

A

Este exemplar corresponde à redação final da
Tese/Dissertação devidamente corrigida e defendida
por: JULIANO SCHIMIGUEL
e aprovada pela Banca Examinadora.
Campinas, 27 de _____ de 06

COORDENADOR DE PÓS-GRADUAÇÃO
CPG-IC

**Um Framework para a Avaliação de
Interfaces de Aplicações SIG Web no
Domínio Agrícola**

Juliano Schimiguel

Tese de Doutorado

Um Framework para a Avaliação de Interfaces de Aplicações SIG Web no Domínio Agrícola

Juliano Schimiguel
Setembro de 2006

Banca Examinadora:

- Prof^a Dr^a Maria Cecília Calani Baranauskas (Orientadora)
- Prof^a Dr^a Lúcia Vilela Leite Filgueiras
Depto. de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais da EPUSP, Universidade de São Paulo (USP)
- Prof. Dr. Rubens Camargo Lamparelli
Centro de Pesquisas, Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – CEPAGRI, UNICAMP
- Prof. Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira
Departamento de Ciência da Computação – Faculdade de Campo Limpo Paulista, FACCAMP
- Prof^a Dr^a Eliane Martins
Instituto de Computação – UNICAMP
- Prof^a Dr^a Anamaria Gomide (suplente)
Instituto de Computação – UNICAMP
- Prof^a Dr^a Ariadne Maria Brito Rizzoni Carvalho (suplente)
Instituto de Computação – UNICAMP

UNIVERSIDADE BC
CHAMADA UNICAMP
Sch34f
EX
MBO BC/ 70823
DC. 16.123.06
D X
EÇO 11,00
TA 05/12/06
-ID 392834

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO IMECC DA UNICAMP**

Bibliotecária: Miriam Cristina Alves – CRB8a / 5094

Schimiguel, Juliano.

Sch34f Um framework para a avaliação de interfaces de aplicações SIG Web no domínio agrícola / Juliano Schimiguel -- Campinas, [S.P.: s.n.], 2006.

Orientador: Maria Cecília Calani Baranauskas

Co-orientadora: Claudia Maria Bauzer Medeiros.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Computação.

I. Interfaces de usuário (Sistema de computador) - Avaliação. 2. Sistemas de informação geográfica. 3. Web. I. Baranauskas, Maria Cecília Calani, 1954-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. III. Título.

Título em inglês: A Framework to WEB GIS application interface evaluation in the agriculture domain.

Palavras-chave em inglês (Keywords): 1. User interface (Computer systems) - Evaluation. 2. Geographical information systems. 3. Web.

Área de concentração: Sistemas de Informação.

Titulação: Doutor em Ciência da Computação

Banca examinadora: Profª. Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas (IC-UNICAMP)
Profª. Dra. Lúcia Vilela Leite Filgueiras (EPUSP)
Prof. Dr. Rubens Camargo Lamparelli (CEPAGRI-UNICAMP)
Prof. Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira (DCC-FACAMP)
Profª. Dra. Eliane Martins (IC-UNICAMP)
Profª. Dra. Anamaria Gomide (IC-UNICAMP)

Data da defesa: 28/09/2006

Programa de Pós-Graduação: Doutorado em Ciência da Computação

Um Framework para a Avaliação de Interfaces de Aplicações SIG Web no Domínio Agrícola

Campinas (SP), 28 de setembro de 2006.



Prof^a Dr^a Maria Cecília Calani Baranauskas
(orientadora)



Prof^a Dr^a Claudia Maria Bauzer Medeiros
(co-orientadora)

Tese apresentada ao Instituto de Computação,
UNICAMP, como requisito parcial para a
obtenção do título de Doutor em Ciência da
Computação.

TERMO DE APROVAÇÃO

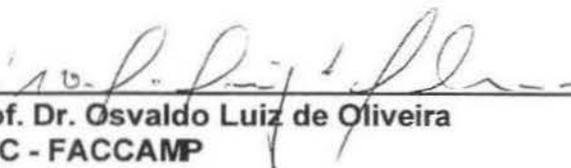
Tese defendida e aprovada em 28 de setembro de 2006, pela Banca examinadora composta pelos Professores Doutores:



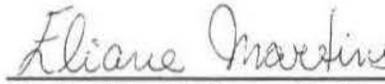
Profa. Dra. Lúcia Vilela Leite Filgueiras
EPUSP



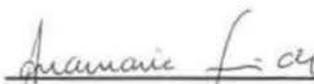
Prof. Dr. Rubens Augusto Camargo Lamparelli
CEPAGRI - UNICAMP



Prof. Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira
DCC - FACCAMP



Profa. Dra. Eliane Martins
IC - UNICAMP



Profa. Dra. Anamaria Gomide
IC - UNICAMP



Profa. Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas
IC - UNICAMP

*Para minha noiva e
minha família*

*“...pelo apoio, amor e
pela paciência com minha
ausência”*

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pela conquista alcançada. Sem sombra de dúvidas, este trabalho é fruto da cooperação de muitas pessoas. Neste pequeno espaço, resumimos algumas dessas contribuições, seja indireta ou diretamente. Muitos podem nem saber que ajudaram, mas um simples papo, comentário, sugestão, um “bom-dia” caloroso ou aquela piada que nos fez ficar mais alegres, são todas atitudes que podem ter influenciado no andamento de nosso trabalho. Não podemos colocar todos esses nomes aqui, precisaríamos de várias páginas, entretanto, agradeço pela ajuda dada por essas pessoas. Particularmente, gostaria de citar alguns nomes:

1. Minha Família, que entenderam meu projeto de vida.
2. Daniela (e sua família): quantas vezes me motivou e não deixou que desanimasse de frente às dificuldades.
3. Professora Cecília: que sempre me acompanhou durante o andamento do trabalho, seja com comentários, críticas ou elogios.
4. Professora Cláudia: por toda a insistência na precisão no desenvolvimento do trabalho. Isso foi de vital importância para o sucesso em nossas atividades.
5. Grupo Conversando com Cecília: agradecimento a todos do grupo que colaboraram para o desenvolvimento do trabalho.
6. Grupo de Bancos de Dados: as reuniões foram vitais para o direcionamento de nosso trabalho.
7. Colegas do Laboratório de Sistemas de Informação: são vários nomes, não posso citar todos.
8. Funcionários do Instituto de Computação: por todo o apoio dado para aqueles assuntos burocráticos, mas vitais para o andamento do trabalho.
9. Cooxupé – Cooperativa, nas pessoas de Adilson Dias Rets, Éder Ribeiro dos Santos, Nara Hautz Giacon e Luis Antonio Nery, por contribuírem para o estudo de caso e pela participação em diversas etapas do desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria de destacar o suporte financeiro dado pela CAPES, CNPq e FAPESP. Além disso, o trabalho foi parcialmente financiado pelos projetos CNPq WebMaps e Agroflow.

Resumo

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são categorias de software que permitem a manipulação, gerenciamento e visualização de dados geo-referenciados. O termo geo-referenciado denota associação a um sistema de coordenadas geográficas. Existem inúmeras categorias de aplicações SIG, em diferentes escalas e domínios, abrangendo desde temas urbanos até ambientais. Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica na Web, neste trabalho denominadas “aplicações SIG Web”, são sistemas onde a ‘informação geográfica’ pode estar dispersa em diferentes locais e sua manipulação via SIG ocorre através da Internet. A importância de SIG Web direcionados a sistemas agrícolas, foco deste trabalho, advém do fato de funcionarem como um ferramental útil para usuários que trabalham direta ou indiretamente no domínio: agricultores, agrônomos, cooperativas agrícolas, órgãos governamentais ligados à área.

Interfaces de Usuário em SIG Web têm sido desenvolvidas sem o uso de práticas e critérios que considerem especificidades desse domínio de aplicação e a diversidade de usuários na web. A qualidade da interface dessas aplicações influencia diretamente o seu uso. Este trabalho se propõe a conceituar qualidade no contexto de interfaces de aplicações SIG Web, investigando tanto o *produto* – a interface de aplicações SIG Web – quanto o *processo* de design de interfaces de tais aplicações. Estas duas perspectivas formam a base de recomendações para a avaliação de suas interfaces de aplicações.

O resultado principal do trabalho é a definição de um *framework* de bases semióticas para orientar designers e partes interessadas no design de aplicações SIG Web na avaliação de interfaces de tais aplicações. Esse *framework* organiza um espaço de análise que contém as recomendações identificadas nos contextos de avaliação do produto e de processo de design de aplicações SIG Web. Ele foi desenvolvido e testado utilizando um conjunto de aplicações e estudos de caso reais, no domínio agrícola.

Abstract

Geographic Information Systems (GIS) are pieces of software that allow manipulation, management and visualization of georeferenced data, where the term “georeferencing” denotes association with geographic coordinates. There are countless kinds of applications that use GIS, for different domains and using distinct geographic scales, ranging from urban to environmental issues. This thesis uses the expression “Web GIS applications” to denote applications running on Geographic Information Systems. They are systems where the geographic information may be distributed over several sites, and is manipulated by users on the Internet, using a GIS. This work is centered on Web GIS applications for the agricultural domain. The relevance of these applications is based on the fact that they serve as a basic decision platform for users that directly or indirectly work in this domain: farmers, agronomers, cooperatives or government instances.

Web GIS User Interfaces have long been developed without considering practices and criteria that take into account the domain’s specificity, or the wide spectrum of Web users. The quality of these interfaces has a major impact in the use of these applications. This thesis is centered on analyzing the issue of the quality of Web GIS application interfaces, under two perspectives: the *product* – the interface itself; and the *design process* of these interfaces.

The main contribution of this work is a definition of a framework based on semiotics that guides Web GIS application designers in the evaluation of the interfaces of these applications. This framework includes a set of procedures, as well as a set of recommendations to be followed by designers in order to improve interface quality. The framework was developed and validated using several real life applications, for the agricultural domain.

Sumário

Resumo	XIII
Abstract	XV

1. INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E METODOLOGIA 1

1.1 VISÃO GERAL	1
1.2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	3
1.3 CENÁRIO DO TRABALHO	5
1.4 CONTRIBUIÇÕES E ORGANIZAÇÃO DA TESE	10

2. INSPECTING USER INTERFACE QUALITY IN WEB GIS APPLICATIONS..... 13

2.1 INTRODUCTION	13
2.2 STANDARDS AND QUALITY	15
2.2.1 PROCESS AND PRODUCT QUALITY IN ENGINEERING.....	15
2.2.2 ISO 9241.....	15
2.3 QUALITY INSPECTION BASED ON ISO 9241: A CASE STUDY	16
2.4 PRELIMINARY ANALYSIS OF THE INSPECTION	18
2.4.1 ANALYSIS OVERVIEW.....	18
2.4.2 DIALOGUE PRINCIPLES – ISO 9241-10.....	19
2.4.3 PRESENTATION OF INFORMATION – ISO 9241-12.....	21
2.4.4 USER GUIDANCE – ISO 9241-13.....	24
2.4.5 MENU DIALOGUES – ISO 9241-14.....	26
2.4.6 DISCUSSION.....	28
2.5 CONCLUSION.....	29

3. ACCESSIBILITY AS A QUALITY REQUIREMENT: GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS ON THE WEB..... 31

3.1 INTRODUCTION.....	31
3.2 QUALITY IN SOFTWARE USE AND ACCESSIBILITY	33
3.3 CASE STUDY.....	35
3.3.1 METHODS AND PROCEDURES.....	35
3.3.2 PRELIMINARY RESULTS.....	37

3.3.3 DISCUSSION.....	45
3.4 CONCLUSION.....	47
<u>4. USABILIDADE DE APLICAÇÕES SIG WEB NA PERSPECTIVA DO USUÁRIO: UM ESTUDO DE CASO.....</u>	49
4.1 INTRODUÇÃO	49
4.2 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E O TESTE ECONÓMICO DE USO.....	51
4.3 ESTUDO DE CASO: USABILIDADE NA PERSPECTIVA DO USUÁRIO.....	53
4.3.1 RESULTADOS PRELIMINARES.....	55
4.3.2 OBSERVAÇÕES SOBRE OS USUÁRIOS NA TAREFA	61
4.3.3 DISCUSSÃO.....	64
4.4 CONTRIBUIÇÕES E CONCLUSÕES.....	65
<u>5. GUIDING THE PROCESS OF REQUIREMENTS ELICITATION WITH A SEMIOTIC-BASED APPROACH – A CASE STUDY</u>	69
5.1 INTRODUCTION.....	69
5.2 UNDERSTANDING USER REQUIREMENTS: A SEMIOTIC-BASED VIEW	71
5.2.1 THE MEASUR METHODS.....	72
5.2.2 A FRAMEWORK BASED ON MEASUR FOR ENGINEERING USER REQUIREMENTS.....	75
5.3 ELICITING REQUIREMENTS FOR THE WEBMAPS PROJECT: A CASE STUDY.....	75
5.3.1 METHOD AND SCENARIO	76
5.3.2 THE PARTICIPATORY WORKSHOPS	77
5.3.3 PRELIMINARY FINDINGS.....	79
5.3.4 DISCUSSION.....	82
5.4 CONCLUSION.....	82
<u>6. UM FRAMEWORK PARA AVALIAÇÃO DE INTERFACES DE APLICAÇÕES SIG WEB.....</u>	85
6.1 INTRODUÇÃO	85
6.2 EMBASAMENTO TEÓRICO.....	87
6.3 UM FRAMEWORK PARA AVALIAÇÃO DE INTERFACES DE APLICAÇÕES SIG WEB.....	89
6.4 RECOMENDAÇÕES DEFINIDAS NO FRAMEWORK	94
6.5 CONCLUSÕES	102
<u>7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</u>	105
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	109

Capítulo

1

Introdução, Objetivos e Metodologia

1.1 Visão Geral

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la (Câmara et al., 1996).

Um SIG serve como base a um enorme conjunto de aplicações chamadas “geográficas”, que são todas aquelas que manipulam dados geo-referenciados e onde a visualização geográfica é importante. Segundo Oliveira (1997), as aplicações usualmente desenvolvidas em SIG definem requisitos de informação que permitem classificá-las em três categorias: urbanas, ambientais e gerenciais. As aplicações urbanas são voltadas para aspectos de infraestrutura urbana e controle populacional, como gerência de redes (energia, telecomunicações, transportes) e distribuição de serviços públicos. As aplicações ambientais são voltadas para o aproveitamento e conservação de recursos naturais, como a modelagem da natureza (estudos climáticos, controle de agentes poluidores, análise de processos de desertificação). As aplicações gerenciais envolvem informações qualitativas sobre aplicações ambientais e urbanas. O objetivo destas aplicações é apoiar a formulação e o acompanhamento de políticas de desenvolvimento urbano e de uso de recursos naturais.

Um SIG oferece ao programador de aplicação um grande conjunto de funções que permitem processamento espacial dos dados e sua apresentação geográfica. Além disso, um SIG integra freqüentemente operações de gestão de bases de dados, como consultas espaciais e análise estatística, com os benefícios de visualização e de análise geográfica proporcionados pela utilização de mapas. Estas capacidades distinguem o SIG de outros sistemas de informação e fazem deste uma ferramenta valiosa para uma vasta gama de organizações e empresas, com o objetivo de explicar eventos, prever resultados e planejar estratégias relativas a aplicações onde a dimensão espacial é importante (Schimiguel, 2002).

A Internet tem facilitado o acesso e o compartilhamento de informação no mundo, a partir da recuperação de informação hipermídia na rede. A hipermídia – uso combinado de multimídia (textos, sons, vídeos, animações, etc.) e hipertexto (links na forma textual que permitem acessar outros recursos, para organizar e estruturar a informação) – pode possibilitar a criação de interfaces que facilitem a interação entre o usuário e as funcionalidades do sistema.

O uso de SIG a partir da Web está crescendo dentro do que se costuma chamar WebGIS ou SIG Web. Para o público em geral, um SIG Web é um sistema que permite a visualização e consulta a dados geográficos através da Web. Na perspectiva técnica, podemos identificar dois conceitos distintos: *SIG Web* e *aplicação SIG Web*. Um SIG Web é um software (comercial ou acadêmico) que permite a criação de aplicações SIG na Web. Uma aplicação SIG Web é um sistema que disponibiliza informação geográfica na Web, utilizando recursos de visualização e podendo permitir alguns tipos de interação, como *zoom*, *pan* (movimentação do mapa), consulta a informações descritivas relacionadas ao mapa, etc.. Essas interações podem ser realizadas existindo ou não a ligação da aplicação SIG com um banco de dados geográfico em um servidor Web. Como exemplo de SIG Web pode-se destacar o MapObjects (MapObjects, 2006) e como aplicação SIG Web, a da Embrapa (Embrapa, 2004) e a da FUNCEME (FUNCEME, 2004). Nosso foco de interesse neste trabalho estará nas interfaces de usuário de aplicações SIG Web.

A Figura 1, a seguir, ilustra a representação de um SIG e de um SIG Web, utilizando como exemplos, respectivamente o Arcview GIS (Arcview, 2005) e o MapObjects (MapObjects, 2006), bem como sua conexão com um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados). Uma aplicação SIG pode ter várias formas de apresentação dos dados, por exemplo, mapas, gráficos, tabelas, entre outras. Pode ainda ser voltada para algum domínio de aplicação específico, por exemplo, biodiversidade, área militar, prefeituras, agricultura, etc.. Nesta

tese, damos maior ênfase ao domínio de aplicação agrícola. A escolha pelo domínio advém do fato de o Brasil ser um país onde a agricultura possui valor estratégico. A qualidade das interfaces de tais aplicações é fundamental ao seu acesso, por parte de agricultores, consultores e outras partes interessadas, podendo influenciar em tomadas de decisão, controle e aumento de produtividade.



Figura 1: SIG, SIG Web e aplicação SIG Web

1.2 Justificativa e Objetivos

Em sistemas computacionais, a interface tem um papel fundamental, porque é a parte do sistema visível para o usuário, através da qual ele se comunica com o sistema, para realizar suas tarefas. Ela pode ser um fator de motivação, ou ainda, se for mal projetada, pode se transformar em um ponto decisivo na rejeição do sistema. De nada adianta o sistema ser eficiente, considerando-se sua estrutura funcional, e ter uma interface que restrinja e dificulte o uso do sistema.

Em contraste com a disseminação do uso de SIG e a expansão de suas aplicações Web, os desenvolvedores de aplicação não têm revelado preocupação com os aspectos de interação dessas aplicações. No projeto de interfaces para aplicações SIG Web, é preciso considerar

que essas aplicações são compartilhadas por diferentes categorias de usuários e organizações usuárias, dispersas geograficamente. As pesquisas até agora, em sua maioria direcionadas para SIG não Web (neste texto doravante denominados “SIG tradicionais”), mostram que a interface desses sistemas tem sido criada sob a perspectiva do projetista de SIG (Schimiguel, 2002; Prado, 2001; Câmara et al., 1999), e não tem sido adequada para responder questões de usuários potenciais. Esses problemas persistem nas aplicações SIG Web.

Aime et al. (1999) argumentam que um obstáculo para o uso de SIG é a distância que ainda permanece entre o sistema e a cultura do usuário, em informação geográfica. De acordo com Prado (2001) e Prado et al. (2000), existem problemas de usabilidade relacionados a aspectos de interpretação de elementos de interface e um *gap* entre aspectos da tarefa do usuário e as implementações de SIG. Para Câmara et al. (1999), o design de interfaces para SIG ainda representa um ponto crucial na aceitação ou rejeição de uma aplicação. De acordo com esses autores, os avanços em modelagem de dados necessitam ser refletidos no nível de interface do sistema, ocultando representações computacionais e permitindo ao usuário se concentrar na informação geográfica.

Vários trabalhos na área de interfaces para SIG têm revelado preocupação com os canais de representação da informação como, por exemplo, o uso de fala, gestos, movimento em computação móvel, manipulação direta, modelos em 3D, linguagens visuais (Agrawal et al., 2004; Merdes et al., 2004; Laurini et al., 2004; Shumilov et al., 2002). Outras contribuições têm surgido envolvendo investigação em sistemas colaborativos, interação e comunicação em grupos e contexto de uso (Hiele et al., 2003). Seixas e Souza (2004) propuseram um método de inspeção semiótica para interfaces baseada em mapas (ISIM), capaz de analisar o efeito de representações usadas nestas interfaces quanto à capacidade de comunicar a informação geográfica. O ISIM emprega técnicas analíticas para definir o contexto da aplicação e o perfil do usuário, bem como para interpretar os resultados obtidos.

Com relação à investigação sobre qualidade de aplicações na Web, Despeyroux (2004) ressalta que é necessário explicitar a noção de qualidade de um website e ela deve ser relacionada à facilidade de acesso. Para Xu et al. (2005), os métodos de teste tradicionais não são adequados para testar aplicações web. Existem várias iniciativas de abordagens para qualidade na web – uso de métricas, modelagem conceitual e navegacional, checklist para avaliação de acessibilidade, teste de acessibilidade (Dhyani et al., 2002; Olsina et al., 2003; Cybis, 2003; Melo et al., 2004).

Pelo fato de que a interface de aplicações SIG Web tem sido projetada de acordo com a visão dos construtores de SIG, centrados nas funções, usuários não especialistas na tecnologia de SIG podem ter dificuldades de uso. A diversidade de usuários e de formas de utilização potencial desses sistemas é mais um desafio que se coloca. A importância de se investigar a qualidade de interfaces de usuário em aplicações SIG Web advém da necessidade de se orientar o designer dessas aplicações.

