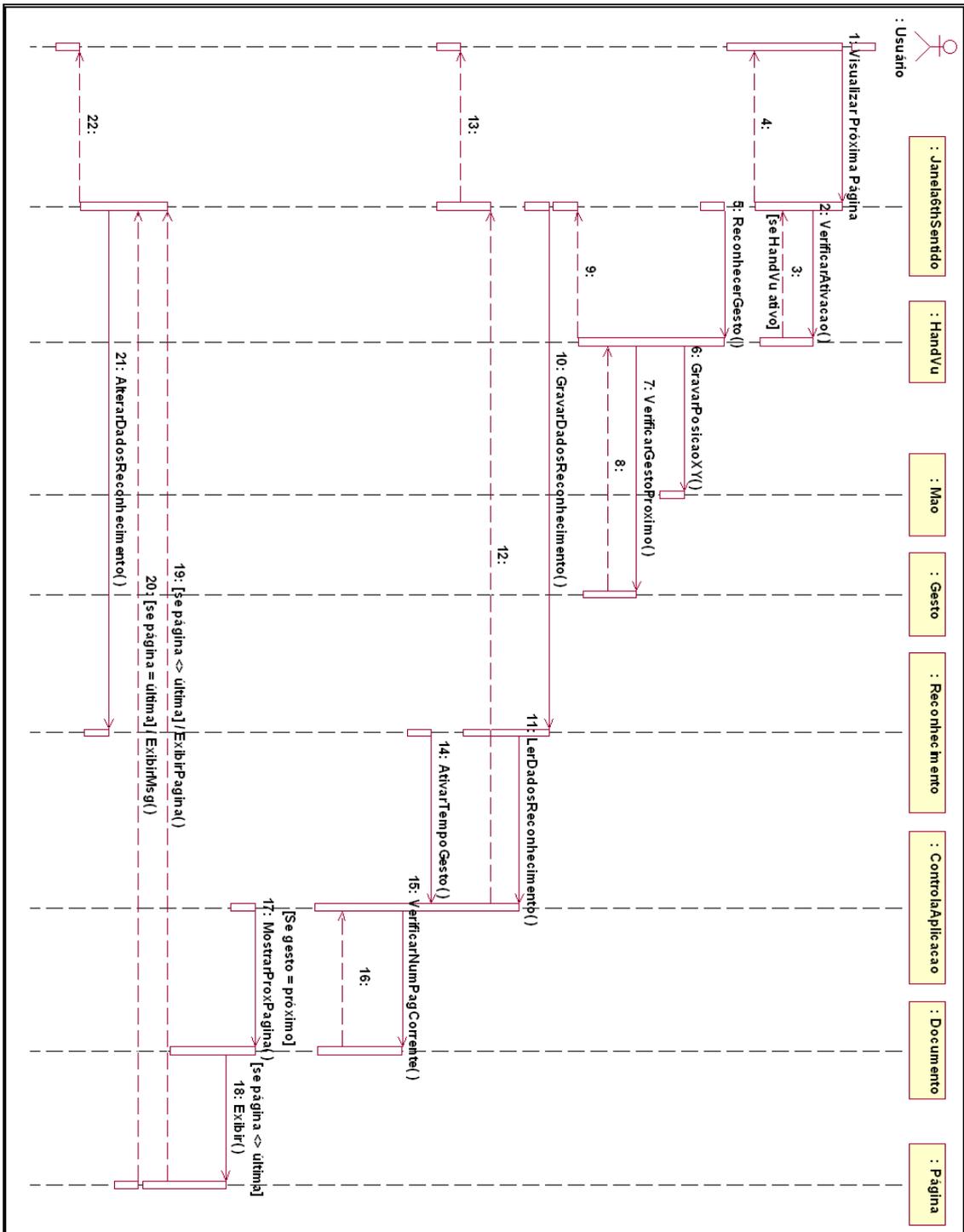
4 - Diagrama de Seqüência - Girar a página do documento



