

TANGIS: SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO GEOGRÁFICA COM INTERFACE
TANGÍVEL PARA APOIO À TOMADA DE DECISÃO AMBIENTAL NA
AMAZÔNIA

Paula Faragó Vieira Barbosa

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO
DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

Prof. Luiz Landau, D.Sc.

Prof. Gerson Gomes Cunha, D.Sc.

Prof. Fernando Pellon de Miranda, D.Sc.

Prof. Nelson Francisco Favilla Ebecken, D.Sc.

Prof. Luis Alfredo Vidal de Carvalho, D.Sc.

Prof. Marcelo Knörich Zuffo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO – RJ, BRASIL

JUNHO DE 2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

BARBOSA, PAULA FARAGÓ VIEIRA

TANGIS: Sistema de Visualização Geográfica com Interface Tangível para Apoio à Tomada de Decisão Ambiental na Amazônia [Rio de Janeiro] 2008

XI, 102 p. 29,7cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia Civil, 2008)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Modelo Digital de Elevação
2. Tomada de decisão ambiental
3. Sistema de Interface Tangível
4. Sistemas de Informação Geográfica

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Ao meu marido André e ao filhinho Thiago (ainda na barriga da mamãe), presentes abençoados de Deus.

À minha família, pessoas fundamentais de minha existência e sucesso.

♥ Agradecimentos

À Deus, pelas maravilhas que me oferece a cada dia.

Aos meus pais, por sempre estarem na torcida em tudo que faço. Aproveito para prestar minhas desculpas por ter me ausentado do convívio familiar enquanto que estava perante o computador.

Ao meu marido André, amor da minha vida, e personagem principal de todas as minhas vitórias. Sem você não seria o que sou hoje. Você é meu exemplo para tudo. Obrigada por me ajudar a implementar este sistema e projetar o hardware.

Ao Thiago nosso filhinho ainda em meu ventre. Agora a razão de nossas buscas e vitórias. Desculpe pela tensão...

Aos meus irmãos Marcelo e Flávia, e aos cunhados Luis Felipe e Simone, por terem me ajudado cada um de seu modo.

Aos meus sobrinhos gêmeos Guilherme e Gabriella e agora Giovanna ao incentivo da concretização que Deus realiza os desejos mais profundos do coração.

A COPPE, ao CNPq e a Fundação COPPETEC pela oportunidade de desenvolver este trabalho e ter a honra de levar seus nomes por toda a minha vida.

Ao meu orientador professor Luiz Landau por ter me recebido de braços abertos em seu laboratório LAMCE e por acreditar em mim.

Ao professor Gerson Cunha, pela segurança e profundos conhecimentos. Mas, acima de tudo, agradeço a confiança, que de olhos fechados, depositou em mim.

A Rosa Costa(IME/UERJ) por estar sempre por perto na hora exata. Obrigada por me ajudar quando eu precisei, principalmente na parte de engenharia de software. Sua profissionalidade e competência é incomparável!

Aos professores da COPPE, LCG, NCE, IMPA e LAMCE por terem tirado minhas dúvidas com paciência e boa vontade.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto por Radar Aplicado à Indústria Petrolífera (LABSAR/COPPE/UFRJ) por ter cedido as imagens de satélite da região da Amazônia para serem inseridas neste sistema.

À amiga secretária Mônica Caruso e à bibliotecária Magda Almada, por terem sido sempre tão prestativas e atenciosas.

Aos amigos César Xavier, Cap. Flávio Mello(IME), Carlos Henrique Beisl e a Nicole Mehdi pelas imagens e esclarecimento de dúvidas.

Aos meus amigos do LAMCE, em especial a Célia e ao grupo GRVa, pela alegria, ajuda e profissionalismo.

Aos professores, gerentes e alunos que fizeram o teste de software e contribuíram com sugestões riquíssimas para o aperfeiçoamento da tese.

Agradeço também aos meus novos amigos Vicente Helano e George Ainsworth Jr. do PEC por terem criado a classe CoppeTeX para o latex facilitando muito os estudantes da COPPE usuários do editor L^AT_EX.

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

TANGIS: SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO GEOGRÁFICA COM INTERFACE TANGÍVEL PARA APOIO À TOMADA DE DECISÃO AMBIENTAL NA AMAZÔNIA

Paula Faragó Vieira Barbosa

Junho/2008

Orientador: Luiz Landau

Programa: Engenharia Civil

Este trabalho apresenta um sistema de visualização geográfica 3D com diferentes formas de visualização, para apoiar uma equipe interdisciplinar na tomada de decisões em operações de contingências na Amazônia, de forma colaborativa para prevenir e minimizar os eventuais impactos ambientais.

Este será feito através da análise de dados de Modelo Digital de Elevação (DEM) utilizando a técnica de Interface Tangível (TUI). Esta técnica permite simplificar a usabilidade do sistema através da manipulação de mapas com objetos físicos tangíveis a fim de analisar, comparar e alterar mapas em tempo real.

Por fim, descreve os resultados de três estudos de casos provenientes da Amazônia e relacionados à dinâmica de: análise de cheias e secas nas quatro estações hidrográficas do ano; visualização da batimetria do fundo do rio; e posicionamento de gasodutos.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

TANGIS: GEOGRAPHICAL VISUALIZATION SYSTEM WITH TANGIBLE
INTERFACE BASE IN AMBIENTAL DECISION MAKING IN AMAZONIA

Paula Faragó Vieira Barbosa

June/2008

Advisor: Luiz Landau

Department: Civil Engineering

This thesis presents a 3D geographical visualization technique with different kinds of visualizations, in order to perform decision making in Amazonia for improving analysis and interpretation of terrains in a collaborative and interactive way to prevent and minimize ambiental impacts.

It is based on the concept of Tangible User Interface (TUI), which permits manipulation of Digital Elevation Models (DEM). This technique simplifys system's usability through manipulation of maps with tangible objects to analyse, to compare and to change maps in real time.

Finally, it describes the results of three Amazonia cases studies: Differents aspects of Amazonia maps, data visualizations related to hidrodinamic simulations in the Solimoes river and position planning of gas pipeline.

Sumário

Lista de Figuras	x
1 Introdução	1
1.1 Motivação	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Hipótese	3
1.4 Organização do trabalho	4
1.5 Contribuições	5
2 Fundamentação Teórica	6
2.1 Interface Tangível de Usuário (TUI)	6
2.2 Realidade Aumentada (RA)	8
2.3 Sistemas de Informação Geográfica (<i>Geographic Information Systems</i> - GIS)	9
2.3.1 Modelo Digital de Elevação (<i>Digital Elevation Model</i> - DEM) .	10
2.3.2 <i>Shapefiles</i>	13
3 Estruturas de classificações para sistemas tangíveis	16
3.1 Elementos de composição da estrutura de classificação	16
3.1.1 Exemplos ilustrativos	26
3.1.2 Tabela comparativa	32
4 O sistema TANGIS	34
4.1 Etapas do processo de desenvolvimento	37
4.1.1 Definição dos requisitos	37
4.1.2 Definição das ferramentas e bibliotecas de desenvolvimento . .	37

4.1.3	Implementação do sistema	39
5	Estudos de casos e avaliação do sistema TANGIS	54
5.1	Qualidade de software	55
5.1.1	Desenvolvendo o plano de teste	56
5.2	Estudo de casos	60
5.2.1	Estudo de caso 1: Mapas da região da Amazônia nas diferentes épocas do ciclo hidrológico	62
5.2.2	Estudo de caso 2: Visualização de dados relacionados à si- mulações hidrodinâmicas no rio Solimões	65
5.2.3	Estudo de caso 3: Planejamento de posicionamento de gaso- dutos na Amazônia	68
5.3	Avaliação dos testes de usabilidade com a apresentação dos resultados	71
6	Conclusão	80
	Referências Bibliográficas	97

Lista de Figuras

2.1	Objetos tangíveis variados	8
2.2	Marcador padrão do ARToolKit	8
2.3	Fluxograma para obtenção do DEM a partir dos dados SRTM.	12
3.1	Relação entre as classificações	20
3.2	Graus de incorporação e metáfora de algumas interfaces tangíveis	22
3.3	Estrutura de classificação para aspectos genéricos de sistemas UIs.	25
3.4	Sistema de medição de desastre	26
3.5	Arquitetura do Sistema	27
3.6	Interface com <i>tokens</i>	28
3.7	<i>Illuminating Clay</i> e <i>SandScape</i>	30
3.8	Tela vertical	31
3.9	Tabela comparativa da estrutura de classificação para aspectos genéricos de sistemas UIs utilizando GIS	32
3.10	Tabela comparativa da estrutura de classificação para sistemas TUIs utilizando GIS	33
4.1	Esquema dos componentes do Sistema	35
4.2	Utilização do OSGDEM	39
4.3	Arquitetura funcional Sistema	40
4.4	Interface do Sistema: Gerenciador de projetos	42
4.5	Marcador de informação	44
4.6	Marcador de escala	44
4.7	Marcador de rotação para visualização 2D	44
4.8	Marcador Translação para visualização 2D	44
4.9	Marcador de elevação de um relevo	45

4.10	Marcador de planificação do relevo	45
4.11	Marcador para iniciar uma simulação	45
4.12	Marcador para parar uma simulação	45
4.13	Marcador para alteração das camadas	45
4.14	Marcador de rotação pra visualização 3D	47
4.15	Marcador translação para visualização 3D	47
4.16	Marcador de escala pra visualização 3D	48
4.17	Simulação do controlador dos servos	49
4.18	Trecho da parte superior da mesa mecatrônica	50
4.19	Trecho da parte inferior da mesa mecatrônica	51
5.1	Mapa do Brasil com o trecho da Amazônia	61
5.2	Trecho SRTM Amazônia ampliado	61
5.3	Diferentes ciclos hidrológicos da Amazônia	64
5.4	Mapa da enchente no sistema TANGIS	65
5.5	Mapa da vazante no sistema TANGIS	65
5.6	Mapa da batimetria no sistema TANGIS	67
5.7	Mapa da batimetria no sistema TANGIS	68
5.8	Mapa de Coari Manaus	70
5.9	Mapa de Coari Manaus ampliado	70
5.10	Trajectoria do gasoduto no sistema TANGIS	71
5.11	Avaliação do questionário para identificação do perfil do participante do teste de usabilidade	72
5.12	Avaliação do questionário de avaliação do sistema TANGIS pelo par- ticipante	73
5.13	Tabela comparativa da estrutura de classificação para aspectos genéricos de sistemas UIs e TANGIS	78
5.14	Tabela comparativa da estrutura de classificação para sistemas TUIs utilizando GIS e TANGIS	79
6.1	Tabela do Questionário	95

Capítulo 1

Introdução

Um dos fatores de sucesso organizacional em vários setores é o uso de Sistemas de Informação como infra-estrutura para tomada de decisões. Quando a decisão inclui a localização geográfica das entidades envolvidas, entram em cena os Sistemas de Informação Geográfica (GIS)[1]. Estes assumem um importante papel em aplicações como gestão municipal, meio ambiente e agro negócios.

Nos sistemas atuais de geoprocessamento, a análise de um terreno pode ser dificultada se a forma de visualização não for adequada. Em geral, torna-se mais fácil a análise quando o sistema pode representar o modelo virtual da forma mais próxima ao modelo real.

No uso de um sistema de geoprocessamento, faz-se necessário analisar numerosas cartas geográficas de uma mesma região para extrair informações significativas ou para a interpretação de um problema ocorrido. Além disso, é importante que o sistema possibilite uma consulta interativa de informações simultâneas, para tomadas de decisões com custos e falhas reduzidas, na tentativa de prevenir e sanar acidentes ambientais, conter escoamentos de óleo, analisar riscos, posicionar dutos, etc.

Para minimizar a dificuldade da análise de imagens geoprocessadas e aprimorar a colaboração de uma equipe interdisciplinar em sua avaliação, incluindo os não especialistas em geoprocessamento, este projeto propõe um sistema colaborativo de apoio à tomada de decisão para visualização e simulação de planejamentos estratégicos na gestão para preservação ambiental e desenvolvimento sustentável na Amazônia. Para isto, será utilizada uma outra técnica de interação com os sistemas de informação geográfica denominado Interface Tangível de Usuário (TUI) [2].

A visualização dos mapas será através de uma tela LCD (*Liquid Cristal Display*) para a vista de topo 2D, de um outro para a vista de perspectiva 3D e de uma mesa mecatrônica para a visualização topográfica projetada. O usuário poderá obter informações de latitude, longitude e altura, inserir e consultar informações, manipular o mapa usando transformações de escala, rotação e translação de um Modelo Digital de Elevação (*Digital Elevation Model* - DEM) da Amazônia.

Por fim serão analisados três estudos de casos diferentes provenientes da Amazônia e relacionados à dinâmica de: Mapas da região da Amazônia em diferentes épocas do ciclo hidrológico, ou seja, análise de cheias e secas nas quatro estações hidrográficas do ano; visualização de dados relacionados à simulações hidrodinâmicas no rio Solimões, a batimetria do fundo do rio; planejamento de posicionamento de gasodutos na Amazônia, instalação de tubulação de gás nesta área.

1.1 Motivação

Empresas de grande porte, como a Petrobras, estão muito preocupadas com o meio ambiente e estão investindo muito na área de novas estratégias. Para tomada de decisões, os sistemas de visualização voltados para as questões de meio ambiente são importantes para pesquisadores gerarem informações de qualidade e para prevenir e minimizar os eventuais impactos ambientais e socioeconômicos. Podemos citar o projeto Piatam[3] como um dos projetos mais importantes da Petrobras relativos ao meio ambiente.

Quando as decisões envolvem informações geográficas, além do acesso, a interação com os dados deve ser considerada. Em geral, a facilidade de interação, visualização e interpretação de um modelo são metas dos pesquisadores que lidam com modelos complexos. Os métodos de interatividade com o computador como GUI (*Graphical User Interface*) [4] estão sendo superados por outros como TUI (*Tangible User Interface*) [5], PUI (*Perceptual User Interface*) [6], Interação Embutida [7], Computação Ubíqua [8], Computação Pervasiva [9], *touch screen* e etc.

As TUIs estão em crescente aceitação como um paradigma alternativo para as

GUIs, oferecendo facilidades em manipular objetos físicos tangíveis e ajudar a combinar benefícios físicos e modelos digitais em uma única representação. Esta evolução parte da vontade das pessoas em ficarem mais envolvidas no projeto e menos preocupadas com a complexidade no manuseio de seu software. Os sistemas de visualização de tomada de decisão voltados a área de meio ambiente são importantes para pesquisadores gerarem informações de qualidade para a gestão ambiental, e social com baixo custo e risco.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é implementar um sistema de visualização geográfica 3D utilizando a técnica de interface tangível em diferentes formas de visualização, para apoiar uma equipe interdisciplinar na tomada de decisões em operações de contingências na Amazônia de forma colaborativa.

Este será feito através da análise de dados do Modelo Digital de Elevação (DEM) utilizando a técnica de Interface Tangível (TUI). Esta técnica permite simplificar a usabilidade do sistema através da manipulação de mapas com objetos físicos tangíveis (*token*) a fim de analisar, comparar e alterar mapas em tempo real. Para a avaliação do sistema serão feitos testes de usabilidade para três estudos de casos citados.

1.3 Hipótese

O uso de objetos físicos facilita a interação do usuário para a interpretação da análise de mapas, pois ele não precisa preocupar-se com instruções específicas a serem dadas ao sistema, como nos softwares de informação geográfica convencionais. A manipulação dos objetos é simples e natural para o usuário. Dessa forma, o usuário pode concentrar-se na tarefa, que pode ser realizada exclusivamente com estes objetos, ficando mais envolvidos no projeto e menos preocupados com a complexidade do software.

No mundo físico, nós manipulamos muitos objetos ao mesmo tempo, usando as duas mãos, em três dimensões, o que é muito diferente do movimento bidimensional do cursor controlado pelo mouse [10].

Para que as amplas possibilidades oferecidas pela técnica de interface tangível inseridas no sistema TANGIS possam ser exploradas, é preciso, primeiramente, verificar se o manuseio do objeto tangível é bem aceito pelo usuário nesse tipo de aplicação.

Neste contexto, a partir da implementação de um protótipo do sistema, duas hipóteses serão verificadas: se os usuários acham vantajoso trabalhar com a interface tangível e se facilita a tomada de decisão apoiada na análise de um mesmo mapa através das três visualizações distintas, propostas nos estudos de casos.

O principal item a ser analisado a partir das experiências com o sistema, é verificar se pessoas provenientes de diferentes áreas do conhecimento podem discutir novas soluções e resolver problemas colaborativamente através de análises intuitivas e rápidas.

1.4 Organização do trabalho

No capítulo II, será apresentada a fundamentação teórica; no capítulo III, será apresentada uma estrutura de classificação para sistemas tangíveis e uma revisão bibliográfica dos assuntos envolvidos nesta pesquisa, segundo seus conceitos, tratamentos da informação e suas aplicações. No quarto capítulo, será apresentado o desenvolvimento e a aplicação da pesquisa feita. No capítulo seguinte, serão apresentados os estudos de casos referentes a este trabalho juntamente com os resultados de teste de usabilidade de software, indicados nos anexos de 1 a 5. O Capítulo VI apresenta as conclusões, contribuições e indica futuros trabalhos, que podem ser desenvolvidos a partir dos resultados desta pesquisa. Por fim, a bibliografia utilizada é listada, seguindo-se de cinco anexos para o teste de usabilidade do software: um que descreve o plano de teste proposto, o segundo que apresenta o questionário para identificação do perfil do participante para o teste, o terceiro que é um *Script* de orientação para o usuário realizar o teste, o quarto é uma lista de tarefas a qual o usuário deve seguir e o último, que contém o questionário de avaliação do sistema pelo participante para que pesquisa fosse validada.

1.5 Contribuições

Este trabalho apresenta como principais contribuições:

- Estudo da área de interface tangível para sistemas de Informação Geográfica;
- Definição de uma estrutura de classificação que destaca os aspectos-chave do desenvolvimento de sistemas genéricos e de sistemas de interfaces tangíveis na utilização de sistemas de informação geográfica;
- Desenvolvimento de um gerenciador com que o usuário pode criar e configurar novos projetos;
- Implementação de um protótipo baseado na técnica de interface tangível para visualização e análise de mapas baseados em Modelo Digital de Elevação (DEM);
- Integração das três formas de visualização para uma mesma aplicação;
- O sistema poderá possibilitar o uso colaborativo de alguns objetos tangíveis simultaneamente, pois foi implementado para multi-usuário, ou seja, vários usuários podem interagir com o sistema ao mesmo tempo;
- Desenvolvimento de uma mesa mecatrônica com 144 servomotores para a visualização topográfica;
- Análise dos resultados do teste dos estudos de casos com professores, gerentes e alunos de áreas interdisciplinares entre tecnológica, geográfica e ambiental;

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo serão abordados os conceitos básicos para o entendimento do trabalho proposto. Será iniciado pelo de Interface Tangível de usuário (TUI), que aplica conceitos de Realidade Aumentada (RA) para a mistura de informações reais com as virtuais.

A biblioteca ARToolkit permite rastrear objetos reais, adicionando eventos através de marcadores, com intuito de manipular, inserir e obter informações de um Modelo Digital de Elevação (DEM) gerado por um dos softwares de Sistema de Informação Geográfica (GIS), como poderemos constatar. Ao final, será descrito sobre shapefiles.

2.1 Interface Tangível de Usuário (TUI)

As interfaces tangíveis são um conceito relativamente novo na Computação, criado pelos pesquisadores da área de Interação Humano-Computador (CHI). Este tipo de interface está se tornando cada vez mais comum na nossa sociedade, na medida em que os desenvolvedores de novas tecnologias têm dado uma crescente importância à usabilidade das interfaces, de forma a atender melhor as necessidades dos usuários [11]. Computadores têm tido um papel cada vez mais presente em nossas vidas, sendo incorporados a um número crescente de dispositivos e criando novas formas de interação entre humanos e máquinas [10]. Esta expansão do contexto em que a tecnologia é usada, indo além da mesa de trabalho onde fica o computador pessoal, evidencia uma necessidade de novas formas de interação entre humanos e tecnologia,

mais adequadas às habilidades humanas [10].

A Interface Tangível de Usuário (TUI) é uma interface de usuário que se baseia no uso de formas físicas que representam e controlam informações digitais. É um modelo de interface adotada na tentativa de poder manipular elementos virtuais por meio de objetos reais, os quais podem servir para navegar nos elementos da interface (menus, botões, etc.) e trabalhar em modelos 2D e 3D. Os tradicionais mouse e teclado não são utilizados, além disso, é possível o uso de vários objetos tangíveis simultaneamente.

A filosofia envolvida na TUI permite às pessoas interagirem com computadores via objetos tangíveis. Portanto, é adquirida uma vantagem bem rica do mundo tátil aliada à capacidade de simulações numéricas [12]. Ela trata da manipulação de objetos reais como uma maneira mais natural de interagir com o computador.

Os objetos tangíveis são objetos físicos de manipulação direta, que possui um papel representativo na interface, dada as suas características físicas e pelos seus marcadores. O papel atribuído a um objeto tangível pode ter diferente natureza e aplicação. Abaixo, alguns dos papéis mais comuns associados a objetos tangíveis:

- Representação de um processo computacional;
- Interpretação de comandos ou instruções;
- Representação de *container* ou de canais de informação;

Eles podem ser modelados em diversas formas físicas e podem ter mais de um marcador, conforme mostrado na figura 2.1, dependendo de decisões em seu *design*, optando-se para que tenham facilidade de manuseio. Contudo, eles podem ser representados por objetos reais ou entidades físicas pré-existentes ou ainda formas físicas sintetizadas [13].

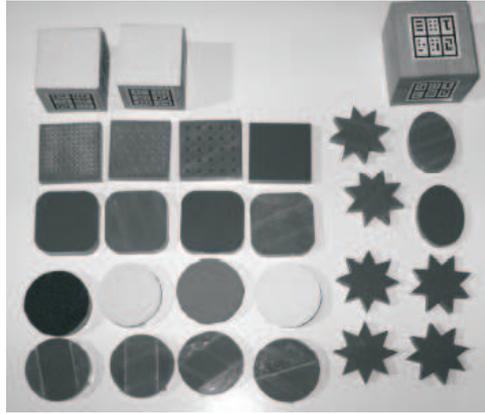


Figura 2.1: Objetos tangíveis variados

Em uma TUI, os objetos tangíveis podem ter sua posição e orientação capturados através do uso de sensores magnéticos que podem rastrear os objetos, pois estes são componentes ativos, emitindo ondas eletromagnéticas [5] ou podem ser rastreados por uma câmera. Ou seja, esta outra forma de rastreamento que pode ser utilizada é através do uso da visão computacional. Neste caso, um marcador é colocado no topo do objeto tangível (figura 2.2) e sua posição e orientação é capturada pela câmera. O desenho do marcador do objeto e as ações realizadas sobre o mesmo devem estar relacionados com o resultado desejado pelo usuário [13]. Para isso, são utilizadas técnicas de Realidade Aumentada (RA).



Figura 2.2: Marcador padrão do ARToolKit

2.2 Realidade Aumentada (RA)

O sistema de Realidade Aumentada (RA) gera uma imagem resultante de uma combinação de imagens, reais e estáticas, no sentido de valorizar a cena final com várias informações adicionais, proporcionando ao usuário melhorar a sua performance e percepção do mundo em que ele se situa [14]. A Realidade Aumentada (RA) foi a tecnologia escolhida devido a esta característica de modificar a percepção do usuário

com relação à imagem visualizada, proporcionando situações que o usuário não poderia, em alguns casos, detectar com seus próprios sentidos, ajudando-o no desempenho de tarefas do mundo real [15]. A maioria das pesquisas em RA está relacionada com o uso de câmeras que digitalizam o processo e "aumentam", adicionando gráficos computacionais. Pesquisas avançadas incluem o uso de traçadores de posição e marcadores usando visão computacional para realizar o rastreamento. Para que as imagens do mundo real e virtual possam ser registradas (fundidas na posição correta) é preciso que a posição e orientação da câmera seja rastreada constantemente (*tracking*) [16].

2.3 Sistemas de Informação Geográfica (*Geographic Information Systems - GIS*)

As geotecnologias, também conhecidas como geoprocessamento [17], incluem o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica, constituindo em poderosas ferramentas para tomada de decisão.

Dentre as geotecnologias estão os GIS - Sistemas de Informação Geográfica, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto por Satélites, Sistema de Posicionamento Global (ex. GPS), dentre outros [1]. Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos vários termos surgiram para as várias especialidades.

O termo Sistemas de Informação Geográfica (ou *Geographic Information Systems - GIS*) [1] é muito utilizado e representa dados espaciais georreferenciados.

O GIS é uma tecnologia que, utilizando recursos de computação gráfica e processamento digital de imagens, associa informações geográficas a bancos de dados de origens distintas sobre uma base cartográfica, processando dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies [18]. Desta forma, assinalando-se um objeto, é possível saber o valor dos seus atributos, e inversamente, selecionando um registro da base de dados, é possível saber a sua localização e apontá-la num mapa [19].