O objetivo deste trabalho é propor um *framework* de bases semióticas para o design e avaliação de interfaces no contexto de aplicações SIG Web, com a definição de um conjunto de recomendações. Este trabalho combina pesquisa nas áreas de Engenharia de Requisitos, Interação Humano-Computador e Semiótica Organizacional. A pesquisa em Engenharia de Requisitos está em franca expansão (Lamsweerde, 2000; Bevan, 1999; Bevan, 1997). Analisa problemas que vão desde a interação com o usuário para determinar suas necessidades, até metodologias de especificação de requisitos. A Interação Humano-Computador, como área principal de nossos estudos, é a disciplina que estuda a interação possibilitada pelas interfaces de sistemas computacionais. A Semiótica, como a ciência dos signos e suas vidas na sociedade (Santaella, 1996; Peirce, 1990) e a Semiótica Organizacional como um dos ramos da Semiótica (Stamper, 1973a; Liu, 2000), oferecem referencial metodológico para o desenvolvimento de sistemas de informação, com foco em questões de significado da informação. A Semiótica Organizacional permite considerar fatores tradicionalmente não tratados no desenvolvimento de sistemas, como aspectos culturais, éticos, sociais. Tais elementos são de suma importância, principalmente considerando-se aplicações SIG Web, que têm um perfil de usuários bastante diversificado.

Este trabalho foi desenvolvido em um contexto em que se pretendeu: (i) fundamentar o conceito de qualidade de interface em aplicações SIG Web, (ii) propor recomendações para o design e avaliação de interfaces para aplicações SIG Web e (iii) especificar um *framework* para o design e avaliação de interfaces para essas aplicações.

1.3 Cenário do Trabalho

O desenvolvimento do *Framework para Avaliação de Interfaces de Aplicações SIG Web* descrito no capítulo 6, foi fundamentado na Escada Semiótica de Stamper (1973a). Esta Escada propõe sete níveis de entendimento da informação, que vão do mundo físico - infraestrutura necessária para veiculação da informação e funcionamento de um sistema, até o mundo social, onde as implicações de uso do sistema aparecem. A Escada Semiótica foi

utilizada neste trabalho, como artefato para a organização das recomendações identificadas tanto no contexto de produto como no contexto de processo de design de interfaces de aplicação SIG Web. Ela é importante porque permite considerar signos de uma aplicação Web, desde os aspectos materiais e empíricos de infra-estrutura (de canal de captura e transmissão de informação), até aspectos sintáticos (de estrutura de linguagem), semânticos (de significados dos elementos representados), de pragmática (das intenções) e sociais (das normas e implicações legais). Para cada um dos degraus da Escada, foram propostas recomendações para contribuir no processo de avaliação de interfaces de aplicações SIG Web. Tais recomendações foram identificadas com base no contexto de produto de interface de aplicações SIG Web, bem como com base no contexto de processo de design de interfaces de aplicação SIG Web.

Para se chegar a este resultado final, foram necessários vários passos. A pesquisa foi iniciada com um levantamento de vinte e cinco aplicações SIG Web, voltadas para o domínio agrícola (Schimiguel et al., 2004a). Sobre esse conjunto de aplicações SIG, foi realizado um estudo de aspectos de interação e de conteúdo dessas aplicações. Como resultado desse estudo, chegamos a uma categorização para aplicações SIG Web, de acordo com aspectos de interação. As categorias definidas foram, considerando-se gradativamente, da menos interativa para a mais interativa: (i) Bibliotecas e Catálogos de Dados Espaciais, (ii) Servidor de Mapas Estático, (iii) Gerador de Mapas e (iv) Browser de Mapas On-line.

Em mais detalhes, estas categorias são caracterizadas por:

(i) *Bibliotecas e Catálogos de Dados Espaciais*: aplicações que possibilitam fazer o *download* de arquivos, mas sua visualização e possibilidades interativas são dependentes de algum *plug-in* ou software específico instalado na máquina do usuário.

(ii) *Servidor de Mapas Estático*: aplicações que apresentam imagens capturadas por sensores, vídeos-câmeras, câmeras terrestres, satélites, e disponibilizadas de forma estática. As possibilidades interativas são dependentes do software de visualização. Pode também ter possibilidades interativas, como *zoom*, *pan*, consulta a dados geográficos associados ao mapa.

(iii) *Gerador de Mapas*: aplicações em que os mapas são gerados a partir do fornecimento de especificações pelo usuário em um formulário no web *browser*. É possível realizar *zoom*, *pan*, consulta a dados geográficos associados ao mapa, selecionar camadas de dados para visualização, entre outras possibilidades.

(iv) *Browser de Mapas On-Line*: permite visualizar, consultar, recuperar e modificar mapas *on-line*. É restrito a sistemas proprietários, pertencentes a instituições, órgãos e empresas com acesso restrito aos dados. É importante salientar que as aplicações pertencentes a esta categoria são mais viáveis para Intranets do que para a Internet, pois é muito custoso realizar atualizações em dados através da Internet.

Com base nos resultados desta investigação, três aplicações SIG Web, foram escolhidas para testes mais específicos. As aplicações escolhidas foram o Agritempo (EMBRAPA-CEPAGRI), a aplicação da FUNCEME e a do SIMEPAR (SIMEPAR, 2004). As aplicações da FUNCEME e do SIMEPAR pertencem à categoria 'Servidor de Mapas Estático'. Essas são aplicações que apresentam imagens capturadas por sensores, vídeo-câmeras, câmeras terrestres, satélites e são disponibilizadas através de arquivos estáticos (por exemplo, arquivos JPEG ou GIF). Possuem poucas possibilidades interativas, como o *zoom* sobre o mapa e a consulta a informações descritivas na página Web. A outra aplicação selecionada (Agritempo) pertence à categoria 'Gerador de Mapas', onde mapas podem ser gerados por especificações fornecidas pelo usuário em um formulário no *web browser*. Além de possibilidades interativas como *zoom* e *pan*, esta aplicação permite a consulta a dados geográficos associados ao mapa, possibilitando também a seleção de níveis temáticos para visualização.

A categoria 'Servidor de Mapas Estático' foi a mais freqüentemente encontrada no conjunto analisado (Schimiguel et al., 2004a), influenciando na escolha por duas aplicações dessa categoria. A aplicação do SIMEPAR apresenta maior ênfase em elementos de conteúdo, enquanto que a aplicação do FUNCEME apresenta mais possibilidades interativas, comparada às outras aplicações levantadas. Para complementar, uma aplicação pertence à região Sul do Brasil (SIMEPAR), enquanto que a outra pertence à região Nordeste (FUNCEME), permitindo detectar características específicas a cada contexto. A categoria 'Gerador de Mapas' permite mais possibilidades interativas do que a categoria 'Servidor de Mapas Estático'.

Essas três aplicações SIG Web passaram por uma Inspeção ISO 9241 (ISO9241, 1997; Schimiguel et al., 2004b), conforme descrito no capítulo 2; uma Inspeção de Acessibilidade (Schimiguel et al., 2005a), descrito no capítulo 3; um estudo de caso com usuários (Schimiguel et al., 2005b, 2006), descrito no capítulo 4. Um processo de Engenharia de Requisitos foi instanciado para o design e desenvolvimento de uma nova aplicação SIG Web, o WebMaps (Baranauskas et al., 2005) e está descrito no capítulo 5.

A inspeção ISO 9241 (ISO9241, 1997), detalhada no capítulo 2, é baseada na norma que trata de Requisitos Ergonômicos para o Trabalho com Terminais de Displays Visuais (*Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals*). Escolhemos esta norma como um instrumento de inspeção de interfaces de SIG, uma vez que esta permite a inspeção de usabilidade de elementos relacionados à interface, tais como: a estrutura de menu, sistema de ajuda, gerenciamento de erros, navegação, etc.. A ABNT (ABNT, 2004) classifica a ISO 9241 como relacionada à 'Ergonomia de Software' (MCT, 2004). As partes utilizadas da ISO, para a realização da inspeção foram: (i) parte 10: Princípios de Diálogo, (ii), parte 12: Apresentação da Informação, (iii) parte 13: Guia do Usuário e (iv) parte 14: Menus de Diálogo. Nesta inspeção, documentada em Schimiguel et al. (2004b), detectamos que as três aplicações avaliadas violam fortemente o padrão ISO 9241-10, em Princípios de Diálogo, o que sugere que essas aplicações possuem deficiências em fatores relacionados à execução e controlabilidade da tarefa. Essas aplicações não consideram diferentes perfis de usuários, nem suportam técnicas para facilitar o aprendizado e um *feedback* apropriado não é provido.

A Inspeção de Acessibilidade (Schimiguel et al., 2005a), detalhada no Capítulo 3, foi realizada tomando-se por base uma avaliação simplificada de acessibilidade Web realizada por Melo et al. (2004), e Melo e Baranauskas (2005) que propõe: (i) uso de *browsers-web* textuais e gráficos e (ii) verificação de acessibilidade com ferramentas semi-automáticas. Trabalhamos com estes dois métodos porque são fáceis de usar e oferecem a possibilidade de identificar aspectos que têm influência direta na experiência do usuário. O uso de diferentes configurações de *browsers-web* é um dos métodos sugeridos pela W3C (2005b), para identificar elementos que interferem diretamente na interação e na acessibilidade à informação.

O estudo de caso com usuários (Schimiguel et al., 2005b, 2006), detalhado no capítulo 4, envolveu um teste de usabilidade em laboratório, com usuários prospectivos, seguido de uma atividade de discussão coletiva. Participaram do teste quatro usuários com perfis diversos de formação, incluindo as áreas de Informática e Agricultura: um Administrador de Banco de Dados, um Analista de Sistemas, um Engenheiro Agrônomo e um Engenheiro Civil com especialização em Geoprocessamento, todos trabalhando no domínio agrícola. A eles foi proposta a tarefa de "*buscar por informações/mapas sobre a previsão de tempo para o mês de maio do ano corrente*". As aplicações SIG Web utilizadas, respectivamente Agritempo, FUNCEME e SIMEPAR permitiram a realização da tarefa para os estados de São Paulo, Ceará e Paraná. Como forma de organizar a análise das interações dos usuários

com as aplicações SIG Web via interface, utilizamos diagramas de seqüência da UML (*Unified Modeling Language*) para representá-las.

Este estudo de caso indica que especialistas no domínio têm mais facilidade de uso desses sistemas, o que sugere serem eles os usuários implícitos desses tipos de aplicações na Web. O vocabulário usado parece não ser adequado para usuários ocasionais e tarefas de interesse no cotidiano das pessoas. Os resultados mostraram que palavras como ‘clima’ e ‘tempo’ podem confundir usuários ocasionais, que podem tomar esses dois termos como sinônimos. Mostraram também que o acesso a um Tutorial, associado às aplicações SIG Web, poderia contribuir para facilitar a execução da tarefa. Ainda, mapas do *site* costumam ser úteis na orientação da navegação do usuário. Das três aplicações avaliadas, a única que possuía um mapa de *site* é o Agritempo, recurso que parece não ter sido percebido pelos sujeitos do teste. Ainda, pode-se verificar que usuários diferentes têm diferentes estilos de interação: alguns se guiam por imagens, enquanto outros buscam *links* textuais, ou seja, as duas formas de navegação devem ser providas (Schimiguel et al., 2005b, 2006).

Um processo de engenharia de requisitos para design de nova aplicação SIG Web está detalhado no capítulo 5. Utilizamos os métodos MEASUR (*Methods for Eliciting, Analyzing and Specifying User Requirements* – Métodos para Elicitação, Análise e Especificação de Requisitos de Usuários), da Semiótica Organizacional (Liu, 2000), para o processo de elicitação de requisitos de uma aplicação SIG Web. O alvo desse processo foi o projeto WebMaps, financiado por programas do CNPq. Este projeto envolveu pesquisadores de computação e de engenharia agrícola, para o desenvolvimento de uma aplicação SIG Web no domínio agrícola. O grupo tinha especialistas com competências nas várias camadas da Escada semiótica de Stamper (1973a). Foram realizados três workshops de três horas de duração cada, conduzidos por facilitadores com os *stakeholders* em um formato participativo. Participaram dos workshops 17 pessoas de diferentes *backgrounds* e campos do conhecimento, incluindo processamento de imagens, bancos de dados, geoprocessamento, estudos agro-ambientais, especialistas em interação humano-computador, usuários representativos, desenvolvedores de sistemas de software, etc.. Vários artefatos da Semiótica Organizacional foram utilizados como ferramentas de comunicação entre os participantes durante os Workshops (Baranauskas et al., 2005).

Finalmente, o capítulo 6 articula as contribuições dos capítulos anteriores, propondo um *framework* para avaliação de interfaces em aplicações SIG Web no domínio agrícola. Neste capítulo, realizamos uma síntese dos resultados obtidos nos capítulos anteriores e

destacamos recomendações para a avaliação de interfaces de aplicações SIG Web, organizadas segundo os níveis sógnicos da Escada Semiótica de Stamper (1973a).

1.4 Contribuições e Organização da Tese

As principais contribuições da tese são:

- i) Proposição conceitual para qualidade de interface de usuário tomando como base aplicações SIG na Web e o domínio agrícola. Esta proposição é construída sobre conceitos e métodos associados a inspeções de usabilidade, acessibilidade e testes com usuários.
- ii) Conjunto de recomendações ao designer de aplicações SIG Web no que tange processo iterativo de design e avaliação de protótipos de tais sistemas. Estas recomendações sintetizam aspectos observados tanto na avaliação de interfaces quanto no processo de engenharia de requisitos para esse tipo de aplicação.
- iii) Um *framework* que possibilita ao designer e às partes interessadas em SIG Web orientarem o processo de design e avaliação de tais aplicações. Este *framework* organiza o espaço de design ao mesmo tempo em que situa o conjunto de recomendações em diferentes níveis de informação: dos níveis técnicos (camadas física, empírica e sintática) aos níveis de informação humana (camadas semântica, pragmática e social).

Tais contribuições são fundamentadas em aplicações reais, tanto no que se refere à avaliação das aplicações, quanto ao design de um novo SIG Web.

O restante deste texto está organizado em capítulos contendo o texto integral de artigos publicados ou aceitos para publicação, como segue:

- Capítulo 2: “Inspecting User Interface Quality in Web GIS Applications”, Juliano Schimiguel, Maria Cecília Calani Baranauskas, Claudia Bauzer Medeiros. Anais do GEOINFO2004 Brazilian Symposium on Geoinformatics.
- Capítulo 3: “Accessibility as a Quality Requirement: Geographical Information Systems on the Web”, Juliano Schimiguel, Amanda Meincke Melo, Maria Cecília Calani Baranauskas, Claudia Bauzer Medeiros. Anais do CLIHC2005 Conferência

Latino-americana de Interacción Humano-Computadora (*'Top 10 Downloads from ACM's Digital Library'*).

- Capítulo 4: “Usabilidade de Aplicações SIG Web na Perspectiva do Usuário: um Estudo de Caso”, Juliano Schimiguel, Maria Cecília Calani Baranauskas, Claudia Bauzer Medeiros. Inicialmente publicado nos Anais do GEOINFO2005 Brazilian Symposium on Geoinformatics e estendido em uma versão completa para a revista IP – Informática Pública, 2006.
- Capítulo 5: “Guiding the Process of Requirement Elicitation with a Semiotic Approach – A Case Study”, Maria Cecília Calani Baranauskas, Juliano Schimiguel, Claudia Bauzer Medeiros, Carlos Alberto Cocozza Simoni. Anais do HCI International, 2005.
- Capítulo 6: “Um Framework para a Avaliação de Interfaces de Aplicações em Sistemas de Informação Geográfica na Web”, Juliano Schimiguel, Maria Cecília Calani Baranauskas, Claudia Bauzer Medeiros. Anais do IHC2006 Simpósio Brasileiro de Interação Humano-Computador (trabalho aceito; a ser publicado).

Além dessas publicações, o seguinte artigo foi publicado, dando início à pesquisa:

“Investigando Aspectos de Interação em Aplicações SIG voltadas ao Domínio Agrícola”, Juliano Schimiguel, Maria Cecília Calani Baranauskas, Claudia Bauzer Medeiros. Anais do IHC2004 Simpósio Brasileiro de Interação Humano-Computador.

Capítulo

2

Inspecting User Interface Quality in Web GIS Applications

2.1 Introduction

The evolution in Information Technology (IT), the resources directed to Geographic Information Systems (GIS) and the Internet dissemination in daily life make the creation of "intelligent maps" possible. The term "intelligent map" is frequently used by Web GIS users to denote the possibility of interacting with a GIS and its underlying databases, through a cartographic interface. In this way, a user who is not necessarily familiar with geo-processing can have access to these technological benefits simply by using a standard web browser.

The diversity of Web GIS application users demands investigation in the quality of human-computer interaction. Interface quality involves several factors related to the quality of the interface design process, the quality of the *product* and the usage experience that it supports. In this work, we are particularly interested in investigating the quality of the interfaces of Web GIS applications.

Interface evaluation aims to determine if the user's necessities are fulfilled, evaluating the adequacy of the system to a given task or task groups and comparing the system with other products in the market (Kirakowski e Corbett, 1990). Usability data can be captured by several approaches: formally by running an evaluation software that receives as input a formal specification of the interface; empirically, by testing the interface with users; informally having expert evaluators inspecting aspects of the interface which would impact

in the software usability. Considering the state-of-art in Human Computer-Interaction (HCI), formal methods hardly cope with the complexity of interactive systems on the other hand, empirical methods based on real users are very expensive and time consuming to be applied in every stage of an evolutive development of an interface. Inspection-base methods have been pointed out as an effective method to be combined with user testing.

Human-computer interaction in GIS applications has recently received attention from researchers in the GIS field. Davies and Medyckyj-Scout (1994) formulated some high-level recommendations for the improvement of GIS, based on problems faced by users of GIS software, and the relation between those problems and the context in which the GIS was used. Davies and Medyckyj-Scout (1996) led the evaluation of GIS usability, using interviews, checklists and video recording of users at work with their GIS. The analysis of objective and subjective data showed a strong relationship between the amount of time wasted on errors and problems, and compatibility with the user's conceptual models. The research reported by Pinto and Onsrud (1993), in the use and diffusion of GIS, addresses correlations between user characteristics and user satisfaction.

Aime et al. (1999) argue that a serious obstacle for the use of GIS is the distance that still remains between the system and the user's culture in geographic information. According to Prado et al. (2000), there are usability problems related to interpretation aspects and gaps between user tasks and GIS implementations. GIS interface design still represents a crucial point in the acceptance or rejection of an application (Câmara et al., 1999). According to these authors, the advances in data modeling need to be reflected at the system interface level, hiding computational representations and allowing the user to concentrate in the geographic data.

Literature has addressed user interface aspects by investigating the use of GIS by prospective users in usability laboratories or in their work situations. In this work we approached the subject by conducting an inspection-based method. The goal of this work is to investigate the use of ISO 9241 standard – *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals* (VDTs), to inspect the interface quality of Web GIS applications. Our case study involves the inspection of three Web GIS applications: Agritempo (Embrapa, 2004), FUNCEME (Funceme, 2004) and SIMEPAR (Simepar, 2004). Our choice was based on a survey of Web GIS applications carried out in previous work (Schimiguel et al., 2004a). Our contributions are: (i) the proposal of a methodology for interface inspection for Web GIS applications, (ii) the investigation of the ISO 9241 standard as an instrument for interface inspection of Web GIS applications. The paper is organized as follows: Section 2

presents the ISO 9241 standard and quality concepts. Section 3 describes the case study considered; Section 4 presents preliminary analysis of results and Section 5 concludes the work.

2.2 Standards and Quality

International Organization for Standardization (ISO) is a world wide agency for standard regulation. The work of preparing standards is conducted by technical ISO committees. Several organizations including international, governmental and non-governmental organizations, jointly with ISO, take part in this work.

2.2.1 Process and Product Quality in Engineering

Software quality is determined by the quality of the process used for its development and by the quality of the final product itself. Thus, the improvement in the software quality is achieved by the improvement in the process of developing it. This concept has guided the elaboration of standards for evaluation and improvement of software development processes. Examples of standards regarding quality of processes are ISO 9000-3, ISO/IEC 12207-1, SEI SW-CMM and SPICE.

To evaluate the quality of the software product means to verify and consider all requirements, which, in general, express different kinds of needs specified in quantitative or qualitative terms. The goal is to define the characteristics that allow verification of the software.

In this work, we are interested in the evaluation of interfaces of Web GIS applications, not in the process of interface design. As the goal of our work is to investigate aspects of the human-computer interaction, we chose the ISO 9241 standard as the instrument for inspecting the GIS interfaces. The ISO 9241 standard allows a usability inspection of elements related to the interface (verifiable questions), such as: the menu structure, help system, error management, navigation, etc.. ABNT (2004) classifies ISO 9241 within Software Ergonomics (MCT, 2004).

2.2.2 ISO 9241

The ISO 9241 international standard was prepared by the ISO/TC 159 technical committee of Ergonomics and SC4 subcommittee in Ergonomics of the Human-Systems Interaction. It

consists of 17 parts (ISO9241, 1997), under the general heading of *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals* (VDTs).

There exist already reports on the use of standard ISO 9241 on interface evaluation, but none has been reported on GIS literature. Gediga et al. (1999) discussed a software evaluation based on ISO 9241-10, by using a questionnaire denominated IsoMetrics, to collect usability data for summative and formative evaluation. The authors consider it a procedure to categorize and to prioritize weak points that can be used as basic input for usability revisions. Bastien et al. (1996) applied the ISO 9241 to detect usability problems in a database application; they considered part 10 (Dialogue Principles) of ISO 9241. Oppermann and Reiterer (1997) considered an overview of different evaluation techniques, describing their advantages and disadvantages. They presented ISO 9241 *Evaluator*, an evaluation method for specialists to test 300 items of parts 10 to 17 of the 9241 standard.

2.3 Quality Inspection based on ISO 9241: a Case Study

The ISO 9241 standard considers a very large set of issues. Therefore, our work consisted in inspecting the interface of Web GIS applications for a representative part of this standard. We chose applications with emphasis on agricultural systems. The inspection considered the following parts of the standard: Dialogue Principles (part 10), Presentation of Information (part 12), User Guidance (part 13) and Menu Dialogues (part 14). Other parts of ISO 9241 standard were not chosen because they concern physical devices or because they would require user's participation, or else because they do not apply uniformly to all three evaluated Web GIS applications.