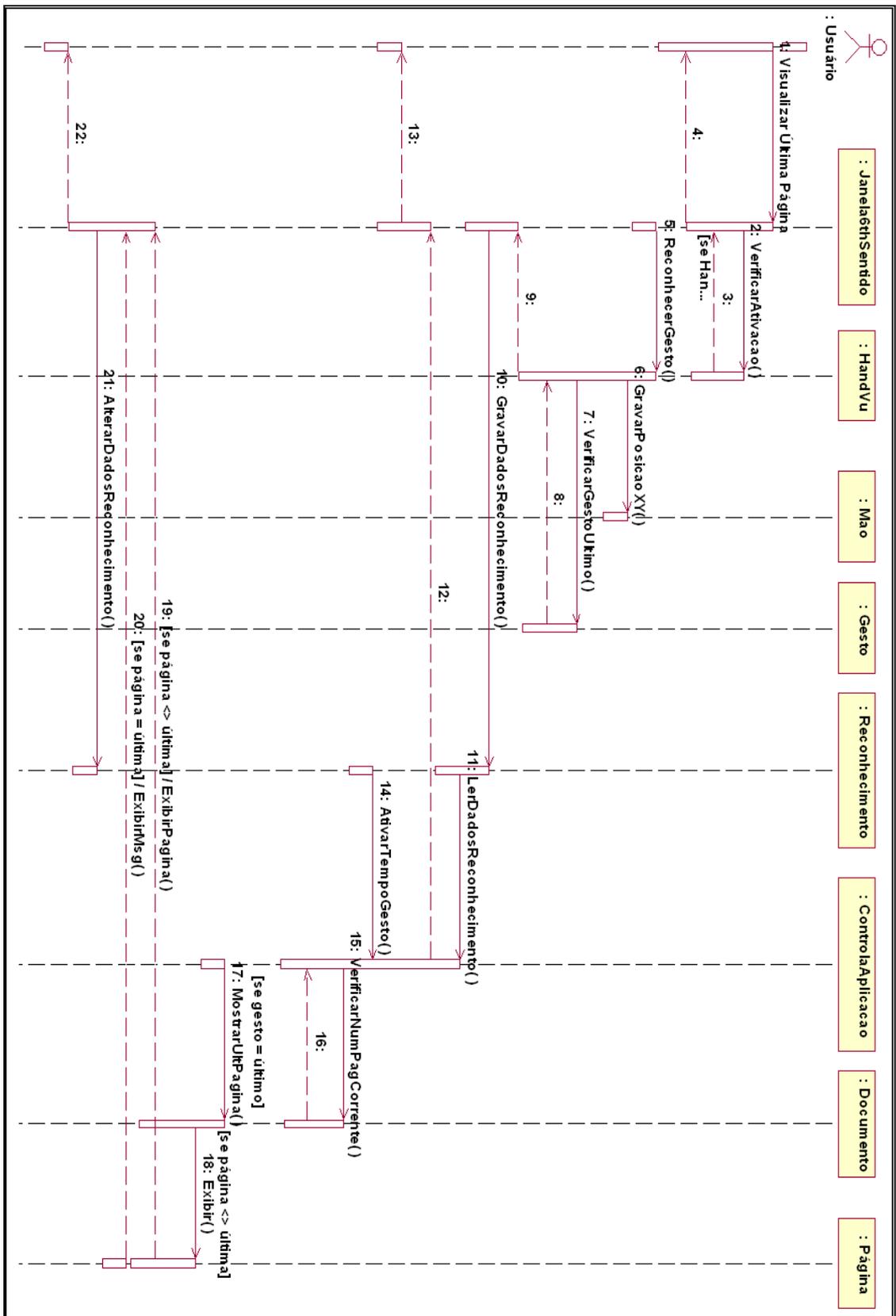
5 - Diagrama de Seqüência - Visualizar a página anterior do documento