Em sua essência, é um conjunto de aplicativos que permite coletar, armazenar, recuperar, transformar e representar visualmente dados espaciais, além de dados

estatísticos ou textuais a eles relacionados. É um sistema de computador capaz de manter e usar dados com localizações exatas numa superfície terrestre [18].

Existem vários modelos de dados aplicáveis em GIS, os mais comuns são o modelo matricial(raster) e o modelo vetorial. O modelo matricial centra-se nas propriedades do espaço, compartimentando-o em células regulares (habitualmente quadradas, mas podendo ser retangulares, triangulares ou hexagonais). Cada célula representa um único valor. Quanto maior for a dimensão de cada célula (resolução), menor é a precisão ou detalhe na representação do espaço geográfico. No caso do modelo de GIS vetorial, o foco das representações centra-se na precisão da localização dos elementos no espaço. Para modelar digitalmente as entidades do mundo real, utilizam-se essencialmente três formas espaciais: o ponto, a linha e o polígono [19].

Entre as questões em que um GIS pode ter um papel importante, encontram-se [1]:

- Localização: Inquirir características de um lugar concreto;
- Condição: Cumprimento ou não de condições impostas aos objetos;
- Tendência: Comparação entre situações temporais ou espaciais distintas de alguma característica;
- Rotas: Cálculo de caminhos ótimos entre dois ou mais pontos;
- Modelos: Geração de modelos explicativos a partir do comportamento observado de fenômenos espaciais.

Os campos de aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica, por serem muito versáteis, são muito vastos, podendo-se utilizar na maioria das atividades com uma componente espacial, da cartografia a estudos de impacto ambiental ou de prospecção de recursos ao marketing, constituindo o que poderá designar de Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão. A profunda revolução que provocaram as novas tecnologias afetou decisivamente a evolução da análise espacial.

2.3.1 Modelo Digital de Elevação (*Digital Elevation Model* - DEM)

O Modelo Digital de Elevação (DEM) pode representar a topografia da Terra ou de outra superfície no formato digital, com coordenadas e descrições numéricas de alti-

tude. A topografia é caracterizada por picos, cumes, passagens, planícies, canaletas, edificações e buracos.

Os DEMs são mais comumente usados para extrair parâmetros do terreno, modelos de fluxo de água ou movimentos de massa com o propósito de visualização (3D *draping*).

A aquisição de dados para Modelos digitais de elevação pode ser obtida de vários modos: via sensoriamento remoto e presencial, escaneamento da superfície terrestre, aeronaves ou satélites (GPS).

Coletadas as informações, um software de geração de grades é responsável por processar os dados da base de dados gerando pontos vetoriais irregulares.

Os pontos são interligados formando uma malha triangularizada. Com isto podemos obter três tipos de modelos: grade regular, grade irregular (TIN - *Triangulated Irregular Network*) e contorno (curva de nível). O fato de "Gradeir Pontos Irregulares" é uma função usada para criar grades regulares através de pontos distribuídos irregularmente, para logo após gerar um DEM através dessa malha digital.

Uma TIN é apontada como excelente alternativa nos problemas quanto ao tamanho do arquivo de dados de altitude (imagem raster). Podemos definir uma TIN como uma malha triangular irregular cuja densidade de triângulos adapta-se ao relevo do terreno. Normalmente a TIN utiliza um algoritmo chamado triangulação de Delaunay [20] [21], que tem a propriedade de maximizar os menores ângulos do triângulo. Além dela produzir uma superfície com uma quantidade mínima de triângulos, ela também é aceita como sendo a que possui melhor qualidade visual.

Os contornos, também conhecidos como Curvas de Nível [22], referem-se às curvas que representam pontos de igual elevação na superfície do terreno. Os intervalos entre as diversas curvas representam distâncias verticais constantes. A distância entre duas curvas adjacentes indicam a declividade do terreno, ou seja, áreas com grande densidade de curvas indicam terrenos íngremes, por outro lado, em terrenos que apresentam pequenas inclinações, tem-se pouca densidade de curvas de nível.

Os dados dos DEMs neste estudo são fornecidos pelos satélites SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), JERS-1/SAR (*Japanese Earth Resources Satellite*) e pelo LANDSAT-5/TM (Zulu).

O SRTM é um radar resultante de um projeto conjunto entre a NIMA (*Natio-*

nal Imagery Mapping Agency) e a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) cujo objetivo foi obter um modelo digital de elevação da superfície da Terra entre 56°S e 60°N, coletados a cada 1 arco-segundo (aproximadamente 30 m) numa grade de latitude/longitude, de modo a gerar uma base completa de cartas topográficas digitais terrestres [23].

O SRTM traz informações importantes para modelagem da superfície terrestre. Ele consiste num sistema de radar, especialmente modificado que voou a bordo do ônibus espacial *shuttle Endeavour* durante os 11 dias da missão STS-99, em Fevereiro de 2000 durante o qual foram percorridas 16 órbitas por dia, num total de 176 órbitas. O SRTM utilizou a técnica de interferometria por radar [23].

Nesta técnica são geradas duas imagens de radar de duas posições ligeiramente diferentes. As diferenças entre essas duas imagens permitem calcular a elevação da superfície ou diferença. Os dados de altimetria foram obtidos pelo uso de duas antenas de radar, uma acoplada no ônibus espacial e outra no final de um mastro de 60 m preso ao ônibus espacial, obtendo dados com acurácia de 16m com nível um de confiança de 95% [24].

Um Modelo Digital de Elevação (DEM) é o armazenamento digital das coordenadas xyz de uma superfície qualquer. É necessário sempre mencionar qual superfície está sendo usada (por exemplo, DEM da superfície da vegetação, DEM da superfície d'água, DEM da superfície da Terra). Podemos considerar então que o projeto SRTM gerou DEMs da superfície. Estes DEMs não apresentam apenas a altitude da superfície da Terra, mas sim, em áreas onde possuem edificações, árvores ou qualquer objeto sobre a superfície da Terra m[25]. Na Figura 2.3, é mostrado o fluxograma para obtenção do DEM[23].

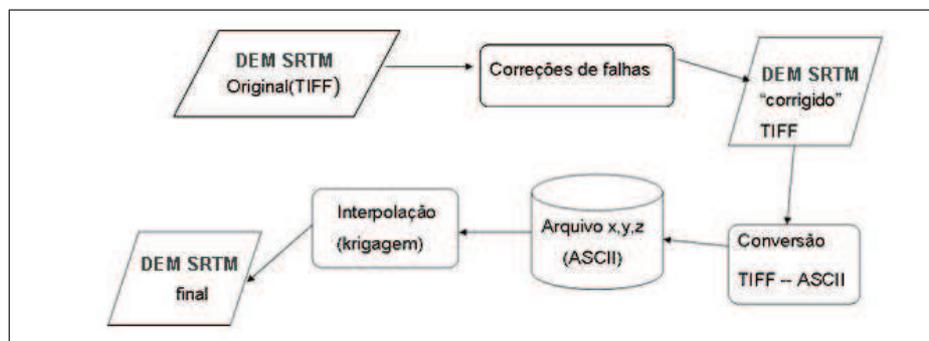


Figura 2.3: Fluxograma para obtenção do DEM a partir dos dados SRTM.

2.3.2 *Shapefiles*

A cartografia digital consiste na representação e manipulação de dados em ambiente computacional. Todo aplicativo para cartografia digital apresenta uma forma de representação de dados, deve permitir a realização de operações com dados e, finalmente, deve possibilitar a visualização destes dados.

Os dados cartográficos utilizados para descrever objetos do mundo real têm três componentes: posicional, de atributo, e de relacionamentos. Normalmente, o cartógrafo faz uma abstração destes objetos e os representa por meio de pontos, linhas e polígonos. Cada elemento possui, então, uma componente espacial ou geométrica descrita por coordenadas bi ou tridimensionais. Associadas a estas posições, existem atributos que descrevem ocorrências ou características dos elementos e, além disso, podem existir relacionamentos entre os diversos elementos espaciais (topologia).

Em arquivos de computador, normalmente, diferentes organizações ou formatos de dados são identificadas pelo sufixo do nome do arquivo. Dentre os diversos formatos existentes, os mais conhecidos são os formatos DWG (AutoCAD), DGN (*MicroStation*), e DXF, que é adotado para troca de dados entre programas. O formato *shapefile*, desenvolvido pela ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), é mais um destes formatos de dados apropriado para armazenar tanto geometria quanto atributos de dados cartográficos[26].

O formato *shapefile* é uma organização de dados idealizada pela empresa ESRI para conter tanto dados geométricos quanto de atributos. Os dados armazenados segundo o formato shapefile estão distribuídos em três arquivos. Dois deles contém os dados propriamente ditos, e um terceiro contém informação do índice de organização dos dados presentes nos primeiros.

O formato de armazenamento *shapefile* admite cinco tipos básicos de dados: ponto, polilinha, polígono, multiponto e *multipatch*.

Os três arquivos de um conjunto *shapefile* têm o mesmo nome e são diferenciados por suas extensões. Os dados geométricos são armazenados em arquivos com extensão .shp, denominado arquivo principal. Os dados de atributos, com extensão .dbf, são armazenados em arquivos dBASE (dBASE, Inc.) e podem ser criados/editados com este programa. O terceiro arquivo, com extensão .shx, contém

o endereço e o tamanho de cada registro do arquivo principal (.shp).

Cada conjunto *shapefile* só admite um tipo de dados, isso significa que deve ser um dos tipos básicos citados. Uma mesma visualização pode ser composta por mais de um conjunto shapefile. Desse modo, uma representação com limites administrativos, hidrografia e rede viária implicará a existência de pelo menos três conjuntos de shapefiles, um para cada tipo de feição.

Os cabeçalhos dos arquivos .shp e .shx têm 100 bytes. Nestes, estão contidas as informações: código do arquivo, valor numérico do tamanho do arquivo em palavras de 16 bytes, versão do formato, tipo de dados e coordenadas xyzm extremas. A diferença entre os cabeçalhos .shp e .shx está apenas no valor numérico do tamanho do arquivo.

O cabeçalho de um arquivo .dbf é formado por duas partes, uma fixa e outra variável. Na parte fixa, com comprimento de 32 bytes, estão os dados de data de atualização do arquivo, número de registros na tabela, número de bytes do cabeçalho e número de bytes do registro. A parte variável do cabeçalho é composta por múltiplos de 32 bytes, um para cada atributo. Assim, se houver 4 atributos haverá 4x32 bytes na parte variável do cabeçalho. Os atributos podem ser variáveis do tipo: caracter, lógica, data, numérica e texto (string)[26].

Num conjunto *shapefile*, existe uma correspondência unívoca entre os registros de dados dos três arquivos. Isto é, para o primeiro registro de dados do arquivo .shp existe em correspondência um registro no arquivo de índices (.shx), e um registro no arquivo de atributos (.dbf).

O arquivo consiste em um tamanho fixo de cabeçalho seguido por um ou mais registros de tamanho variável. Cada um destes registros inclui um componente de cabeçalho e conteúdo para gravação.

A descrição dos detalhes do formato do arquivo é dado pela *ESRI Shapefile Technical Description*.

O arquivo principal de cabeçalho é fixo e contém 100 bytes de comprimento e 17 campos (nove campos de 4 bytes e oito campos de 8 bytes), a saber:

bytes 0-3: código do arquivo (sempre em valores hexadecimais 0000270A);

bytes 4-23: (Não usado);

bytes 24-27: comprimento do arquivo (palavra de 16 bits);

bytes 28-31: Versão;

bytes 32-35: *Shape type*;

bytes 36-99: *Bounding box* como valores mínimo e máximo para X, Y, Z, M.

No próximo capítulo, veremos uma estrutura de classificação para sistemas tangíveis e outra para características genéricas de computação, para podermos comparar com mais precisão as aplicações existentes de sistemas tangíveis aplicadas aos Sistemas de Informação Geográfica.

Capítulo 3

Estruturas de classificações para sistemas tangíveis

As estruturas de classificação são importantes meios de organizar, em quadros conceituais, dados para serem analisados, fornecendo diretrizes para pesquisa e o desenvolvimento de novas aplicações. Neste capítulo, são apresentados os resultados de um estudo sobre as variadas iniciativas relacionadas ao uso de interfaces tangíveis. Os dados levantados são apresentados em duas estruturas de classificação, que descrevem suas principais características para sistemas UIs e sistemas TUIs, para que se perceba como a tecnologia tangível e teorias associadas podem ser exploradas no âmbito de sistemas de informações.

Visando facilitar as características do estado da arte dos principais projetos envolvendo distintas interface tangíveis, a seguir serão construídas as estruturas de classificação, inspiradas na proposta feita por Costa [15] e por Falcão [27].

3.1 Elementos de composição da estrutura de classificação

As interfaces tangíveis buscam mudar o paradigma tradicional de entrada e saída de dados, criando novas possibilidades de interação que unem os mundos digital e físico [28], e em alguns casos, até mesmo eliminando a distinção entre dispositivos de entrada e saída [29].

Poderíamos dizer que as interfaces tangíveis seguem um paradigma básico

representado pelo seguinte roteiro [29]:

1. Evento de entrada: o usuário usa suas mãos para manipular um objeto físico, movendo-o, apertando-o, agitando-o ou empurrando-o, entre outras ações;
2. Um sistema computacional detecta esta ação e altera seu estado interno;
3. Evento de saída: o sistema dá um retorno ao usuário, através de uma mudança na natureza física de algum objeto - altera sua superfície de visualização, cresce, encolhe, emite um som, entre outros.

Porém, muitas interfaces que se enquadram neste roteiro não são tipicamente consideradas TUIs [29]. A definição das TUIs ainda é um tanto nebulosa. Elas abrangem um grande leque de diferentes paradigmas e comportamentos, o que dificulta a delimitação da classe [29].

A questão-chave que se deve ter em mente em termos da diferença entre as GUIs e as TUIs é que, em computadores pessoais tradicionais, o mapeamento entre a manipulação do dispositivo físico de entrada (por exemplo, o apontar e clicar do mouse) e a representação digital correspondente no dispositivo de saída (por exemplo, a tela) é relativamente indireto e fracamente acoplado. O movimento realizado pelo usuário tem, na tela, uma representação digital muito diferente (por exemplo, ao usar o mouse para selecionar um item de um menu em um processador de texto, o usuário move o mouse em uma superfície horizontal, controlando um apontador gráfico na tela - o cursor -, que se move em uma superfície vertical). No mundo físico, nós manipulamos muitos objetos ao mesmo tempo, usando as duas mãos, em três dimensões, o que é muito diferente do movimento bidimensional do cursor controlado pelo mouse [10].

No caso das interfaces tangíveis, há um acoplamento muito maior entre o físico e o digital - a distinção entre eles fica muito menos clara. O dispositivo que controla os efeitos que o usuário busca pode ser ao mesmo tempo entrada e saída. Em GUIs, normalmente a entrada é física e a saída é digital, mas, em interfaces tangíveis, pode haver uma variedade de mapeamentos de representações digitais-físicas.

Existem três formas de se implementar interfaces tangíveis [13]:

1. Superfícies interativas: transformar superfícies como muros, mesas, portas e janelas em interfaces ativas;

2. Bits e átomos acoplados: acoplar informação digital a objetos do dia-a-dia;
3. Mídia do ambiente: uso de som, luz, corrente de ar ou movimento de água como interfaces com o ciberespaço.

Seguindo uma abordagem semelhante, [30] apresentam quatro paradigmas de “funcionamento” das interfaces tangíveis, de acordo com as formas de implementação:

1. TUI usada para entrada e GUI para saída: a interface tangível atua como entrada para o computador tradicional e a saída é mostrada em uma interface gráfica separada. Exemplos: ActiveCube [31] (interface baseada em cubos para exercitar visão espacial - o usuário interage com o ambiente através da manipulação dos blocos, que são representados na tela do computador), TICLE [32] (montagem do quebra-cabeça tangram baseada em visão computacional);

2. Saída do computador projetada em uma TUI: a saída é projetada a partir de um computador tradicional sobre uma TUI. Exemplo: CircuiTUI (ferramenta de projeto de circuitos, baseada na tecnologia Sensetable) [33];

3. Espaços interativos e ambientes imersivos: as TUIs são as interfaces através das quais o usuário interage com um sistema de computação pervasiva. Exemplos: MIT’s kids room [34], StoryRooms [35];

4. Computação embarcada em objetos físicos (manipulativos digitais): a TUI é a entrada e a saída, sem computadores tradicionais envolvidos. Exemplos: SystemBlocks e FlowBlocks(blocos que se comunicam, simulando aspectos de dinâmica de sistemas) [30] , Bitball(esfera dotada de um acelerômetro e LEDs, podendo descobrir informações sobre seu movimento) [36], Beads e Stackables(peças com microprocessadores que se comunicam entre si) [36], Topobo(conjunto de montagem tridimensional capaz de gravar e repetir movimentação física)[37].

o objeto (físico) que está sendo manipulado se relaciona com os estados (digitais)

do sistema, como o grau de incorporação (*embodiment*), e o classifica em quatro níveis de intensidade. Quanto maior a incorporação, menor a distinção entre os mecanismos de entrada e saída [29], como mostra a seguinte escala:

- Incorporação distante (*distant*): a saída está “lá” em uma tela, ou até em outra sala. Por exemplo, [38] desenvolveram um sistema tangível para auxiliar neurocirurgiões em seu trabalho. O sistema permite que os médicos manipulem modelos tangíveis de crânios (*head props*) e observem os efeitos de suas ações refletidos em uma tela;

- Incorporação ambiental (*environmental*): a saída ocorre “o redor” do usuário, tipicamente por meio de áudio, luz ou calor - há apenas uma relação tênue entre o objeto de entrada e a saída. Este tipo de incorporação é encontrada em ambientes virtuais. Por exemplo, no sistema de bate-papo baseado em interfaces tangíveis ToonTown, um usuário manipula objetos físicos que são representações dos outros usuários do sistema. Movendo estes objetos, os níveis de áudio dos usuários são ajustados;

- Incorporação próxima (*nearby*): a saída ocorre “perto” do objeto de entrada. A saída está fortemente acoplada à entrada - como no caso de uma caneta especial que altera uma tela de visualização “riscada” por ela. O I/O Brush [39] é um exemplo de incorporação próxima: trata-se de uma ferramenta para crianças desenharem, que tem a aparência de um pincel normal, mas possui uma pequena câmera embutida, com luzes e sensores de toque. As crianças podem capturar, com I/O Brush, cores e texturas de objetos ao seu redor e reproduzi-las na área de desenho;

- Incorporação completa: (*full*): o dispositivo de entrada é o dispositivo de saída - o estado do dispositivo está totalmente incorporado no próprio dispositivo. A interação com um dispositivo que apresenta incorporação completa é uma interação do tipo mais comum observado quando estamos lidando com o mundo físico: “coisas” recebem manipulação física e mudam de acordo com esta manipulação.

O TiltScreen [40], computador de mão que responde a movimentos de rotação aplicados sobre ele, constitui um exemplo de incorporação completa.

Podemos estabelecer relações entre as três classificações apresentadas até este ponto. As classificações de [13] e de [30] são bastante semelhantes, seguindo uma abordagem mais voltada para aspectos técnicos. Elas podem ser vistas como formas de implementação de sistemas que venham a ter os graus de incorporação propostos por [29]. As relações entre as três classificações são mostradas na Figura (3.1). Para cada grau de incorporação de [29] (primeira coluna), corresponde uma forma de implementação proposta por [30] e/ou [13].

INCORPORAÇÃO	IMPLEMENTAÇÃO	
	[Zuckerman et al., 2005]	[Ishii & Ullmer, 1997]
Distante	TUI como entrada, GUI como saída	-
Ambiental	Ambientes imersivos	Mídia do ambiente
Próxima	-	Superfícies interativas
Completa	Computação embarcada em objetos	Bits e átomos acoplados

Figura 3.1: Relação entre as classificações de Fishkin[29], Zukerman et al.[30] e Ishii & Ulmaer[13]

Uma outra noção discutida por [29] é a de metáfora. No contexto das interfaces, [29] define metáfora como sendo o grau de analogia entre as ações do usuário e os efeitos no mundo real. O projetista pode usar a forma, o tamanho, a cor, o peso, o cheiro e a textura do objeto para evocar várias ligações metafóricas. A questão que se apresenta é: o efeito do sistema causado pela ação do usuário é análogo ao efeito do mundo real para ações similares? Esta analogia define os diferentes níveis de metáfora:

- nenhuma metáfora (*none*): não há analogia com o mundo real. Dois exemplos seriam a BitBall [36] (uma bola que, entre outras ações, ao ser apertada produz efeitos sonoros), e os Beads [36] (peças que ao serem conectadas têm sua aparência visual modificada).
- metáfora de nome (*noun*): a analogia é feita em relação à forma, aparência

ou som do objeto. Porém, as ações feitas sobre o objeto não têm analogia. Por exemplo, no sistema de Want [41], vários objetos são marcados com identificadores eletrônicos (*electronic tags*). O sistema usa estes identificadores para reconhecer cada objeto e a partir deste reconhecimento um programa no computador executa uma ação. Porém, a ação do usuário para que esta identificação ocorra é a mesma para todos os objetos (apresentá-los ao sistema). Ou seja, não há analogia com a ação que se faz com os objetos, apenas com suas propriedades físicas.

- metáfora de verbo (*verb*): a analogia está na ação feita com o objeto, a sua forma é irrelevante. Por exemplo, no ShakePad [42], o ato de “agitar” o objeto corresponde à ação de limpar no sistema.

- metáfora de nome e verbo: (*noun and verb*): a analogia está tanto na forma quanto na ação, mas os objetos físico e virtual ainda diferem. Um exemplo seria a aplicação Urp [29], em que os objetos sendo manipulados representam prédios. Ao serem movidos, os prédios produzem sombras na paisagem virtual atrás deles - mover um prédio no sistema é como mover um prédio no mundo real.

- metáfora completa: (*full*): não é preciso fazer uma analogia - o sistema virtual é o sistema físico. O objeto é manipulado e o mundo muda de acordo com esta manipulação. Por exemplo, no sistema *Illuminating Clay* [12], um pedaço de barro é usado para representar uma paisagem e, ao ser manipulado fisicamente, tem sua superfície alterada através da projeção de características correspondentes da paisagem, calculadas em tempo real pelo sistema.

Muitos sistemas com incorporação completa apresentam também metáfora completa, como é o caso do *Illuminating Clay*. Segundo [29], quanto maiores os níveis de incorporação e metáfora, mais “tangível” é um sistema. Na Figura 3.2, posicionamos alguns dos sistemas citados em um gráfico com os graus de incorporação e metáfora.

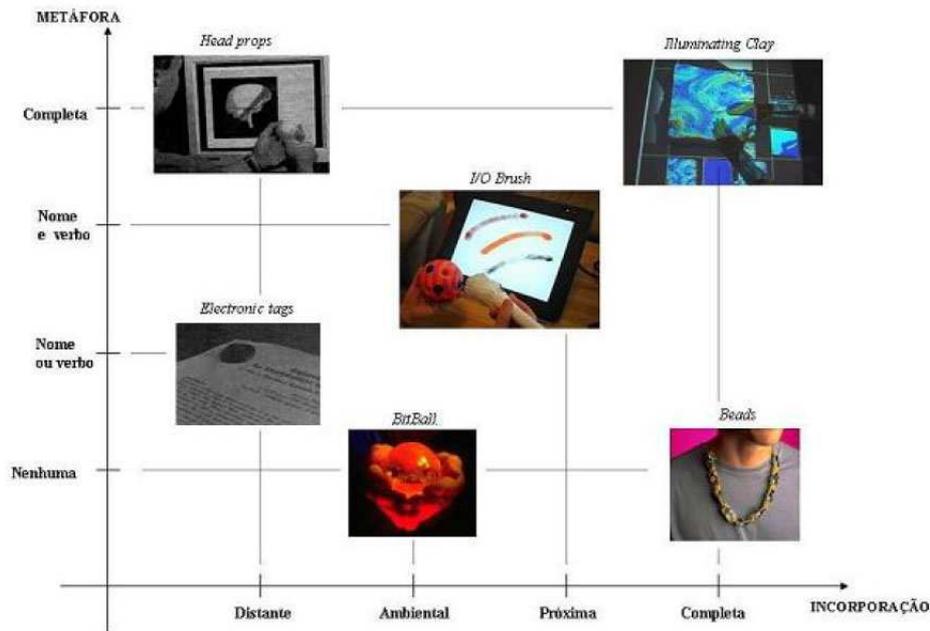


Figura 3.2: Graus de incorporação e metáfora de algumas interfaces tangíveis

Para complementar o estudo, a seguir serão descritos os aspectos genéricos de classificação de sistemas UIs:

- **Simplicidade de interface**

Para ter uma boa aceitação por parte dos usuários e pesquisadores, além de não gerar insegurança e resistência nem tampouco trazer entraves ao processo de visualização e tomada de decisões, os produtos devem ter uma interface cujo uso seja simples e aprendido rapidamente. No caso TUIs, a simplicidade da interface depende tanto da forma de entrada quanto de saída. Em vários casos, o dispositivo de entrada provê uma interação extremamente simples, porém a informação visual dada pelo sistema pode ser complexa. Na categoria dos manipulativos digitais, as maiores dificuldades referem-se ao aprendizado detalhado do funcionamento dos componentes do sistema, indispensável para que o uso de alguns dos produtos seja proveitoso.