The Web GIS applications chosen for the analysis were respectively Agritempo (Embrapa, 2004), and the systems developed by FUNCEME (Funceme, 2004) and by SIMEPAR (Simepar, 2004). FUNCEME and SIMEPAR belong to the "Static Maps Server" application category (Schimiguel et al., 2004a). These are applications that present images captured by sensors, video-cameras, terrestrial cameras, satellites, and that are available in static files (e.g., jpg, bmp). This category allows a few interactive possibilities, as zoom, pan, query, and visualization of thematic data associated to maps. The other selected application (Agritempo) belongs to the "Map Generator" category, in which, maps are generated from the specifications supplied by the user via a web browser form. Besides zoom and pan, this application allows querying geographic data associated with the map, or selecting data layers for visualization among other possibilities. These three applications were chosen

among several other applications discussed in Schimiguel et al. (2004a) because of the following reasons:

The "Static Maps Server" category is more frequently found, influencing our choice for two applications of this category. Moreover, the SIMEPAR on presents more emphasis on content elements and FUNCEME on interaction possibilities. Furthermore, an application is from Brazil's southern region (SIMEPAR) and another from Brazil's northern region (FUNCEME); this is important to detect specific characteristics from each context;

The "Map Generator" category allows more interaction possibilities than the "Static Maps Server" category. We chose the Agritempo, developed within the Brazilian Federal Government context.

Tables 1 through 4 follow illustrate the considered parts of ISO 9241 (part 10: Dialogue Principles - Table 1, part 12: Presentation of Information - Table 2, part 13: User Guidance - Table 3 and part 14: Menu Dialogues - Table 4), for the 3 evaluated Web GIS applications. In these tables, the symbol "X" stands for the violation of the respective norm and the letters A, F and S mean Agritempo, FUNCEME and SIMEPAR.

Table 1. ISO 9241-10: Dialogue Principles

Number	Norm Description	A	F	S
10-3.2.1	The dialogue should present the user with only the information related to the task accomplishment	X		
10-3.4.1	The interaction speed does not have to be dictated by the system		X	X
10-3.4.5	Different characteristics and necessities of users require different levels and methods of interaction	X	X	X
10-3.5.3	The application should use vocabulary that is familiar to the user in the task execution	X	X	
10-3.6.2	Errors should be explained to help the user correct them	X		
10-3.7.1	Mechanisms should be provided to allow the dialogue system to be adapted to the user's language, cultural and individual knowledge	X	X	X

Table 2. ISO 9241-12: Presentation of Information

Number	Norm Description	A	F	S
12-5.3.4	Appearance of windows should be consistent with the application	X		
12-5.4.2	Density of the shown information: the information density can not be seen by the user as excessively disordered	X	X	
12-5.6.1	Groups distinction: groups should be perceptively distinct, according to the spacing and localization		X	
12-5.6.3	Conventions use: information groups should be arranged into common formats, conventions and customs		X	X
12-7.5.1	Colors as auxiliary codification: colors should never be used for codification		X	X

12-7.5.5	meaning only Number of used colors: if codification colors are used, no more than six colors should be used, besides the addition of the black and white colors	X	X	X
----------	--	---	---	---

Table 3. ISO 9241-13: User Guidance

Number	Norm Description	A	F	S
13-5.3.2	Phrases should be used to enhance the user's perception control		X	
13-7.2.2	No intrusive feedback, it should not distract the user in relation to his task	X	X	X
13-7.2.9	Appropriate time for feedback should be provided	X		X
13-9.2.1	Error prevention should be provided when appropriate	X	X	
13-9.2.3	Users should be informed about the occurrence of potential system failure	X		
13-10-7.1	Context-sensitive help is provided, supplied when the tasks have specific steps or contextual information	X	X	X

Table 4. ISO 9241-14: Menu Dialogues

Number	Norm Description	A	F	S
14-5.1	Options should be arranged inside conventions or natural groups	X	X	X
14-5.1.3	Categories: options should be arranged inside groups from four to eight options per level	X	X	X
14-5.3.5	Use order: if a use order is known, the menu should be arranged in this form	X	X	X
14-6.1.5	Menu Map: representing the menu structure and it should clearly be available when necessary		X	X
14-6.2.4	Navigation to a next level: a simple and consistent meaning should be provided to shift to the next level in the menu structure		X	
14-8.1.7	Headings: the writing should be short	X	X	X

2.4 Preliminary Analysis of the Inspection

2.4.1 Analysis Overview

Table 5 shows the violation of ISO standard, considering all the norms together and parts 10, 12, 13 and 14 separately.

Table 5. Quantification of the Web GIS applications regarding norm violation

Applications	All Norms	Dialogue Principles (10)	Presentation of Information (12)	User Guidance (13)	Menu Dialogues (14)
Agritempo	65.5%	70.6%	52.9%	78.6%	61.1%
FUNCEME	59.5%	61.8%	47.1%	64.3%	72.2%
SIMEPAR	47.6%	47.1%	29.4%	50.0%	66.7%

Analyzing Table 5, we observe that Agritempo is the one with overall lowest conformance to the four norms considered. FUNCEME had a higher violation rate of ISO 9241-14, for Menu Dialogues. Overall, we can see that the difference in Agritempo and FUNCEME is not expressive. One of the factors that can have contributed to Agritempo's higher violation rate, is the fact that this application belongs to the "Map Generator" category, while the other two applications belong to the "Static Maps Server" category. The "Map Generator" category (Schimiguel et al., 2004a), by definition, possesses more interaction possibilities than the "Static Maps Server" category, offering margin for a larger norm violation.

Eighty four norms were inspected of which 32 (38.1%) were not obeyed by any of the three evaluated applications. Of the 32 norms, 13 belong to part 10 (40.6%), 3 to part 12 (9.4%), 6 to part 13 (18.8%) and 10 to part 14 (31.3%). This result suggests that the evaluated applications would have potentially more problems in relation to ISO 9241-10 (Dialogue Principles), that involves factors such as task adequateness, controllability, user expectations conformity, customization adequateness, learning adequateness, etc.; and, secondly, ISO 9241-14 (Menu Dialogues), which is related to menu organization and dialogue structure.

Seventeen norms were obeyed by all the evaluated applications. Among them, we can point out a norm which recommends that dialogues used for similar tasks should be similar, so that the user can develop common procedures for task resolutions (10-3.5.4). We can also point out a norm that recommends that the dialogue system should allow the user to choose alternative forms of information presentation, in concordance to the individual's preferences and the complexity of the information to be processed (10-3.7.2). Considering this norm, the evaluated applications allow information visualization in the form of maps, tables, graphics, among others.

2.4.2 Dialogue Principles – ISO 9241-10

Suitability for the Task and Individualization, Conformity with User Expectations. The dialogue design should take into consideration the task complexity in regard to the user's abilities (10-3.2.4). None of the evaluated applications considers to this norm, since different user profiles are not considered. The application should use familiar vocabulary for the user in task execution (10-3.5.3). The SIMEPAR is the one that seems to have a more adequate vocabulary. Neither of the three applications provides mechanisms to allow the dialogue system to be adapted to the user's language, cultural and specific knowledge (10-3.7.1); the user is not allowed to incorporate his/her own names for objects or to add specific

commands (10-3.7.4) and users are not qualified to configure operational parameters of time to match their individual necessities (10-3.7.5).

Suitability for the Task and Learning. One of the great problems in Web applications is that help systems are unavailable or inefficient. There is a norm that recommends that help information should be task dependent (10-3.2.2). For Web GIS applications, besides not being task dependent, many applications even do not provide access to a help system. Learning strategies should be provided, such as tutorials, learning by examples, among others (10-3.8.2). None of the evaluated applications have considered such factors. Only Agritempo possesses a help system, supplemented by a technical term glossary. However, it is not task dependent. The FUNCEME and SIMEPAR seem to be more adequate as regards task execution, given the scope of these applications, when compared to Agritempo. For example, to visualize weather forecast maps in Agritempo, the application provides a series of forecast maps that can create complexity in task execution. The dialogue should present the user only with information related to the completion of the task (10-3.2.1).

Suitability for the Task and Error Tolerance: In Web GIS applications, web forms are one of the resources frequently found, in which the user can fill out specifications, with the intention of querying maps, tables, graphics, among others. We noticed that in general Web GIS applications do not include default values for data entry fields. This occurred with Agritempo, violating a norm that recommends that when there are default inputs to one given task, it should not be necessary for the user to enter the values (10-3.2.7). In the case of SIMEPAR, we observed the existence of an important resource: the totality of the form elements is restricted to widgets of the combobox type, i.e., they restrict user data entry, preventing error occurrences. This is the recommendation of a norm that states that the application should assist the user detecting and preventing errors in the input (10-3.6.1). Agritempo and FUNCEME do not obey this norm; therefore if in Agritempo the user enters some invalid information in these fields and the error occurs, the application does not help them correct it (10-3.6.2). Part 17 of ISO 9241 specifically deals with the filling out of forms.

Controllability and Conformity with User Expectations. Users' different characteristics and necessities require different interaction levels and methods (10-3.4.5). The three evaluated applications do not obey this norm. However, we observe that some diversified levels of interaction are offered; for example, sophisticated users have enough resources to fulfill their tasks; for novice users, there are some links (shortcuts) for some application resources, for example, the weather forecast. However, these links provide access to a few functionalities.

Interaction speed is a very important factor and it should not be dictated by the system (10-3.4.1). FUNCEME and SIMEPAR provide the so called dynamic messages, generally used in commercial web sites. These are continuous messages and if the user is not fast enough, (s)he will not be able to read the information that is being shown.

When the user's task in the Web GIS application is interrupted by an energy drop, system failure, for example, users should be able to resume their task from where they stopped (10-3.4.3). This is a resource that many web applications have not implemented yet.

If the reply time deviates from the expected reply time, the user should be informed of that (10-3.5.7). FUNCEME and SIMEPAR do not have resources that demand much processing. However, in the case of SIMEPAR, there are modules whose loading procedure takes time and this is not informed. In Agritempo the visualization of production maps can take a certain time and this is not informed.

2.4.3 Presentation of Information – ISO 9241-12

Organization of Information (recommendations for windows, areas, input/output area). Windows' design should be consistent through the application as a whole (12-5.3.4). The SIMEPAR is the one that seems to have more consistency regarding its windows. However, it is interesting to point out that the windows of a Web GIS application should allow the visualization of maps, data and graphics; and many times it is necessary to modify the window standard, to allow a better information visualization (in the case of the applications pertinent to the "Map Generator" category, illustrated by the Agritempo, some regions assume a standard similar to that of available graphical software, allowing direct manipulation of available images). Another norm recommends that their title heading format should be consistent (12-5.3.9). The three evaluated applications maintain the same window heading throughout the application. It would be expected that the headings would vary, depending on the region where the user is at a given moment. The density of the shown information should not be perceived by the user as excessively disordered (12-5.4.2). ISO recommends that, if there is a lot of information, it should be divided into parts, through the use of the scrollbar (12-5.5.2) for example. The three applications obey this norm.

Organization of Information (groups). We have detected that the three evaluated applications organize information by grouping them (12-5.6.1). Conventions should be used, i.e., information groups should be arranged in common formats (12-5.6.3). The Agritempo uses conventions that have already been used in other web sites, as the button bar

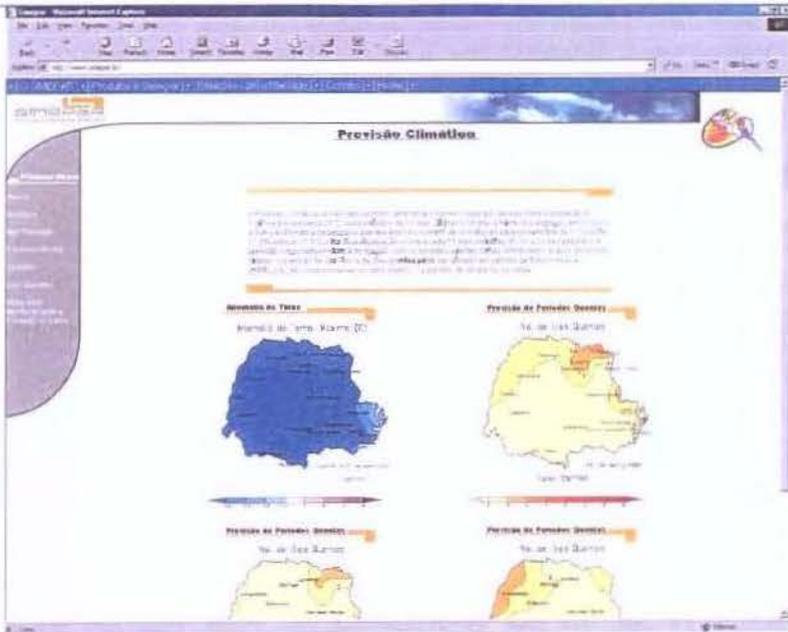
positioning, the heading bar, regions for news, highlights, etc.. A good strategy used by FUNCEME was the availability of "mais" links ("more"), to indicate that there is more information available. In the same application, we notice that many links are not in the standard format, potentially making it difficult to identify them as links. It is necessary to go over a link with the mouse for it to be identified as such. The SIMEPAR uses dots and brackets ([link1]. [link2]) to separate information items making them factors of accessibility.

Organization of Information (tables). The "visual scanning" should be facilitated, i.e., some distinct characteristic should be offered to facilitate the visual scanning (12-5.8.4). There is a map of Brazil in the Agritempo home-page to facilitate the access to information about the states. FUNCEME home-page presents Ceará State map, and links for the visualization of satellite images. In the SIMEPAR, there are weather conditions, frost maps and icons which represent the weather in the main cities in the state of Paraná.

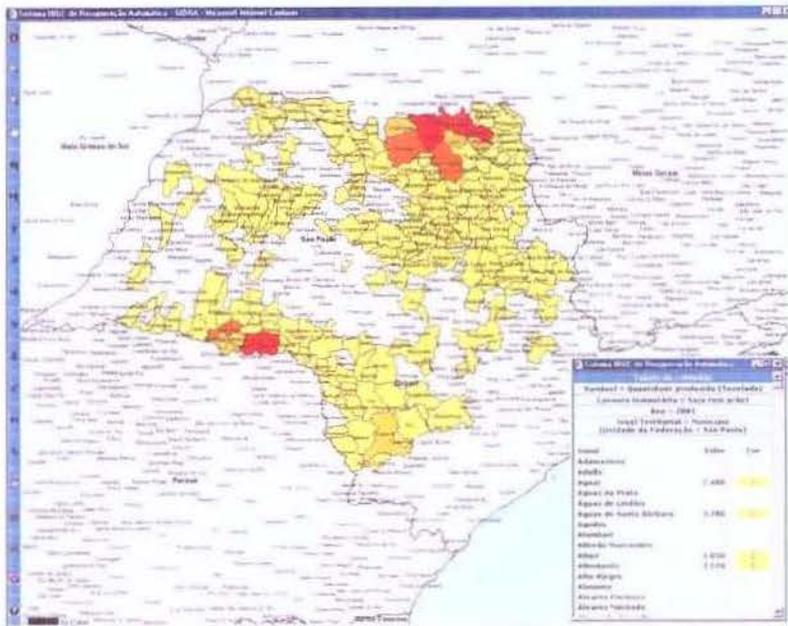
Coding Techniques. The number of used colors should not be more than 6, not counting black and white (12-7.5.5). None of the three applications obey this norm; all of them use more than six colors, especially when highlighting information on the map. FUNCEME and SIMEPAR use color in some maps to encode meaning; this does not occur in the Agritempo. Thus, FUNCEME and SIMEPAR do not consider the norm where colors should not be used as the only way of encoding meaning (12-7.5.1). To fulfill this norm, these applications would have to use, beyond the color, another element of meaning in the context, for example, symbols. All three applications use background colors that are not saturated, in this case, the white color (12-7.5.10). Table 6 illustrates the violation and agreement on norm 12-7.5.1 for the SIMEPAR and Agritempo respectively.

Table 6. Violation/Agreement examples of norm in which colors should not be used as the only way of encoding meaning (12-7.5.1)

ISO 9241-12: Presentation of Information
<u>Norm 12-7.5.1:</u> colors as auxiliary codification - colors should never be used as the only means of codification
<u>Norm Violation</u> <u>Application:</u> SIMEPAR



Norm Agreement
Application: Agritempo



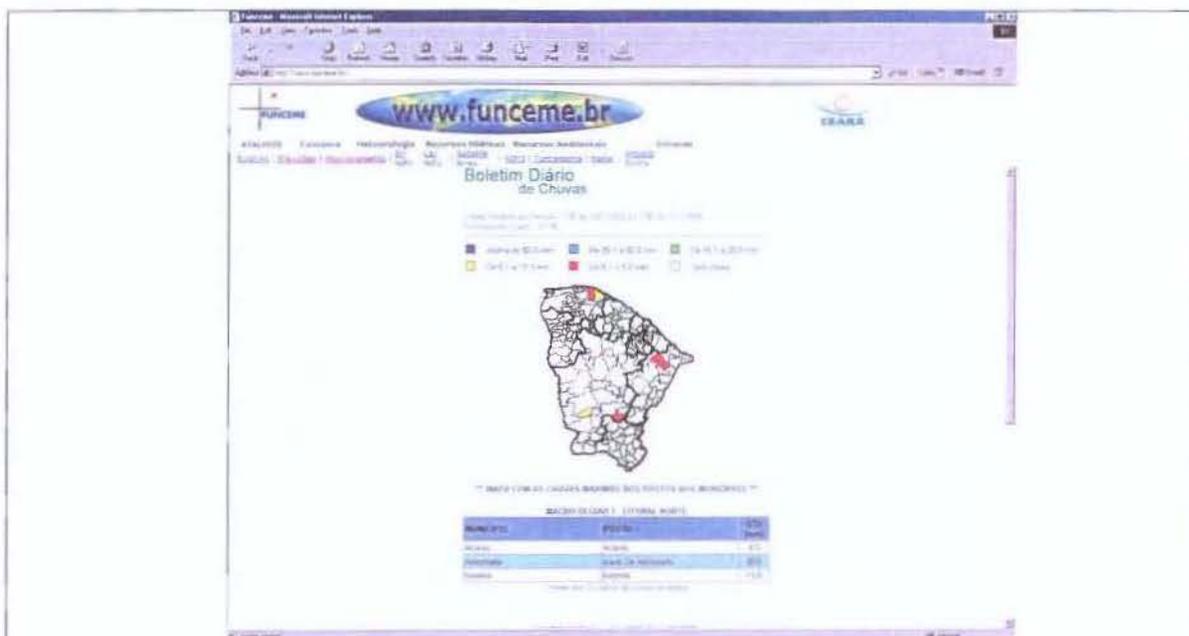
Justification: the climatic forecast maps in the SIMEPAR; the only way that the user has to distinguish Paraná State map regions is through colors. In the Agritempo, the soy production of São Paulo State in 2001 is shown through colors and also the user can visualize descriptive data related to the map (right bottom window).

2.4.4 User Guidance – ISO 9241-13

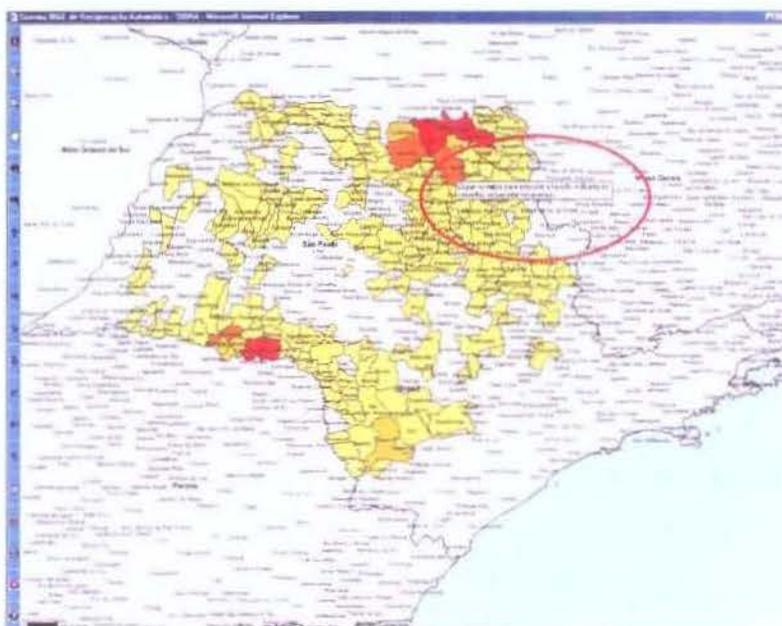
Feedback and Phrasing of User Guidance. One of the problems that can happen with Web GIS applications is the fact that the feedback can distract the user during his/her task course; norm 13-7.2.2 recommends that this should be prevented. In FUNCEME, if the user is executing some task and, by mistake slides the mouse over the option bar on top of the screen, the currently visible sub-elements of the menu is replaced by other elements, hampering the users. This example violates norm which recommends that phrases should be available to enhance the user’s control perception (13-5.3.2). In a way to be in agreement with this norm, FUNCEME Web GIS application would have to allow the user, how much this passed with the cursor of mouse for on the map image, to receive specific descriptive information from each one of the locations of the map, through text boxes. When the Agritempo user slides the mouse over production maps, a message is shown (hints), describing how to use the system. Table 7 illustrates norm 13-5.3.2 violation and agreement examples, for FUNCEME and Agritempo respectively.