6 - Diagrama de Seqüência - Visualizar a próxima página do documento

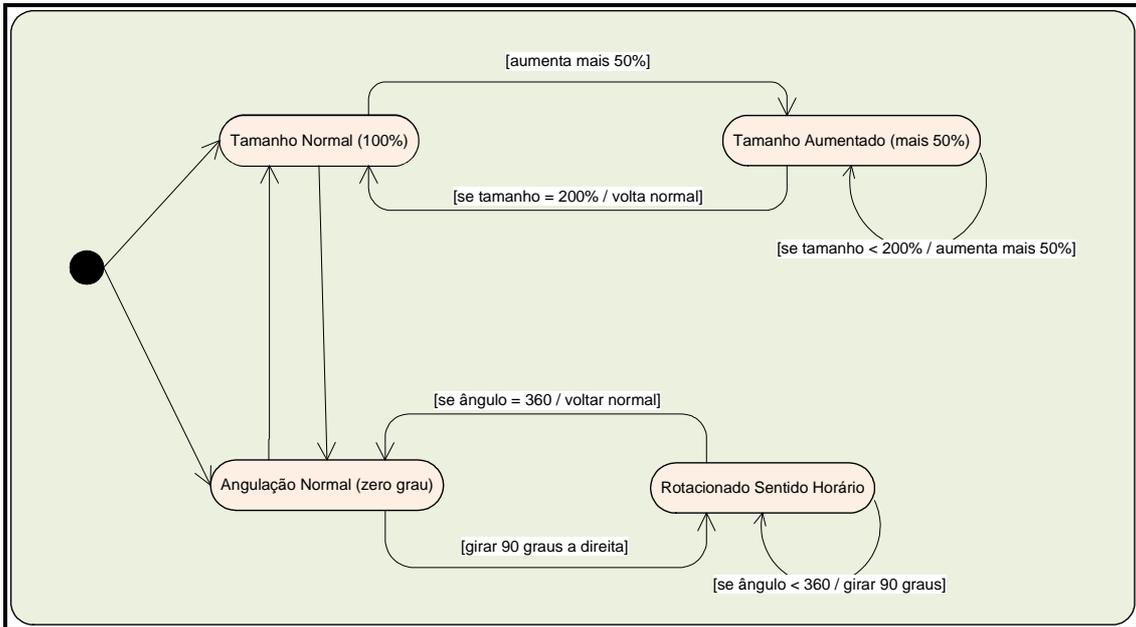


7 - Diagrama de Seqüência - Visualizar a última página do documento

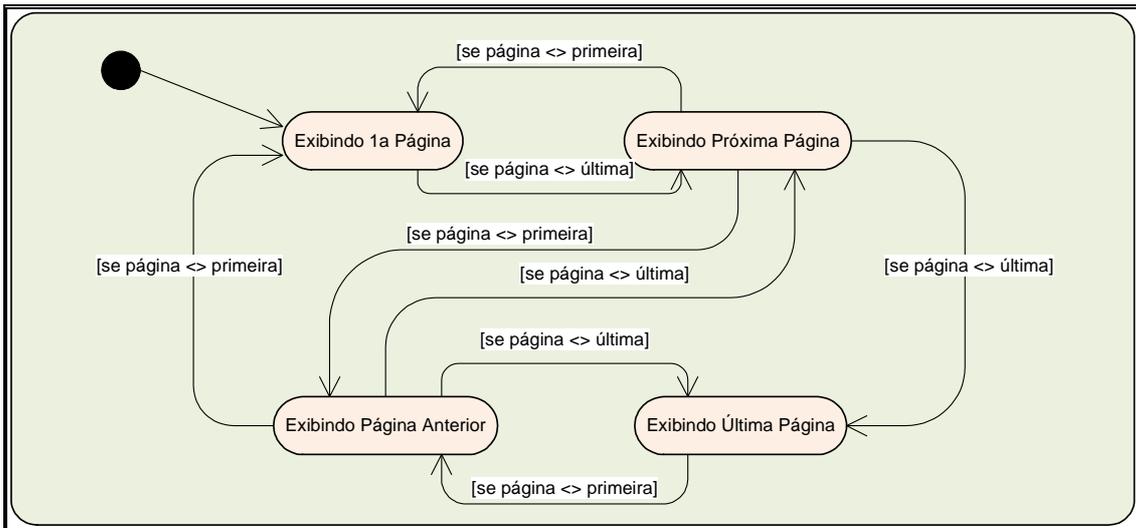


ANEXO 6

1 - Diagrama Gráfico de Estados da Classe Página



2 - Diagrama Gráfico de Estados da Classe Documento



3 - Diagrama Gráfico de Estados da Classe HandVu