- **Linguagem**

Atualmente existem diversas linguagens para desenvolver um sistema que envolva interface tangível. Algumas das linguagens mais utilizadas são: C, C++, JAVA, Delphi.

- **Biblioteca gráfica**

As bibliotecas gráficas são conjuntos de funções a serem utilizadas com uma linguagem de programação, a fim de programar com mais facilidade uma aplicação gráfica. São elas: OpenGL, OpenSceneGraph, Performer, OpenSG, DirectX.

- **Categoria**

A categoria da interface tangível está diretamente ligada ao número de usuários que é suportado pelo sistema. O sistema pode se enquadrar em duas categorias: monousuários e multi-usuários. Em um sistema monousuário, a interação é permitida somente com um único objeto tangível de cada vez, embora possa haver participação de outros usuários, como espectadores. Os sistemas multi-usuários permitem que várias pessoas interajam em um mesmo ambiente, utilizando mais de um objeto tangível ao mesmo tempo ou mais de um marcador ao mesmo tempo.

- **Representação física da informação digital**

Os sistemas de interface de usuário que possuem uma representação física da informação digital pode gerar dois tipos de ações: *input* e *output*. A ação de *output* ocorre quando os dados do sistema geram uma saída que provocará, em tempo real, uma deformação no hardware físico, enquanto que, na de *input*, o usuário é o responsável pela deformação no hardware a ser introduzida no sistema.

- **Plataformas**

Neste item, é identificado qual o equipamento e o sistema operacional utilizado. Podemos citar os sistemas UNIX, Windows, Silicon Graphics, Macintosh, dentre outros.

- **Integrações com outras aplicações**

Alguns sistemas permitem a integração com outras aplicações, ou seja, há a possibilidade de compartilhamento entre aplicações existentes.

- **Utilização de dispositivos**

Os dispositivos são os tipos de equipamentos usados para apoiar os processos imersivos e interativos: óculos estereoscópicos de cristal líquido, capacete de imersão (I-Glass, HMD-*Head Mounted Display*), luvas de realidade virtual, dispositivos de rastreamento e captura (Mimio), geradores de som 3D, CAVETM, telas cônicas, LCD, Plasma, jostick (Wii Remote), etc.

- **Inserção de conteúdo nas cenas virtuais**

Vários objetos virtuais podem ser inseridos pelo usuário na cena para simulação:

shapefiles, mapas, imagens, texto, acidentes, água, relevo, etc.

- **Uso colaborativo**

A possibilidade de colaboração entre os usuários é um aspecto vantajoso. Para a maioria dos produtos, mesmo que não haja uma intenção explícita do desenvolvedor de proporcionar o uso colaborativo, é possível fazê-lo sem maiores dificuldades.

A seguir, na Figura 3.3, é apresentada a estrutura de classificação de sistemas UIs, criada a partir dos aspectos acima descritos.

Aspectos	Possibilidades
Simplicidade da interface	Interface Complexa Interface Simples
Linguagem Utilizada	C C++ JAVA Delphi
Biblioteca Gráfica	OpenGL OpenSceneGraph Performer OpenSG DirectX
Categoria	Multi-usuários Monousuários
Representação física da informação digital	input output
Plataforma	Unix Windows Silicon Graphics Macintosh
Interação com outras aplicações	É permitido Não é permitido
Utilização de Dispositivos	Óculos estereoscópicos I-Glass HMD mesa sensível Luvas dispositivo de rastreamento dispositivo de captura geradores de som 3D CAVE Telas cônicas LCD/ Plasma projektor token objeto tangível com marcador
Inserção de conteúdo nas cenas virtuais	shapefiles mapas imagens texto acidentes água relevo
Uso colaborativo	sim Não

Figura 3.3: Estrutura de classificação para aspectos genéricos de sistemas UIs.

Estas estruturas serão utilizadas para classificar as características dos exemplos que se seguem.

3.1.1 Exemplos ilustrativos

- **Simulação de interfaceamento colaborativo para planejamento em caso de desastre**

O primeiro trabalho a ser citado é da equipe de Kazue Kobayashi et al. [43], que trata de um sistema para simulação de prevenção de desastres. Baseia-se em uma ferramenta colaborativa para simulação e visualização de desastres e evacuação de áreas, com intuito de diminuir os riscos de danos para uma determinada região e sua população. Para isto, foi prototipada uma mesa de interface tangível para as simulações e discussões dos procedimentos para prevenção ou contorno dos desastres. Sua proposta é mostrar que o sistema pode suportar planejamentos colaborativos emergenciais por um grupo de usuários, mesmo não sendo especialistas. O autor descreve o planejamento, implementação e as conclusões obtidas, conforme a Figura 3.4.



Figura 3.4: Sistema colaborativo pra medição de desastre em uso [43]

Estilos de Interação

O banco de dados do Sistema de Informação Geográfica (GIS) é usado para estimar os riscos de danos. Em uma mesa de interface tangível, o sistema é multiusuário e permite várias entradas de parâmetros tais como: o tempo de evacuação e isola-

mento do local, a dimensão de um desastre (maremoto, terremoto, incêndio), etc. Os usuários podem examinar os danos que um desastre pode causar e tomar medidas para diminuir esta estimativa de dano. Foi decidido usar uma Interface Tangível de Usuário (TUI), devido à sua multiplexidade espacial de entrada e velocidade na manipulação, edição e alteração de parâmetros.

Um objeto tangível transmite comandos e parâmetros utilizados na simulação para um mapa gráfico projetado em uma mesa, onde há um computador conectado aos sensores desta que controla o estado do objeto tangível. Além da mesa, os resultados são projetados em uma tela LCD (*Liquid Cristal Display*), a fim de serem manuseados e visualizados pelos usuários de forma rápida e intuitiva.

Este sistema foi implementado utilizando uma mesa sensível (*tabletop sensing*), a qual detecta a localização e orientação do *token* através de ondas eletromagnéticas. A arquitetura consiste em uma mesa de 80 x 60 cm, um projetor no teto, um mapa na mesa tangível e os *tokens* de aproximadamente 4 cm de diâmetro.

Um computador conectado aos sensores da mesa controla o estado do *token* e o envia para a *engine* do simulador implementado na linguagem C++. O resultado, por sua vez, é projetado como uma animação. Este também é interpretado em outras duas formas: a primeira é por meio de gráficos em uma tela LCD junto à mesa tangível; a outra consiste na visualização em 3D em uma outra tela LCD (Figura 3.5).

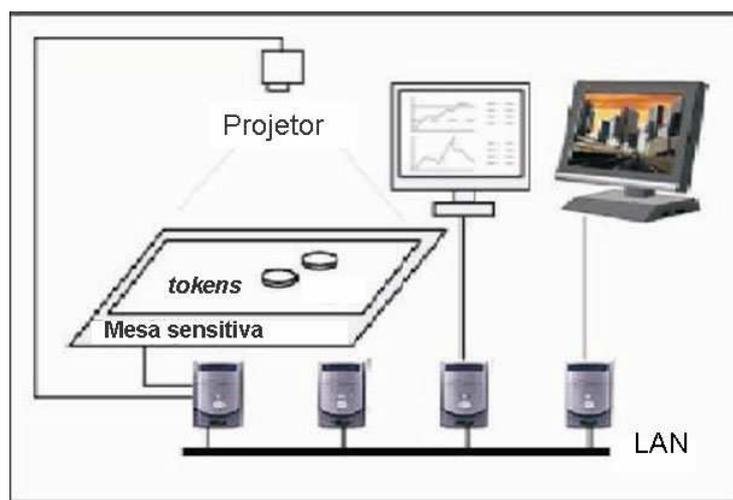


Figura 3.5: Arquitetura do sistema de desastre [43]

Como foi dito, usuários podem colocar um *token* projetado em uma mesa e

manipular fisicamente o mapa introduzindo parâmetros na simulação (figura 3.6). Os *tokens* se localizam na parte inferior da interface na mesa com suas diversas funcionalidades: Ponto de estagnação de fogo, área restrita e população adicional. Quando o usuário coloca um *token*, o ícone brilha e o usuário pode usá-lo onde desejar no mapa.

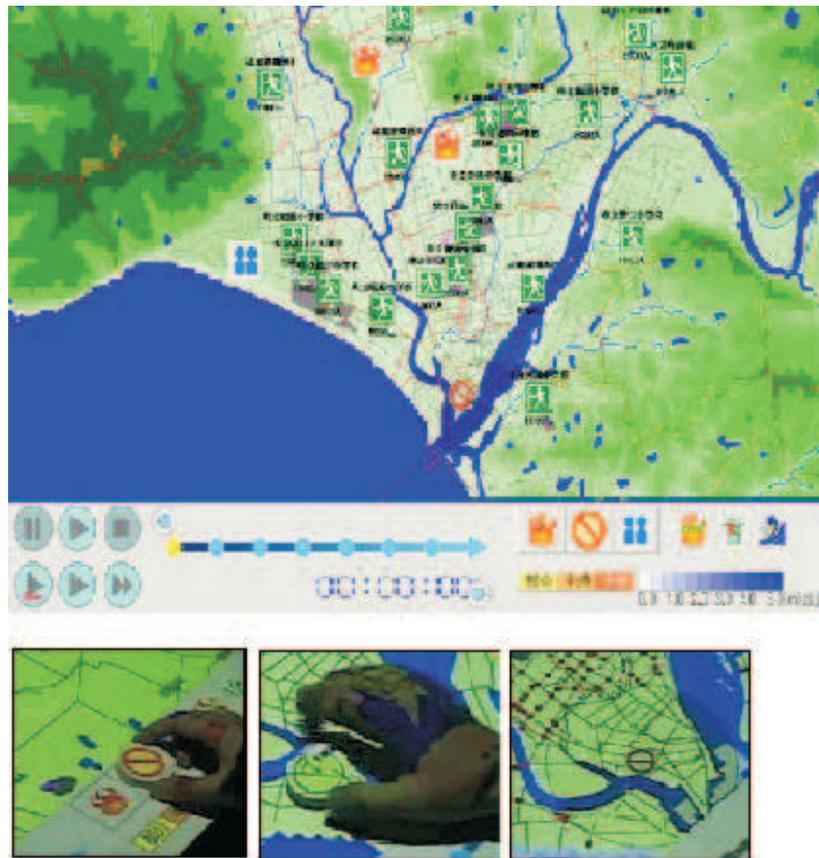


Figura 3.6: Interface e seqüência de manipulação de um *token* para uma área restrita

Alguns ícones têm funcionalidades básicas, como escala e rotação. Durante a simulação, este sistema visualiza locais onde pessoas procuram abrigo ou divergem de áreas desastrosas. Nesta situação o sistema altera de cor o ícone relacionado, por exemplo, a abrigo. Se a cor é verde em um status normal, torna-se vermelha se a quantidade de pessoas ultrapassa o limite esperado. Depois da simulação completa, os dados numéricos estimados para morte e danos, por exemplo, são transferidos para o gráficos para serem analisados.

O protótipo foi testado para mais de 100 pessoas especialistas e não especialistas em desastres em uma sala no NTT Comware Co. no Japão e foi bem sucedido. Foi percebida a facilidade e agilidade no uso do sistema entre as pessoas. Diferentes entradas de dados foram inseridas, como nível de água e capacidade máxima de abrigo em uma determinada área. Outra observação das pessoas foi a facilidade de interpretar, inserir e resolver problemas de áreas de risco no mapa.

Limitações Técnicas

Neste trabalho a obtenção dos componentes, montagem dos sensores na mesa tangível, a programação e testes dos *drivers* demanda um grande esforço de programação além da imprecisão no uso dos objetos.

• TUI: um novo paradigma para uso de GIS

Outra técnica [12], foi a projetada pela equipe orientada por Hiroshi Ishii [44] do *Massachusetts Institute of Technology* - MIT , com o objetivo de utilizar um modelo de fácil interatividade para uma análise mais eficaz de um resultado em GIS, enfocando principalmente, a interpretação dos não especialistas.

Para a utilização e análise de resultados desta aplicação, o MIT elaborou duas experiências distintas denominadas *illuminating Clay* e *SandScape*. Ambas são baseadas no mesmo princípio, segundo o qual o usuário interage com um modelo físico de argila, moldando em tempo real e com possíveis situações em GIS baseado em um modelo digital de elevação (DEM).

Estilos de interação (Arquitetura do sistema)

Antes de abordar como esta aplicação estabelece a interação com o usuário, é necessário apresentar os elementos que compõem sua interface.

Ambas as aplicações precisam de um projetor para fornecer uma imagem e uma câmera para capturar movimentos feitos pelo usuário. Estes equipamentos ficam

situados de forma perpendicular à imagem, em uma altura de aproximadamente 2 metros.

O sensoriamento de saída de dados é enviado para um computador e transformado no formato de dados DEM. Algoritmos de análise GIS são aplicados no DEM e o resultado é projetado no modelo de argila. A diferença entre as duas técnicas é o sensoriamento 3D utilizado.

No caso da aplicação *illuminating Clay*, é utilizado um sistema comercial de triangulação baseado em escaner a laser Minolta™ Vivid-900™[45] para capturar a superfície geométrica do modelo físico de argila. Esta argila é modelada em uma malha de alumínio flexível, no qual o usuário modela com os dedos o formato que deseja que o DEM se comporte. O escaner a laser é calibrado juntamente com o projetor, para que, a medida que o usuário for modelando com os dedos o modelo físico, haja sincronia em tempo real com a imagem fornecida. Com isso, é garantida a sobreposição das coordenadas transmitidas e capturadas na superfície. Na Figura 3.7 são mostrados os dois esquemas.

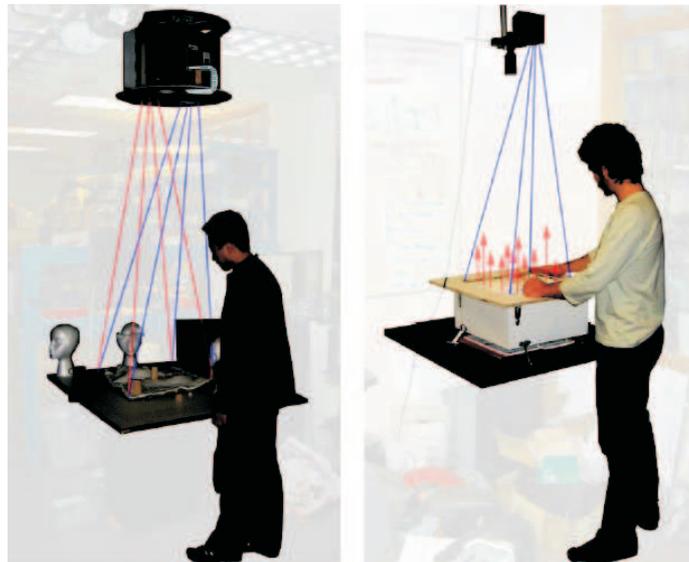


Figura 3.7: *Illuminating Clay* e *SandScape* respectivamente [12].

Na aplicação *SandScape*, além do modelo físico de argila, é usada uma base de vidro com 600 LEDs infravermelhos abaixo dela. Uma câmera infravermelha e monocromática é posicionada acima da base para capturar a intensidade de luz passada através da argila, com o objetivo de verificar a altura do relevo. Com isto, a intensidade da luz transmitida está em função da profundidade da argila em relação

a sua base. Um mapeamento pode ser usado para converter valores de intensidade de luz em valores de elevação de superfície.

Em ambas as técnicas, o modelo de argila é envolvido por várias imagens em diferentes ângulos, as quais podem ser escolhidas pelo usuário por meio de objetos tangíveis, com o intuito de representá-la ampliada no modelo físico.

Além disto, há uma tela vertical (Figura 3.8) que mostra a imagem selecionada em perspectiva, para uma visualização e discussão melhor.



Figura 3.8: Tela vertical com visão em perspectiva usando *Illuminating Clay* [12]

Limitações Técnicas

A modelagem manual do modelo físico não é precisa, isto é, no caso de uma aquisição de elevação de terreno, o usuário modela a argila sem especificar com exatidão o valor da medida de elevação desejada. A aplicação não permite inserir ou editar dados no DEM.

3.1.2 Tabela comparativa

As interfaces tangíveis têm se tornado muito populares. Elas não são melhores que qualquer outro tipo de tecnologia, mas elas proveem formas inovadoras de interação que abrem novas possibilidades de aprendizagem, como refletir sobre o mundo através de novas decisões e participação. A introdução de novas tecnologias não implica considerar as tecnologias anteriores redundantes. As novas tecnologias não substituem as antigas, mas modificam, remodelam e misturam as formas como os humanos falam, lêem, escrevem e trabalham [46]. Interfaces tangíveis apresentam uma oportunidade de criar sistemas físicos de modelagem computacionalmente aumentados, que possuem vantagens tanto dos dados digitais (como fato de serem editáveis) quanto do aspecto físico do modelo tangível [37].

A seguir, nas Figuras 3.9 e 3.10 são apresentadas as tabelas comparativas das estruturas de classificação para aspectos genéricos de sistemas UIs e TUIs utilizando GIS, comparadas a partir dos aspectos acima descritos.

Aspectos	Simulação desastre	illuminating Clay	SandScape
Simplicidade da interface	Simplex	Simplex	Simplex
Linguagem utilizada	C++	C++	C++
Biblioteca Gráfica	Não foi citada	OpenGL	OpenGL
Categoria	Multi-Usuário	Multi-Usuário	Multi-Usuário
Representação física da informação digital	input/ output	input	input/ output
Plataforma	Linux	Linux	Linux
Interação com outras aplicações	É permitida interação com mesa sensítiva	Interação com argila	Interação com argila
Utilização de Dispositivos	Mesa sensítiva Tela LCD tokens projektor	camera escaner a laser projektor	base de vidro LEDs infra-vermelha camera infravermelha Tela LCD
Inserção de conteúdo nas cenas virtuais	tempo de evacuação isolamento do local terremoto maremoto incendio escala rotação dimensão de um desastre	Formas arbitrárias	Não foi citada
Uso colabortivo	sim	sim	sim

Figura 3.9: Tabela comparativa da estrutura de classificação para aspectos genéricos de sistemas UIs utilizando GIS

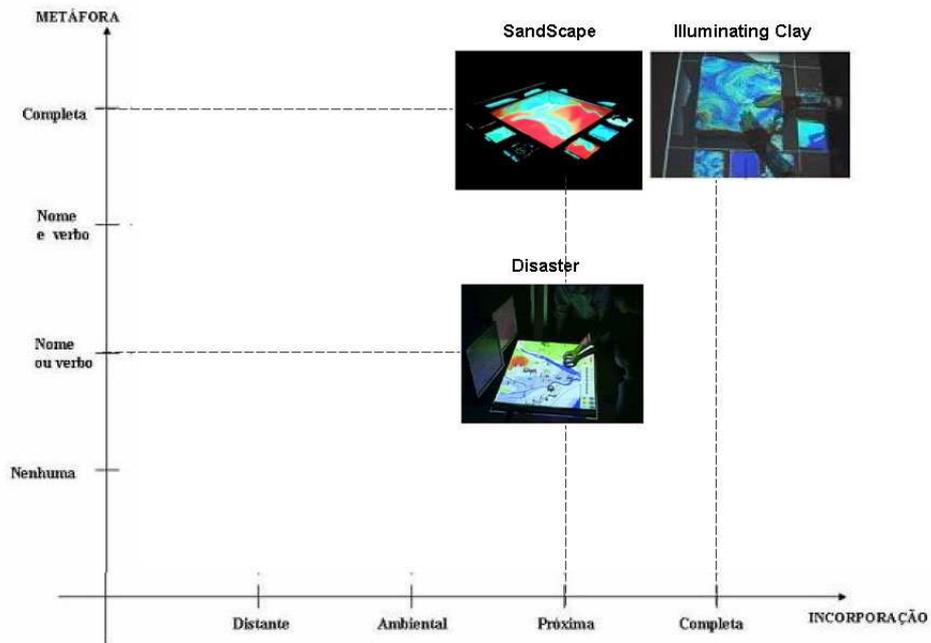


Figura 3.10: Tabela comparativa da estrutura de classificação para sistemas TUIs utilizando GIS

Para concretizar este estudo, estas tabelas comparativas serão utilizadas novamente no capítulo 5 para ajudar na análise do protótipo do Sistema TANGIS proposto.

A seguir, no capítulo 4, será apresentado o protótipo do Sistema TANGIS com seu desenvolvimento.

Capítulo 4

O sistema TANGIS

Neste capítulo será apresentada a implementação do sistema proposto o qual foi desenvolvido baseando-se exclusivamente em bibliotecas de código livre.

Tendo em vista os conceitos apresentados no capítulo 2, a proposta deste trabalho é implementar um sistema de visualização geográfica com diferentes formas de visualizações, para apoiar uma equipe interdisciplinar na tomada de decisões de forma colaborativa em operações de contingências na Amazônia, utilizando para isto uma interface tangível.

O sistema utiliza Modelos Digital de Elevação, através de imagens capturadas pelo SRTM, Mosaico JERS-1 SAR e LANDSAT-5 TM (Zulu), e a técnica de Interface Tangível de Usuário (TUI), permitindo que os usuários manipulem os mapas com objetos tangíveis a fim de analisar, interagir, colaborar e alterar dados em tempo real.

Durante o desenvolvimento diversas escolhas foram feitas em relação ao hardware utilizado e bibliotecas de software empregadas a fim de que os usuários pudessem interagir com o ambiente de maneira rápida e sem muitas dificuldades quanto ao uso da tecnologia de interface tangível, tirando o máximo de proveito da análise através das diferentes formas de visualização propostas.

O sistema completo é composto por um gerenciador de projetos, o programa principal e um conjunto de plugins (Figura 4.1).

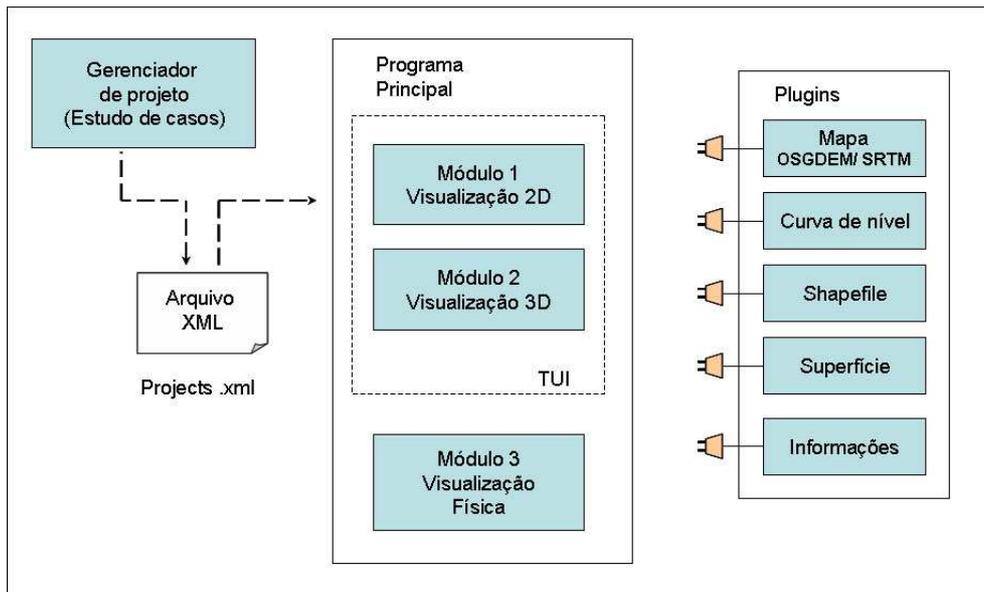


Figura 4.1: Esquema dos componentes do Sistema

Um ponto importante foi a criação de um gerenciador de projetos para servir como *front-end* do programa principal. Este gerenciador permite a criação, edição e remoção de projetos. Cada projeto é conjunto pré-configurado de mapas, camadas com *shapefiles* e informações a serem analisadas para um objetivo específico, por exemplo, cada um dos três estudos de caso desta tese é um projeto criado com o uso deste gerenciador. O gerenciador de projetos foi desenvolvido a partir de uma interface de janelas (GUI) com uso convencional do mouse e teclado. Nesse caso, o uso de uma interface TUI não foi aplicado pois, até este ponto, os mapas ainda não seriam apresentados, e para as funções de configuração uma GUI se mostrou muito mais eficaz e o uso da TUI extremamente tedioso. Além de permitir a organização e estruturação dos projetos criados o gerenciador executa o programa principal expondo ao usuário as formas de visualização e a interface tangível.

O programa principal foi subdividido em módulos para facilitar o seu desenvolvimento e documentação. A seguir, serão vistas as descrições dos módulos do programa principal juntamente com as suas respectivas funcionalidades.

O primeiro módulo é o sistema de visualização 2D. Este apresenta a vista de topo do mapa em um monitor de plasma ou LCD. Este monitor é utilizado como uma mesa de análise do mapa, com os objetos tangíveis colocados sobre ele. Para interagir com o sistema, os usuários utilizam os objetos tangíveis, que são detectados por uma câmera apontada para baixo e colocada acima do monitor. Os objetos

tangíveis possuem marcadores que são figuras simples que, uma vez detectadas pela câmera, acionam tarefas relativas a qual procedimento o usuário queira tomar.