Table 7. Violation/Agreement examples of norm where phrases should be available to enhance the user’s control perception (13-5.3.2)

ISO 9241-13: User Guidance
Norm 13-5.3.2: phrases to enhance the user’s control perception
Norm violation
Application: FUNCEME



Norm Agreement
Application: Agritempo



Justification: the daily rain forecast map of the State of Ceará in the FUNCEME does not offer the user information about the possibility of clicking on the map. In the São Paulo State map for the soy production in 2001, the Agritempo guides the user in the use of the system. The message shown in the pointed out region is: "clique no mapa para executar a função realçada em vermelho na barra de

2.4.5 Menu Dialogues – ISO 9241-14

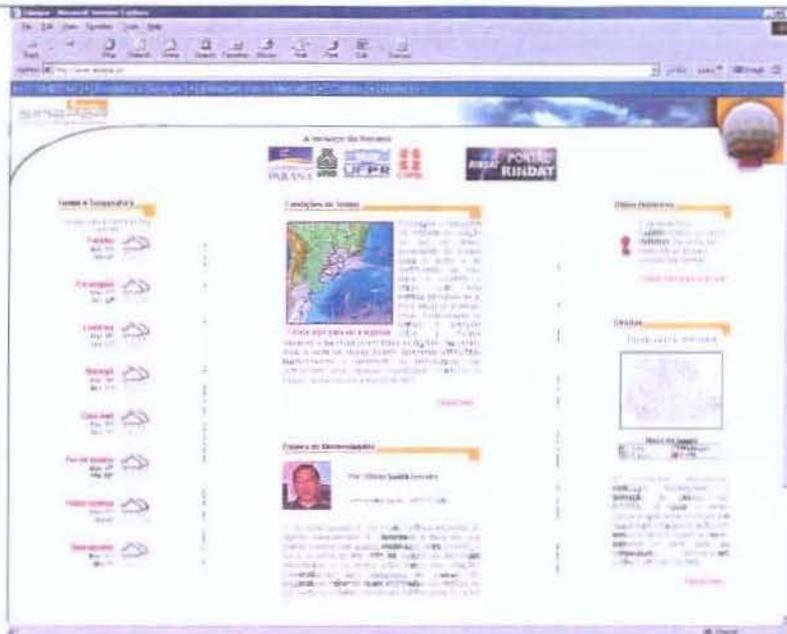
Menu Structure (structuring into levels and menus). The menu options should be arranged according to conventions or grouped (14-5.1). The three applications violated this norm. In Agritempo's case, there are three menu items called "zoneamento tabela", "zoneamento gráfico" and "zoneamento mapas"; a menu item could be created called "zoneamento", linking the visualization forms through "tabelas", "gráficos" and "mapas". Similar problems occur with FUNCEME and SIMPEPAR. FUNCEME presents two different menus: "solo" (in one) and "umidade do solo" (in another) option. In the case of SIMEPAR, "Temperatura Máxima" and "Temperatura Mínima" menus could be one menu "Temperatura", with the sub-menus "Máxima" and "Mínima".

The options inside the menus should be arranged in groups of four to eight options per level (14-5.1.3). None of the applications have obeyed this norm. In Agritempo, we had cases of nine items in a menu and ten in another; in FUNCEME, we had ten items in a menu. Agritempo also violated this norm by the inferior limit (menus with two and three items).

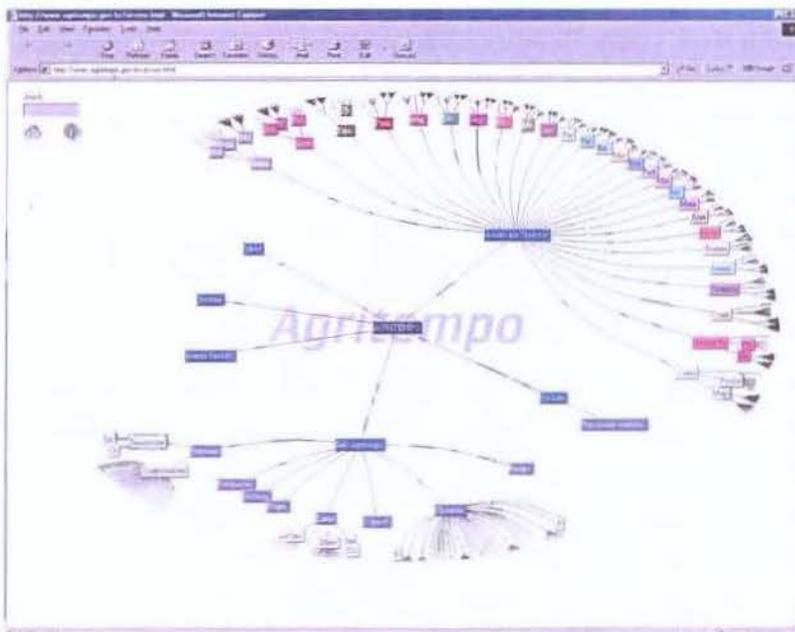
Menu Structure (sequencing of options within groups) and Menu Navigation. If a task execution order is known, the menu should be arranged in the same order (14-5.3.5). None of the evaluated applications have considered this norm. Few applications in the web consider this norm, exception made for banks and e-commerce web sites. There should be menu maps, to present the menu structure to the user (14-6.1.5). The only application that considers this norm is Agritempo, which provides a menu map on a hyperbolic tree structure. In a way to that the FUNCEME and SIMEPAR applications also took care of to this norm, it would have to do available in the application web site, a site map, or element of similar function. Table 8 shows violation and agreement examples of norm 14-6.1.5, for SIMEPAR and Agritempo respectively.

Table 8. Violation/Agreement examples of norm in there should be menu maps, to present the menu structure to the user (14-6.1.5)

ISO 9241-14: Menu Dialogues
Norm 14-6.1.5: a menu map should clearly represent the menus' system structure and should be available when necessary
Norm Violation
Application: SIMEPAR



Norm Agreement:
Application: Agritempo



Justification: SIMEPAR does not provide a menu structure map of the web site, while Agritempo provides a hyperbolic tree to represent the menu structure of the web site.

Menu Navigation and Presentation. As favorable factors all evaluated Web GIS applications allow the user to navigate to another part of the web site, without the necessity of returning to the home-page. This is due to the existence of visible dialogue menus. This obeys the norm that recommends that the return to the initial menu should be simple and consistently provided (14-6.2.3). In FUNCEME and SIMEPAR, the initial menus are always visible; in Agritempo, the user only needs to access the home-page. The menu options should be placed in an area that does not overshadow the user's interest area (14-8.1.2). All the applications have considered this norm, since the menus are placed in surrounding regions of the content.

The menus and sub-menus headings should be short (14-8.1.7). None of the applications consider this norm (the ISO does not specify the amount of characters that a menu element should have). None of the applications provide shortcut keys to access menu items; therefore norm 14-8.2.4 is not obeyed. This does not seem to be a characteristic of general applications on the web.

2.4.6 Discussion

Apparently, the evaluated applications strongly violate norm 9241-10, which deals with dialogue principles. This suggests that these applications have deficiencies in factors related to task execution and controllability. These applications do not consider different user profiles, neither do they support techniques to facilitate learning and appropriate feedback is not provided. Resources that could be available include: task dependent help and learning by showing examples.

Some of the pages of the FUNCEME have high information density, measured by the amount of available information groups (12-5.4.2). The SIMEPAR seems to organize the information through the use of top and left navigation bars.

Some norms seem not to be fit of form adjusted in the context of Web GIS applications, for example, 3.4.4 norm, pertaining to 10 part of ISO 9241: Dialogue Principles. This norm says that should be possible to the user to undo at least the last one interaction during the task execution. Perhaps as the majority of available Web GIS applications it only makes possible the query of geo-referenced data, this norm was not completely applicable. The only category of Web GIS applications that allows to save data is the Real-Time Map Browsers category (Schimiguel et al., 2004a), however, the applications of this category are related to the closed and proprietors applications. Possibly, this norm was applicable in this category, for the case of the user to want to return to the previous state of data/maps. In this research

work, we are more particularly worried about the Map Generator category, that possesses more interactive possibilities, in relation to the other categories of applications (Schimiguel et al., 2004a) and is available in the web for access to any user.

Another factor that contributes to the implementation of Web GIS applications is the use of platform standards and conventions. We have noticed that the evaluated applications, try to adopt this practice in some page regions, by using standard icons (help, home-page, e-mail) or already stipulated information grouping (highlights, news), but this is not widely adopted.

Important norms were completely considered by the applications; for example, the possibility of visualizing information with different representations, since GIS applications allow information visualization through maps, graphics, tables formats, etc.. Furthermore, application windows that have a similar organization have similar appearance, facilitating the use of the system.

It seems that Web GIS applications interfaces still do not present a convenient menu structure. They presume that all users have a mouse installed; interactions are not possible by using keyboards. The only way of accessing the menus of the evaluated applications with the keyboard is through the Tab key, pressing it successively. If a user wants to access a menu located at the bottom of the screen, he would have to pass through all the elements (menus, images, links) until he gets to his/her destination. Still, using the Tab key, when we go through the menu elements and arrive at its end, the selection mark (focus) does not return to the first menu item, but it continues to the following interface elements. This is a violation of norms menus in columns (14-7.4.1) and menu in lines (14-7.4.2), that recommend that when navigating through the items of a menu and arriving at the last option, the return to the first option should be allowed and vice-versa.

2.5 Conclusion

This paper inspected the quality of the interface of these Web GIS applications regarding four aspects of ISO 9241 norms. This kind of analysis has shown usefulness and should be adopted by application designers, to help them finding out potential problems in user interaction. Our analysis detected that Agritempo seems to violate a larger amount of norms, when compared to the other two applications. This fact can be explained by the fact that it belongs to the "Map Generator" category (Schimiguel et al., 2004a), which provides more interaction elements, in relation to the "Static Maps Server" category applications.

GIS interface quality studies have mostly discussed results of tests with users. Little has been done in evaluating GIS user interfaces by inspection. Our inspection procedure involved ISO 9241, which is characterized as an important tool for those who would like to search certification for their products. Besides less expensive than tests with users, literature has also shown that results found with inspection approaches could complement results from user testing.

The use of some parts of the standard ISO 9241, for the interface inspection of the Web GIS applications was effective, given the countless captured aspects (positive and negative). However, we have verified that the interface evaluation of web applications in general, needs some additional criteria and rules.

We acknowledge the necessity of adapting and extending these norms to consider other relevant aspects in the Web GIS applications such as semantic zoom, pan, animation in maps, query in descriptive information related to the maps, etc., and we are now developing research work in this direction.

Capítulo

3

Accessibility as a Quality Requirement: Geographic Information Systems on the Web

3.1 Introduction

The Internet has facilitated access and information sharing in a worldwide scale, starting with the hypermedia— a combination of multimedia (texts, sound, videos, cartoons, etc.) and hypertexts (links in a contextual form that allow access to other resources, to organize and to structure information). They can be used to create interfaces that facilitate interaction between users and system functionality.

Geographic Information Systems (GIS) are software aimed at the manipulation, management and visualization of geo-referenced data. The term geo-referenced indicates data that are explicitly linked to geographic coordinates. Geographic data are defined from two components: position (location on Earth) and non-spatial attributes (descriptive characteristics). For example, a land has non-spatial attributes, such as the name of the owner or purchase value.

The use of GIS from the Web has increased in what we call the WebGIS. The WebGIS application is a system that makes geographic information available on the Web through geographic representations and often allows map interaction, as *zoom*, *pan* (movement), access to descriptive information related to maps etc.. Examples of Web GIS application

include those available in the Agritempo *site* (Embrapa, 2004), and in the FUNCEME *site* – Ceara’s Weather Forecast Foundation and Hydric Resources (Funceme, 2004), both related to the agriculture domain, presenting also weather forecast information, agriculture production in different regions, etc.. Mapquest (Mapquest, 2005) and Apontador (Apontador, 2005) are also other Web GIS application examples, but related to the urban domain; they present information about routes between cities, commercial establishments, hospitals close to a specific place, real time highway video images, etc..

In a wide sense, the interface is the part of a computer system that is perceived by the user, through which he/she communicates with the system to accomplish tasks in specific domains. It can be a motivation factor or it can be a decisive factor in the rejection of the system. An efficient system, considered by its functional structure, should have an interface that positively influences its quality in use. Quality in use is a factor relative to the user; therefore, the interface design demands more attention to the flexibility of the interaction and the information access, i.e., the accessibility as a way of attending the necessity of different users. This necessity concerns information and interaction access, technologies used (ex: web-browsers, hardware devices), the users’ physical and cognitive characteristics (ex: mobility, visual and audio acuity, information understanding), the conditions offered by the environment (space for approach and use, light and noise).

In the Web scenario, the differences between users are pronounced, due to the different situations they have in using its applications. This factor needs to be examined in the development of Web GIS applications, considering that the nature of geographic information naturally valorizes the visual presentation of information. Offering alternatives to this type of representation means amplifying the geographic information, making it viable by adequate use of the hypermedia and by the designers’ orientation for the web-accessibility standards.

In quality models that valorize quality in use, as ISO 14598-1 (ISO, 1996) and ISO 9241 (ISO9241, 1997), no explicit attention has been given to accessibility. Our goal in this work is to present accessibility as an attribute of quality, which also has to be considered in the interface design of Web GIS applications. We discuss the subject through a case study that involves preliminary accessibility evaluation of applications from the Geographic Information System domain in the Web, selected from Schimiguel *et al* (2004a).

This paper is organized in the following way: Section 2 presents a brief literature overview on quality in the use of software and its relation to accessibility and accessibility in Web

GIS applications. Section 3 presents the case study discussing a preliminary accessibility evaluation in Web GIS applications and its main results. Section 4 presents the final considerations regarding accessibility as a quality requirement for the Web GIS application.

3.2 Quality in Software Use and Accessibility

People with different interests on a product have different views about quality concepts (Côrtes and Chiossi, 2001) and on how quality should be reached in the software production process (Bevan, 1997; Bevan, 1999). Most of these approaches are not related to quality perceived by the user, which is considered to be an intrinsically imprecise judgment made on the quality of a product (Bevan, 1997).

However, some quality models have also considered quality from the users' point of view. The ISO 9126 (ISO, 2001) model, for example, identifies six characteristics for a software product: functionality, reliability, usability, efficiency, maintenance and portability. In this model, the usability characteristic is related to the understanding, learning and operation capabilities in the use of a software product. ISO DIS 14598-1 (ISO, 1996) defines external Quality as those related to the explicit and implicit necessities of a product when used under specific conditions; it also defines Quality in use as effectiveness, efficiency and satisfaction from which specific users can reach specific objectives in specific environments.

Thus, software quality can be understood from a set of attributes that a product must have so that it complies with the users' necessities. When developing a software product, the aim is to reach the necessary and sufficient quality for each specific context of use, when the product is delivered and really used (Bobby, 2005). For this reason it is necessary to identify the necessary quality characteristics for a software product and specify to what extent these characteristics need to be reached to satisfy the users' needs.

In the Web, clarity and usability are features generally demanded by the users (Côrtes e Chiossi, 2001). Accessibility has been more and more understood as a necessary condition to usability; if a software is not accessible it won't be considered effective, efficient or pleasant to someone (Dias, 2003).

Aiming at guaranteeing the usability in the design for the Web, Nielsen (1999) established some basic principles that should be considered: clarity of the information architecture, navigation facility, simplicity, content relevance, consistency, time tolerance and focus on users. This last one, which summarizes the formers, has a direct relation to accessibility,

characterized by flexibility that should be offered to the interaction and to the access of available information in Web *sites*. Without this flexibility users with special needs (the elderly, people with disabilities, children, etc.) can have their access to the Web systems disrupted. The usability of a Web application, therefore, depends on the accessibility factors.

Web GIS applications represent a challenge in terms of accessibility. Frequently these applications use images (maps) to show geographic information to the users. Another feature that can be highlighted is the use of colors to code information transmitted in maps (to show different values for temperature, vegetation, agricultural production, etc.). If alternatives are not offered to these representations, many users will have limited access to the geographic information. Information shown in maps, for instance, can be made more flexible by the use of descriptive texts, data tables and graphics that offer other equivalent information.

The use of textual descriptions is necessary for users of textual web-browser (ex. Lynx), users who are unable to carry the image in their web-browser, and screen reader users (ex. blind people, people with poor vision). These textual descriptions can be offered by text alternative to images (ALT attribute for images presented at HTML), but they are not always sufficient due to the information complexity usually presented in maps. This way, a description corresponding to graphical elements can add information to the map helping regular users in interpreting the information offered.

Although data tables can be offered as alternatives to maps and be useful to users who may have difficulties in distinguishing colors (e.g.. color blind users), they offer considerable challenges to the linear presentation of information. Users of screen readers can not consider the information presented on the maps if they do not have alternative representations. Another form of presenting geographic information is by graphics (to illustrate temperature change in the last few months, to illustrate rain distribution). These should also be complemented by textual descriptions making the information accessible to users who cannot visually interpret them.

The use of colors as the only element of meaning in graphics has been criticized in the ISO norms (ISO9241, 1997), in the W3C accessibility recommendations (Apontador, 2005) and also in literature on information visualization (Tufte, 1983; Tufte, 1990); there are users unable to access information which are exclusively based on the use of colors for interpretation. In the use of Web GIS applications, color is frequently used as the only element of meaning as for instance, in the subtitle resource to associate information to the map. This apparent incongruousness in terms of information representation in the Web GIS

applications and the accessibility recommendations from W3C [22 motivated us in the case study that was conducted in this work].

3.3 Case Study

To accomplish this case study, we used three Web GIS applications, whose content is related to weather forecast, and other information required for agriculture: Embrapa's Agritempo (Embrapa, 2004), FUNCEME (Funceme, 2004) and SIMEPAR (Simepar, 2004). The choice of these three applications is a result from a previous work (Schimiguel et al., 2004a), which verified interaction aspects in these systems. In that work, the 'Static Map Server' category had a higher quantity of identified applications, influencing the choice of two applications for this analysis: FUNCEME and SIMEPAR. FUNCEME is the application that presented more interactive possibilities, while SIMEPAR presented more content elements. One of the applications belongs to the Brazilian Northeast Region (FUNCEME), and the other to the South Region (SIMEPAR). Embrapa's (Agritempo) Web GIS belongs to the 'Map Generator' class, offering more interactive possibilities in relation to the 'Static Map Server'. This Web GIS application was developed for the context of the Federal Government.

Thus, this case study aims at investigating accessibility as a quality attribute, considering systems that offer different levels of interaction for their users.

3.3.1 Methods and Procedures

Melo *et al.* (2004), presenting a Web accessibility evaluation case carried out with the participation of a blind user, mention different methods that can help the Web accessibility evaluation: (1) the use of graphic and text web-browsers; (2) automatic markup languages validation; (3) accessibility verification with semi-automatic tools; (4) evaluation with users with different abilities and/or disabilities. These methods have been used together as a tool in the preliminary Web *sites* accessibility evaluation and in evaluation of conformity with accessibility recommendations of the W3C (World Wide Web Consortium) (W3C, 2005a).

To preliminarily investigate the accessibility of the chosen Web GIS applications, methods (1) and (3) were used, once they are easy to use and offer the possibility to promptly identify aspects that directly interfere with the users' interaction. The use of different web-browsing configurations is one of the methods suggested by the W3C (W3C, 2005a), to identify issues that interfere directly in the interaction and the accessibility to information; presentation of

equivalent information through different channels (ex. image, sound and text), flexibility in the content presentation, as well as access to the Web page interaction elements (e.g.. links and forms elements). Table 9, describes the way we used the web-browsers, following the orientation given by W3C (W3C, 2005a).

Table 9. Use of web-browsers in web-accessibility evaluation

Web-Browser	Use/Observation
Internet Explorer 6.0 (I.E. 6.0)	A) Images turned off B) Sound turned off C) Different font sizes D) Window resized to less than maximum E) Pages viewed in gray scale F) Use of TAB key to access links and form elements
Lynx 2.8.5	A) Equivalent information availability B) Linearization of information

The service at Bobby portal (Bobby, 2005), suggested by W3C (W3C, 2005a) for the semi-automatic accessibility verification, generated, for each evaluated page, a report identifying the recommendation of the document “*Web Content Accessibility Guidelines 1.0*” (W3C, 2005b) and also suggesting verifications that should be done manually. In compliance with the recommendation from W3C (W3C, 2005b) this tool organizes the report items in different priority levels: 1, 2 and 3. Table 10, summarizes the meaning given to these priorities.

Table 10. W3C Priority for Web content accessibility

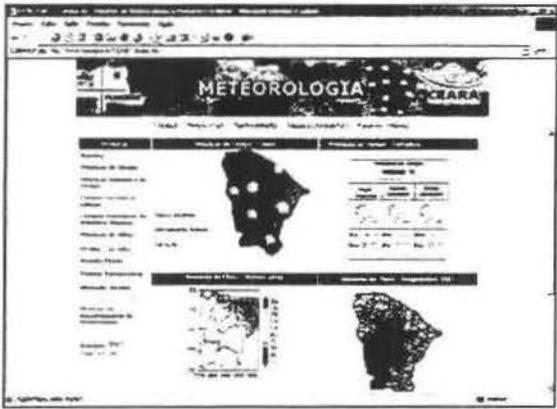
Priority	Meaning
Priority 1	It concerns the basic requirements so that determined groups of users can access available documents in the Web. Ex: Supply alternative text to all images.
Priority 2	Refers to what should be satisfied as a way of promoting the removal of significant barriers in the access to Web documents. Example: Using relative dimensioning and positioning (percentage values) instead of absolute values (in pixels).
Priority 3	It concerns what may be satisfied for improving the access to Web documents. Example: Identifying the language of the text.

The evaluated pages were those belonging to the execution steps necessary to complete the task of verifying the weather forecast, i.e. we evaluated the “accessibility of pages which takes the user to the weather forecast”. In FUNCEME case, the Ceará state weather forecast was verified; in SIMEPAR, the forecast for the state of Paraná; and in Agritempo, the forecast for the São Paulo State. The evaluation was done on 02.03.2005 for FUNCEME, 04.03.2005 for SIMEPAR and the 21.02.2005 for Agritempo.