Os objetos tangíveis podem ser de qualquer forma e de qualquer tamanho, contanto que tenham pelo menos um marcador para identificar uma funcionalidade no sistema. Para este trabalho, foram utilizados dois cubos com seis marcadores distintos em cada, além de objetos com marcadores individuais para as funções de translação, rotação e escala.

O segundo módulo é o sistema de visualização 3D. Este exhibe, em outro monitor de plasma ou LCD, a visualização em perspectiva da região do mapa correspondente à vista de topo em 2D. A visualização proporcionada por este módulo possibilita uma visão mais realista de uma determinada área, por permitir ver com detalhes a elevação das regiões do mapa.

O terceiro e último módulo é a mesa mecatrônica para visualização topográfica 3D, a qual é capaz de se deformar fisicamente de acordo com os dados de elevação da região visualizada. Um projetor emite uma imagem sobre a mesa que possui um tecido flexível suspenso por pinos móveis acionados por um conjunto de servomotores. Os servomotores recebem os dados da elevação através de uma interface USB e acionam os pinos que por sua vez deformam o tecido de acordo com a elevação do terreno, reproduzindo assim, fisicamente, a imagem emitida.

A utilização de plugins permite que o sistema seja bastante flexível em relação ao desenvolvimento de projetos futuros. Para cada camada a ser visualizada foi criado um plugin específico, se uma nova camada para adicionar uma nova funcionalidade ao software for necessária, nenhuma ou pouquíssima mudança será necessária no gerenciador e no programa principal. Além disso, o uso de plugins facilitou a etapa de desenvolvimento no que diz respeito ao tempo de compilação e padronização do software.

A seguir, serão detalhadas as etapas que compõem o modelo de desenvolvimento: definição de requisitos, definição das bibliotecas de desenvolvimento e implementação do sistema proposto.

4.1 Etapas do processo de desenvolvimento

4.1.1 Definição dos requisitos

Nesta fase, são identificados e analisados os principais requisitos do sistema.

- Definição dos usuários:

Os usuários do sistema são da área tecnológica e ambiental: gerentes, pesquisadores, administradores e técnicos especialistas ou não em geoprocessamento. Vide anexo 1.

- Definição das tarefas:

O usuário poderá tomar decisões no âmbito ambiental, como por exemplo, simular diferentes estratégias para otimização de instalação de dutos, comparar mapas hidrográficos da mesma região, dentre outros. Para isso, o sistema dá suporte a diversas técnicas utilizadas em sistemas de informação geográfica, tais como: uso de *shapefiles*[26], curvas de nível, sobreposição de mapas e carregamento de arquivos com informações georreferenciadas gerados externamente. Estas técnicas foram empregadas nos testes realizados no software, vide anexo 4.

4.1.2 Definição das ferramentas e bibliotecas de desenvolvimento

Uma das prioridades na escolha dos requisitos de software para o presente trabalho foi o uso de bibliotecas de software livre juntamente com um compilador e uma linguagem que pudesse prover desempenho e flexibilidade para a elaboração de todos os módulos do sistema.

Foi utilizada a linguagem C++ por meio do compilador Microsoft Visual Studio C++ Express (versão gratuita liberada pela Microsoft), onde, através de um arquivo de solução, foram criados o gerenciador de projetos, o programa principal e os plugins que compõem o sistema.

As bibliotecas escolhidas foram:

- ARToolKit [47]: biblioteca de realidade aumentada responsável pela captura de vídeo usada para detectar a posição e orientação dos marcadores dos objetos tangíveis.

- OpenSceneGraph [48]: biblioteca gráfica para a construção das interfaces gráficas 2D e 3D.
- GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*) [49]: biblioteca para leitura e interpretação de metadados de arquivos SRTM[23].
- Shapelib (*ESRI Shapefile Library*) [50]: biblioteca para leitura e interpretação de shapefiles[26] da ESRI (desenvolvedora do ArcGIS/ArcView).
- WxWidgets[51]: biblioteca para desenvolvimento de interfaces gráficas (GUI) para Windows, utilizada na construção do gerenciador de projetos.
- LibXML2[52]: biblioteca para leitura e geração de arquivos XML para armazenamento dos projetos e das configurações do sistema.

Adicionalmente, um aplicativo chamado OSGDEM, que integra o VirtualPlanetBuilder[53] (projeto desenvolvido pela equipe do OpenSceneGraph), foi utilizado para gerar o modelo virtual do mapa na extensão .OSG para ser visualizado em 2D (em uma tela de LCD ou plasma onde estão os objetos tangíveis) e também em 3D (em outra tela de LCD ou plasma). A vantagem em se utilizar o OSGDEM é que ele foi capaz receber como entrada as imagens de mapas de elevação do SRTM codificados em cores e outro sombreado (ambos no formato .tif) e gerar dois arquivos .OSGA com níveis de detalhamento (LOD - *Level of Details*) 4.2.

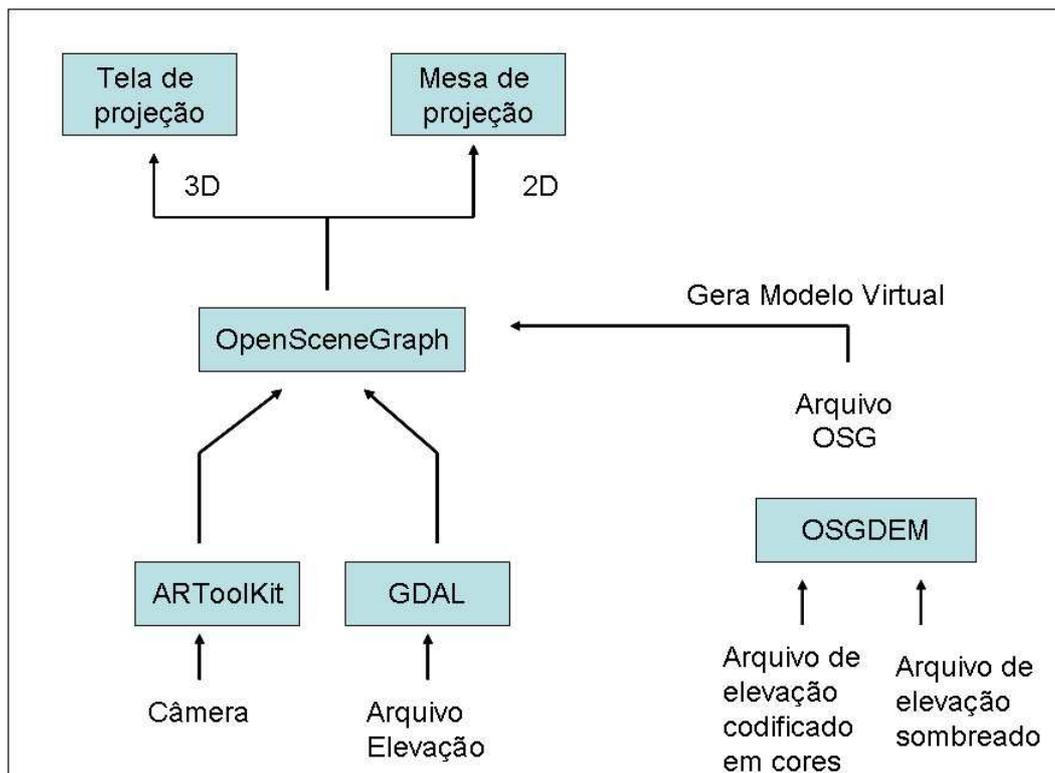


Figura 4.2: Utilização do OSGDEM

4.1.3 Implementação do sistema

A abordagem metodológica para o desenvolvimento neste trabalho tem como estruturação a divisão do sistema em:

- Gerenciador de projetos
- Programa Principal
- Conjunto de plugins

O programa principal é composto por três módulos, os quais permitem visualizações integradas, simultâneas e em tempo real, como mostra a Figura 4.3. Nesta figura, aparece um quarto módulo (CAVETM) o qual não foi implementado e é sugerido como extensão deste trabalho para futuros desenvolvimentos.

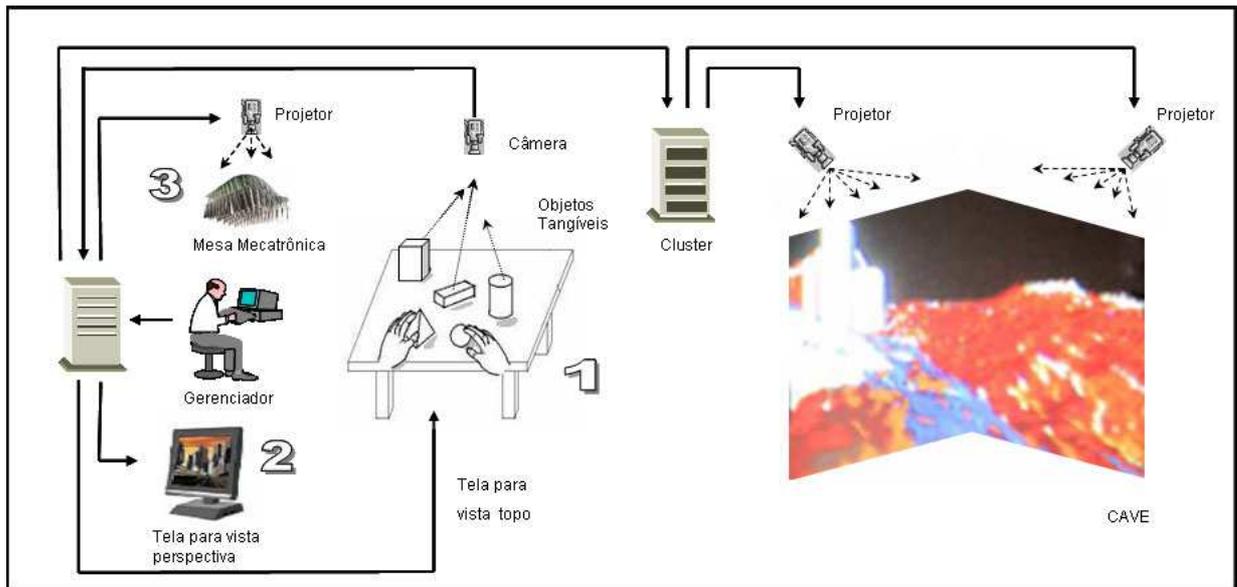


Figura 4.3: Arquitetura funcional do Sistema

- Gerenciador de projetos TANGIS

O gerenciador de projetos é um programa baseado em janelas (desenvolvido com a biblioteca wxWidgets) responsável por disparar o programa principal TANGIS. No gerenciador, é possível criar, editar e remover os projetos, os quais, no âmbito desta tese, estão relacionados aos estudos de casos descritos no capítulo 5. O gerenciador bem como o sistema são extensíveis através de um sistema de plugins, cada plugin é responsável por processar um tipo de camada diferente. Cada projeto (estudo de caso) pode conter diversos plugins sendo cada um responsável pelos componentes da visualização (Figura 4.1). Quando o usuário está criando um projeto, ele escolhe quais e quantas camadas este projeto irá conter. Cada camada escolhida corresponde a um dos plugins instalados, podendo ser escolhidas mais de uma camada de um mesmo tipo. O sistema conta com cinco plugins (camadas): mapa, curva de nível, shapefile, superfície e informações. Cada plugin é uma biblioteca de vínculo dinâmico (DLL) que é carregada tanto pelo gerenciador de projetos (para a configuração da camada) quanto pelo programa principal TANGIS (para a renderização do objeto em questão o qual o plugin processa). Este método de desenvolvimento foi escolhido não somente para o desenvolvimento rápido do sistema, mas também pela facilidade de se estender as suas funcionalidades.

A janela do gerenciador é dividida em duas seções. No lado esquerdo há uma

árvore de projetos, implementada através de um *wxTreeCtrl* do wxWidgets que apresenta todos projetos configurados, dentro de cada projeto estão as camadas que o compõem. Na janela do lado direito há um *wxPropertyGrid* o qual apresenta as propriedades do projeto ou camada selecionado na árvore (Figura 4.4).

No gerenciador de projetos é também possível configurar um série de características genéricas do sistema, tais como: as resoluções das interfaces 2D e 3D, o modo de funcionamento da placa gráfica (*dual view* ou *horizontal span*), posicionamento inicial da câmera 3D bem como seu campo de visão (FOV), iluminação das vistas 2D e 3D e calibragem dos marcadores.

A biblioteca LibXML2 foi utilizada para armazenar as configurações e a lista de projetos em arquivos XML: *config.xml* e *projects.xml* respectivamente. Estes arquivos são também interpretados pelo programa principal TANGIS no início de sua execução.

Os arquivos *config.xml* e *projects.xml* são salvos sempre que o programa é terminado ou um projeto é executado. Estes arquivos, sendo do formato XML, podem ser facilmente editados e oferece, além disso é possível criar arquivos de projetos e de configuração personalizados para cada instalação se desejado.

Adicionalmente foi acrescentado um *front end* para executar o utilitário OSGDEM, responsável por gerar um modelo 3D com níveis de detalhe (.OSGA) a partir de mapas de elevação do SRTM. O aplicativo OSGDEM gera um arquivo no formato do OpenSceneGraph (.OSG) que corresponde ao modelo virtual do terreno resultante do arquivo de mapas de elevação do SRTM codificados em cores e outro sombreado. Através do *front end*, pode-se configurar a maioria das opções do OSGDEM, incluindo a altura e largura em pixels, a quantidade de níveis de detalhamento (LOD) e o exagero vertical.

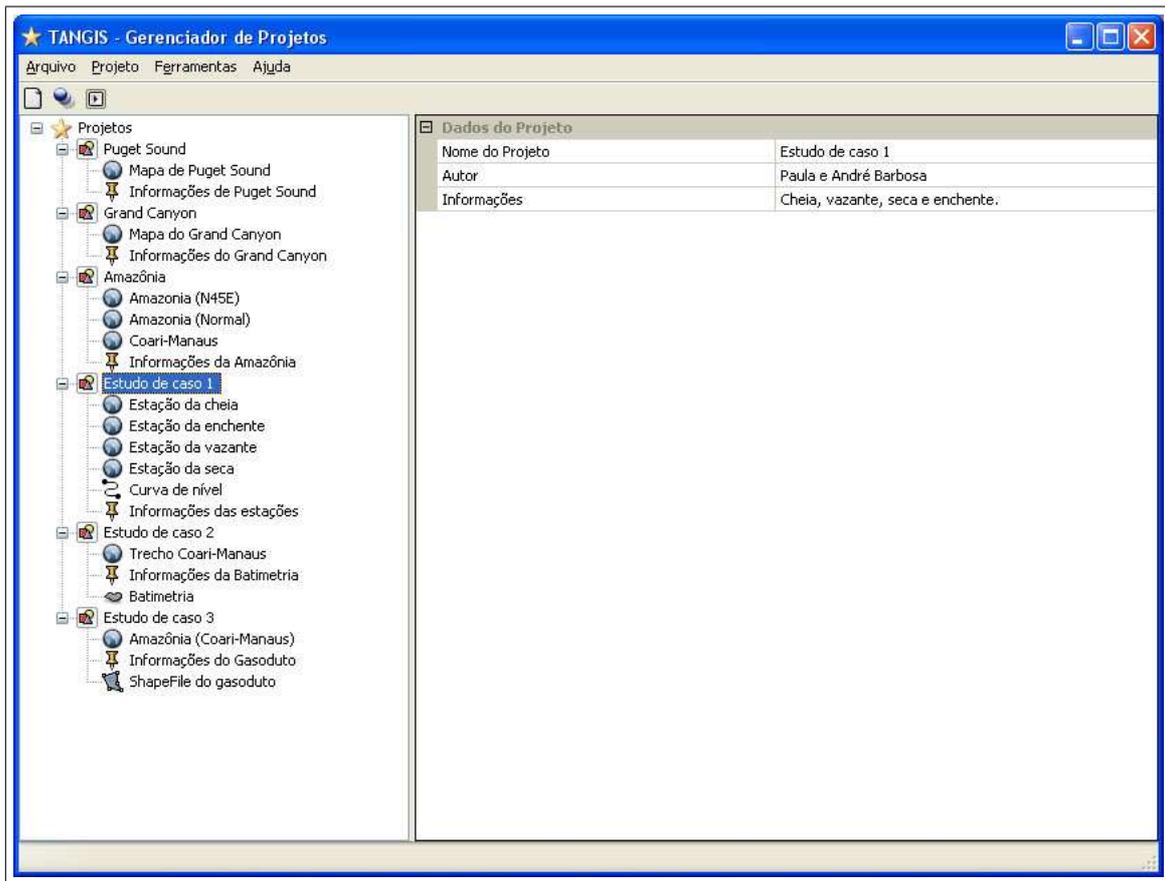


Figura 4.4: Interface do Sistema: Gerenciador de projetos

- Programa Principal - TUI

O programa principal possui, além dos módulos de visualização, o código responsável pela captura, identificação e processamento dos marcadores da interface tangível com o usuário (TUI). Este código é baseado na biblioteca ARToolkit a qual foi integrada ao OpenSceneGraph com auxílio de um *toolkit* específico chamado *osgARTK* (desenvolvido exclusivamente para este trabalho mas podendo ser utilizado em outras aplicações). Cada marcador é mapeado em um nó do OpenSceneGraph, onde sua translação e rotação podem ser utilizadas para as alterações na visualização 2D ou 3D.

A captura pode ser feita por uma câmera USB ou Firewire que deve ser previamente calibrada. Para os testes do software foi utilizada uma câmera USB com campo de visão maior que as câmeras convencionais. Foi utilizada a câmera Microsoft VX6000 a qual possui campo de visão de 71° e 1.3 Megapixels de resolução de vídeo.

Para a calibragem da câmera foram seguidas as instruções do software ARToolKit [47]. Trata-se de uma técnica relativamente simples da calibragem da câmera, onde é gerado um arquivo que contém os parâmetros intrínsecos (centro, distância focal e distorção das lentes). Este arquivo é lido pelo programa principal no início de sua execução através do *toolkit osgARTK*.

O programa principal pode ser executado em linha de comando na forma: `tangis.exe "nome_do_projeto"` onde `nome_do_projeto` é o nome do projeto desejado, especificado no arquivo XML que contém a descrição de todos os projetos (`projects.xml`). Abaixo seguem as sintaxes resumidas dos arquivos `projects.xml` e `config.xml`.

Sintaxe do arquivo `projects.xml`:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<PROJECTS>
  <PROJECT atributos...>
    <LAYER>
      <PROPERTY atributos> valor </PROPERTY>
      <PROPERTY atributos> valor </PROPERTY>
    </LAYER>
  </PROJECT>
</PROJECTS>
```

Sintaxe do arquivo `config.xml`:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<CONFIG>
  <PROPRIIDADE> valor </PROPRIIDADE>
</CONFIG>
```

- Programa Principal - Módulo de Visualização 2D

Este módulo gera a vista ortogonal de topo do modelo OSGA (para usufruir dos níveis de detalhe), esta vista ortogonal é direcionada a uma viewport que deve

ocupar toda a área da primeira tela de projeção (utilizada como mesa de análise), que pode ser uma tela de LCD ou plasma.

Os componentes que compõem a visualização 2D são:

Um mini mapa, que se localiza no canto superior esquerdo, o qual mostra o tamanho do mapa e sua área de visualização a qual se comporta de acordo com a transformação feita pelo usuário. Uma bússola, localizada no canto superior direito, permitindo uma orientação quando o usuário rotacionar o mapa. Uma tela de informações centralizada na parte inferior apresentando a latitude, longitude, altitude e informações adicionais sobre o projeto em execução.

Sobre esta visualização 2D os usuários interagem com o mapa manipulando os objetos tangíveis que possuem os seguintes marcadores: Escala 2D(Figura 4.6), translação 2D(Figura 4.8), rotação 2D(Figura 4.7), consultar informação(Figura 4.5), elevação do relevo(Figura 4.9), planificação do relevo(Figura 4.10), alterar camadas(Figura 4.13), iniciar(Figura 4.11), parar(Figura 4.12).

Os marcadores citados estão representados nas figuras abaixo:



Figura 4.5: Marcador de informação

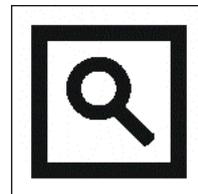


Figura 4.6: Marcador de escala

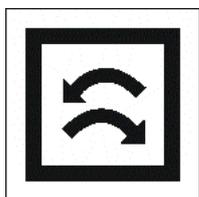


Figura 4.7: Marcador de rotação para visualização 2D

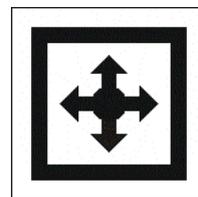


Figura 4.8: Marcador de Translação para visualização 2D

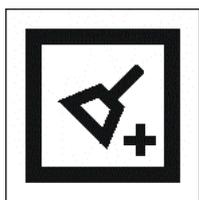


Figura 4.9: Marcador de elevação de um relevo

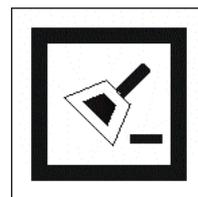


Figura 4.10: Marcador de planificação do relevo

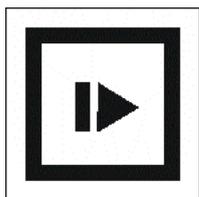


Figura 4.11: Marcador para iniciar uma simulação

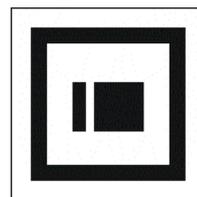


Figura 4.12: Marcador para parar uma simulação

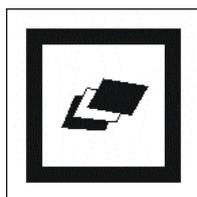


Figura 4.13: Marcador de alteração de camadas

O objeto tangível, quando posicionado na tela pela visualização 2D, tem sua posição e orientação detectadas pela câmera. Para indicar a detecção é desenhado um contorno colorido ao seu redor na posição e orientação correspondente. As transformações de escala, translação e rotação são realizadas em relação à posição onde se encontra o marcador sobre a tela. Para a translação, o movimento é similar ao arrastar e soltar de um mouse, com o marcador detectado o mapa segue o movimento do objeto tangível, com o marcador coberto pode-se mudar livremente a sua posição na tela sem interferir no mapa. Para as transformações de rotação e escala, estas são realizadas girando-se o objeto tangível na posição desejada. No caso específico da escala, um giro no sentido horário aumenta a escala e no sentido anti-horário diminui.

Os usuários podem também interagir no relevo da imagem, com o uso de dois marcadores distintos: um para elevar e outro para planificar. Para isto, basta o

usuário posicionar o marcador correspondente no local e friccionar o marcador até obter o resultado. Ao girar o objeto tangível é possível aumentar ou diminuir a área afetada pela elevação ou planificação. Neste caso específico a visualização 3D auxilia o usuário através de uma guia e um sombreamento sobre a região.

Para que o usuário possa ativar ou desativar uma camada (mapa, *shapefile*, etc) do projeto sendo visualizado foi incluído um marcador de camadas (Figura 4.13). Ao colocar o marcador de camadas sobre a mesa todas as camadas do projeto são mostradas, girando o objeto tangível o usuário é capaz de selecionar a camada desejada. Um temporizador foi implementado para ativar ou desativar a camada após 5 segundos, uma vez que o usuário permaneça na camada selecionada.

A visualização 2D conta ainda com um marcador para consulta de informações. As informações são inseridas via teclado, pois, no caso da digitação de texto, a interface tangível não se mostrou adequada. Ao finalizar a entrada da informação, é colocada uma marca no ponto (relativa ao alvo no centro da visualização 2D), juntamente com as informações de latitude, longitude e altitude deste ponto. Para a consulta o objeto tangível é aproximado da marca. Um vetor é criado do ponto onde se encontra o objeto tangível até todos os marcas inseridas no mapa, o módulo dos vetores é calculado e o menor é escolhido. Assim, o objeto tangível é capaz de encontrar a marca mais próxima (vetor de menor módulo) e exibir a informação referente a ele.

Para obter imagens da visualização 2D vide estudo de casos no capítulo 5.

- Programa Principal - Módulo de visualização 3D

Este modo gera a vista em perspectiva através de outro modelo .OSGA correspondente ao mesmo mapa da vista de topo (2D). Foram necessários dois modelos dos mesmos mapas por uma questão de eficiência, como será descrito a seguir.

Os mapas manipulados pelo sistema estão normalmente em arquivos muito grandes (entre 60 e 180 MB) podendo superar estes valores, dependendo das dimensões dos mapas. Para a vista de topo, onde uma das premissas era a utilização de níveis de detalhe, para que o usuário ganhasse em resolução quando aumentasse escala, isto aumenta ainda mais as dimensões dos mapas e, conseqüentemente, o tempo de

processamento.

A premissa do uso dos níveis de detalhe foi mantida, mas sacrificava a visualização em perspectiva, quando se operava através dos marcadores de elevação modificando a região em tempo real. Para um comprometimento entre eficiência e funcionalidade, não foi adotado o uso de níveis de detalhe na visualização em 3D, somente na visualização 2D. Assim, o usuário pode se beneficiar dos níveis de detalhe, obtendo uma melhor resolução na interface 2D e utilizar os recursos de aumentar e diminuir as elevações visualizando na interface 3D sem afetar o desempenho do sistema.

A visualização 3D é direcionada a uma outra viewport que deve ocupar toda a área da segunda tela de projeção utilizada de forma perpendicular e frontal. A visualização ocorre de forma sincronizada com a visualização 2D, ou seja, quando há uma transformação na vista 2D, esta também ocorre na vista 3D, apesar das vistas não serem provenientes de uma mesma sub-árvore na cena criada no OpenSceneGraph. Isto foi realizado através de um *callback*, que copia as transformações de uma vista para outra.

Uma transformação na visualização 2D afeta, portanto, a visualização 3D, mas o inverso não ocorre. Apesar disto, é possível alterar somente a visualização 3D, pois para isto foram criados marcadores específicos para que pequenos ajustes na perspectiva pudessem ser realizados, independentemente da interface 2D. São eles: Escala 3D (Figura 4.16), translação 3D (Figura 4.15) e rotação 3D (Figura 4.14).

A fim de completar 12 marcadores para compor os 2 cubos foram acrescentados dois marcadores: um para iniciar (Figura 4.11) e outro para parar (Figura 4.12) simulações. As simulações não foram desenvolvidas no presente trabalho, pois fogem ao escopo do tema proposto. Apesar disso, o sistema possui todo o suporte para o acréscimo de simulações que podem ser criadas como novos plugins.

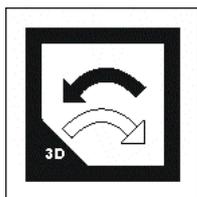


Figura 4.14: *Marcador de rotação para visualização 3D*

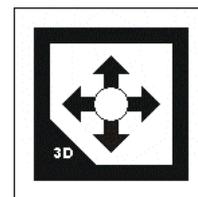


Figura 4.15: *Marcador de translação para visualização 3D*

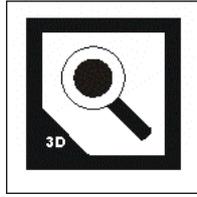


Figura 4.16: Marcador de escala pra visualização 3D

Para obter imagens da visualização 3D, vide estudo de casos no capítulo 5.

- Programa Principal - Mesa mecatrônica para visualização topográfica 3D

Este módulo permite a visualização física do modelo 3D e corresponde a um hardware composto de 144 servomotores que impulsionam verticalmente pinos móveis ligados a um tecido flexível. Os servomotores recebem os dados da elevação através de uma interface USB e acionam os pinos que, por sua vez, deformam o tecido de acordo com a elevação do terreno, simulando a elevação da região visualizada no sistema.

O mesmo sinal de vídeo gerado para a vista de topo (2D) é encaminhado também para um projetor que emite a imagem sobre a mesa que possui o tecido flexível, aumentando o grau de realismo da visualização física.

A fim de promover compatibilidade entre a imagem da vista de topo 2D e a projeção, o tecido, juntamente com a estrutura da mesa simula a resolução de um monitor *widescreen 16x9*. Por este motivo, tal configuração foi construída baseando-se em uma matriz de 16 x 9 pontos, totalizando uma resolução de 144 pontos abaixo do tecido, e portanto 144 servomotores, um para cada ponto.

A resolução do modelo 3D é mapeada coincidentemente com a resolução de servomotores existentes e o nível de cada altitude comanda o braço do servo que, por sua vez, deforma o tecido, criando uma superfície próxima ao relevo observado. Ou seja, partindo destes pontos, 144 servomotores impulsionam ou retraem o tecido, recriando a elevação do terreno, suficiente para analisar diversos aspectos, uma vez que a imagem do terreno também está sendo projetada.

Os 144 servomotores são interligados através de 6 placas controladoras, cada uma com capacidade para 24 servomotores. Estas placas se comunicam através

do barramento I2C, um barramento serial composto por um par de fios, bastante utilizado na indústria eletrônica. O barramento I2C funciona neste projeto no modo *master-slave*.

Uma das 6 placas controladoras é configurada como *master*, enquanto as outras cinco são configuradas como *slave*. A placa *master* possui uma porta serial (DB9), na qual foi conectado um conversor serial-USB. Assim, é possível comandar todos os 144 servos através de uma única conexão USB. O sistema de controle dos servos foi simulado no software Proteus (Figura 4.17).

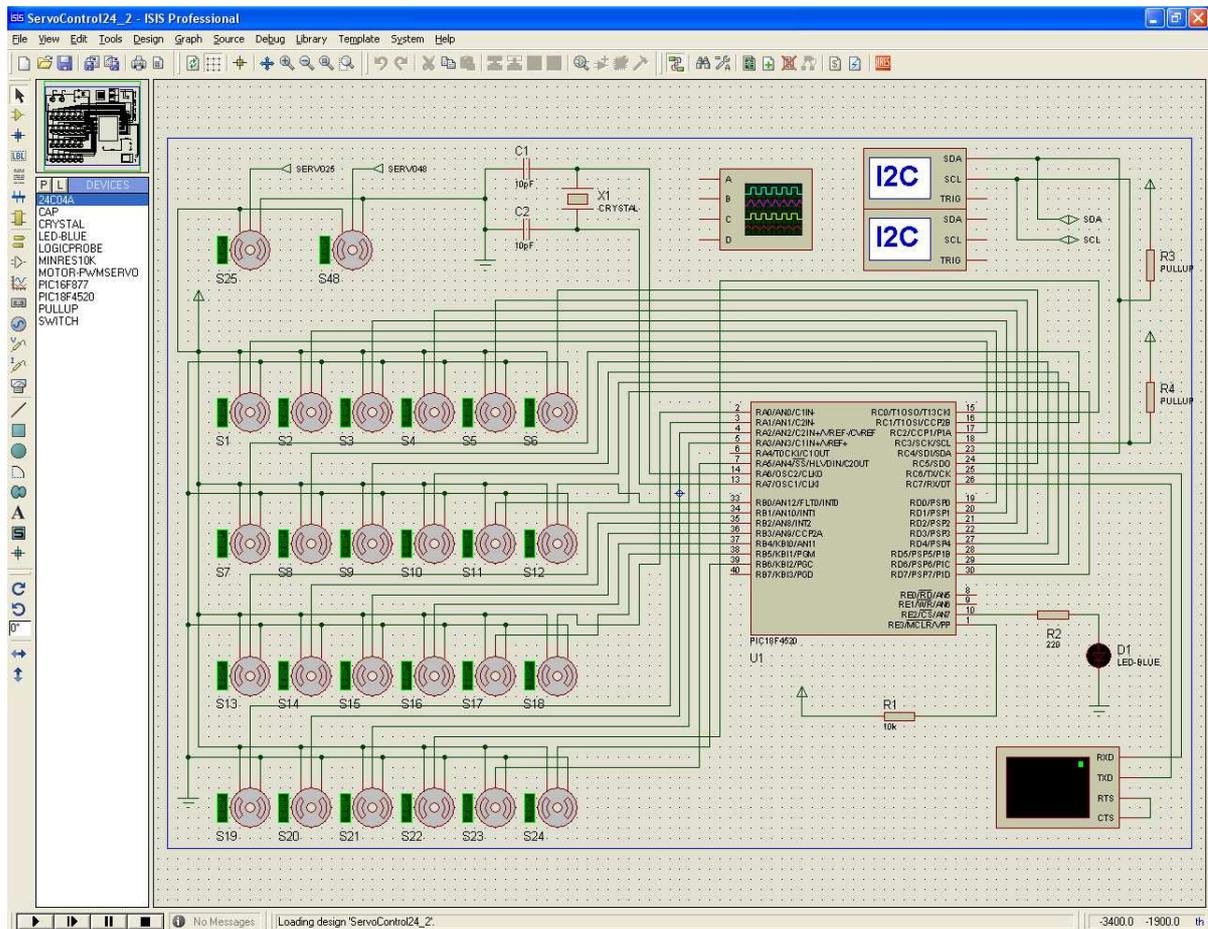


Figura 4.17: Simulação do controlador dos servos

A tensão de funcionamento dos servos é de 12V e as placas são alimentadas com 5V. O consumo de corrente de todos os servos e placas está em torno de 2A em modo ocioso. Estes fatores tornam ideal o uso de uma fonte de alimentação de PC que pode atender com bastante folga estes requisitos. Os servos, quando em funcionamento, consomem muito mais corrente (em torno de 120mA cada), o que

aumentaria demasiadamente o consumo se todos fossem acionados simultaneamente. Para evitar qualquer tipo de sobrecarga, o módulo de controle no programa principal aciona os servos em seqüência, fazendo com que se mova para indicar a elevação correta um de cada vez. Apesar disso, o processo completo dura menos de 10 segundos. Nas Figuras 4.18 e 4.19 são respectivamente mostrados os trechos das partes superior e inferior da mesa. A superior, são as esferas de madeira que serão presas ao tecido, e a parte inferior, são os servos.

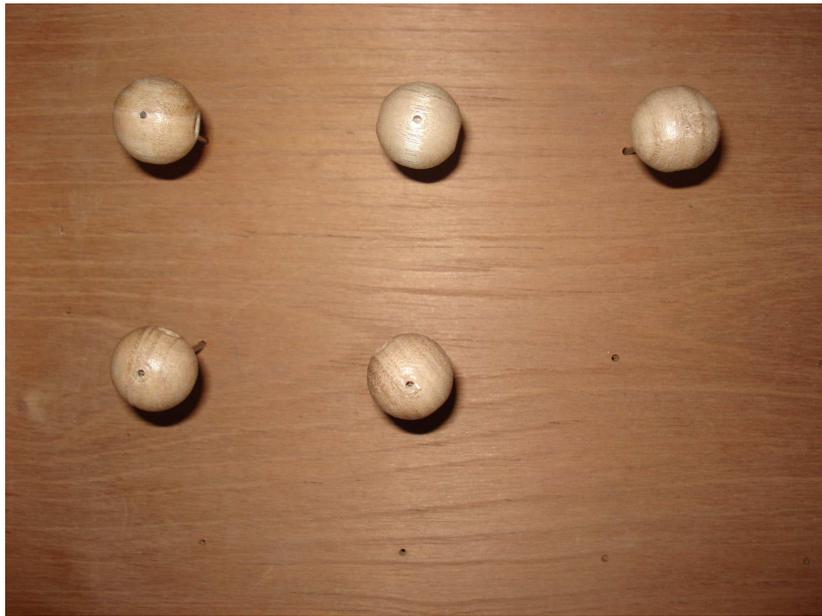


Figura 4.18: Trecho da parte superior da mesa mecatrônica

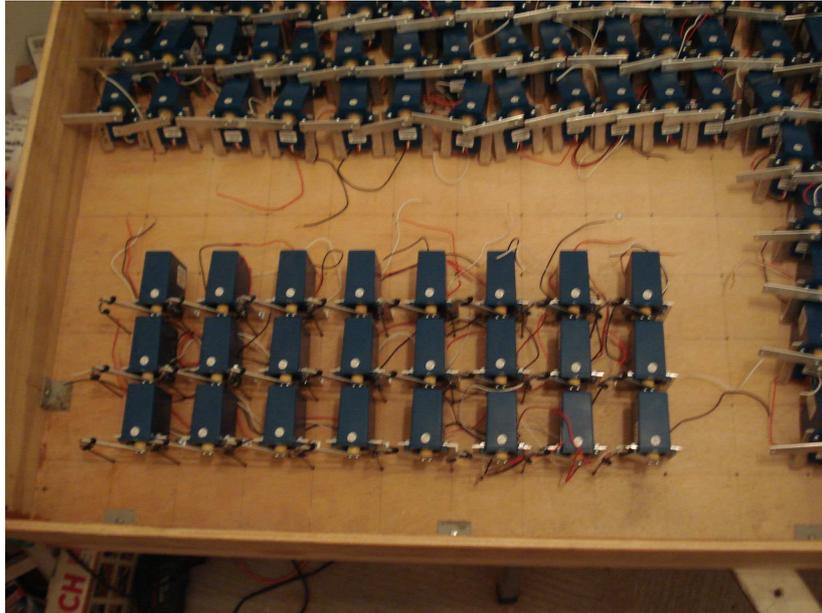


Figura 4.19: Trecho da parte inferior da mesa mecatrônica

Durante o uso do sistema, os usuários trabalham normalmente com os objetos tangíveis na mesa de visualização de topo 2D e utilizam a vista 3D como auxílio. Quando encontram uma região de interesse, uma tecla é acionada, as informações sobrepostas à visualização 2D (HUD) são removidas e o módulo encaminha os dados de elevação via interface USB para as placas e estas para os servomotores.

- Conjunto de Plugins

Plugin - Mapa (OSGDEN/SRTM)

Este plugin processa mapas gerados pelo utilitário OSGDEM (extensão .OSGA) para representação em 2D e 3D, necessitando que sejam inclusos dois arquivos: um de imagens de mapas de elevação do SRTM codificados em cores e outro sombreado para a obtenção dos dados georreferenciados. Os arquivos OSGA (que, na verdade, são arquivos compactados que contém os níveis de detalhe do modelo gerado) são processados diretamente pelo OpenSceneGraph e direcionados para a viewport com projeção ortogonal de topo (2D) e para a viewport em perspectiva (3D). Os dados georreferenciados são mostrados em um HUD na parte inferior, na projeção de topo, e são processados pela biblioteca GDAL. Além dos mapas é

possível configurar outras três propriedades: Um nível de transparência, normalizado entre 0 e 100, uma opção para habilitar ou não a visualização do mapa e ainda uma terceira opção para informar se a camada vai aparecer inicialmente ativa.

Plugin - Curvas de Níveis

Baseado nos dados georreferenciados obtidos de um mapa de elevação do SRTM (fornecido como uma das propriedades de entrada para o plugin) são geradas isolinhas que representam as regiões de mesma altitude, o altitude inicial do traçado das isolinhas, a altitude final e o passo (de quantos em quantos metros serão traçadas) podem ser configuradas pelo plugin. Adicionalmente, é possível escolher a espessura e a paleta de cores das isolinhas, a opção de habilitar ou não a visualização, além da opção para informar se a camada vai aparecer inicialmente ativa. Para o cálculo das isolinhas foi utilizado o algoritmo descrito por Paul Bourke[54].

Plugin - ShapeFile

A biblioteca Shapelib foi utilizada neste plugin para processar os arquivos de extensão .shp, .shx e .dbf., que são os formatos de shapefiles utilizados pela ESRI (desenvolvedora do ArcGIS). Estes formatos são de fato padrões de mercado sendo utilizados por diversos outros programas. O plugin permite a abertura e visualização do shapefile com as propriedades de cor e espessura da linha, a opção de habilitar ou não a sua visualização, além da opção para informar se a camada vai aparecer inicialmente ativa. Assim como no plugin de curvas de níveis, é necessário informar o mapa SRTM de referência para que o shapefile seja desenhado na posição correta sobre os mapas carregados.

Plugin - Superfícies (usado para representar a batimetria)

Este plugin permite a leitura de três arquivos ASCII, um contendo as latitudes, outro as longitudes o último as elevações. Os arquivos devem possuir a mesma

quantidade de dados numéricos, cada trio de dados lidos simultaneamente dos três arquivos corresponde a um ponto no espaço tridimensional. Estes arquivos podem ser facilmente gerados por *solvers* criados em normalmente em linguagem C, C++ ou FORTRAN. Obtidos os pontos através da leitura dos arquivos que são as propriedades de entrada do plugin, é feita a triangularização destes pontos, a fim de se gerar uma malha para que a superfície seja visualizada. Foi utilizada a triangularização de Delaunay disponível na biblioteca OpenSceneGraph. É possível configurar a propriedade da textura com a qual a malha será renderizada, a opção de habilitar ou não a sua visualização, além da opção para informar se a camada vai aparecer inicialmente ativa.

Plugin - Informações

Este plugin permite a inserção, remoção e edição de informações textuais em pontos específicos do mapa, salvando o texto, latitude e longitude em um arquivo XML informado nas propriedades do plugin. As informações podem ser visualizadas na interface 2D. Este plugin também possui as opções de habilitar ou não a sua visualização e de informar se a camada vai aparecer inicialmente ativa.

A seguir serão apresentadas as aplicações deste trabalho nos estudos de casos propostos e suas respectivas avaliações. Ao final serão mostradas as tabelas comparativas relativas as estruturas de classificações de sistemas UIs e TUIs do capítulo 3 acrescentadas do Sistema TANGIS proposto.

Capítulo 5

Estudos de casos e avaliação do sistema TANGIS

Empresas de grande porte, como a Petrobras, estão muito preocupadas com o meio ambiente e estão investindo muito na área de sistemas de simulações de estratégias. Os sistemas de visualização de tomada a decisão voltados ao meio ambiente são importantes para pesquisadores gerarem informações de qualidade, para prevenir e minimizar os eventuais impactos ambientais e socioeconômicos. Para isso, a qualidade do software e sua usabilidade têm que ser testadas previamente para estarem de acordo com as necessidades do usuário.

Neste capítulo, além do contexto dos estudos de casos, serão apresentados conceitos de qualidade de software, segundo a norma ISO 9126 (NBR ISO/IEC9126), a qual se baseia em funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade, adaptabilidade e instabilidade, para que, ao final, o sistema seja avaliado através do teste de usabilidade [55].

A avaliação do protótipo será baseada em questionários (anexos 2 e 5) aplicados aos projetos do sistema e contextualizados ao final deste capítulo. Estes estudos são aplicações de situações e problemas reais da Amazônia e objetiva fazer com que o usuário analise as funcionalidades do sistema em relação à sua usabilidade.

Foram elaborados três estudos de casos provenientes da Amazônia e relacionados à dinâmica de: Mapas da região da Amazônia nas diferentes épocas do ciclo hidrológico (cheia, seca, enchente e vazante); visualização de dados relacionados à simulações hidrodinâmicas no Rio Solimões, a batimetria do fundo do rio; e pla-

nejamento de posicionamento de gasodutos, instalação de tubulação de gás nesta área.

Nos anexos, serão apresentados os testes de usabilidade, profissionais envolvidos, aspectos sobre a escolha dos participantes, roteiro e questionários utilizados nos testes.

5.1 Qualidade de software

A ISO 9126 é uma norma ISO para qualidade de produto, que define as características de qualidade de software. A norma brasileira correspondente é a NBR ISO/IEC9126. São características de qualidade de software e suas sub-categorias:

- **Funcionalidade**

Verifica se as funções e propriedades específicas do sistema satisfazem o usuário. Esta característica é composta pelos sub-fatores: adequação, precisão, interoperabilidade, conformidade, segurança;

- **Confiabilidade**

Verifica se o sistema se mantém no nível de desempenho das condições estabelecidas: maturidade, tolerância a falhas e recuperabilidade;

- **Usabilidade**

Verifica se a utilização do sistema é de fácil manuseio: inteligibilidade, compreensibilidade e operacionalidade. A realização dos testes de usabilidade é parte do processo de desenvolvimento de um sistema e trás melhorias à qualidade de um software;

- **Eficiência**

Avalia se os recursos e tempo envolvidos são compatíveis com o nível de desempenho do software: comportamento temporal, comportamento de recurso;

- **Manutenibilidade**

Verifica em quais ambientes (sistemas operacionais), o software se adapta e a facilidade de configuração em ambientes diferentes.

Daremos maior ênfase ao teste de usabilidade e à análise dos resultados, para descrever a qualidade da usabilidade do sistema. Esta escolha é devida ao sistema

tratar de tomada de decisão utilizando uma técnica de interface tangível. A usabilidade é relacionada à eficácia e eficiência da interface e pela satisfação do usuário.

O teste de usabilidade pode servir para diferentes propósitos, que envolvem a avaliação de tarefas, medidas de desempenho buscando encontrar problemas e fazer recomendações no sentido de eliminá-los, melhorando a usabilidade do sistema.

5.1.1 Desenvolvendo o plano de teste

O plano de teste consiste na determinação dos que serão avaliados, especificando como, quando, onde, quem e o porquê dos itens escolhidos. O plano do teste é essencial para a compreensão dessa tarefa, sendo um importante veículo de comunicação na equipe de desenvolvimento e que não deve ser negligenciado [56]. O formato de um plano de teste depende do tipo de teste e do grau de formalidade requisitado pela companhia. A seguir, são apresentados os tópicos que integram o plano de teste, sendo que o Anexo 1 apresenta o teste em questão.

1- Propósito

O propósito é a descrição macro do motivo da execução do teste no momento em questão. Prioriza um ponto fundamental derivado da visão do usuário, por exemplo: se o teste tenta resolver problemas descobertos pela linha direta de uma determinada companhia; se há uma nova política instituída no qual todos os sistemas devem ser testados antes da liberação, etc. O teste deve estar amarrado às metas do negócio dentro da organização. Outras razões da realização do teste incluem comprovar que a maioria dos clientes usa o sistema igualmente bem e verificar se a documentação é capaz de compensar a ocorrência de alguns problemas com a interface, dentre outras.

2- Declaração de problemas e objetivo do teste

Descreve o que é necessário resolver, as atividades associadas com o planejamento, desenvolvimento e condução do teste. A determinação do problema deve ser precisa, clara e mensurável. A origem do problema pode ser determinada através de discussões com a equipe de desenvolvimento. Um sistema específico deve ser enfocado e os problemas relacionados podem ser descritos através de perguntas, como

por exemplo: “Os usuários são capazes de navegar livremente entre a maioria dos módulos?” “ As telas representam o modelo conceitual do usuário final?”.

3- Perfil do usuário

A determinação do perfil do usuário é extremamente importante para o sucesso do projeto e do teste, pois um mesmo sistema pode ser excelente para algumas pessoas e inadequado ou inaceitável para outras. Aspectos acerca da experiência computacional, nível educacional, idade, sexo, estilo de aprendizado e outros podem ser utilizados para a determinação do perfil.

4- Metodologia

A definição do método depende de qual aspecto será testado no sistema e qual objetivo se deseja alcançar, havendo várias formas de se agrupar os participantes do teste: de acordo com o perfil do usuário e suas habilidades, de acordo com a seqüência dos módulos a serem testados, de acordo com as versões a serem testadas de um mesmo sistema, dentre outros.

5- Lista de tarefas

A lista de tarefas inclui as tarefas que serão realizadas pelos participantes durante o teste. No primeiro estágio de desenvolvimento do teste, a descrição da lista de tarefas é direcionada somente para os membros da equipe do projeto, contendo detalhes suficientes para revisar o plano de teste e verificar se as tarefas estão corretas. Em um segundo estágio, as tarefas são expandidas em cenários apresentados aos participantes, provendo detalhes realistas e habilitando dos participantes a executar as tarefas com o mínimo de intervenção do avaliador.

6- Ambiente de teste/ equipamento

Descreve o ambiente que será simulado e o equipamento requerido.

7- Papel do avaliador

O avaliador é responsável por tudo o que ocorre durante a sessão de teste. Descreve o que o avaliador fará durante o teste. Este item é bastante importante quando os observadores não estão muito familiarizados com o processo de teste.

8- Medidas de avaliação

Relaciona os tipos de medidas que poderão ser coletadas durante o teste, dados sobre desempenho e dados preferenciais. Dados sobre desempenho representam medidas do comportamento do participante, incluindo erros e dúvidas por tarefa,

tempo de execução de uma tarefa, dentre outros. Esses dados podem ser coletados durante a observação do teste ou através de revisão da gravação. Dados preferenciais representam medidas da opinião do participante, incluindo respostas a perguntas. Esses dados são geralmente coletados por escrito, oralmente, por questionário on-line ou através do questionamento do participante após o teste.

Selecionando os participantes

A seleção dos participantes é importante para o sucesso efetivo do processo de teste, envolvendo a identificação e descrição de habilidades relevantes e o conhecimento do pessoal que irá usar o sistema. Uma caracterização genérica do usuário pode envolver, por exemplo:

- a- Histórico pessoal: nome, idade e gênero;
- b- Histórico educacional: grau, assuntos estudados;
- c- Histórico da ocupação: cargo ocupado, local de trabalho, softwares utilizados no trabalho.

A determinação do número de participantes é influenciada pelo grau de confiança que se deseja atingir, pela quantidade de recursos disponíveis para estabelecer e conduzir o teste, por uma análise do tipo de participantes e pelo tempo estimado de duração da sessão de teste. Se o objetivo do teste é validar resultados estatísticos (quantitativos), será necessária uma quantidade de participantes a fim de conduzir às análises apropriadas e generalização de uma população específica. Se o objetivo é tentar expor os problemas de usabilidade do sistema(qualitativo), alcançado em um tempo mais curto, de 4 a 5 participantes serão capazes de expor uma vasta maioria dos problemas de usabilidade [57].

Material utilizado durante a sessão de teste

A seguir, será apresentada uma generalização dos principais materiais necessários à interação com os participantes durante a sessão de teste. É importante salientar que outros formulários poderão ser utilizados para finalidades específicas

além dos aqui apresentados.