3.3.2 Preliminary Results

From the verification using web-browser Internet Explorer 6.0, we highlight the following:

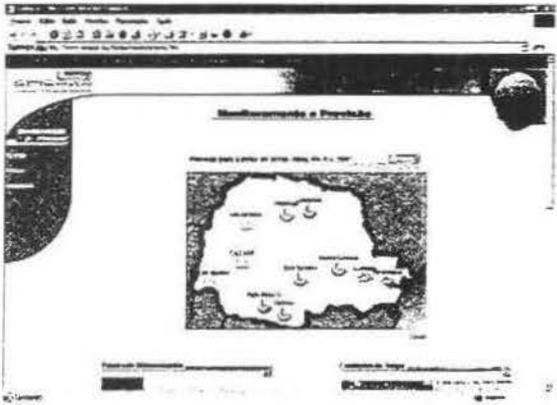
A) Non-activated Images: These applications do not offer, for the evaluated pages, alternative texts to most of the images shown, including map images and graphics. Although it is not a rule, FUNCEME portal offers comments that complement the given information in some of the maps; the same happens to the SIMEPAR portal. Figure 1, shows a few evaluated pages with activated and non-activated images, respectively.



(a)



(a')



(b)



(b')

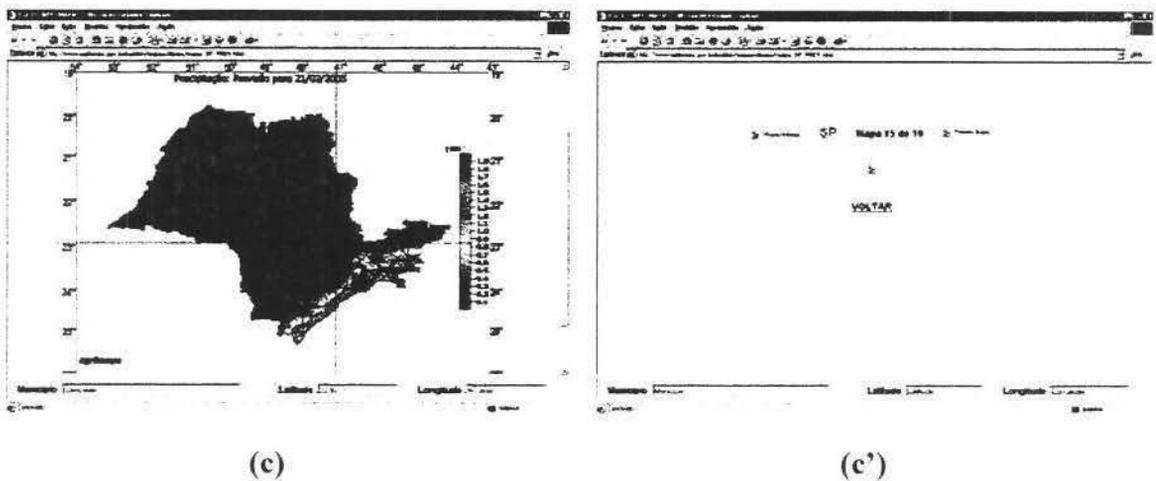
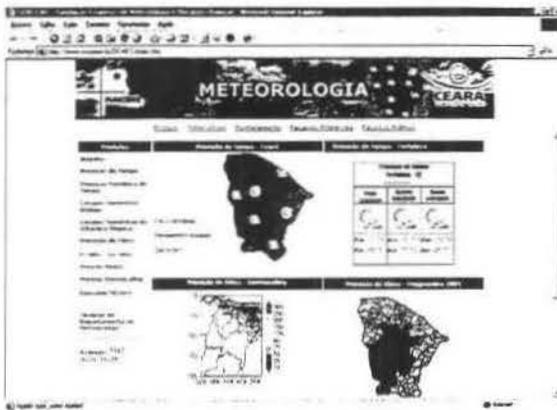


Figure 1. Sample of Web GIS applications pages at FUNCEME (a e a'), at SIMEPAR (b e b') and at Agritempo (c e c') with activated and non-activated images

B) Non-activated sound: there is no information, as the verified pages do not have sound resources.

C) Considering font size variation: Generally all the texts presented by FUNCEME portal are amplified when using the resource offered by the web-browser for font increase and reduction. In the SIMEPAR portal, only the text presented at the top of the interactive menu increased. In Agritempo only one of the titles over one of the maps had its text increased in size. It is also common in these applications the use of images to convey informative content. Thus, besides their information being inaccessible to some of the users they are not increased by the Internet Explorer 6.0 web-browser. In Figure 2, an example of the text increase for the Web GIS application from FUNCEME is available.



(a)



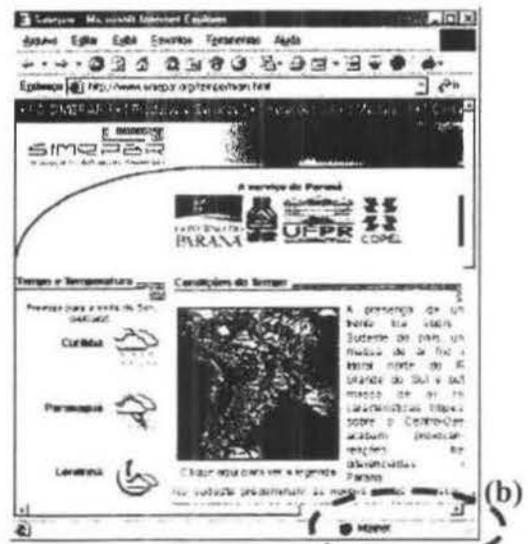
(a')

Figure 2. Sample of Web GIS application at FUNCEME, where the page appears with a normal text size (a) and with a bigger text size (a')

D) Redimensioned windows: None of the evaluated pages, even those showing narrower images than the minimized window size, had their content adapted to different dimensions of the web-browser window. Consequently, as we redimensioned the window size to smaller sizes, the pages started to demand the use of horizontal scrolling to access their content. Figure 3 shows the main pages of each Web GIS evaluated application.



(a)



(b)



Figure 3. Web GIS application main pages for FUNCEME (a), SIMEPAR (b) and Agritempo (c) visualized with the size of the IE 6.0 web-browser window reduced horizontally

E) Pages exhibited in gray scale: Generally, most of the evaluated pages showed contrast in the presentation of the textual information, except for Agritempo’s main page, as shown in Figure 4, where it is easy to perceive the absence of the contrast between the highlighted text and the white background of the page. We noticed the absence of contrast in the map and in the subtitles shown in FUNCEME and Agritempo’s Web GIS applications — both convey information by the use of different colors. We could perceive that a SIMEPAR’s map present both pictorial and textual information, in the presentation of their information. These resources complement the information offered in the maps via color but they also have to be supported by the text format description, in such a way the relevant information can be interpreted by devices such as screen readers. Samples of maps evaluated in the pages are presented in Figure 5.



Figure 4. Main page of Agritempo portal

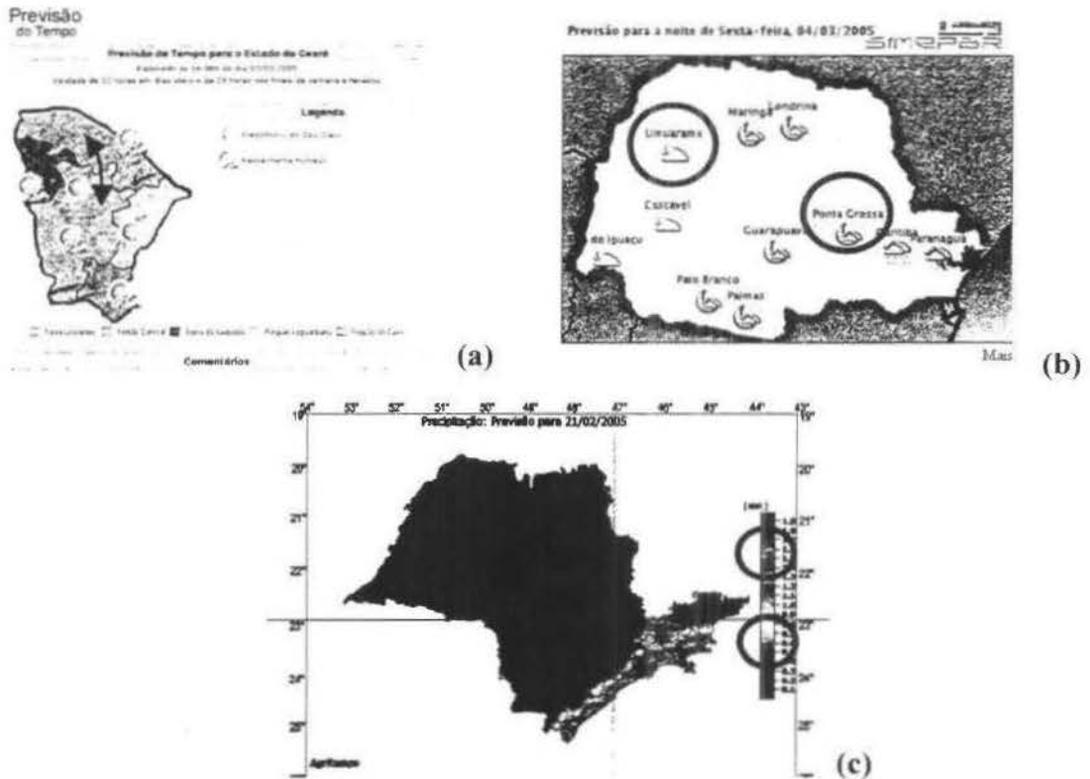


Figure 5. Maps presented by Web GIS applications for FUNCEME (a), for SIMEPAR (b) and Agritempo (c)

F) The use of the TAB key: Among evaluated pages, those from Agritempo had their links and form elements all reachable by TAB key, i.e., they do not demand the use of the mouse for access. With FUNCEME's application main page, the access options to the portal, are reachable only by using the mouse, differently from other pages, where the links and form elements are all reachable using the TAB key. SIMEPAR's portal pages present few of its links reachable only by using the mouse, such as those offered in its menu, present in the main page and in other portal internal pages. Some of the links of the left menu, offered in the internal pages of SIMEPAR portal, are activated by using only the mouse. Figure 6, points to links in the SIMEPAR applications that can not be activated by using the TAB key.

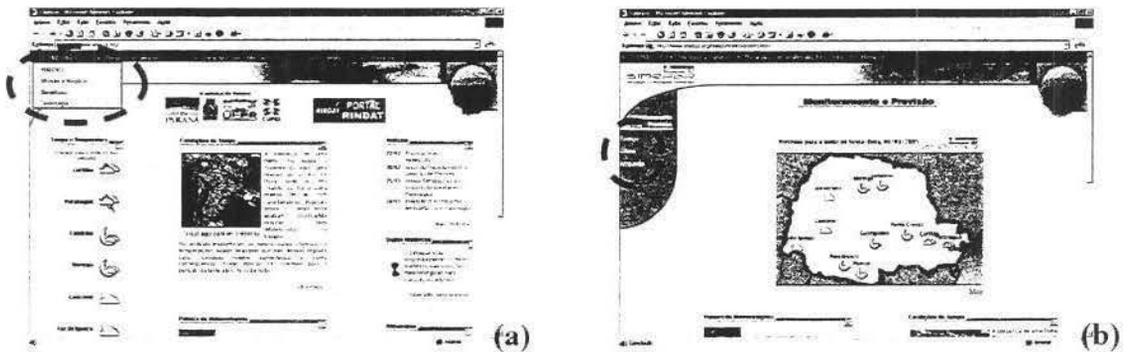


Figure 6. Main page for the SIMEPAR portal (a) and page on monitoring and forecast

From the verification carried out with the textual web-browser Lynx, we highlight the following:

A) Availability of equivalent information: The evaluated pages of FUNCEME Web GIS application do not present equivalent information to the portion of the image-map (e.g. main page that offers site navigation options), to its portal access and to the geographical maps presented in the path covered to complete the task of verifying the weather forecast for the state of Ceará. Moreover, this application does not offer textual descriptions to help in the identification of the *frames* used in the organization of its pages. In presenting the weather forecast, it offers textual information, complementing what is given by the map. A usual problem of this application is the absence of alternative texts to the images or more detailed descriptions of the information presented in these images, when necessary.

The SIMEPAR Web GIS does not offer alternative text to most of its images and its top menu is not available for the users of textual browser like Lynx. Though it offers more complementary information in texts than what is presented using maps, it is also common in this application the use of texts conveyed by images without alternative texts. This application as well as FUNCEME, uses frames to organize the presentation of its web-pages with no textual description, difficulting their identification.

The Web GIS application from the Agritempo portal generally presents the same problems as the later applications. This application specially offers many more maps than the previous, without presenting any type of textual information that could help some users to understand what is presented in the maps.

B) Sequel information presentation: In the FUNCEME Web GIS application, the linear information presentation suffers interference from the absence of the alternative texts to the images, as well as the use of map images and frames without equivalent textual information. It is noticeable the structure absence in the presentation of the information when linear. As for the SIMEPAR Web GIS having a quantity of images without alternative text, the sequential presentation of the information is also harmed. In the same way as the previous ones, the Web GIS application of the Agritempo portal has the linearization of its information harmed by the use of images without adequate alternative texts.

From the use of Bobby service (Bobby, 2005) of semiautomatic accessibility verification, we summarized in Tables 11, 12 and 13, next, the result for the accessibility problems that were identified automatically. The Tables organize the quantified data in the following way: for each evaluated page from Agritempo Web GIS, FUNCEME and SIMEPAR, the number of accessibility problems is grouped by priority level.

Table 11. Problems quantified by using Bobby for FUNCEME's application

	Page 1	Page 2	Page 2'	Page 3	Total
Priority 1	15	2	9	12	38
Priority 2	22	2	136	65	225
Priority 3	10	1	15	19	45
Total	47	5	160	96	308

Table 12. Problems quantified by using for SIMEPAR's application

	Page 1	Page 2	Total
Priority 1	23	19	42
Priority 2	48	25	73
Priority 3	23	15	38
Total	94	59	153

Table 13. Problems quantified by using the Bobby for Agritempo's application

	Page 1	Page 2	Page 3	Page 3'	Page 4	Total
Priority 1	68	83	2	19	652	824
Priority 2	69	80	1	41	662	853
Priority 3	33	35	1	23	3	95
Total	170	198	4	83	1317	1772

The data on Tables 11, 12 and 13 show higher occurrence of problems regarding priority 2 in the three evaluated applications. A problem in priority 2, shown in the three applications, is the use of absolute values in the dimensioning of the table columns and the size of the font used, a fact that directly influences the flexibility of the information presentation in different screen resolutions. Considering all the pages evaluated, page 2' (presented by page 2's frame) in the FUNCEME application had the higher number of priority 2 faults: 136 were counted, 96% refereeing to the use of absolute values for dimensioning the table columns.

Concerning the recommendation for priority 1, the Web GIS applications presented a meaningful quantity of problems in their *homepages*. FUNCEME and SIMEPAR presented higher quantity of problems. In Tables 3 and 5, it is possible to observe that page 2 from FUNCEME and page 3 from Agritempo present a reduced quantity of accessibility problems reported by the Bobby system. These reduced numbers, however, do not indicate a more careful design of these pages, once they are not visible to the user, but they organize *frame sets* for content, i.e., they structure the presentation of other pages (page 2' in the FUNCEME application and page 3' in the Agritempo application).

The Agritempo's Web GIS application is the one that presented the highest number of errors, in the three levels of priority, once its last page exhibits a geographic map which is an image map (term used in the HTML page editing to identify an image whose parts have semantic and/or specific functions). Each portion of this image map refers to a city in the geographic map, where access to information on the local weather, latitude and longitude,

depend on a good visual acuity and the use of the mouse. The highest values for priority 1 and 2 from Agritempo, 652 and 662 refer to the absence of alternative text for each portion of the image map and to the fact that the access to the information propagated by this image map is restricted to the mouse. The alternative text for each portion, besides informing the name of the city, its latitude and longitude, should also offer information about the weather forecast from the city it refers to, by using colors. In a certain way, in its homepage, Agritempo presents a technical solution to solve this question by offering, in the image map, an index for geographic information referring to each Brazilian state.

3.3.3 Discussion

From the preliminary evaluation, it can be noticed that the questions relative to accessibility have been neglected regarding the representation of the geographic information as well as the page structuring and information distribution in general.

As we look at Table 14, which synthesizes the results presented in the last section, it is possible to see that the identified accessibility problems are, in general, recurrent in the three evaluated applications.

Table 14. Summary of Preliminary Results

		FUNCEME	SIMEPAR	Agritempo
Internet Explorer 6.0	A) Images turned off	- Usually without alternative text	- Usually without alternative text	- Usually without alternative text
	B) Sound turned off	- Not applicable	- Not applicable	- Not applicable
	C) Different font sizes	- Usually it changes - Text written in image	- Usually it doesn't change - Text written in image	- Usually it doesn't change - Text written in image
	D) Windows resized to less than maximum	- Horizontal scrolling	- Horizontal scrolling	- Horizontal scrolling

	E) Pages viewed in gray scale	- Good contrast in the text exhibition - Alternative to color in some maps - Few contrast in maps exhibition	- Good contrast in the text exhibition - Alternative to color in some maps	- Good contrast in the text exhibition - Few contrast in maps exhibition - Portion of the text in main page with few contrast to its background
	F) Use of TAB key	- Image-map options in the main page are unreachable	- Some links reachable only using mouse	- Links and formulary elements are reachable
Lynx	A) Equivalent information availability	- Absence of alternative text in general (images and frames) - Unavailable interaction elements	- Absence of alternative text in general (images and frames) - Unavailable interaction elements	- Absence of alternative text in general (images and frames) - Unavailable interaction elements - Presents more maps without equivalents information
	B) Linearization of information	- Structure compromised because of the absence of alternative text to images	- Structure compromised because of the absence of alternative text to images	- Structure compromised because of the absence of alternative to the images
Bobby	Priority1	38	42	824
	Priority 2	225	73	853
	Priority 3	45	38	95

The three applications do not offer systematically alternative texts to the images, which also include graphics and geographic maps, but also other interface elements which convey navigation options, as in the case of the image maps presented in the main FUNCEME's homepage.

Of the three evaluated applications the only one that has the possibility of changing its font size is FUNCEME's portal. The use of texts in images is common to the three applications. This type of text, differently from the alternative text, can not be interpreted by screen readers, nor increased by some web-browsers, who are still unable to amplify images.

The three applications do not enable the content of their pages to be adapted to different web-browser window sizes, i.e., they do not present the flexibility that would be necessary to be accessed from different video resolutions or even different devices.

Generally, even though they present adequate contrast in the exhibition of their texts, the evaluated applications need to consider carefully the use of colors to represent their information in maps, graphics and subtitles. Colored blind and low vision users, or those who access information through black and white printed material, can have difficulty identifying associated information; color should not be used as an indispensable element to the interpretation of information transmitted in maps.

Regarding the evaluated applications, only Agritempo did not present any barriers to access its links and forms by using the TAB key. Finally, the offer of equivalent information and adequate structure for the content, so that it can be accessed by different web-browsers (not only graphic) and devices (screen readers and palmtops) need to be observed by the three evaluated applications.

Through the use of the Bobby system, we could observe that the quantity of identified errors in the Web GIS from Agritempo was quite meaningful; being the highest of the priority three levels. The three evaluated applications had an expressive number of problems regarding the priority 2 levels.

3.4 Conclusion

Interface design has demanded more and more attention to the interaction flexibility for information access. In the case of Geographic Information System applications in the Web, the accessibility has become more important, due to the extremely visual features of the current applications, strongly restricting their use to people who have some type of visual

impairment (colored blind, reduced eye sight, blindness, etc.). Issues regarding the accessibility to Web GIS applications present a challenge to the representation of geographic information, reflected in the homepages' structure, as well as in the conveying information *per se*.

This accessibility inspection, understood as a quality factor for the Web GIS applications, allowed us to show that some basic tasks such as *verifying the weather forecast* of a town or a region, are not reachable for users with special needs or restricted capacities. This fact was observed in the three evaluated applications. It is important to highlight that one of the considered applications belongs to the Brazilian Federal Government, which should supposedly offer access to information to a wide variety of user situations. Moreover, the evaluated Web GIS applications do not seem to consider the guidelines defined by current recommendations such as ISO, W3C, etc.; they use map images and colors as the only element of meaning, to represent information essential to the geographic information understanding. By observing the preliminary results of the Web GIS applications evaluated, we see that a lot of work should be done towards enabling the access of geographic information to a portion of the population who currently does not have it.

The quality of use of a Web GIS application, quality understood as fitness for use, is directly related to the ways of presentation and representation of the geographic information to the user. The access to this information should not be restricted to a map or graphic image visualization; other artifacts should be available to reach a more diversified category of users. Future work is being done regarding specificities of the geographic domain and their implications for the design and evaluation of this category of information system.

Capítulo

4

Usabilidade de Aplicações SIG Web na Perspectiva do Usuário: um Estudo de Caso

4.1 Introdução

O avanço da Tecnologia de Informação (TI), os recursos dos programas voltados para o contexto de SIG (Sistemas de Informação Geográfica) e a disseminação da Internet no cotidiano possibilitaram a interação com mapas na Internet. Um mapa denota, para usuários SIG Web, a possibilidade de interagir com o sistema e os dados geográficos subjacentes, via interfaces de usuário. Dessa maneira, um usuário leigo na área de geoprocessamento pode usufruir destes benefícios tecnológicos com o uso puro e simples de seu *browser* padrão (visualizador Web). Esta é uma revolução na maneira de divulgar e selecionar a informação georeferenciada, que poderá democratizar o acesso dos interessados a esta tecnologia (Gisweb, 2006).