1- Plano de teste:

O propósito deste teste é verificar a habilidade de interação dos participantes, o entendimento das funções do sistema, identificação de erros e dificuldades utilizando o protótipo, para realizar alterações necessárias (Anexo 1).

2- Questionário para identificação do perfil do participante:

Este questionário é um importante resumo sobre o participante, podendo ser utilizado pelo avaliador ou pelos desenvolvedores que irão observar o teste. O questionário deve ser facilmente entendido e preenchido, deve ser curto (de uma a duas páginas) e deve se basear em informações extraídas do perfil do usuário que poderão afetar o desempenho dos participantes. O Anexo 2 apresenta um exemplo de questionário para identificação do perfil do participante.

3- *Script* de orientação:

Trata-se de um texto explicativo a ser entregue e lido pelos participantes antes da realização dos testes, descrevendo o que é e o que irá acontecer durante a sessão de teste. Pode ser lido na própria sala de teste, em uma sala de espera ou fornecido/enviado antes de efetuar o teste propriamente dito. Este documento deve ter de uma a duas páginas (a não ser que se trate de um teste complexo) e deve utilizar uma linguagem mais profissional, entretanto amigável. Deve conter uma apresentação sobre o avaliador, sobre o que será realizado, quais os objetivos, a importância e o que se espera do participante, descrição dos equipamentos e recursos utilizados. O Anexo 3 apresenta este *script*.

4- Lista de tarefas:

A Lista de Tarefas, também conhecida como Cenário de Tarefas, é a representação do trabalho que os participantes executam utilizando o sistema que está sendo testado. O Anexo 4 apresenta um exemplo de Lista de Tarefas.

5- Questionário de avaliação do Sistema pelo participante:

Aplicado logo após a realização dos testes, o principal propósito deste questionário é coletar informações preferenciais dos participantes para esclarecer e aprofundar o entendimento do sistema apontando pontos fortes e pontos a melhorar, baseando-se nos problemas encontrados. Para o desenvolvimento deste questionário, deve-se focar as áreas e tópicos que são necessários atingir, como, por exemplo, testes da interface, teste da interação, alcance dos propósitos, painéis de controle, dentre outros. O Anexo 5 apresenta um exemplo de Questionário de Avaliação do Sistema pelo Participante.

Será aplicado o teste de usabilidade nos quatro estudos de casos contidos neste trabalho, e ao final, será apresentado um relatório contendo as aplicações dos testes e seus resultados representados graficamente.

5.2 Estudo de casos

Será apresentado a seguir uma breve descrição do contexto histórico da área em estudo: a região amazônica.

A vasta região ao norte do Brasil está quase inteiramente situada na Bacia Amazônica, que abriga a maior floresta tropical úmida ainda existente no mundo. Esta imensa extensão de selvas é alimentada e drenada pelo grandioso Rio Amazonas, que constitui o maior rio do mundo, com extensão de 6,9 mil km, se considerarmos apenas o rio principal, sem seus afluentes. Ele comporta 34% de toda a água doce da terra e navios de grande calado sobem seu leito até Iquitos, no Peru, mais de 3.700 km de sua foz, no Oceano Atlântico.

A região amazônica ocupa uma área total de mais de 7,5 milhões de quilômetros quadrados, estendendo-se por territórios de nove países: Brasil, Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia, Equador, Suriname, Guiana e Guiana Francesa. Porém, cerca de 85% de sua área está situada em território brasileiro, onde ocupa mais de 5 milhões de quilômetros quadrados, ou cerca de 61% da superfície do país. A população da amazônia brasileira representa menos de 10% da população do Brasil[58].

Estudos constantes são feitos por pesquisadores para gerar informações de qualidade à gestão ambiental e ao desenvolvimento sustentável das comunidades ribeirinhas, além de monitorarem as atividades da indústria do petróleo e gás oriundos da região de Urucu, em plena floresta amazônica[59].

Informações do mapa utilizado

Os mapas utilizados neste trabalho são imagens de satélite georreferenciadas obtidos por sensoriamento remoto. O modo de obtenção da DEM foi por *spaceborne radar* por isso é denominada SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*)[23]. Os SRTMs estão no formato .TIF e seu sistema de coordenadas pode ser projetado ou geográfico.

O trecho obtido da Amazônia ((Figuras 5.1 e (Figura 5.2) será um referencial a todos os estudos de casos. Os sistemas de coordenadas referentes aos mapas de elevação em escala de cores e sombreamento fornecido pelo SRTM são ambos geográficos. Seus tamanhos correspondem a 6000x3600 pixels e a 1.111x668 quilômetros. A origem deste mapa é o ponto de latitude = 0° e longitude = -66° . Cada pixel corresponde à latitude = 0.001667° ou 185.222m e longitude = -0.00667° ou 185.222m.

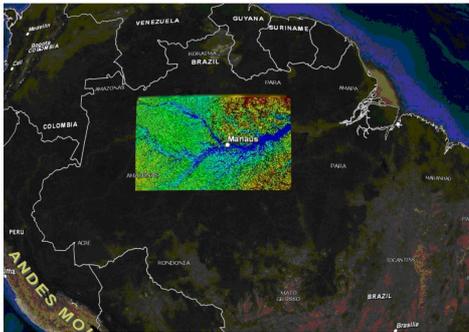


Figura 5.1: Mapa do Brasil com o trecho da Amazônia

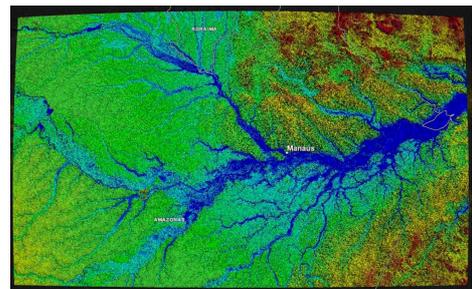


Figura 5.2: Trecho SRTM Amazônia ampliado

A seguir serão apresentados os estudos de casos, com um breve contexto pra melhor entendermos sua aplicabilidade.

5.2.1 Estudo de caso 1: Mapas da região da Amazônia nas diferentes épocas do ciclo hidrológico

A região Amazônica é contemplada com a maior bacia hidrográfica do planeta. São aproximadamente 6.100.000 km², os quais mantêm fauna e flora riquíssimas espalhadas pela Região. A bacia, situada na zona intertropical, possui dimensões continentais e recebe precipitações médias anuais de 2.460mm. A descarga líquida média é estimada de 209.000m³ por segundo e o aporte médio de sólidos em suspensão do rio Amazonas ao oceano é estimado em cerca de 600 milhões de toneladas por ano. A bacia amazônica é afetada por variações climáticas globais, em função de suas dimensões geográficas. Além disso, anualmente, a região passa por diferentes estações hidrológicas dos rios: cheia, seca, vazante e enchente.

A Floresta Amazônica influi no clima através do efeito estufa produzido pela emissão ou retenção de gases na atmosfera, pelo desmatamento e da evapotranspiração - isto é, transpiração das plantas e evaporação da água retida nas folhas, caules e na serrapilheira (material vegetal descartado). A chuva da Amazônia é de convecção, ou seja, tem dupla origem nos dois hemisférios que abrange: Metade das chuvas vem do Atlântico, a outra metade desce da atmosfera depois de ter subido pela evapotranspiração de sua densa massa vegetal. A evapotranspiração na Amazônia é responsável por cerca de 50% das chuvas que a floresta recebe. O restante é originário de águas trazidas do Oceano Atlântico através dos ventos, como parte do ciclo hidrológico da região [60].

Entretanto, a previsão de acontecimentos hidrológicos extremos influencia diretamente na vida local, no crescimento e desenvolvimento regionais. As grandes inundações, por exemplo, constituem fator limitante para a pecuária e a ocupação das áreas de várzea.

O período de seca tem deixado a população ribeirinha sem condições dignas de sobrevivência, e ainda prejudica o transporte hidroviário, principal via de acesso na região [61]. Para amenizar os problemas ocorridos neste período, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável(SDS), criou Programa Estadual de Aproveitamento de Água de Chuva (Prochuva/ Água é Vida), cuja missão é armazenar a água da chuva na época das cheias e utilizá-la no período das secas [61].

- **A proposta**

Este estudo de caso propõe auxiliar uma equipe interdisciplinar à tomada de decisão de forma colaborativa, para facilitar a interpretação de comportamentos isolados de regiões da Amazônia, através de comparações e sobreposições de cartas geográficas em várias camadas (*layers*) nas diferentes épocas do ciclo hidrológico. É importante a visualização seqüencial de mapas hidrológicos, climáticos, geológicos, de vegetação, relevo, uso do solo, agricultura, rede de drenagem e inundações para auxiliar na identificação de problemas de uma determinada região.

Quando por sensoriamento remoto, uma foto acusa um problema, é importante que se compare a mesma região com diversos mapas. Por exemplo, podemos citar a suspeita de um vazamento de óleo. Para um diagnóstico mais eficiente, é necessário um estudo sobre a área específica com mapas das diferentes épocas do ciclo hidrológico para que este vazamento não seja confundido com algas ou outros.

Informações do mapa utilizado

Neste estudo de caso, teremos o mesmo trecho do mapa da Amazônia com as diferentes épocas do ciclo hidrológico referentes a seca(A), enchente(B), cheia(C) e vazante(D) na Figura 5.3.

Todos as dimensões dos mapas supracitados são iguais e seus sistemas de coordenadas referentes aos mapas de elevação em escala de cores e sombreado fornecido pelo Mosaico JERS-1 SAR são ambos projetados. Seus tamanhos correspondem a 12306x4816 pixels e a 369x144 quilômetros. A origem deste mapa é o ponto de latitude = $-2^{\circ}56'25''$ e longitude = $-63^{\circ}10'28''$. Cada pixel corresponde a latitude = -0.000271° ou -30m e longitude = 0.000270° ou 30m.

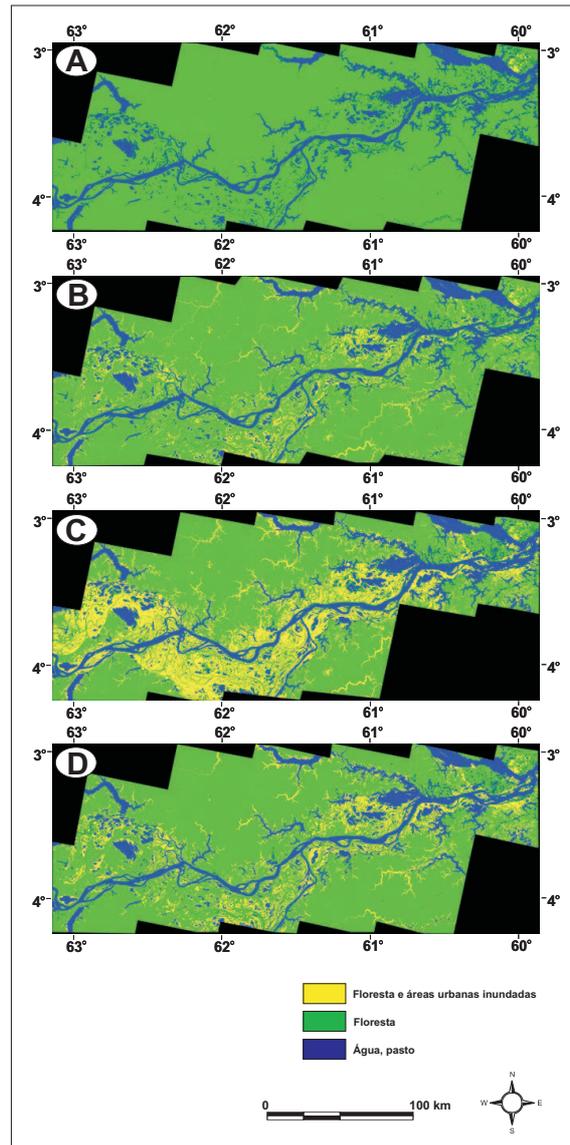


Figura 5.3: Diferentes ciclos hidrológicos da Amazônia

- **A experimentação**

Foi realizada pela aplicação de uma seqüência de visualização de imagens das quatro estações hidrográficas da área Coari-Manaus na Amazônia, visando comparar mapas para obter informações para monitorar desastres ambientais, tais como enchentes, poluição de rios e reservatórios, erosão, deslizamentos de terras e secas, de tal modo que se possa evitá-los.

Com a continuação do experimento, propõe-se analisar áreas minerais, bacias de drenagem, agricultura, florestas; melhorar e fazer previsões com relação ao planejamento urbano e regional, monitorar desmatamentos; Estudar Impactos Ambientais

(EIA) para se obter Relatórios de Impacto sobre Meio Ambiente (RIMA); levantamento de áreas favoráveis para exploração de mananciais hídricos subterrâneos; levantamento Integrado de diretriz para rodovias e linhas de fibra ótica; estimativa de área plantada em propriedades rurais para fins de fiscalização do crédito agrícola; identificação de áreas de preservação permanente e avaliação do uso do solo; implantação de pólos turísticos ou industriais; avaliação do impacto de instalação de rodovias, ferrovias ou de reservatórios.

Para gerar os mapas e importá-lo para o sistema, foi feito um pré-processamento para gerar o arquivo .osg (Figuras 5.4 e 5.5). Como explicado anteriormente no item implementação, a biblioteca gráfica OpenSceneGraph possui suporte ao DEM através da biblioteca GDAL que, por um aplicativo chamado OSGDEM, gera um arquivo no formato OpenSceneGraph (.osg), que corresponde ao modelo virtual do terreno.



Figura 5.4: Mapa da enchente no sistema TANGIS



Figura 5.5: Mapa da vazante no sistema TANGIS

5.2.2 Estudo de caso 2: Visualização de dados relacionados à simulações hidrodinâmicas no rio Solimões

as Atividades relacionadas à produção e transporte de petróleo e gás em ambientes aquáticos podem implicar em impactos ao meio ambiente. Dentro desse contexto, estudos vêm sendo realizados utilizando ferramentas computacionais capazes de diagnosticar e prognosticar o comportamento de fluidos em resposta às forças atuantes no meio, viabilizando o conhecimento do padrão de circulação (correntes) e, conseqüentemente, uma maior eficiência no controle e contenção de poluentes à

deriva na superfície da água [62].

- **A proposta**

Esse estudo objetiva visualizar dados utilizados como condições iniciais e de contorno (como a batimetria) em simulações com o modelo hidrodinâmico Princeton Ocean Model (POM), desenvolvido por Blumberg e Mellor [63]. Tais simulações foram realizadas pela equipe de Modelagem do LAMCE/UFRJ para o conhecimento do campo de correntes do rio Solimões [62].

Informações do mapa utilizado

Neste estudo de caso, teremos o mesmo trecho do mapa da Amazônia como referencial e usaremos um pequeno trecho referente a Coari(Figura 5.6 para visualizarmos a batimetria do fundo do rio.

Os sistemas de coordenadas referentes aos mapas de elevação em escala de cores e sombreamento fornecido pelo SRTM são ambos geográficos. Seus tamanhos correspondem a 720x720 pixels e a 21600x21600 quilômetros. A origem deste mapa é o ponto de latitude = $-3^{\circ}54'28''$ e longitude = $-63^{\circ}10'30''$. Cada pixel corresponde a latitude = -0.000278° ou -30m e longitude = 0.000278° ou 30m.

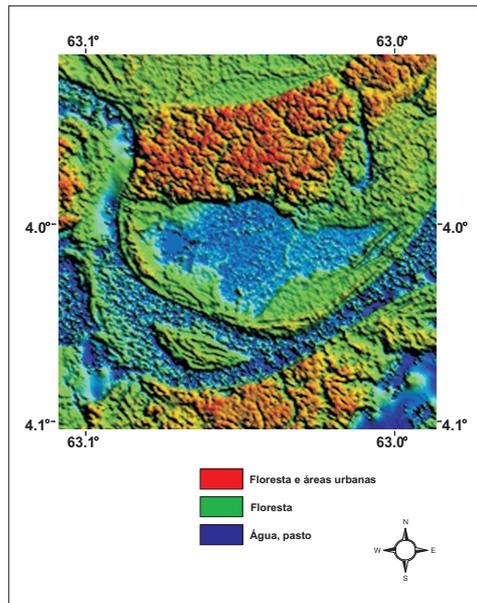


Figura 5.6: Mapa da batimetria no sistema TANGIS

- **A experimentação**

Os dados batimétricos utilizados como condição de contorno de fundo nas simulações hidrodinâmicas são apresentados neste estudo de visualização. Os dados foram extraídos das cartas náuticas do Atlas da Hidrovia do rio Solimões da Diretoria de Hidrografia e Navegação. E para possibilitar a sua implementação no modelo hidrodinâmico, foram digitalizados e pré-processados.

Os dados de corrente resultantes da simulação com o modelo hidrodinâmico POM também são apresentados neste estudo de visualização.

Os dados utilizados para visualização neste estudo de caso encontram-se disponibilizados em formato ASCII, e organizados em matrizes de 415 linhas por 400 colunas. Além dos dados de batimetria (valores de profundidade do rio Solimões) e as matrizes de posicionamento, latitude e longitude também são utilizados os dados de corrente decompostos em componentes zonal (u) e meridional (v). Na Figura Figura ?? é apresentada a imagem 3D da batimetria e altimetria no sistema TANGIS.

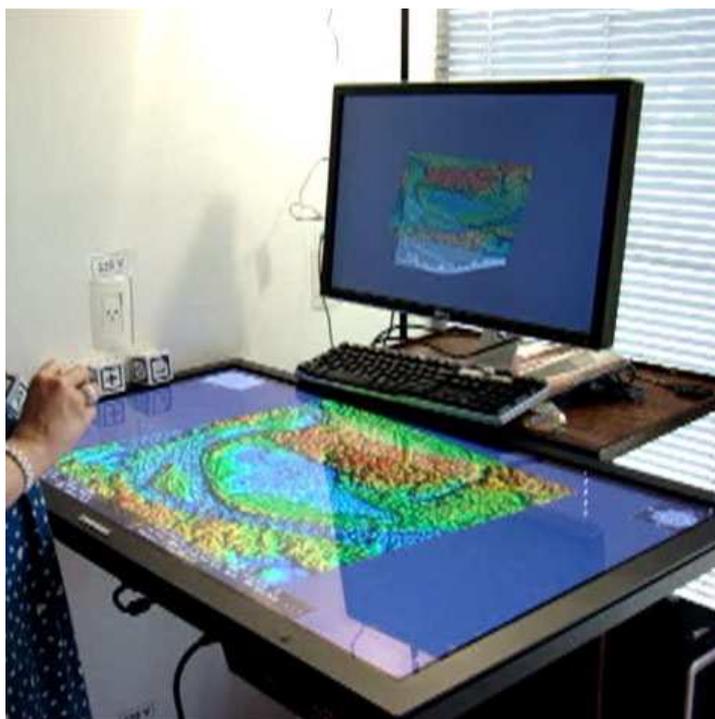


Figura 5.7: Mapa da batimetria no sistema TANGIS

5.2.3 Estudo de caso 3: Planejamento de posicionamento de gasodutos na Amazônia

A construção do gasoduto Coari-Manaus tem sido descrita como marco de uma nova etapa na história do Amazonas. A partir do licenciamento ambiental, outorgado em 26 de Abril de 2004, a Petrobras iniciou os preparativos técnicos e administrativos para começar a construção deste gasoduto, gerando impactos sócio-ambientais expressivos. Com essa visão, o Governo do Estado vem tomando as providências necessárias para assegurar a sustentabilidade sócio-ambiental do empreendimento para os municípios de Coari, Codajás, Anori, Anamã, Caapiranga, Manacapuru e Iranduba. Com a extensão de 400 km, o gasoduto transportará 5,5 milhões m³/dia do gás natural da Província de Urucu até Manaus. É fundamental para mudar a matriz energética na região do óleo ao gás e para a economia do país[64].

Aplicando o princípio ecológico da precaução, o licenciamento ambiental do gasoduto Coari-Manaus toma algumas condicionantes fundamentais a serem cumpridas pela Petrobras: evitar a erosão e o entupimento de igarapés; recuperar as áreas degradadas; não permitir, ao longo do duto, a construção de estradas perenes que

permitam a invasão de terras e o desmatamento, além de programas de geração de renda para famílias de baixa renda e procedimentos eficientes para evitar o aumento de doenças como a malária, entre diversos outros[59].

O duto transportará gás natural produzido no rio Urucu, município de Coari, a 363 quilômetros em linha reta a oeste de Manaus. Já existe um trecho pronto de 270 quilômetros, que leva o gás até o Terminal Solimões, onde hoje é embarcado o petróleo e gás produzido nos poços da Petrobras. O gasoduto Coari-Manaus é um prolongamento deste trecho, que vai cortar dez municípios e chegar à capital do estado.

- **A proposta**

Neste estudo de caso, são propostas a visualização e interação do posicionamento de gasodutos de distribuição compreendido entre as cidades de Coari e Manaus, com o propósito de suporte tecnológico às decisões dos sistema dutoviário, tendo por finalidade a redução dos custos de operação, investimento e riscos envolvidos.

Outras considerações com relação à importância da simulação devem ser feitas, como, por exemplo, o que diz respeito ao local onde o traçado da tubulação passará (instalação do gasoduto), dada à necessidade de obtenção de licenças ambientais de construção e operação, bem como a existência da possibilidade de desapropriação de terrenos particulares, o que, na medida do possível, deverá ser evitado. Em algumas situações, o usuário pode interagir com o sistema alterando o traçado original do projeto em função destes aspectos ou, até mesmo, em função de possíveis dificuldades do terreno, somente encontradas durante a fase de construção. Normalmente, diversos traçados alternativos são preliminarmente estudados. O usuário pode simular situações de emergência, do tipo vazamento de óleo ou explosão, que, para estes casos, contribuirão para a escolha do caminho pelo qual as brigadas de incêndio devem passar, levando em conta os problemas de vegetação em volta, do relevo, de trechos longos de rio e regiões alagadas.

Informações do mapa utilizado

Neste estudo de caso, teremos o mesmo trecho do mapa da Amazônia como referencial e o sobrepomos com os trechos referentes à Coari-Manaus (Figuras 5.8 e 5.9).

Os sistemas de coordenadas referentes aos mapas de elevação em escala de cores é geográfico e de elevação sombreado fornecido pelo LANDSAT-5 TM (Zulu) é projetado. Seus tamanhos correspondem a 12645x4836 pixels e a 379x145 quilômetros. A origem deste mapa é o ponto de latitude = $-2^{\circ}55'58''$ e longitude = $-63^{\circ}4'58''$. Cada pixel corresponde à latitude = -0.000270° ou -30m e longitude = 0.000270° ou 30m.

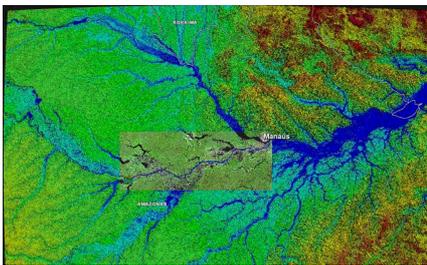


Figura 5.8: Mapa de Coari Manaus



Figura 5.9: Mapa de Coari Manaus ampliado

- **A experimentação**

Para a tomada de decisão em relação a melhor trajetória do gasoduto, o sistema apresenta a trajetória original da tubulação e permite que o usuário simule novas colocações de gasodutos. Para este procedimento o usuário pode elevar ou planificar relevos. Na Figura 5.10 será apresentada a trajetória do gasoduto em amarelo no sistema TANGIS.



Figura 5.10: Trajetória do gasoduto no sistema TANGIS

5.3 Avaliação dos testes de usabilidade com a apresentação dos resultados

A avaliação do protótipo fornecerá informações sobre o aceite do uso da interface tangível, uso de colaboratividade e recursos de análise de mapas, baseado nos estudos de casos supracitados. Os resultados obtidos podem ser usados para melhoria do sistema e adequação para tomada de decisões.

- **Objetivo**

O objetivo deste experimento é testar se o sistema TANGIS favorece à análise de mapas pela interação com objetos tangíveis, facilitando uma equipe interdisciplinar discutir novas soluções e tomar decisões colaborativamente, através de análises do mapa integrado às três visualizações.

- **Metodologia**

Os instrumentos de avaliação serão por questionários, que visam perceber o nível de aceitação da tecnologia e a motivação dos usuários. Antes do teste, cada usuário teve que ler o *script* de orientação para tomar ciência do teste. No primeiro

questionário, as perguntas visavam fazer um levantamento de aspectos pessoais e profissionais. No outro, as perguntas eram sobre a usabilidade do sistema baseado nos estudos de caso.

- **Amostra**

A pesquisa avaliou sete usuários de áreas diversas. Seus dados encontram-se descritos na Figura 5.11 abaixo, segundo informações fornecidas pelo questionário para identificação do perfil do participante do teste de usabilidade (anexo 2).