Neste contexto, definimos um SIG Web como um sistema que pode permitir a visualização e consulta a dados geográficos através da Web, de acordo com dois conceitos: SIG Web propriamente dito e Aplicações SIG Web. Um SIG Web é um sistema de software (comercial ou acadêmico) que permite a criação de Aplicações SIG Web. Uma Aplicação SIG Web tem por característica permitir disponibilizar visualizações de informação geográfica, podendo possibilitar alguns tipos de interação com mapas, como *zoom*, *pan*, ou consultas diversas. Essas interações são realizadas podendo, ou não existir a ligação da Aplicação SIG Web com

um sistema SIG Web e/ou um banco de dados geográfico em algum servidor SIG. Isto ocorre porque em algumas categorias de Aplicações SIG Web, as imagens de mapas são capturadas de sistemas SIG Web e simplesmente colocadas na aplicação SIG Web (por exemplo, como arquivos *jpeg* e usando comandos de linguagens como o HTML – Hipertext Markup Language), configurando-se uma estrutura estática para essas imagens. Como exemplos de SIG Web, pode-se citar o MapObjects (MapObjects, 2006) e o MapInfo (MapInfo, 2006); e como Aplicações SIG Web, o sistema Agritempo desenvolvido pela Embrapa e pelo CEPAGRI/UNICAMP (Embrapa, 2004) e o da FUNCEME (Funceme, 2004).

Segundo Oliveira (Oliveira, 1997), as aplicações usualmente desenvolvidas em SIG definem requisitos de informação que permitem classificá-las em três categorias: urbanas, ambientais e gerenciais. As aplicações urbanas são voltadas para aspectos de infra-estrutura urbana e controle populacional, como gerência de redes (energia, telecomunicações, transportes) e distribuição de serviços públicos. As aplicações ambientais são voltadas para o aproveitamento e conservação de recursos naturais, como a modelagem da natureza (estudos climáticos, controle de agentes poluidores, análise de processos de desertificação). As aplicações gerenciais envolvem informações qualitativas sobre aplicações ambientais e urbanas. O objetivo desta terceira categoria é apoiar a formulação e o acompanhamento de políticas de desenvolvimento urbano e de uso de recursos naturais. Os sistemas voltados para a agricultura, foco deste trabalho, enquadram-se normalmente na categoria de aplicações ambientais.

O interesse por aplicações SIG na Web vem aumentando bastante nos últimos anos. Especialmente no contexto agrícola, estas aplicações representam um ferramental útil para pessoas que estejam envolvidas direta ou indiretamente em planejamento e exploração agrícola. No Brasil, país em que o agro-negócio vem crescendo e adquirindo enorme importância no PIB (Produto Interno Produto), o estudo destas aplicações adquire, inclusive, relevância econômica. O uso dessas aplicações por agricultores e por profissionais que tomam decisões nessa área poderá ser uma solução de acesso simples e rápido, através da Web, e de baixo custo. Entretanto, o acesso à informação em tais aplicações SIG na Web é dependente dos recursos de interação possibilitados por suas interfaces de usuário. O desafio dessas interfaces é grande, dada a diversidade de usuários que podem beneficiar-se dessas aplicações.

Vários autores desenvolveram trabalhos investigando e promovendo aspectos de usabilidade em SIGs envolvendo usuários finais. Strothotte et al. (1996) realizaram testes de usabilidade para informar o design e avaliação de uma aplicação SIG cujo objetivo era promover a

mobilidade independente para pessoas idosas ou cegas. Bernardo e Hipólito (2000) realizaram testes de usabilidade Web sobre a interface do sistema SNIG – *National System for Geographical Information*, para adequá-lo a usuários especialistas e não especialistas. Hiele et al. (2003) estudaram o contexto de uso, projetaram a interface de usuário e realizaram avaliação de usabilidade de protótipo de uma ferramenta SIG Web orientada para fazendeiros holandeses. Luna et al. (2005) executaram testes com usuários para um sistema de aprendizado baseado na web cujo objetivo era introduzir a área de SIG para estudantes de Engenharia Civil.

Dada a relevância estratégica de tais sistemas e aplicações e considerando a diversidade de seus usuários prospectivos através da Internet, torna-se importante investigar aspectos de interação possibilitados pelas interfaces de tais sistemas. Os objetivos deste trabalho envolvem: (i) apresentar o conceito de usabilidade como elemento fundamental na avaliação da qualidade de interfaces de aplicações SIG Web; (ii) realizar um estudo de caso de teste de usabilidade com usuários reais, para um conjunto de aplicações SIG Web levantadas; e (iii) indicar '*lições aprendidas*' para o design e avaliação de interfaces de aplicações SIG Web.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 discute o conceito de usabilidade e a abordagem do "*discount usability engineering*", que é tomada como referencial metodológico do trabalho. A seção 3 descreve a metodologia utilizada e discute resultados do estudo de caso. Na seqüência, relatamos as contribuições e conclusões do trabalho.

4.2 Avaliação de Usabilidade e o Teste Econômico de Uso

Provavelmente, a definição de usabilidade mais conhecida é a de Nielsen (1993): usabilidade está relacionada ao aprendizado, eficiência, na realização da tarefa de memorização, minimização de erros e satisfação subjetiva do usuário. Entretanto, a definição formal de usabilidade da ISO 9241-11 (*Guidance on Usability*) (ISO9241, 1997), utilizada na indústria, é dada por: - "*the extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use*".

A avaliação de usabilidade pode ser realizada por inspeção de usabilidade e/ou teste com usuários. A inspeção é um conjunto de métodos que faz uso de avaliadores para inspecionar aspectos relacionados à usabilidade de uma interface de usuário. Os avaliadores devem ser especialistas em usabilidade, consultores etc.. A inspeção visa encontrar problemas de usabilidade em um design de interface de usuário e fazer recomendações no sentido de eliminar os problemas e melhorar a usabilidade do produto. As inspeções podem ser feitas em

um estágio onde a interface está sendo gerada e sua usabilidade necessita ser avaliada (Rocha e Baranauskas, 2003). O teste de usabilidade é uma técnica de avaliação de interfaces humano-computador que está relacionada à execução de tarefas representativas, em um sistema de software, com a participação de usuários potenciais.

Os métodos para teste de usabilidade têm sido desenvolvidos e refinados há muitos anos. Barnum (2002) faz uma distinção entre testes formais, conduzidos usando-se o método experimental para prover ou descartar hipóteses e testes menos formais, usados para descobrir e corrigir problemas de usabilidade com um produto. Os métodos formais requerem um número maior de participantes, um cuidado na construção e implementação dos testes e análise estatística para se chegar à validade e confiabilidade dos resultados. O custo percebido e a complexidade para usar essas técnicas têm sido um dos entraves para a não utilização da engenharia de usabilidade na prática. Entretanto, muitas técnicas de usabilidade podem ser usadas de forma barata e eficiente, como é o caso da abordagem chamada abordagem econômica "*discount usability engineering*" (Nielsen, 1994). Conforme afirma Nielsen, para o desenvolvimento de boas interfaces, testes menos rigorosos podem ser suficientes; isto é, mesmo testes que não são estatisticamente significantes valem a pena uma vez que eles irão melhorar substancialmente a qualidade de decisões de design. A abordagem da *discount usability engineering* é baseada no uso de cenários, testes simplificados com usuário e inspeção heurística. Neste trabalho exploramos o teste com usuários em cenários de uso de aplicações SIG Web.

Dumas e Redish (1994) definem o teste de usabilidade com base em cinco características: (i) prover a usabilidade do produto, (ii) os participantes representam usuários reais, (iii) os usuários executam tarefas reais, (iv) os avaliadores observam e registram ações dos participantes e (v) os avaliadores então analisam os dados e recomendam mudanças.

Na abordagem da *discount usability engineering*, testes com usuários podem ser executados sem a existência de laboratórios sofisticados, simplesmente com a participação de usuários reais, atribuindo a eles algumas tarefas de teste típicas, e pedindo a eles que falem enquanto executam as tarefas (método falar em voz alta - *thinking aloud* - simplificado). A interface de usuário pode ser avaliada com um mínimo de treinamento e, segundo Nielsen (1994), mesmo experimentos que sejam metodologicamente primitivos terão sucesso em encontrar muitos problemas de usabilidade. Nielsen e Landauer (1993) desenvolveram um modelo matemático relacionando o número de problemas de usabilidade e os custos financeiros para diferentes testes com usuário; o modelo produziu curvas que mostram que os benefícios do teste com usuários são muito maiores que os custos, independentemente do número de sujeitos do teste.

Também detectaram que a taxa de custo-benefício máxima é atingida quando usamos entre três e cinco sujeitos para o teste com usuários.

O estudo de caso descrito e discutido a seguir utiliza a abordagem econômica para teste com usuário na avaliação de usabilidade de interfaces de Aplicações SIG Web.

4.3 Estudo de Caso: Usabilidade na Perspectiva do Usuário

O estudo de caso relatado neste trabalho envolveu um teste de usabilidade em laboratório, com usuários prospectivos, seguido de uma atividade de discussão coletiva. Participaram do teste quatro usuários com perfis diversos de formação, incluindo as áreas de Informática e Agricultura: um Administrador de Banco de Dados, um Analista de Sistemas, um Engenheiro Agrônomo e um Engenheiro Civil com especialização em Geoprocessamento, todos trabalhando no domínio agrícola. A eles foi proposta a tarefa de *“buscar por informações/mapas sobre a previsão de tempo para o mês de maio do ano corrente”*. As Aplicações SIG Web utilizadas foram as do Agritempo, do FUNCEME e do SIMEPAR, na busca pela previsão de tempo para os estados de São Paulo, Ceará e Paraná respectivamente, conforme especificado na tarefa. Estas aplicações foram escolhidas entre várias outras discutidas em trabalhos anteriores (Schimiguel et al., 2004a; Schimiguel et al., 2004b), pela sua representatividade para os problemas analisados. A Figura 1 ilustra em um diagrama o cenário do estudo de caso realizado.

Cada usuário teve aproximadamente 45 minutos para concluir suas tarefas nas três aplicações (15 minutos em cada aplicação) e 10 minutos para responder um questionário sobre o teste. Os dados do teste foram registrados através de: (i) filmagem em VHS das interações dos usuários com a interface; (ii) questionário, que foi respondido após o teste e (iii) anotações realizadas durante a execução do teste.

A atividade de pós-teste teve duração de 40 minutos e envolveu os quatro usuários e o avaliador. Nessa etapa, foi realizada uma atividade interativa envolvendo design e discussão. Como forma de organizar a análise das interações dos usuários com a interface das aplicações SIG Web, utilizamos diagramas de seqüência da UML (*Unified Modeling Language*) para representá-las.

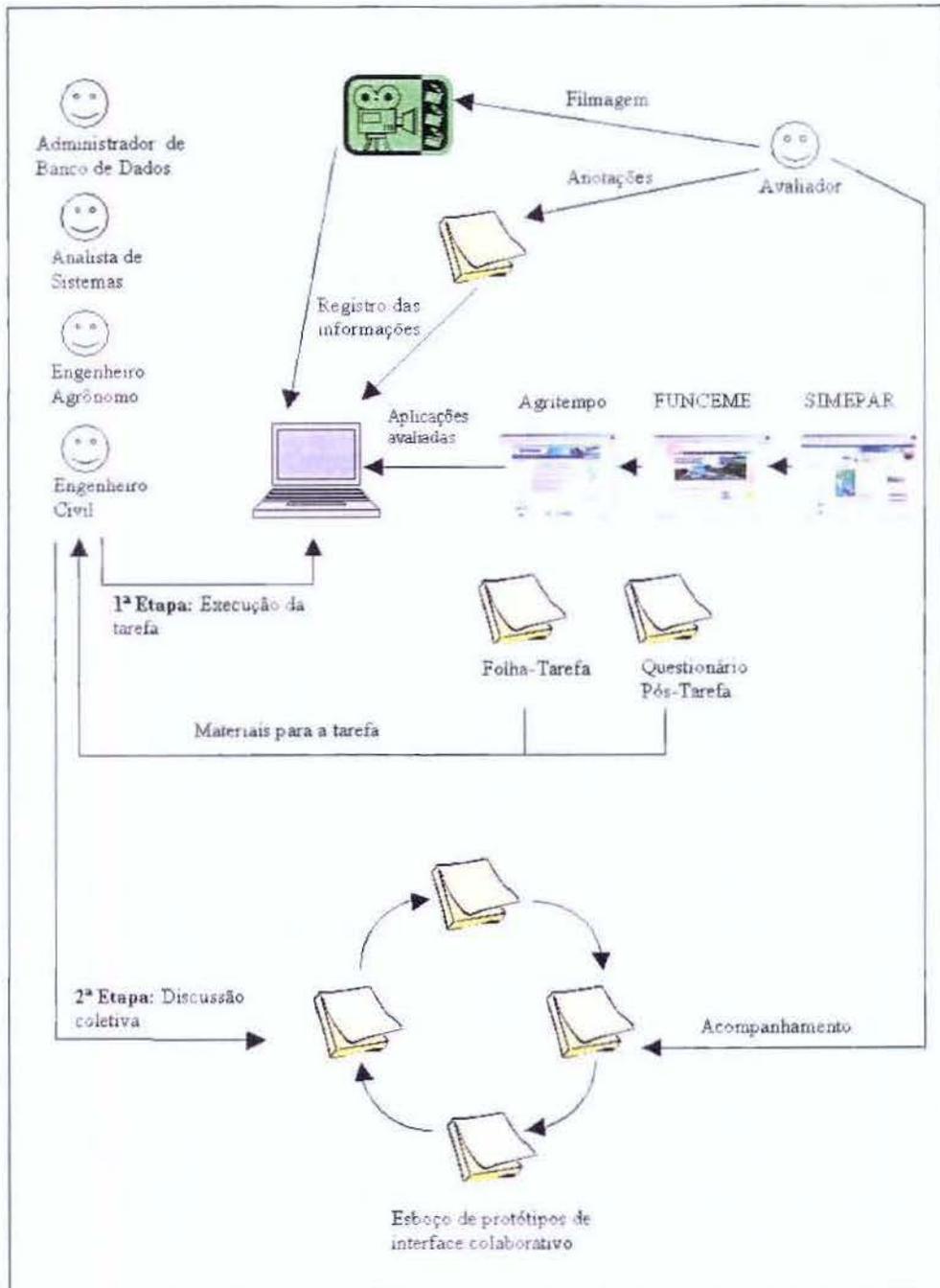


Figura 2. Diagrama do cenário do estudo de caso realizado

4.3.1 Resultados Preliminares

4.3.1.1 Visão geral

De maneira geral, os resultados mostram que os usuários não se ativeram à especificação da tarefa e foram pouco rigorosos na busca do resultado (*informações/mapas de previsão de tempo para o mês de maio*). Apresentaram como resposta informações relacionadas a: (i) um dia em particular, (ii) um período de dias ou (iii) um período maior, por exemplo uma determinada estação do ano. Estes usuários se davam por satisfeitos com os resultados que apresentavam, demonstrando confiança na realização correta da tarefa.

A Tabela 1 sintetiza os resultados obtidos, em relação ao que era esperado pelo avaliador. Ela mostra que apenas um dos sujeitos chegou ao resultado esperado e somente no caso do SIMEPAR. Esse mesmo sujeito também chegou à resposta esperada utilizando a aplicação da FUNCEME, porém, por um caminho diferente do que o avaliador previra (marcado com ** na Tabela 15). Deve ser observado que, embora não tenham encontrado o resultado esperado, dois sujeitos obtiveram uma resposta conceitualmente válida (marcada com * na Tabela 15) dentro do entendimento/significado do domínio agrícola para “previsão”, ambos utilizando a aplicação do Agritempo. Tais resultados serão discutidos nas seções a seguir.

Tabela 15. Resultados Preliminares do Teste de Usabilidade realizado

Usuário 1 (DBA)	Chegou no Resultado Esperado			Agritempo		FUNCEME		SIMEPAR	
	Agritempo	FUNCEME	SIMEPAR	#passos	Duração minutos	#passos	Duração minutos	#passos	Duração minutos
	N	N	N	13	9	6	3	1	2
Usuário 2 (Analista)	N	S (**)	S	11	11	4	5	11	9
Usuário 3 (Agrônomo)	N/S (*)	N	N	4	4	2	2	3	3
Usuário 4 (Eng. Civil)	N/S (*)	N	N	7	4	4	3	3	3
Resultado Esperado				3	15	3	15	2	15

A Figura 2 ilustra a descrição da Tarefa, resultado esperado e resultado obtido por um dos sujeitos, para a aplicação do SIMEPAR. Nela podemos ver que, na aplicação SIG Web do SIMEPAR, o Usuário 1 não conseguiu chegar no resultado esperado.

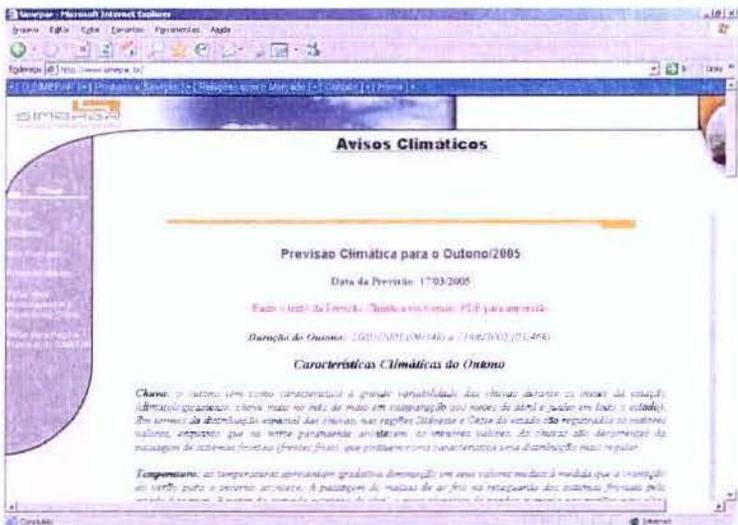
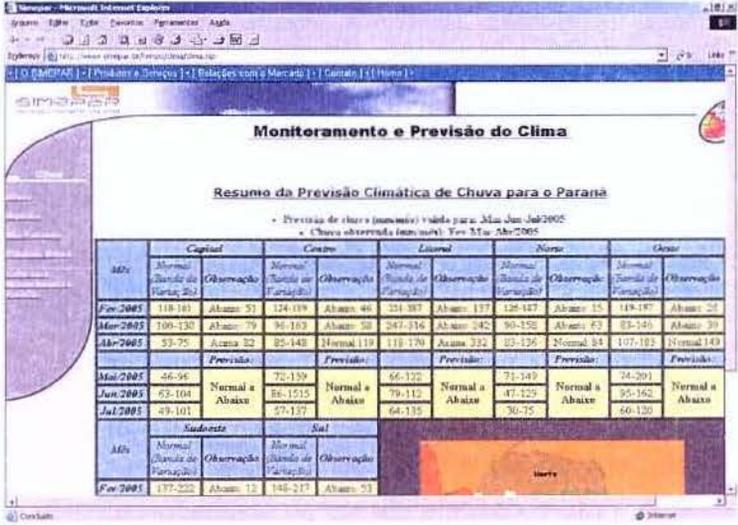
Tarefa	Buscar por informações/mapas de previsão de tempo para o mês de maio, para o estado de São Paulo, no Agritempo (http://www.agritempo.gov.br), para o estado do Ceará, no FUNCEME (http://www.funceme.br) e para o estado do Paraná, no SIMEPAR (http://www.simepar.br).
Usuário	Administrador de Banco de Dados (Usuário 1)
Sistema Avaliado	Aplicação SIG Web do SIMEPAR
Resultado Obtido	
Resultado Esperado	

Figura 2. Descrição da Tarefa, resultado obtido pelo Usuário 1 e resultado esperado

Nenhum dos usuários extrapolou o tempo de 15 minutos estipulado para a execução da tarefa. Notamos que o usuário 2, da área de informática, foi quem conseguiu chegar ao resultado esperado um número maior de vezes (duas) e, ao mesmo tempo, navegou mais nas três aplicações, em relação aos outros três usuários.

As Figuras 3, 4 e 5 ilustram, utilizando diagramas de seqüência, o processo de interação utilizado pelos sujeitos para realizar a tarefa e o processo esperado. Nesses diagramas de seqüência, os objetos representam páginas Web visitadas e as mensagens trocadas entre os objetos representam atividades de navegação.

A seguir discutimos a interação dos sujeitos, observada em cada um dos sistemas analisados.

4.3.1.2 Interação no Agritempo

Diferença de comportamento dos dois usuários da área de informática (usuários 1 e 2) e os com formação na área do domínio (usuários 3 e 4) pode ser observada nos diagramas de seqüência anteriormente ilustrados, pelo número de passos utilizado e voltas a páginas anteriormente visitadas. Existe mais navegação e mais retornos no caso dos dois usuários da área de informática.

O significado para “previsão” do tempo é bem específico para os sujeitos do domínio; para eles, previsão só é possível para alguns dias; para um período maior, trata-se apenas de uma “tendência” para o clima. Isso pode explicar porque esses usuários não buscaram a “probabilidade de precipitação” e pararam na página de “precipitação 96 horas” como resposta. Observa-se também que há um ponto de navegação onde os usuários tomam caminhos diferentes a partir da página “mapas de previsão”. O limite de número de páginas de navegação para frente, antes do primeiro retorno a páginas anteriormente visitadas, parece estar próximo de três. A partir de três páginas, quando o usuário não consegue encontrar o que busca, começa a revisitar páginas anteriores. Esse comportamento foi observado independentemente do usuário ser profissional do domínio ou não. Entretanto, o retorno para a *homepage* só aconteceu com profissionais de informática; não aconteceu com os usuários do domínio. A Figura 3 apresenta os diagramas de seqüência para os quatro usuários na aplicação SIG Web do Agritempo, e o diagrama esperado.