Usuários	Idade	Sexo	Grau de informação	Curso	Profissão	Local de trabalho	Cargo	Uso do computador na reunião	Software de visualização usado
Usuário 1	40	M	Doutorado incompleto	Engenharia civil	Geólogo	CBRR/COPPE/UFRJ	Pesquisador associado	Datashow	Google Earth e ArcView/ArcGis
Usuário 2	21	M	Superior incompleto	Ciência da computação	Programador	LAMCE/COPPE/UFRJ	Aluno/Estagiário	Datashow	Power Point
Usuário 3	63	M	Mestrado completo	Matemática	Professor e Analista de sistemas	Universidade Estácio de Sá e SMS/Petrobrás	Professor e Funcionário da SMS	Datashow	Google Earth
Usuário 4	37	M	Mestrado incompleto	Computação de alto desempenho - Sistemas computacionais	Professor ensino médio e apoio técnico	Colégio Republicano e LAMCE/COPPE/UFRJ	Aluno/Estagiário	Datashow	Google Earth
Usuário 5	47	F	Doutorado completo	Engenharia de sistemas e computação	Professora	IME/UERJ	Professora	Datashow	Google Earth
Usuário 6	58	M	Mestrado completo	Mestrado profissional em sistemas de gestão Área meio ambiente	Engenheiro	SMS/Petrobrás	Gerente	Datashow e Videoconferência	Google Earth
Usuário 7	54	M	Mestrado completo	Sistema de gestão/ UFF	Professor/Engenheiro	Eletronuclear	Professor/ gerente	Datashow e Videoconferência	Google Earth

Figura 5.11: Avaliação do questionário para identificação do perfil do participante do teste de usabilidade

Os usuários 1, 3, 6 e 7 são pessoas que trabalham diretamente com softwares ligados a sistema de informação geográfica e gestão ambiental de diferentes empresas. O restante são profissionais da área de computação. A experiência, portanto, foi bastante válida, devido à diversidade de áreas profissionais envolvidas. Outra observação importante é o fato da grande maioria usar o datashow para o modo de visualização e discussão em uma reunião.

- **Resultados**

Devido ao pequeno número de usuários avaliados, qualquer tratamento estatístico não seria significativo. Logo, optou-se por apresentar as respostas individuais, para, em seguida, comentá-las, verificando as questões de usabilidade

e valor da aplicação. Os resultados a seguir na Figura 5.12, são do questionário de avaliação do sistema TANGIS pelo participante (anexo 5).

1. Na questão seguinte, favor marcar um x ao nível de concordância. Deverá ser marcada somente uma resposta por item.

	usuário 1	usuário 2	usuário 3	usuário 4	usuário 5	usuário 6	usuário 7
Data	27/5/2008	29/5/2008	27/5/2008	29/5/2008	29/5/2008	27/5/2008	27/5/2008
Hora	14:30	14:00	16:30	15:00	12:15	15:00h	15:00
Facilidade de usabilidade quanto a TUI	bom	ótimo	satisfatório	ótimo	ótimo	ótimo	ótimo
Análise dos mapas	ótimo	ótimo	bom	ótimo	bom	ótimo	bom
Inserção de conteúdo nos mapas	ótimo	bom	bom	ótimo	satisfatório	ótimo	bom
Relevância dos temas dos estudos de casos	bom	ótimo	ótimo	ótimo	bom	ótimo	ótimo
Relevância ns interações das aplicações	bom	ótimo	bom	ótimo	ótimo	ótimo	ótimo
Utilidade na tomada de decisões	ótimo	-	ótimo	ótimo	bom	ótimo	ótimo
Utilidade para uso colaborativo	ótimo	-	ótimo	ótimo	satisfatório	ótimo	ótimo
No geral a realização do teste foi	ótimo	ótimo	bom	ótimo	bom	ótimo	ótimo

Figura 5.12: Avaliação do questionário de avaliação do sistema TANGIS pelo participante

2. Aponte situações em que você achou fácil utilizar no sistema devido a interface tangível:

Usuário 1: Manipulação dos mapas em superfície horizontal e visualização tridimensional.

Usuário 2: Rotação, translação, zoom e adição de informações.

Usuário 3: Interação 2D com 3D.

Usuário 4: Aumentar e diminuir relevos principalmente.

Usuário 5: As funcionalidades dos marcadores estão adequadas e permitem a

análise de detalhes das cenas.

Usuário 6: Identificação das áreas inundáveis. Possibilidade de inserir os mapas de sensibilidade e modelos de deriva.

Usuário 7: Zoom e rotacionar.

3. Aponte situações que você sentiu dificuldades:

Usuário 1: Manipulação dos marcadores na fase inicial. Talvez com mais prática este manuseio seja mais fácil.

Usuário 2: Quando existem muitos marcadores na tela, muitas vezes algum dos marcadores não é reconhecido.

Usuário 3: Dificuldade inicial para utilização/ inserção dos conteúdos.

Usuário 4: Quando a webcam capturava dois marcadores no mesmo cubo.

Usuário 5: A inserção de informações é a parte do sistema que apresenta algum atraso na geração dos itens a serem manipulados. A troca das camadas também sofre algum atraso.

Usuário 6: Nenhuma!

Usuário 7: Aumento e diminuição de relevos.

4. Durante o teste realizado, você acha que o sistema atingiu o objetivo para o qual foi desenvolvido? Explique:

Usuário 1: Sim. O sistema permite ao usuário tomador de decisões uma interação rápida e simples.

Usuário 2: Nada declarou.

Usuário 3: Completamente, pela grande utilidade em desenvolvimento de projetos.

Usuário 4: Sim.

Usuário 5: Sim. O sistema permite a visualização de características importantes para o estudo de regiões de difícil acesso.

Usuário 6: Completamente. É tudo o que nós precisávamos do sistema. Além disso, é aberto e admite inserções essenciais para a gestão.

Usuário 7: Sim!

5.No estudo de caso 1 (Mapas da região da Amazônia nos diferentes espectros), em sua opinião, quais funcionalidades devem ser acrescentadas?

Usuário 1: Mosaico JERS-1 SAR das quatro estações - Este dado possui um tamanho de pixel de 30 metros, enquanto que o DEM gerado pelo SRTM possui 90m. Assim é necessário no futuro uma adequação destes dados para que não ocorra drenagem fora do local adequado.

Usuário 2: Talvez um marcador para elevação/ diminuição de níveis de água.

Usuário 3: Para este caso será necessário uma tela com maior definição (no caso usar um LCD ao invés de plasma), pois no caso do 2D, a imagem não fica bem definida.

Usuário 4: Nada declarou.

Usuário 5: Talvez ressaltar um pouco mais as cores.

Usuário 6: Acesso via Google earth.

Usuário 7: Nada declarou.

6.No estudo de caso 2 (Visualização de dados relacionados à simulações hidrodinâmicas no rio Solimões), em sua opinião, quais funcionalidades devem ser acrescentadas?

Usuário 1: Dado SRTM - A funcionalidade está perfeita. Acrescentaria a elaboração de perfis topográficos. Ou seja, na plataforma horizontal o usuário traça uma linha e ele observa o perfil no monitor colocado na vertical (imagem 3D).

Usuário 2: Nada declarou.

Usuário 3: Para este caso, a imagem apresentada estava bem clara, e deve auxiliar bem a navegação embora possa ser modificado o relevo conforme a correnteza.

Usuário 4: Nada declarou.

Usuário 5: Acho que está muito legal. Não vejo o que pode ser acrescentado.

Usuário 6: Acesso via Google Earth.

Usuário 7: Nada declarou.

7.No estudo de caso 3 (Planejamento de posicionamento de gasodutos na Amazônia),

em sua opinião, quais funcionalidades devem ser acrescentadas?

Usuário 1: Imagem LANDSAT-5 TM (Zulu) - Traçado do duto está ok.

Usuário 2: Nada declarou.

Usuário 3: Não perguntei na hora se além da possibilidade de criar elevações, criar também depressões, pois ambas são de grande utilidade para projetos.

Usuário 4: Nada declarou.

Usuário 5: Talvez abrir possibilidades de fazer a construção interativa dos oleodutos.

Usuário 6: Acesso via Google Earth.

Usuário 7: Nada declarou.

8. Sugira opiniões e melhorias no sistema em geral.

Usuário 1: Como foi sugerido anteriormente, a colocação ou elaboração de perfis topográficos; obtenção de dados locais de modelos de elevação digital de maior precisão para que a imagem possa mostrar a realidade mais próxima possível no caso de uma emergência ou simulação.

Usuário 2: Talvez um marcador para elevação/ diminuição de níveis de água.

Usuário 3: A- Utilização opcional de barra de ferramentas e uso de mouse; B- Maior luminosidade (constante) durante o uso da câmera e inserção de lâmpadas brancas e amarelas misturadas; C- Creio que o sistema como se apresenta seria de grande valia para auxiliar o PARA-SAR (Esquadrão Aeroterrestre de Resgate e Salvamento) nas buscas e salvamento quando de tempo encoberto.

Usuário 4: Nada declarou.

Usuário 5: Talvez colocar palitos espetados no cubo e nas peças pequenas para facilitar a manipulação (não encobrir com a mão o marcador).

Usuário 6: A- Implementar o caso 4, para apoio a gerenciamento de emergências com derrame de óleo; B-Interface com o sistema InfoPAE (Sistema Informatizado para apoio a Plano de Ação de Emergência) da Petrobrás/ SMS (Meio Ambiente e Saúde).

Usuário 7: Maior portabilidade.

O horário da realização do teste foi muito importante, pois o local da atividade foi em um ambiente que possuía portas de vidro que deixava a luz solar entrar e a iluminação artificial era com luzes fluorescentes brancas. O teste do usuário 3 foi de grande valia, pois testou a variação de luz. Ele fez a avaliação quando o sol estava se pondo e constatou que a perda gradativa de luminosidade fez com que os marcadores fossem confundidos ou não fossem reconhecidos pela câmera. Uma outra observação em relação aos marcadores é que alguns usuários sentiram dificuldades em achar o marcador desejado no cubo, preferindo os marcadores individuais. O formato cubo permitia também, em alguns momentos, que a câmera capturasse, além do marcador do topo, os marcadores da lateral, confundindo as funcionalidades.

Os usuários por unanimidade acharam que o sistema possui uma interface amigável e que o sistema atingiu o objetivo com suas funcionalidades bem adequadas. Porém, em primeira instância, sentiram dificuldade em manipular os marcadores e inserir informações. O uso colaborativo dos marcadores fez com que o sistema às vezes se confundisse, mas reconhecia muito bem no geral.

A elaboração dos estudos de casos foi muito válida para os usuários poderem testar as funcionalidades e potencialidade do sistema e sugerirem novas aplicações como vistos na questão 8 do questionário.

- **Análise das hipóteses**

Nesta sessão, será observado se os resultados da pesquisa fornecem indícios da validade das afirmações da hipótese geral. Apesar do pequeno tamanho da amostra e do pouco tempo de manipulação do sistema pelo usuário, verificamos se estes acharam vantajoso trabalhar com a interface tangível e se facilitou a tomada de decisão apoiada na análise de um mesmo mapa através das três visualizações.

Através dos dois questionários, percebe-se que as pessoas provenientes de diferentes áreas do conhecimento puderam discutir novas soluções e resolver problemas colaborativamente, através de análises intuitivas e rápidas.

Retomando as hipóteses tecidas no Capítulo 1 e conjugando-as com os resultados obtidos nesta experiência, podemos considerar que:

- Os usuários tiveram uma boa aceitação com o uso da interface tangível;

- Eles demonstraram um bom nível de motivação para usar o sistema para tomada de decisão e simulações;
- Eles acharam a comparação de mapas e consulta de informações de longitude, latitude e altura de grande eficiência;
- Eles acharam de grande utilidade as diferentes formas de visualização para discussão colaborativa.

- **Comparação do TANGIS com outros sistemas TUIs**

Utilizando o estudo do capítulo 3 e os resultados do teste de usabilidade, foi feita uma nova tabela comparativa incluindo o sistema TANGIS. Na Figura 5.13, é apresentada a tabela comparativa da estrutura de classificação para aspectos genéricos de sistemas UIs utilizando GIS e TANGIS. Na Figura 5.14, é apresentada a Tabela comparativa da estrutura de classificação para sistemas TUIs utilizando GIS e TANGIS, comparadas a partir dos aspectos de incorporação e metáfora.

Aspectos	Simulação desastre	lluminating Clay	SandScape	TANGIS
Simplicidade da interface	Simples	Simples	Simples	Simples
Linguagem utilizada	C++	C++	C++	C++
Biblioteca Gráfica	Não foi citada	OpenGL	OpenGL	OpenSceneGraph
Categoria	Multi-Usuário	Multi-Usuário	Multi-Usuário	Multi-Usuário
Representação física da informação digital	input/ output	input	input/ output	input/ output
Plataforma	Linux	Linux	Linux	Windows
Interação com outras aplicações	É permitida interação com mesa sensítiva	Interação com argila	Interação com argila	É permitida com hardware
Utilização de Dispositivos	Mesa sensítiva Tela LCD tokens projektor	camera escaner a laser projektor	base de vidro LEDs infra-vermelho camera infravermelha Tela LCD	câmera projektor objetos tangíveis com marcador Tela LCD
Inserção de conteúdo nas cenas virtuais	tempo de evacuação isolamento do local terremoto maremoto incendio escala rotação dimensão de um desastre	Formas arbitrárias	Não foi citada	Mapas do ArcView Shapefiles curva de nível aumentar relevo diminuir relevo informações
Uso colabortivo	sim	sim	sim	sim

Figura 5.13: Tabela comparativa da estrutura de classificação para aspectos genéricos de sistemas UIs e TANGIS

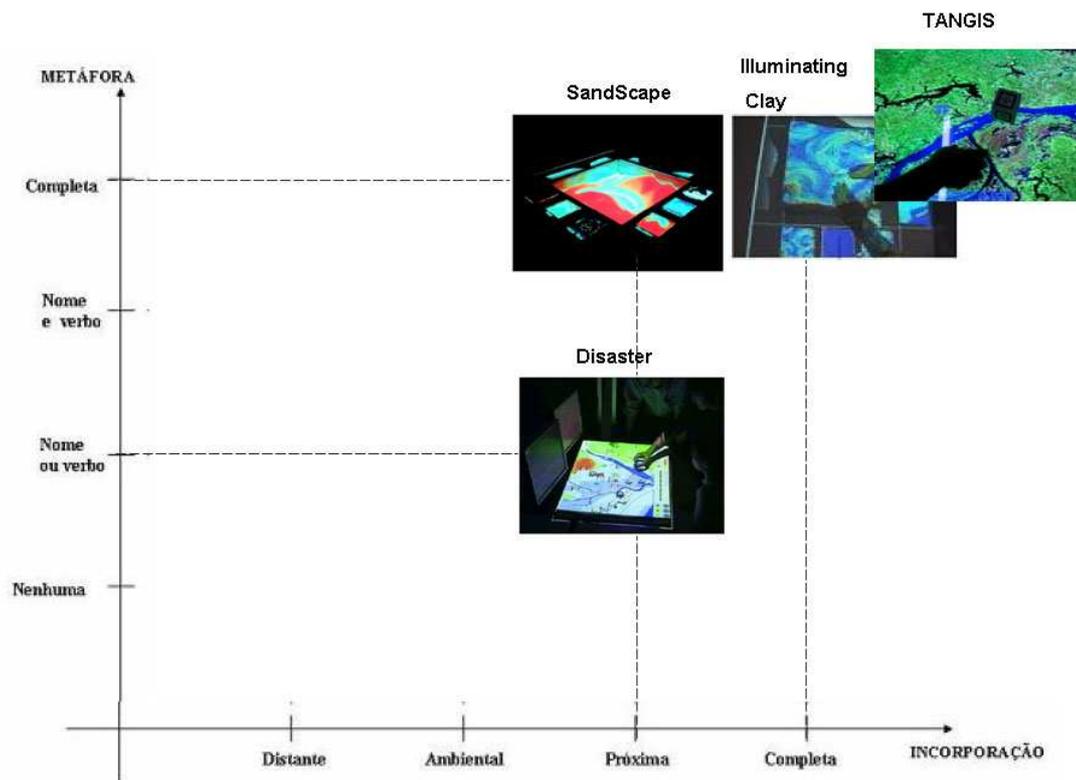


Figura 5.14: Tabela comparativa da estrutura de classificação para sistemas TUIs utilizando GIS e TANGIS

No capítulo seguinte, serão apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

Capítulo 6

Conclusão

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema de visualização geográfica 3D com diferentes formas de visualização e testá-lo, a fim de apoiar uma equipe interdisciplinar na tomada de decisões em operações de contingências na Amazônia de forma colaborativa.

Destacamos o estudo interdisciplinar realizado, que contemplou variadas áreas, buscando integrar as características essenciais para a criação de um sistema que atendesse às necessidades de especialistas e não especialistas para planejamento de gestões e impactos ambientais.

A análise através do teste de usabilidade realizada nos estudos de caso no capítulo 5 concretizou que as hipóteses que motivaram este trabalho foram bem sucedidas quando avaliadas por gerentes, alunos e professores de áreas interdisciplinares, tais como tecnológica, geográfica e ambiental.

Através dos dois questionários, se pode tirar algumas conclusões:

- Os usuários tiveram uma boa aceitação com o uso da interface tangível;
- Eles demonstraram um bom nível de motivação para usar o sistema para tomada de decisão e simulações;
- Eles acharam a comparação de mapas e consulta de informações de longitude, latitude e altura de grande eficiência;
- Eles acharam de grande utilidade as diferentes formas de visualização para discussão colaborativa;
- Percebeu-se que as pessoas puderam discutir novas soluções colaborativamente através de análises intuitivas e rápidas.

- A decisão de se utilizar a Interface Tangível de Usuário (TUI), ao invés de GUI, foi aceita devido a sua facilidade de interação, velocidade na manipulação, edição e alteração de parâmetros. Porém, há necessidade de um ambiente bem iluminado para um bom funcionamento, no que diz respeito à detecção dos marcadores.

Como visto, é interessante que a interação da equipe explore atividades comuns para um bom planejamento e discussão de situações de uma região. Em geral, isto vem sendo pouco observado nos softwares disponíveis, devido à complexidade e pouca interação dos usuários. Em contrapartida, a abordagem disponibilizada pelos softwares de visualização pode suprir esta deficiência, promovendo uma melhor discussão do grupo com relação à tomada de decisão. Na tabela de comparação das TUIs utilizadas com GIS, no final do capítulo 5, constatou esta afirmativa pelo estudo da comparação entre o TANGIS e as estruturas estudadas no capítulo 3.

Em termos de possibilitar uma rica interação, a interface tangível promove uma variedade de associações, fácil manuseio e rápidas respostas. No caso específico das tomadas de decisões, uma interface mais amigável facilita as tarefas possíveis para interagir com o ambiente. A combinação das bibliotecas ARToolkit com GDAL e OpenSceneGraph se apresenta como uma alternativa relevante para a criação de mapas interativos. O sistema foi facilmente utilizado nos testes devido a seus requisitos simples de instalação e manuseio.

Esta abordagem, futuramente, pode ser utilizada em videoconferências, para ser integrada a projetos da RBV (Rede Brasileira de Visualização).

Trabalhos futuros

Ao finalizar este trabalho, algumas questões importantes capazes de nortear pesquisas futuras devem ser colocadas.

Esta aplicação poderá se integrar a um sistema distribuído de visualização (CAVETM), que exhibe a imagem em perspectiva em três paredes e um piso para maior interação do grupo de usuários.

Esta opção é um caso alternativo do módulo visualização 3D. A perspectiva será visualizada na CAVETM seguindo as premissas com as quais o usuário está interagindo na visualização 2D. Estes usuários terão uma visualização mais ampla e

possibilidade da sensação de imersão no ambiente, com o objetivo de uma melhor análise do terreno e discussão colaborativa. Os marcadores para esta visualização são os mesmos usados na visualização 3D.

As pessoas que testaram o sistema TANGIS sugeriram as seguintes possibilidades para funcionalidades do protótipo:

- Possibilidade de inserir dutos na trajetória do gasoduto e traçar novos caminhos para a sua extensão;
- Localizar ocorrências e inserir objetos para estratégias de salvamento, como, por exemplo: estratégia de caminho por onde as brigadas de incêndio devem agir, levando em consideração a vegetação de difícil acesso, caminho a seguir devido ao impedimento de relevos, trechos longos do rio, regiões alagadas, etc.
- Aumentar ou diminuir quantidade de óleo para simulação de escoamento nos diferentes mapas hidrológicos do ano, verificando o tempo deste escoamento;
- Simular obras e desmatamento, diminuindo a estimativa de dano e barateando o custo real dos procedimentos.

Anexo 1: Plano de teste

TANGIS: Sistema de Visualização Geográfica com Interface Tangível para Apoio a Tomada de Decisão Ambiental na Amazônia

Propósito do teste

O propósito deste teste é verificar a habilidade de interação dos participantes, o entendimento das funções do sistema, identificação de erros e dificuldades utilizando o protótipo, para realizar alterações necessárias.

Perfil do usuário

Os usuários do sistema são da área tecnológica: gerentes, pesquisadores, administradores e técnicos especialistas ou não em geoprocessamento responsáveis em tomar decisões no âmbito ambiental, como por exemplo, simular diferentes estratégias para otimização de instalação de dutos, comparar mapas hidrológicos da mesma região, prevenir acidentes geográficos através da análise de simulação de estagnação de escoamento de petróleo, dentre outros. Apesar de Pressman [57] dizer que para uma análise qualitativa são necessárias apenas 4 a 6 pessoas, serão utilizados para este teste sete participantes: dois estudantes de nível superior (áreas diversas), dois gerentes, e três pesquisadores. Os participantes devem ter de 20 a 60 anos de idade e com conhecimentos de informática.

Metodologia

O teste será realizado com a finalidade de garantir a usabilidade do produto e será composto das seguintes partes:

1- Cada participante será devidamente cumprimentado pelo avaliador, será orientado a se sentar e tentar se sentir confortável e relaxado. O participante será orientado a preencher um pequeno questionário para identificação de seu perfil (Questionário para Identificação do Perfil do Participante, Anexo 2);

2- O participante receberá um script introdutório de orientação do teste (Script de Orientação, Anexo 3), explicando o propósito e objetivos do teste. Deve ser reforçado que o software é o centro da avaliação e não o participante e que as tarefas devem ser executadas de forma bastante confortável;

3- Depois de passadas as orientações, será permitido que o participante utilize o sistema livremente. Logo depois, lhe será entregue a lista de tarefas a fim de proporcionar uma visão global do sistema e orientá-lo para o teste (Lista de Tarefas, Anexo 4). O avaliador irá requisitar que o participante verbalize suas dúvidas, pois isto ajudará ao avaliador anotar a ocorrência e a razão de problemas;

4- Por fim, depois de completadas todas as tarefas, o participante preencherá um questionário de avaliação do sistema cuja finalidade é coletar informações preferenciais do participante, discutir percepções subjetivas de usabilidade do participante acerca do sistema, realizados comentários globais sobre a performance do participante e problemas encontrados (Questionário de Avaliação do Sistema pelo Participante, Anexo 5).

Ambiente e equipamento de teste

O ambiente para o teste será em uma sala específica para simulações do laboratório LAMCE/COPPE/UFRJ, na qual há duas telas de LCD, uma perpendicular à outra e, à parte, o hardware de mobilidade de relevo proposto. A tela horizontal possui uma câmera apontada para o centro para detectar os marcadores. O participante pode se encontrar em pé ou sentado para o teste. O computador terá instalado o Windows xp e o sistema TANGIS. O protótipo disponibilizado estará pronto para realizar todas as funcionalidades requisitadas na lista de tarefas.

Papel do avaliador

O avaliador se sentará ao lado do participante durante a realização do teste. Este não poderá ajudar o participante na realização das tarefas. Ele somente poderá orientar se surgir uma questão acerca do procedimento de teste.

Medidas de avaliação

As seguintes medidas de avaliação serão coletadas:

- 1- Estudo de caso(projeto) de maior dificuldade pelo participante;
- 2- Dados qualitativos sobre a utilização do protótipo do sistema TANGIS;
- 3- Dados subjetivos sobre a satisfação do participante;
- 4- Estudo de caso(projeto) de maior incidência de dúvidas de como proceder;

Medidas de avaliação

O relatório irá conter o plano de testes, resultados, discussões e recomendações, sendo que os resultados serão priorizados e apresentados em uma reunião. Estes resultados são muito importantes e deverão ser compilados rapidamente.

Anexo 2: Questionário para identificação do perfil do participante do teste de usabilidade

TANGIS: Sistema de Visualização Geográfica com Interface Tangível para Apoio à Tomada de Decisão Ambiental na Amazônia

O objetivo deste questionário é colher informações sobre o perfil do participante do teste de usabilidade a ser realizado utilizando o protótipo do Sistema TANGIS. As informações fornecidas são vitais para o aprimoramento do sistema. Nas questões de marcar, favor circular a letra correspondente à resposta. A não ser que esteja indicado, deverá ser marcada somente uma resposta por questão. Por favor, leia com atenção as questões a seguir e, em caso de dúvida, solicite esclarecimento com o avaliador.