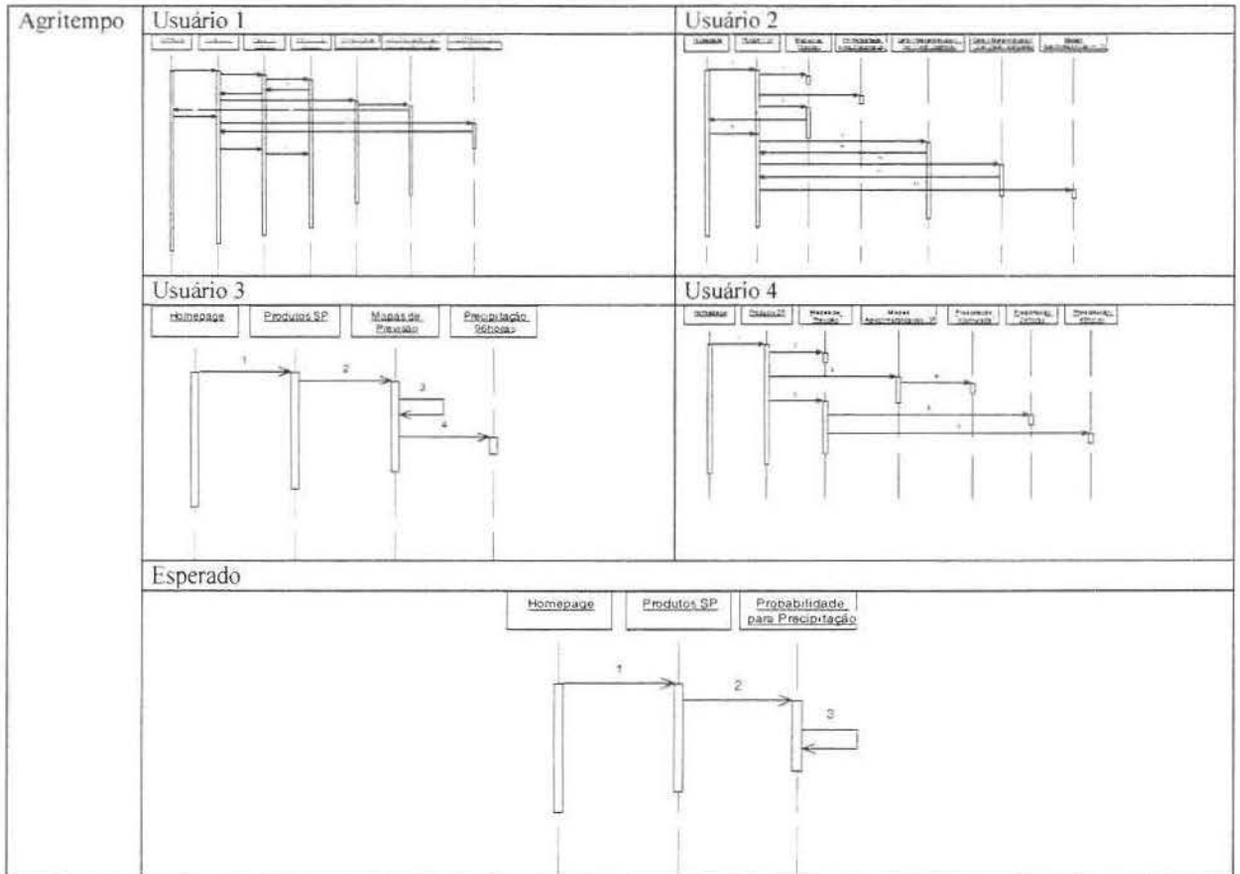


Figura 3. Diagramas de seqüência para as interações dos quatro usuários e resultado esperado, com a aplicação SIG Web do Agritempo

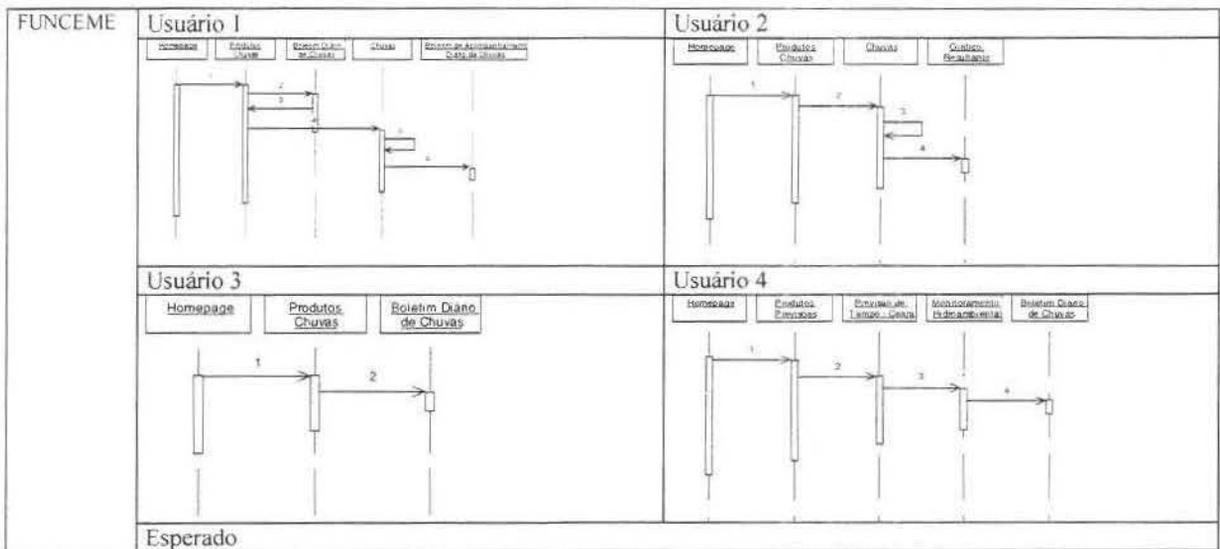
4.3.1.3 Interação na aplicação FUNCEME

Interagindo com a aplicação do FUNCEME, os sujeitos com formação no domínio chegaram apenas na página de “chuvas do dia”; o usuário três parece não ter conseguido localizar o *link* de “previsões” (na *homepage*), o que sugere falta de visibilidade no acesso a essa informação. O usuário 4 encontrou o link “previsões”, mas não chegou à resposta esperada, parando em “chuvas do dia”. O usuário 2 foi o único que chegou à resposta, embora partindo do *link* “chuvas” (na *homepage*), o que sugere que também esse usuário não tenha encontrado o *link* “previsões” (na *homepage*). Dos quatro sujeitos, somente o usuário 4 acessou o *link* “previsões”; os outros acessaram o *link* “chuvas”, o que sugere problemas de usabilidade decorrentes da forma de apresentação do menu. Observa-se que os itens do menu principal

são apresentados sobre diferentes partes da imagem presente na *homepage* e seus *links* de segundo plano são mostrados ao passar o mouse sobre regiões específicas da tela.

O único dos quatro usuários que retornou a navegação a páginas anteriormente visitadas foi o usuário 1. Embora tenha chegado à página de “gráficos de chuvas”, ele não chegou ao resultado, o que sugere problemas de usabilidade relacionados à página de “gráficos de chuvas”. Nota-se que é uma página longa e determinadas informações precisam de ação sobre a barra de rolagem para serem visualizadas.

O ponto de navegação onde cada sujeito diverge é na própria *homepage*. Lá, itens de menu que só são visíveis quando passamos com o mouse por certas regiões da tela podem justificar o fato de três usuários terem partido para o *link* “Chuvas” e um único usuário para o *link* “Previsões”. Nota-se que o item “Chuvas” surge em região de tela mais à esquerda em relação ao item “Previsões”. Os sub-menus na *homepage* não seguem um padrão de apresentação, aparecendo apenas com a passagem do mouse por sobre eles; além disso, não fica claro qual sub-menu pertence a qual item que está visível na *homepage*. A Figura 4 apresenta os diagramas de seqüência para os quatro usuários na aplicação SIG Web do FUNCEME, com o diagrama esperado.



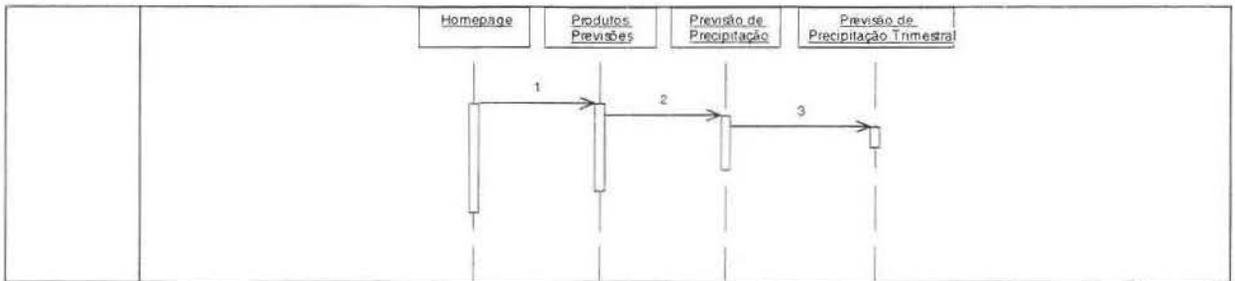


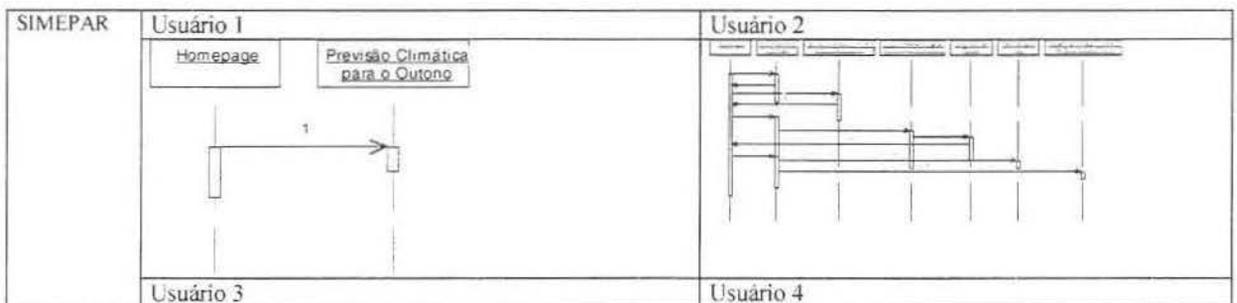
Figura 4. Diagramas de seqüência para as interações dos quatro usuários, e resultado esperado, com a aplicação SIG Web do FUNCEME

4.3.1.4 Interação no SIMEPAR

O usuário 2 foi o único que se aventurou a realizar pesquisas mais detalhadas na interface da aplicação; os outros três ficaram presos ao conteúdo da *homepage*, clicando nos *links* de rápido acesso à informação.

Mesmo com a tarefa solicitando a “previsão de tempo para o mês de maio”, três usuários se contentaram com uma resposta relacionada à previsão de tempo para o outono de 2005: um da área de informática e os dois do domínio. O usuário 4 deu-se por satisfeito com a previsão de tempo para quatro dias para uma cidade específica do estado do Paraná.

O usuário 2 conseguiu chegar ao resultado esperado: entretanto, comentou que estava confuso, porque esperava encontrar o resultado na área relacionada a “tempo”, mas o encontrou na região de “clima”. A Figura 5 apresenta os diagramas de seqüência para os quatro usuários na aplicação SIG Web do SIMEPAR, com o diagrama esperado.



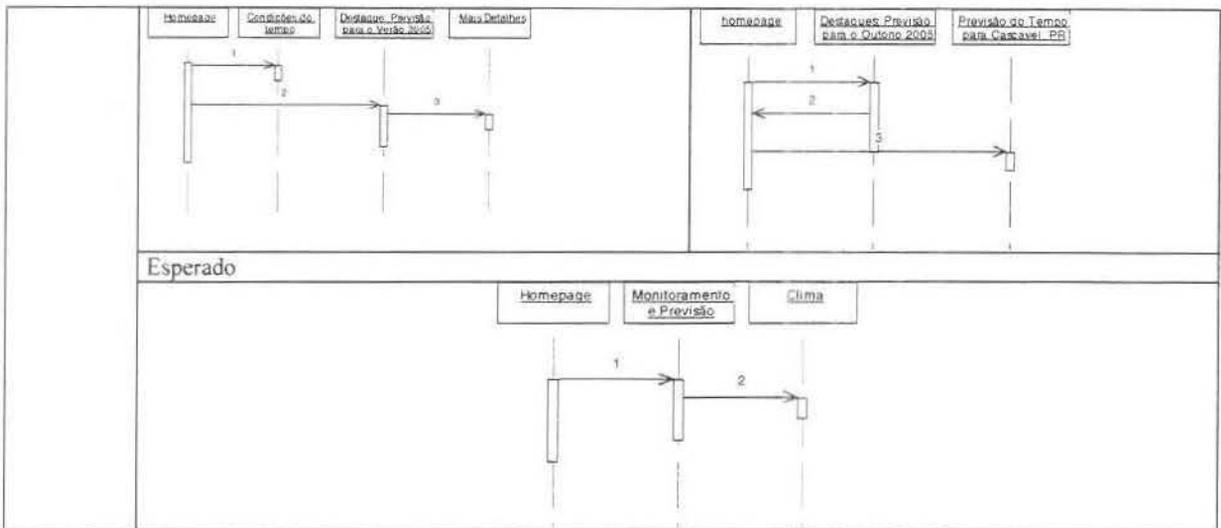


Figura 5. Diagramas de seqüência para as interações dos quatro usuários e resultado esperado, com a aplicação SIG Web do SIMEPAR

4.3.2 Observações sobre os Usuários na Tarefa

Esta seção destaca aspectos do comportamento observado dos usuários executando as tarefas nas três aplicações SIG Web consideradas.

Usuário 1:

Tarefa no Agritempo: O usuário fazia o uso da barra de rolagem para tentar encontrar o mapa foco, mas sem êxito. Um problema neste caso foi o uso de termos técnicos pela aplicação (precipitação, por exemplo), não habituais para usuários esporádicos, que, por exemplo, gostariam de ver a previsão de tempo para uma viagem de família. Nessa aplicação SIG Web, existem algumas ferramentas de busca por informações que foram utilizadas por este usuário, mas elas não contribuíram para a conclusão da tarefa.

Tarefa no FUNCEME: Na *homepage*, o usuário clicou no quadro "chuvas" e depois, no item "previsão diária". Preencheu um formulário com algumas especificações, selecionando a opção de geração de "gráfico de chuvas" e encontrou um gráfico com informações de um período anterior ao requerido pela tarefa.

Tarefa no SIMEPAR: O usuário também procedeu de forma bastante rápida no uso desta aplicação. Fez uso da barra de rolagem na própria *homepage*, realizou uma procura visual pela região dessa página e clicou em "previsão climática para o outono"; além disso, o usuário se disse satisfeito pelo resultado que encontrou. A tarefa envolvia verificar a previsão de

tempo para o Estado do Paraná e ele encontrou informações sobre previsão para a estação do ano (no caso, o outono).

Usuário 2:

Tarefa no Agritempo: Este usuário teve um comportamento típico de profissionais da área de informática. A partir da *homepage*, usou os *links* textuais dos estados brasileiros, em vez do mapa, para acessar as informações do Estado de São Paulo. Este usuário teve muita dificuldade para completar a tarefa; chegou a queixar-se várias vezes do fato da aplicação SIG Web ter muitos termos técnicos. Fez buscas por "mapas de probabilidade", "previsão de tempo" etc.. Nesta segunda opção, o usuário fez uso da barra de rolagem, para tentar encontrar o mapa foco, entre vários outros mapas disponibilizados pela aplicação, mas não teve êxito. Demonstrou, através de gestos e comentários, que a interface não fazia sentido para ele, falando, por exemplo: *não sei o que estou procurando, então fica difícil, não achei a parte de meses, para mim, os termos não fazem sentido* (referindo-se aos termos técnicos usados na área de SIG Web). O usuário chegou a um estágio em que passou a clicar nos *links*, sem muito cuidado. O resultado que obteve foi relacionado à disponibilidade de água no solo, de diferentes localidades do Estado de São Paulo; mesmo assim, acreditou ter chegado ao resultado da tarefa.

Tarefa no FUNCEME: O usuário começou a percorrer os menus e acessou o menu "chuvas". A seguir, selecionou a opção "gráfico de chuvas", e mandou gerar um gráfico, que mostrava informações sobre chuvas para um período (janeiro até maio de 2005), completando a tarefa.

Tarefa no SIMEPAR: O usuário comentou que, mesmo existindo menus e sub-menus, os usuários tendem a iniciar busca por informação pela região da *homepage*, fazendo uso da barra de rolagem (se necessário). Em um determinado ponto na execução da tarefa disse: *eu estou clicando só para ver, pois não estou achando o que quero*. Ele também comentou que os termos técnicos utilizados não são triviais para usuários casuais, por exemplo, "precipitação acumulada", "clima", "tempo". Disse ainda que "tempo" seria um termo mais usual para usuários não sofisticados no conhecimento do domínio; a informação requerida pela tarefa foi encontrada em um item chamado "clima", conforme esperado.

Usuário 3:

Tarefa no Agritempo: O usuário passou com o cursor do mouse sobre os *links* existentes, passou com o cursor sobre o mapa do Brasil (mapa de imagens no HTML) e acabou clicando no *link* referente ao Estado de São Paulo (sigla do Estado). O usuário acessou a opção "mapas

de previsão" e, depois de acessada essa opção, usou a barra de rolagem para navegar entre os vários mapas existentes (que ficam em tamanho reduzido e ampliam ao clique do usuário, abrindo uma nova janela com mais informações). O usuário acessou o mapa de "precipitação 96 horas". Ainda, comentou: *só é possível verificar a previsão até 96 horas, no caso do site do Agritempo*. Segundo ele, a previsão só pode ser verificada para um período curto de tempo; se isso fosse possível para um período maior, ter-se-ia uma "tendência" e não uma "previsão".

Tarefa no FUNCEME: Este usuário também encontrou o resultado facilmente na aplicação SIG Web do FUNCEME. A partir da *homepage*, acessou o menu de "monitoramento" e a seguir a opção de "chuvas" e, ainda, a opção de "chuvas do dia". Encontrou a previsão de chuvas para os dias seguintes; afirmando que o *site* não apresentava opções para se identificar informações para um período maior.

Tarefa no SIMEPAR: No caso da aplicação SIG Web do SIMEPAR, encontrou informações textuais sobre a previsão de tempo para o verão de 2005 - uma estação do ano que já havia passado, quando o teste com usuários foi realizado. Parecia estar certo de haver chegado ao resultado para a tarefa. O usuário comentou que existe para outros meses (períodos) uma "tendência de tempo", mas só se pode afirmar algo com mais segurança para dias próximos.

Usuário 4:

Tarefa no Agritempo: Este usuário utilizou um caminho similar ao executado pelo usuário 3, ou seja, através da *homepage*, fez uso do mapa do Brasil (para acessar as informações do Estado de São Paulo); depois disso, acessou a parte de "mapas de previsão". Executada esta tarefa, é aberta uma janela com vários mapas em tamanho reduzido, e o usuário chegou à página de mapas de precipitação acumulada para 24 e 48 horas.

Tarefa no FUNCEME: Através da *homepage*, o usuário acessou o *link* de meteorologia e previsões; a partir daí, ele teve acesso ao mapa de previsão de tempo do Ceará, acessando o "boletim diário de chuvas", mas não encontrou a página que era esperada para a tarefa (página de previsão de precipitação para períodos).

Tarefa no SIMEPAR: O usuário fez uma pesquisa visual pela *homepage* utilizando o recurso de barra de rolagem. Na *homepage*, existem ícones, que são *links*, para a previsão de tempo nas principais cidades do Paraná. Essa previsão de tempo traz informações sobre a previsão do próprio dia e dos quatro dias subseqüentes. Clicou no ícone referente à cidade de Cascavel e se deu por satisfeito com o resultado. Para concluir, comentou: *não consegui fazer a consulta para o estado, mas sim para uma cidade específica*.

4.3.3 Discussão

A partir do uso da aplicação SIG Web do Agritempo, pudemos verificar que, na *homepage*, os usuários tendem a procurar mais por elementos visuais (imagens), do que textos (*links* textuais) e buscam por possibilidades de clique sobre esses elementos visuais. Durante o uso, pudemos detectar que essa aplicação não provê facilidades no que diz respeito à organização dos mapas dentro do *site*. Quando o usuário estava procurando por informações (textos, tabelas) e/ou mapas relacionados à previsão de tempo, existiam vários outros mapas competindo com o mapa foco.

Aparentemente, as aplicações SIG Web avaliadas focam muito mais a questão de previsão para um período, o que poderia ser interessante para um agrônomo ou engenheiro agrícola, por exemplo; mas estas não seriam informações tão úteis para usuários eventuais. Estas aplicações SIG Web têm uma tendência a serem direcionadas para um usuário com perfil mais técnico (em agricultura). A aplicação SIG Web do Agritempo parece ter como usuário implícito os profissionais da comunidade técnico-científica mais relacionada ao domínio.

Os resultados do teste mostraram também que os sujeitos da área de informática, apesar de sua experiência com a mídia da Internet, não tiveram maiores facilidades para encontrar informações consideradas básicas e essenciais para usuários casuais da aplicação.

Em atividade pós-teste, os usuários com maior interesse em discutir a tarefa executada foram os usuários 3 e 4, profissionais trabalhando no domínio das aplicações. O usuário 2 teceu comentários sobre o uso de termos técnicos em aplicações SIG Web. Todos foram unânimes em afirmar que um tutorial seria importante na aplicação. Na avaliação pessoal do usuário 3, a aplicação do Agritempo, pareceu de melhor usabilidade que as demais; comentou que a variação de cor como informação é muito importante em aplicações desse tipo. Esse mesmo sujeito salientou, ainda, que as aplicações nivelam os usuários "por baixo" (significando que as aplicações pressupõem que seus usuários são todos especialistas) e também salientou que deveria estar bem claro, na aplicação, a diferença entre "boletim climático" (para dias) e "tendência de tempo", que são duas coisas que acabam se misturando bastante nessas aplicações, prejudicando o uso.