1) Informações pessoais

1. Nome: _____
2. Qual é a sua idade? ____anos.
3. Sexo: M. masculino F. feminino

2) Informações educacionais

1. Qual é o seu grau de instrução?
 - a. Superior

- b. Mestrado
- c. Doutorado completo
- d. Doutorado incompleto

2. Escreva o nome do curso que está fazendo ou que completou de acordo com o grau assinalado acima: _____

3) Experiência profissional

- 1. Qual a sua profissão? _____
- 2. Onde trabalha? _____
- 3. Qual o seu cargo?
 - a. Aluno/Estagiário
 - b. Somente estagiário
 - c. Professor
 - d. Gerente

3) Para demonstrar em uma reunião, como você utiliza o computador?

- a. Datashow (tela de projeção)
- b. Videoconferência
- c. Modo clone (cada um vê em sua tela o mesmo conteúdo de todos)
- d. Um único monitor

4) Quais softwares você utiliza para visualização?

- a. GeoGrame
- b. Google Earth
- c. ArcView/ArcGis
- d. outros. _____

Anexo 3: *Script* de orientação

TANGIS: Sistema de Visualização Geográfica com Interface Tangível para Apoio à Tomada de Decisão Ambiental na Amazônia

Bom dia, me chamo Paula Faragó e sou aluna de doutorado em computação de alto desempenho pela COPPE/UFRJ e estou realizando teste de usabilidade de meu sistema para concluir minha tese de doutorado.

Estaremos efetuando o teste do protótipo de um sistema de tomada de decisão ambiental chamado TANGIS. Neste sistema, o usuário manipula o sistema por meio de interação tangível. Trata-se de um modo alternativo de interação, o qual se usa um objeto qualquer com marcadores para interagir com o ambiente. Assim, defendo eu, fica mais fácil conseguir e manipular informações em mapas para uma tomada de decisão.

Gostaríamos de contar com seu apoio para testar e contribuir com comentários na usabilidade do software proposto. O teste ocorrerá no Parque Tecnológico localizado na Ilha do Fundão/UFRJ.

O projeto TANGIS consiste em um sistema de visualização geográfica 3D com diferentes formas de visualização, para apoiar uma equipe interdisciplinar na tomada de decisões em operações de contingências na Amazônia, de forma colaborativa, para prevenir e minimizar os eventuais impactos ambientais.

Este será feito através da análise de dados de Modelos de Elevação Digital de terreno (DEM), utilizando a técnica de Interface Tangível (TUI). Esta técnica permite simplificar a usabilidade do sistema através da manipulação de mapas com objetos físicos tangíveis (*token*), a fim de analisar, comparar e alterar mapas em tempo real.

A visualização dos mapas será através de um LCD para a vista de topo 2D, de um outro para a vista de perspectiva 3D e de uma mesa mecatrônica para a visua-

lização topográfica projetada. Você poderá obter informações de latitude, longitude e altura, inserir e consultar informações, manipular o mapa usando transformações de escala, rotação e translação de uma região da Amazônia.

Por fim, você testará os três estudos de casos elaborados provenientes da Amazônia e relacionados à dinâmica de: Mapas da região da Amazônia nas diferentes épocas do ciclo hidrográfico, ou seja, análise de cheias e secas nas quatro estações hidrográficas do ano; visualização de dados relacionados à simulações hidrodinâmicas no Rio Solimões, a batimetria do fundo do rio; planejamento de posicionamento de gasodutos, instalação de tubulação de gás nesta área.

É importante que você diga o que está pensando durante a execução das tarefas. Primeiro as operações básicas serão explicadas, para depois você interagir sozinho. Você poderá fazer perguntas, mas eu não poderei respondê-las. Isto irá ocorrer porque nós necessitamos verificar como você irá trabalhar com o produto de forma independente. O produto ainda é um protótipo, e com certeza, necessitará de modificações e você estará contribuindo para detectarmos quais são as modificações necessárias e poderá sugerir aplicações.

Eu, e os pesquisadores André Barbosa e Cézár Henrique, estaremos presentes para observar suas ações durante o teste. Você irá também responder a dois pequenos questionários. É importante que sejam utilizadas informações verdadeiras e sinceras no preenchimento dos mesmos.

O nosso objetivo é descobrir falhas e vantagens na utilização deste produto de acordo com a sua perspectiva. Portanto, necessitamos saber exatamente o que você pensa. Você pode decidir invalidar seus dados, desde que me comunique até o final do teste. Neste caso, seus dados e resultados não constarão do processo de análise do teste.

O teste será simples e bem rápido, estimamos cerca de uma hora para a duração desta sessão de testes.

Agradecemos por sua colaboração e obrigada por contribuir com a pesquisa brasileira.

Paula Faragó.

Anexo 4: Lista de tarefas

TANGIS: Sistema de Visualização Geográfica com Interface Tangível para Apoio à Tomada de Decisão Ambiental na Amazônia

Abaixo, serão apresentadas as tarefas de cada projeto que devem ser executadas pelo usuário utilizando o sistema. As tarefas devem ser executadas na ordem em que se encontram. Você deve ler em voz alta cada tarefa antes de executá-la. Lembre-se:

- Verbalize suas dúvidas, pois isto ajudará ao avaliador anotar a ocorrência e a razão de problemas.
- É o produto que está sendo avaliado e não você.

Estudo de caso 1: Mapas da região da Amazônia nos diferentes espectros

Tarefa 1 - Iniciar o gerenciador TANGIS

Tarefa 2 - Visualizar layer de estação cheia

Tarefa 3 - Escalonar 2D para visualizar mapa inteiro

Tarefa 4 - Escalonar 3D para visualizar mapa inteiro

Tarefa 5 - Transladar 2D procurando uma região no mapa

Tarefa 6 - Transladar 3D para melhor visualização

Tarefa 7 - Rotacionar o mapa 2D em cima desta região

Tarefa 8 - Ativar layer de informação

Tarefa 9 - Inserir um marcador de informação neste lugar

Tarefa 10 - Ativar layer de estação vazante

Tarefa 11 - Desativar layer de estação cheia
Tarefa 12 - Transladar 2D procurando uma região no mapa
Tarefa 13 - Escalonar 2D para visualizar mapa inteiro
Tarefa 14 - Escalonar 3D para visualizar mapa inteiro
Tarefa 15 - Inserir um marcador de informação neste lugar referente a vazante

Tarefa 16 - Ativar layer de estação seca
Tarefa 17 - Desativar layer de estação vazante
Tarefa 18 - Transladar 2D procurando uma região no mapa
Tarefa 19 - Escalonar 2D para visualizar mapa inteiro
Tarefa 20 - Escalonar 3D para visualizar mapa inteiro
Tarefa 21 - Inserir um marcador de informação neste lugar referente a seca

Tarefa 22 - Ativar layer de estação enchente
Tarefa 23 - Desativar layer de estação seca
Tarefa 24 - Transladar 2D procurando uma região no mapa
Tarefa 25 - Escalonar 2D para visualizar mapa inteiro
Tarefa 26 - Escalonar 3D para visualizar mapa inteiro
Tarefa 27 - Inserir um marcador de informação neste lugar referente a enchente

Tarefa 28 - Ativar layer de curva de nível
Tarefa 29 - Consultar informações de onde se encontra no quadro de localização a latitude, longitude e altura.

Tarefa 30 - Consultar informação que foi inserida na tarefa 14
Tarefa 31 - Consultar informação que foi inserida na tarefa 20
Tarefa 32 - Consultar informação que foi inserida na tarefa 26
Tarefa 33 - Consultar informação que foi inserida na tarefa 32
Tarefa 34 - Desativar layer de curva de nível

Tarefa 35 - Aumentar relevo de uma região da sua escolha
Tarefa 36 - Aumentar área de relevo da mesma região
Tarefa 37 - Desativar layer de informação

- Tarefa 38 - Diminuir relevo em cima da região aumentada na tarefa 42
- Tarefa 39 - Diminuir relevo em cima de um outro relevo existente qualquer
- Tarefa 40 - Consultar informações de onde se encontra no quadro de localização a latitude, longitude e altura
- Tarefa 41 - Executar mesa mecatrônica para representação topográfica 3D
- Tarefa 42 - Retornar a tarefa 2

Estudo de caso 2: Visualização de dados relacionados à simulações hidrodinâmicas no rio Solimões

- Tarefa 1 - Iniciar o gerenciador TANGIS
- Tarefa 2 - Transladar 2D procurando uma região no mapa
- Tarefa 3 - Transladar 3D para melhor visualização
- Tarefa 4 - Escalonar 2D em cima desta região
- Tarefa 5 - Escalonar 3D em cima desta região
- Tarefa 6 - Rotacionar o mapa 2D em cima desta região
- Tarefa 7 - Rotacionar o mapa 3D em cima desta região
- Tarefa 8 - Ativar layer de informação
- Tarefa 9 - Inserir um marcador de informação neste lugar
- Tarefa 10 - Ativar layer de batimetria
- Tarefa 11 - Ver batimetria do mar
- Tarefa 12 - Rotacionar 3D em cima desta região
- Tarefa 13 - Escalonar 3D em cima desta região
- Tarefa 14 - Consultar no quadro de localização a latitude, longitude e altura.
- Tarefa 15 - Consultar informação que foi inserida na tarefa 9
- Tarefa 16 - Desativar layer de informação
- Tarefa 17 - Desativar layer de batimetria
- Tarefa 18 - Executar mesa de relevos
- Tarefa 19 - Retornar a tarefa 2

Estudo de caso 3: Planejamento de posicionamento de gasodutos na Amazônia

Tarefa 1 - Iniciar o gerenciador TANGIS

Tarefa 2 - Transladar 2D procurando uma região no mapa

Tarefa 3 - Transladar 3D para melhor visualização

Tarefa 4 - Escalonar 2D em cima desta região

Tarefa 5 - Escalonar 3D em cima desta região

Tarefa 6 - Ativar layer de gasoduto

Tarefa 7 - Aumentar relevo de uma região da sua escolha

Tarefa 8 - Aumentar área de relevo da mesma região

Tarefa 9 - Aumentar relevo em cima da região do gasoduto

Tarefa 10 - Escalonar 3D em cima desta região

Tarefa 11 - Diminuir relevo em cima da região aumentada na tarefa 8

Tarefa 12 - Diminuir relevo em cima de um outro relevo existente qualquer

Tarefa 13 - Consultar no quadro de localização as informações de latitude, longitude e altura

Tarefa 14 - Ativar layer de informação

Tarefa 15 - Neste ponto, inserir um marcador de informação indicando se é uma área própria para implodir um relevo

Tarefa 16 - Consultar informações inseridas no marcador de informação da tarefa 15

Tarefa 17 - Desativar layer de informação

Tarefa 18 - Executar mesa de relevos

Tarefa 19 - Retornar a tarefa 2

Anexo 5: Questionário de avaliação do sistema TANGIS pelo participante

**TANGIS: Sistema de Visualização Geográfica com Interface Tangível
para Apoio a Tomada de Decisão Ambiental na Amazônia**

O objetivo deste questionário é colher informações sobre a opinião do participante do teste de usabilidade que foi realizado utilizando o protótipo do Sistema TANGIS. As informações fornecidas são vitais para o aprimoramento do sistema e da pesquisa de tese. Por favor, leia com atenção as questões a seguir e em caso de dúvida, solicite esclarecimento com o avaliador.

Data e hora de início do teste: ___/ ___/ ___ as ___:___

Nome do participante: _____

1. Na questão seguinte (Figura 6.1), favor marcar um x ao nível de concordância. Deverá ser marcada somente uma resposta por item.

a.	Facilidade de usabilidade quanto a TUI	<input type="checkbox"/> ruim	<input type="checkbox"/> satisfatório	<input type="checkbox"/> bom	<input type="checkbox"/> ótimo
b.	Análise dos mapas	<input type="checkbox"/> ruim	<input type="checkbox"/> satisfatório	<input type="checkbox"/> bom	<input type="checkbox"/> ótimo
c.	Inserção de conteúdo nos mapas	<input type="checkbox"/> ruim	<input type="checkbox"/> satisfatório	<input type="checkbox"/> bom	<input type="checkbox"/> ótimo
d.	Relevância dos temas dos estudos de casos	<input type="checkbox"/> ruim	<input type="checkbox"/> satisfatório	<input type="checkbox"/> bom	<input type="checkbox"/> ótimo
e.	Relevância nas interações das aplicações	<input type="checkbox"/> ruim	<input type="checkbox"/> satisfatório	<input type="checkbox"/> bom	<input type="checkbox"/> ótimo
f.	Utilidade na tomada de decisões	<input type="checkbox"/> ruim	<input type="checkbox"/> satisfatório	<input type="checkbox"/> bom	<input type="checkbox"/> ótimo
g.	Utilidade para uso colaborativo	<input type="checkbox"/> ruim	<input type="checkbox"/> satisfatório	<input type="checkbox"/> bom	<input type="checkbox"/> ótimo
h.	No geral, a realização do teste foi	<input type="checkbox"/> ruim	<input type="checkbox"/> satisfatório	<input type="checkbox"/> bom	<input type="checkbox"/> ótimo

Figura 6.1: Tabela do Questionário

2. Aponte situações em que você achou fácil utilizar no sistema devido a interface tangível:

3. Aponte situações que você sentiu dificuldades:

4. Durante o teste realizado, você acha que o sistema atingiu o objetivo para o qual foi desenvolvido? Explique:

5. No estudo de caso 1 (Mapas da região da Amazônia nas diferentes épocas do ciclo hidrológico), em sua opinião, quais funcionalidades devem ser acrescentadas?

6.No estudo de caso 2 (Visualização de dados relacionados à simulações hidrodinâmicas no rio Solimões), em sua opinião, quais funcionalidades devem ser acrescentadas?

7.No estudo de caso 3 (Planejamento de posicionamento de gasodutos na Amazônia), em sua opinião, quais funcionalidades devem ser acrescentadas?

8. Sugira opiniões e melhorias no sistema em geral.

Referências Bibliográficas

- [1] NETO, G. C., “Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução”, 1993.
- [2] FISHKIN, K. P., “A taxonomy for and analysis of tangible interfaces”, *Ubiquit Comput*, v. 8, pp. 347–358, 2004.
- [3] “Projeto PIATAM”, 2000, <http://www.piatam.ufam.edu.br/>. Acessado em janeiro de 2006.
- [4] WILDING, CLIFF, “Practical GUI Screen Design: Making It Usable”. In: *Proceedings of ACM CHI 98 Conference on Human Factors in Computing Systems (Summary)*, v. 2, *Tutorials*, pp. 125–126, 1998.
- [5] JACOB, R. J. K., ISHII, H., PANGARO, G., et al., “A tangible interface for organizing information using a grid”. In: *CHI*, pp. 339–346, 2002.
- [6] CHAN, P.-S., MUNRO, M., “PUI: A Tool to Support Program Understanding”. In: *WPC*, p. 192, IEEE Computer Society, 1997.
- [7] “Embedded Interaction”, <http://www.pervasive.ifi.lmu.de/paper.html>. Acessado em Junho de 2006.
- [8] “Ubiquitous Interaction”, 2005, <http://www.comp.lancs.ac.uk/~albrecht/>. Acessado em Junho de 2006.
- [9] “Pervasive Computing”, <http://www.pervasive.ifi.lmu.de/>. Acessado em Julho de 2006.
- [10] DOURISH, PAUL, *Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction*. MIT Press, 2001.

- [11] WEISER, M., GOLD, R., BROWN, J. S., “The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s”, *IBM Systems Journal*, v. 38, n. 4, pp. 677–677, May 1999.
- [12] PIPER, B., RATTI, C., ISHII, H., “Illuminating clay: a 3-D tangible interface for landscape analysis”. In: *CHI*, pp. 355–362, 2002.
- [13] ISHII, H., ULLMER, B., “Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms”. In: *CHI*, pp. 234–241, 1997.
- [14] PINTO, A., KIRNER, T. G., KIRNER, C., “Modelling and Animation of Objects and Sceneries for Collaborative Virtual Atmospheres”, 2001.
- [15] DA COSTA, R. M. E. M., DE CARVALHO, L. A. V., “A Realidade Virtual como instrumento de inclusão social dos portadores de deficiências neuropsiquiátricas”, 2003.
- [16] “Página do grupo GRVa LAMCE/UFRJ sobre Realidade Aumentada”, http://www.lamce.ufrj.br/grva/realidade_aumentada. Acessado em maio de 2006.
- [17] NETO, G. C., BARBOSA, C. C. F., DAVIS, C., et al., “Conceitos básicos em geoprocessamento”, 2000.
- [18] CÂMARA, G., CASANOVA, M. A., DE FREITAS, U. M., et al., “A Presentation Language for GIS Cadastral Data”. In: *ACM-GIS*, pp. 139–146, ACM, 1996.
- [19] XAVIER, C. C., *Visualização de Terrenos em Tempo Real Baseado na Construção de uma Interleaving Quadtree*, Master’s Thesis, COPPE/UFRJ, Cidade Universitária - Centro de Tecnologia, Bloco G, sala 101 - Ilha Fundão - CEP 21945-970 - Caixa Postal 68501 - Rio de Janeiro/RJ - Brasil, Abril 2005.
- [20] EELLS, J., “The surfaces of Delaunay”, *Math. Intelligencer*, v. 9, pp. 53–57, 1987.

- [21] CHOI, “The Delaunay Tetrahedralization from Delaunay Triangulated Surfaces”. In: *COMPGEOM: Annual ACM Symposium on Computational Geometry*, 2002.
- [22] LUEBKE, D., REDDY, M., JONATHAN, et al., “Level of Detail for 3D Graphics”, 2003.
- [23] HENNIG, T. A., KRETSCH, J. L., PESSAGNO, C. J., et al., “The Shuttle Radar Topography Mission”. In: *Digital Earth Moving*, v. 2181, *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 65–77, Springer, 2001.
- [24] *SCIENCE FOR CHANGING WORLD*, U., “Projeto SRTM”, <http://seamless.usgs.gov>. Acessado em outubro de 2007.
- [25] “Projeto SRTM”, 2003, <http://www.esteio.com.br/newsletters/paginas/006/coordenadas>. Acessado em outubro de 2007.
- [26] FIRKOWSKI, H., CARVALHO, C. A. P. D., SKROCH, L. S. D., et al., “O Formato *Shapefile* como Representação de Dados”, *CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO*, 2000, http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2000/167/167.htm. Acessado em setembro de 2007.
- [27] FALCÃO, T. P. D. R., *Design de interfaces tangíveis para aprendizagem de conceitos matemáticos no ensino fundamental*, Master’s Thesis, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Fevereiro 2007.
- [28] ULLMER, B., ISHII, H., “Emerging frameworks for tangible user interfaces”, *IBM Systems Journal*, v. 39, n. 3/4, pp. 915–931, May 2000.
- [29] FISHKIN, K. P., “A taxonomy for and analysis of tangible interfaces”, *Personal and Ubiquitous Computing*, v. 8, n. 5, pp. 347–358, 2004.
- [30] ZUCKERMAN, O., ARIDA, S., RESNICK, M., “Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives”. In: *Proceedings of ACM CHI 2005 Conference on Human Factors in Computing Systems*, v. 1, *Educational issues*, pp. 859–868, 2005.

- [31] ICHIDA, H., ITOH, Y., KITAMURA, Y., et al., “Interactive Retrieval of 3D Virtual Shapes using Physical Objects”. In: *VR*, pp. 231–232, IEEE Computer Society, 2004.
- [32] SCARLATOS, L. L., DUSHKINA, Y., L, S., “TICLE: a Tangible Interface for Collaborative Learning Environments”, Aug. 19 1999.
- [33] PATTEN, J., ISHII, H., HINES, J., et al., “Sensetable: A Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces”. In: *Proceedings of ACM CHI 2001 Conference on Human Factors in Computing Systems, Tangible Interfaces*, pp. 253–260, 2001.
- [34] BOBICK, A. F., INTILLE, S. S., DAVIS, J. W., et al., “The KidsRoom: A Perceptually-Based Interactive and Immersive Story Environment”, *Presence*, v. 8, n. 4, pp. 369–393, 1999.
- [35] ALBORZI, H., DRUIN, A., MONTEMAYOR, J., et al., “Designing StoryRooms: Interactive Storytelling Spaces for Children”. In: *Proceedings of DIS’00: Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, & Techniques, Design Cases*, pp. 95–104, 2000.
- [36] RESNICK, M., MARTIN, F., BERG, R., et al., “Digital Manipulatives: New Toys to Think With”. In: *Proceedings of ACM CHI 98 Conference on Human Factors in Computing Systems*, v. 1, *Dinosaurs and Robots*, pp. 281–287, 1998.
- [37] SOLOS, H., PARKES, J., A., et al., “Topobo: a constructive assembly system with kinetic memory”. In: *Proceedings of ACM CHI 2004 Conference on Human Factors in Computing Systems*, v. 1, pp. 647–654, 2004.
- [38] VISUALIZATION, N., HINCKLEY, K., PAUSCH, R., et al., “Passive Real-World Interface Props for Neurosurgical Visualization”, June 02 1994.
- [39] RYOKAI, K., MARTI, S., ISHII, H., “I/O brush: drawing with everyday objects as ink”. In: *Proceedings of ACM CHI 2004 Conference on Human Factors in Computing Systems*, v. 1, pp. 303–310, 2004.

- [40] REKIMOTO, J., “Tilting Operations for Small Screen Interfaces”. In: *9th Annual ACM Symposium on User-Interface Software and Technology*, Nov. 1996.
- [41] WANT, R., FISHKIN, K. P., GUJAR, A., et al., “Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags”. In: *CHI*, pp. 370–377, 1999.
- [42] LEVIN, G., YARIN, P., “Bringing sketching tools to keychain computers with an acceleration-based interface”. In: *Proceedings of ACM CHI 99 Conference on Human Factors in Computing Systems*, v. 2, *Late-breaking results: MIT is the limit*, pp. 268–269, 1999.
- [43] KOBAYASHI, K., NARITA, A., HIRANO, M., et al., “Collaborative simulation interface for planning disaster measures”. In: *Proceedings of ACM CHI 2006 Conference on Human Factors in Computing Systems*, v. 2, *Work-in-progress*, pp. 977–982, 2006.
- [44] ISHII, H., “Página do Prof. Hiroshi Ishii - MIT”, <http://web.media.mit.edu/~ishii>. Acessado em Abril de 2006.
- [45] “Minolta™vivid-900™”, 2005, <http://minolta-3d.com>. Acessado em Abril de 2006.
- [46] PROCTOR, R. M. J., BATURO, A. R., COOPER, T. J., “Integrating Concrete and Virtual Materials in an Elementary Mathematics Classroom: A Case Study of Success with Fractions”. In: *WCCE2001 Australian Topics: Selected Papers from the Seventh World Conference on Computers in Education*, v. 8, *CRPIT*, pp. 87–92, ACS: Copenhagen, Denmark, 2002.
- [47] “Página da biblioteca gráfica ARToolKit”, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>. Acessado em Agosto de 2006.
- [48] “Página da biblioteca Gráfica OpenSceneGraph”, <http://www.openscenegraph.org>. Acessado em Agosto de 2006.
- [49] “Página da biblioteca gráfica GDAL(*Geospatial Data Abstraction Library*)”, <http://www.gdal.org>. Acessado em julho de 2006.

- [50] “ESRI Shapefile C Library V1.2”, 2002, <http://shapelib.maptools.org>. Acessado em novembro de 2007.
- [51] “wxWidgets 2.8.6”, 2000, <http://www.wxwidgets.org>. Acessado em novembro de 2007.
- [52] “LibXML2”, 2000, <http://xmlsoft.org/index.html>. Acessado em novembro de 2007.
- [53] “Virtual Planet Builder”, 2007, <http://www.openscenegraph.org/projects/VirtualPlanetBuilder>. Acessado em novembro de 2007.
- [54] “Paul Bourke”, 2007, <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/papers/conrec/>. Acessado em julho de 2007.
- [55] FERREIRA, K. G., *Teste de usabilidade*, Master’s Thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Agosto 2002.
- [56] RUBIN, JEFFREY, *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. John Wiley & Sons: New York, 1994, OCLC.
- [57] PRESSMAN, R. S., *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*. Second edition ed. McGraw-Hill: New York, NY, 1986.
- [58] “Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia”, 2005, <http://www.inpa.gov.br/>. Acessado em maio de 2007.
- [59] “Projeto PIATAM PETROBRAS”, 2002, <http://www2.petrobras.com.br/AtuacaoInternacional/PetrobrasMagazine/pm50/port/piatam.html>. Acessado em janeiro de 2006.
- [60] “A Amazônia, a Biodiversidade e o novo milênio”, 2005, <http://www.comciencia.br/reportagens/amazonia/amaz3.htm>. Acessado em maio de 2007.
- [61] T&C, R., “Brasil: Terra das Águas”, *Revista T&C Amazônia*, v. Ano IV, número 9, 2006.

- [62] MEHDI, N., ASSAD, L., TORRES, A., et al., “Modelagem Hidrodinâmica no Rio Solimões”, *1o Congresso Internacional PIATAM*, 2005.
- [63] BLUMBERG, A., G.L., M., “Diagnostic and prognostic numerical circulation studies of the South Atlantic Bight.” *Journal of Geophysical Research*, v. 88, pp. 4579–4592, 1983.
- [64] “Ambiente Brasil”, 2005, http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/artigos/gasoduto_coari.html. Acessado em janeiro de 2006.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)