Na avaliação do usuário 4, a aplicação SIG Web do SIMEPAR é a mais geral e a do Agritempo a mais complexa. Este usuário também comentou que a aplicação do FUNCEME possui uma interface interessante, mas que permite somente consultas de regiões do Estado do Ceará, e não do Estado como um todo. Ele chamou a atenção para a questão da precisão e

significados para a terminologia endossando o comentário do usuário 3, de que a previsão de tempo é somente dada para dias; para meses, o que existe são somente tendências. O usuário 4 comentou, ainda, que aplicações SIG Web dão subsídios à política pública e destacou que a aplicação do Agritempo monta um processo de "interpolação de mapas", que em sua percepção é o melhor do Brasil. Também salientou que os profissionais de "monitoramento" não poderiam ter o mesmo nível de acesso a informações (dentro do site), do que uma pessoa comum que quisesse verificar a previsão de tempo para o final de semana. Segundo ele, o ideal para uma aplicação SIG Web seria disponibilizar uma interface inicial mais simples e, se o usuário o desejar, possibilitar acesso a um nível mais complexo de informação.

O usuário 3 foi o que realizou a menor quantidade de passos para a execução da tarefa na aplicação do Agritempo; o que realizou a maior quantidade foi o usuário 1. Os sujeitos que são profissionais da área agrícola executaram a tarefa em menos tempo e menos passos e parecem ter tido maior facilidade de interação com essa aplicação. Profissionais de informática possuem o conhecimento em tecnologia, mas não possuíam a base necessária para usar as aplicações nesse domínio, embora tenha sido um sujeito da área de informática quem mais se aproximou das respostas esperadas na tarefa. Situação semelhante aconteceu na execução da tarefa para a aplicação do FUNCEME; o usuário 1 foi quem realizou a maior quantidade de passos.

É importante salientar que, embora os usuários tivessem a impressão de terem realizado a tarefa, somente um deles, em uma das aplicações, conseguiu atingir o resultado esperado. Foi exatamente o usuário que no geral apresentou maiores dificuldades e que realizou mais passos de navegação. Os outros sujeitos, que usaram quantidade inferior de passos para a execução da tarefa, não chegaram ao resultado esperado e, além disso, tinham 'certeza' de que o resultado pretendido para a tarefa era o que eles tinham encontrado.

4.4 Contribuições e Conclusões

Usabilidade tem se tornado um conceito importante. Bons estudos de usabilidade demandam que avaliadores coloquem os sujeitos do teste sob tarefas realistas, observando-os em problemas reais (Pinelle e Gutwin, 2003). É sabido que métodos de engenharia de usabilidade são raramente utilizados em projetos de desenvolvimento de software, na vida real. As razões disso são em parte o custo percebido e complexidade de uso dessas técnicas e em parte o pouco conhecimento sobre os benefícios que essas práticas podem trazer. A abordagem do "*discount usability engineering*" (Nielsen, 1994), adotada neste trabalho, mostrou-se uma

forma viável e simples de levantar questões de usabilidade e poderia ser utilizada na prática do desenvolvimento de sistemas, em particular aplicações SIG Web.

Com este trabalho, pudemos observar elementos importantes para o design de aplicações SIG Web, que possivelmente não seriam detectados sem o envolvimento de usuários na avaliação. O teste de usabilidade discutido neste artigo considerou usuários típicos e uma tarefa que qualquer usuário leigo poderia desejar executar. Em um primeiro momento, acreditávamos que, por se tratar de uma tarefa simples (rotineira) – verificação da previsão de tempo - os sujeitos do teste não teriam grandes problemas em executar a tarefa nas aplicações escolhidas. Entretanto, contrariamente ao que esperávamos, os usuários não obtiveram o resultado esperado, apesar de acreditarem ter obtido a resposta correta; isso ilustra uma situação ainda pior.

Os testes indicam que especialistas no domínio têm mais facilidade de uso dessas aplicações, o que sugere serem eles os usuários implícitos desse tipo de aplicações na Web. O vocabulário usado parece não ser adequado para usuários ocasionais e tarefas de interesse no cotidiano das pessoas. Palavras como ‘clima’ e ‘tempo’ podem confundir usuários ocasionais, que podem tomar esses dois termos como sinônimos. O acesso a um Tutorial, associado às aplicações SIG Web, poderia contribuir na execução da tarefa. Mapas do *site* costumam ser úteis na orientação da navegação do usuário. Das três aplicações avaliadas, a única que possui um mapa de *site* é o Agritempo, embora esse recurso parece não ter sido percebido pelos sujeitos do teste.

Pudemos verificar que usuários diferentes têm diferentes estilos de interação: alguns se guiam por imagens, enquanto outros buscam *links* textuais, ou seja, as duas formas de navegação devem ser providas. Uma característica que observamos nas três aplicações foi o fato de permitirem a visualização de informações tanto na forma de mapas, quanto na forma de tabelas de dados, gráficos etc.. Entretanto, um trabalho anteriormente desenvolvido sobre análise de acessibilidade dessas aplicações mostra que elas apresentam uma grande quantidade de problemas de acessibilidade (Schimiguel et al., 2005a).

Como lições aprendidas, verificamos que interfaces de aplicações SIG Web precisam ser adaptadas à mídia da Web. Isso implica em soluções de design de interface que dêem conta da diversidade de usos e perfis dos usuários na Internet. Por exemplo, deveria ser provido acesso por níveis de conteúdo, ou seja, partindo do conteúdo de uso geral até conteúdos mais específicos direcionados para usuários com conhecimento mais técnico. Além disso, nesses níveis iniciais de conteúdo, os termos técnicos adotados devem fazer sentido à realidade do

uso, sem perder a precisão. Processos de desenvolvimento que envolvam métodos formativos de avaliação com a presença do usuário, como o que experimentamos neste trabalho, mostram-se economicamente viáveis e podem orientar o design da interação nessas aplicações.

Em continuidade a este trabalho, almejamos a realização de testes sistemáticos com outras categorias de usuários, focando a aplicação SIG Web que estamos desenvolvendo. Estamos utilizando outras técnicas complementares de avaliação, para criar uma base sólida de 'lições aprendidas', para o design e avaliação de interfaces para aplicações SIG Web.

Capítulo

5

Guiding the Process of Requirements Elicitation with a Semiotic-based Approach – A Case Study

5.1 Introduction

Software requirements have been recognized in the past 25 years to be a real problem in software systems development. Literature has pointed out that inadequate, inconsistent, incomplete, or ambiguous requirements are numerous and have a critical impact on the quality of the resulting software (Lamsweerde, 2000). The primary measure of success of a software system is the degree to which it meets the purpose for which it was intended. Broadly speaking, requirements engineering (RE) is the process of discovering that purpose, by identifying stakeholders and their needs, and documenting these in a form that is suitable to analysis, communication, and subsequent implementation (Nuseibeh and Easterbrook, 2000). There are a number of inherent difficulties in this process. Stakeholders (including paying customers, users and developers) may be numerous and distributed. Their goals may vary and conflict, depending on their perspectives of the environment in which they work and the tasks they wish to accomplish. Their goals may not be explicit or may be difficult to articulate, and, inevitably, satisfaction of these goals may be constrained by a variety of factors outside their control. Moreover, non-functional requirements have been presented as a second or even third class type of requirement, frequently hidden inside notes and therefore, frequently neglected or forgotten (Cysneiros and Leite, 2002). This paper presents a semiotic-based method for requirements elicitation that deals with functional and non-functional requirements considering social, political, cultural and ethical issues involved in understanding the problem in the process of RE. Our approach is based on the Organizational Semiotics (OS), a branch of Semiotics that studies organizations using concepts and methods from Semiotics (OSW, 1995).

The rationale behind for OS is based on the assumption that any organized behavior is affected by the communication and interpretation of signs by people. OS understands the internal activities of an organization, including its information systems and its interactions with the environment, as a semiotic system (Liu, 2000). Our approach is based on MEASUR, a set of Methods for Eliciting, Analyzing and Specifying User Requirements. The case study reported in this work is based on PAM (Problem Articulation Methods) and SAM (Semantic Analysis Method). PAM comprises a set of techniques that can be applied in the initial stages of a project, to support the definition of system units that are validated by the interested parts.

The proposed approach is illustrated with a case study related to the development of an application of Geographical Information Systems in the Web (Web GIS). In the context of this work, we define a Web GIS as a system that allows visualizing and consulting geographic data through the Web. The process of instantiation of the methods included three workshops of three hours each, with the participation of professionals from the fields of networks, image processing, databases, geo-processing, agro-environmental studies, human-computer interaction experts, administrators of agricultural federal agencies (EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) and Web GIS application developers. The discussion was recorded in video and notes were taken from observations. The workshops used artifacts of OS (Stakeholders Analysis, Evaluation Frame, Semiotic Diagnosis and Collateral Analysis) in a collaborative and participatory way. The main outcome of the workshops was the agreement on requirements including considerations on ethical issues, and social and business model implications of the prospective system.

Results of the case study allowed us to observe the contribution of OS in the proposed approach, in relation to other techniques. The activities carried out deal with information not captured by other techniques, involving cultural, behavioral, ethical and political aspects. A list of agreed requirements was derived from the artifacts used in the workshops. The elicited requirements were represented with the use of an ontology model, an outcome of the Semantic Analysis, with agents, affordances, ontology relation and determiners concepts, providing elements to inform the user interface design of the system. The result of the Semantic Analysis is complemented with the dynamic aspects (constraints, rules, etc.), obtained with the Norm Analysis.

The paper is organized as follows: Section 2 presents the Organizational Semiotics view for understanding requirements, and our approach constructed from that theoretical basis. Section 3 presents and discusses the proposed approach to Requirements Elicitation instantiated in a case study with WebMaps: a Project in the field of GIS application that involves an interdisciplinary team and served as an object of investigation in this work. Section 4 discusses the main findings of this case study and in Section 5 we conclude.

5.2 Understanding User Requirements: a Semiotic-based View

Starting with the pioneer work of Floyd (1988), several authors have acknowledged the social nature of information systems design. As Erickson (1995, p.37) points out “(...) the design of technology-based products is inextricably entwined with social and organizational dynamics.” The same author argues that we could make the design process more effective by developing a better understanding of how concrete artifacts support communication in design. Kuutti (1995, p.27) observes that because the organizational context where a computer system is embedded is a social system, some of the questions that might be discussed in the context of system design are: “To what extent should this social character be taken into account in design? How could that be methodologically done? What is the relationship between the social system and the technical one?” The same author also suggests that “(...) hardly any system design method still recognizes the need to model the organization or work beyond the immediate use actions of a system” (Kuutti, 1995, p. 30). In this paper we draw upon concepts from the Organizational Semiotics (OS) to address these questions and to set appropriate foundation for designing information systems, reflecting the proposed approach in the design of user interfaces.

Organizational Semiotics is a discipline that explores the use of signs and their effects on social practices. We situate our work on Stamper’s school of OS (Stamper, 1973b, 1993), which proposes a set of methods to the design of information systems, based on the socio-technical paradigm. Organizational Semiotics situates the technical information system (software) development within the formal and informal levels of an organization. As so, it favors/supports a semiotic view of information system design. Although a sound theory for developing IS within this paradigm, literature on OS and IS hardly addresses user interface design issues. Organizational Semiotics comprehends the internal tasks of an organization, including its information systems and their interaction with the environment, aiming at finding new and significant ways of analyzing, describing and explaining the structure and behavior of the organization. The study is not limited to the information expressed in speech, writing or charts, but it also considers the semiological aspects of the organizational products and productive resources. From this semiotic perspective several layers of meaning should be considered in a system design. To Morris’ classification of syntax, semantic and pragmatics (Morris, 1938), that deals respectively with the structures, meanings and uses of signs, Stamper (1973b) added another three layers: physics, empirics and social world. Stamper’s Semiotic Framework is composed by six layers, as briefly described:

- *Social World*: deals with the social consequences of using signs (beliefs, expectations, commitments, etc.)
- *Pragmatics*: deals with the purposeful use of signs and the behavior of agents.

- *Semantics*: deals with the relationships between a sign and what it refers to; in all modes of signification.
- *Syntactic*: deals with the combination of signs without considering their specific signification.
- *Empirics*: deals with static properties of signs when different physical media and devices are used.
- *Physics*: deals with the physical aspects of signs and marks.

Within this framework, an organization is seen as an information system in which interdependent links between the organization, the business process and the Information Technology (IT) occur (Liu, 2000). At an Informal level there is a sub-culture in which meanings are established, intentions are understood, beliefs are formed and commitments with responsibilities are made, altered and discharged. At a Formal level form and rule replace meaning and intention. At a Technical level part of the formal system is automated by a computer-based system. The Informal level embeds the Formal that, by its turn, embeds the Technical. Modifications that occur in one of the levels can lead to modifications in the other levels. Thus, for example, changes in the informal or formal levels have implications in the technical information system, and the introduction of a computer-based system in the organization (technical level) can generate modifications in the formal or informal levels of the organization. The information system is impacted by and reacts to the environment, as Figure 1 illustrates. The informal level embodies the formal that, by its turn, embodies the technical level, meaning that changes in some level have impact in the other levels. In a semiotic perspective, different layers of meaning must be considered in the information system analysis and software design (Stamper, 1973b). One of the purposes of the OS approach is to provide a methodological basis to reflect in the system the articulation of these organizational levels.

Organizational Semiotics (OS) provide us with methods to construct a meaningful understanding of the organizational context, which will embed the Information System. In this paper we argue that OS methods can provide the interested parts of a focal problem with a better understanding of their requirements and intentions, as well as the restrictions not only regarding the information system, but the software system as well.

5.2.1 The MEASUR Methods

MEASUR is an acronym for Methods (Means, Models) for Eliciting (Exploring, Evaluating), Analyzing (Articulating, Assessing) and Specifying (Structuring) User's Requirements. The MEASUR research program (Stamper, 1993) proposes a set of methods to deal with the three upper layers of the Semiotic Framework, which are concerned with the use of signs, their function in communicating meanings (semantic layer) and intentions (pragmatic layer), and

their social consequences (social layer). The MEASUR methods related to the analysis and specification of users' requirements, our focus in this study, involve the problem articulation, semantic and norm analysis, briefly described in the next sub-sections.

5.2.1.1 PAM – Problem Articulation Methods

PAM consists of a set of methods to be applied in the initial phases of a project, when the problem definition is still vague and complex. The analyst is helped in defining system units that will be validated by stakeholders using Stamper's Semiotics Framework (Liu, 2000). PAM is composed by the following methods:

- *Stakeholder Analysis*: allows to investigate the interested parts that directly or indirectly have influences or interests in the information system in analysis.
- *Evaluation Framing*: allows to identify, for each stakeholder, their interests, questions and problems, in order to discuss possible solutions.
- *Semiotic Diagnosis*: allows us to examine the organization as a social system that is constructed through the use of information, emphasizing not only technical issues (physical world, empirics and syntactic) but other levels of relationship (semantic, pragmatic and social), which affect aspects of the system design.
- *Collateral Analysis*: allows the analysis of relationships between unitary systems that compose the complex system, and the its effective limits in the environment, the focal system and its infrastructure.

5.2.1.2 SAM – Semantic Analysis Method

SAM assists analysts and users or problem owners in eliciting and representing their requirements in a formal and precise model. With the analyst in the role of a facilitator, the required system functions are specified in the Ontology Model, which describes a view of responsible agents in the focal business domain and their actions or patterns of behavior called "affordances". It is a process of conceptualization of a business organization, in which the organizational behavior is analyzed and captured in the Ontology Model. In Semantic Analysis the ontological relationship is considered as the most fundamental relationship to be modeled. The purpose of the Semantic Analysis is to help system analysts and problem owners to articulate the requirements focusing on the language used to express the problem. It is a process of conceptualization of a business organization, in which the organizational behavior is analyzed and captured in the Ontology Model. The primary focus of system analysis is on the agents in action. The agents and their patterns of behavior (affordances) have a graphical representation in the Ontology Model, which includes:

- *Agent* (graphically represented as an ellipse): Actors who build and interact with the reality.

- *Affordance* (rectangle): Semantic primitive representing possible patterns of agent actions or behaviors.
- *Ontology Relation* (line): Define the limit or period of existence of an affordance related to the agent that holds it. The “antecedent” in the relation is represented on the left and the “dependent” on the right.
- *Determiner* (preceded by #): Invariant property that distinguish one instance from others.
- *Role* (half circle): An agent can have a particular role when he or she is involved in relations and actions.
- *Whole-part Relationship* (line with a dot): Defines a possible subdivision of an agent, represented from the left (whole) to the right (part), according to the ontological dependence.
- *Generic-specific Relationship* (box): specifies whether agents or affordances possess shared properties.

The Ontology Model shapes a context that involves concepts and words used in the domain of a specific problem. This allows a contextual semantics as each word or expression is linked to its antecedents. In Semantic Analysis (SA) the ontological relationship is considered as the most fundamental relationship to be modeled. The result of the SA is complemented with the dynamic aspects (constrains, rules, etc.), obtained with the Norm Analysis.

5.2.1.3 NAM – Norm Analysis Method

Societies use several systems of normative control: religious, ideological, educational, scientific, cultural, social, political and economic. Some situated examples are the business organization strategies, codes for employees, laws, regulations etc.. Complex agents can be formed for certain purposes, as for example, cultural clubs, political parties, corporations, governments, nations, multinational alliances, etc.. The norms exist to determine the behavior that are legal and acceptable inside a social context and also have directive and prescriptive functions, sometimes called normative functions. When an agent is in the eminence of acting, norms serve as a guide for his action. In each particular case, the agent will evaluate the situation to find norms that seem relevant for his case.

NAM focuses on social, cultural and organizational norms that govern the actions of agents in the business domain. A norm, in a formal or informal sense, defines a responsibility of an agent engaged in a task, or condition under which certain actions may (must, must not, etc.) be performed by the agent. Each specified norm is associated with an action pattern described in the Ontology Model. In Norm Analysis, norms related to the social and pragmatic layers of Stamper’s framework are identified and associated to specific parts of the Ontology Model.

5.2.2 A Framework based on MEASUR for Engineering User Requirements

Jacobson et al (1999, p. 342-343) consider that the “major challenge is that the customer, who we assume to be primarily a non computer specialist, must be able to read and understand the results of requirements capture”. We argue that this initial work on the problem clarification should be part of the information system development, considering information system in a broader sense. We propose the use of MEASUR methods, PAM, SAM and NAM to explore the problem and its context. Previous studies conducted with business organizations (Simoni and Baranauskas, 2004) showed that these methods were valuable to capture the core problem and its context, and provide a common language between non-technical and technical people involved in the process.

Figure 1 presents the rationale underlying our approach. PAM is used to understand the forces involved (needs, intentions, existing conflicts, etc.) among the stakeholders, allowing a big picture of the problem context and the main requirements. SAM and NAM are both used to model this context, capturing informal and formal aspects related to it. Both the static (SAM – terms, concepts, etc.) and dynamic aspects (NAM - constrains, rules, etc.) are modeled, and the outcomes are inputs for the software development. Figure 1 illustrates a case in which the software development process chosen was the Unified Process (Simoni et al., 2005a).

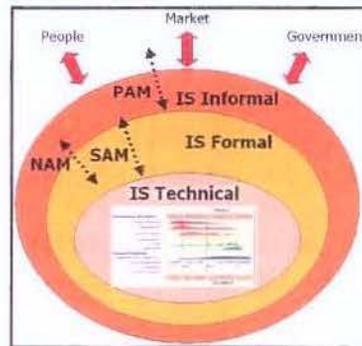


Figure 1. OS integrated in a development process

5.3 Eliciting Requirements for the WebMaps Project: A Case Study

Current research in Requirements Engineering (RE) presents it in terms of the core activities that constitute the field: eliciting, modeling and analyzing, communicating, agreeing and evolving requirements. Despite the fact of usually being described independently and in a particular order, in practice these activities are interleaved, iterative, and may span the entire software system development life cycle (Nuseibeh and Easterbrook, 2000). Information gathered during requirements elicitation has to be interpreted, analyzed, modeled and validated. Therefore, requirements elicitation is closely related to other RE activities. In

many cases, as pointed out by Nuseibeh and Easterbrook (2000), the elicitation technique used is driven by the choice of the modeling scheme or vice-versa: many modeling approaches are used as elicitation tools, where the modeling notation and partial models produced are used as drivers to prompt further information gathering.

RE is not only a process of discovering and specifying requirements; it is also a process of facilitating effective communication of these requirements among the different stakeholders. This stresses the importance of a shared representation for the information gathered and a way of discussing and negotiating meaning for the represented elements. Requirements validation is a difficult activity as it concerns the question of truth and of what is knowable: nevertheless, the participation of the involved people (problem owners, users, designers, developers and other stakeholders) in activities where they have an active role and voice in requirements gathering may facilitate the group in reaching agreement. Moreover, knowledge of the stakeholders and designers about the problem and its context evolves during the RE process, which implies the need of iteration. In the next sub-section we detail the proposed process model and context of this case study.

5.3.1 Method and Scenario

A process suggested to manage and integrate the different RE activities based on OS principles, artifacts and models is illustrated by Figure 2. The process is centered in the activity of Communication, which involves the use of Organizational Semiotics artifacts as shared representation for information gathering in the first place, and for common ground knowledge and memory for the group in subsequent stages. Three workshops were conducted, the first one during the Elicitation stage, the second and third during Analysis and Negotiation after Elicitation and after Modeling respectively.

We drew upon MEASUR methods to compose the Requirement Process, which started with the Elicitation Phase followed by Analysis & Negotiation, Modeling and Analysis & Negotiation (validation) again. Three Workshops, each one 3 hours long, were conducted by facilitators with the stakeholders in a participatory format. 17 participants from different backgrounds and fields, including image processing, databases, geo-processing, agro-environmental studies, human-computer interaction experts, users representatives, software systems developers, to name a few, took place in the workshops. The artifacts of OS were used as communication tools during the Workshops. Figure 3 illustrates snapshots of the scenario in which the workshops took place. The next sub-section describes the participatory format of the Workshops.

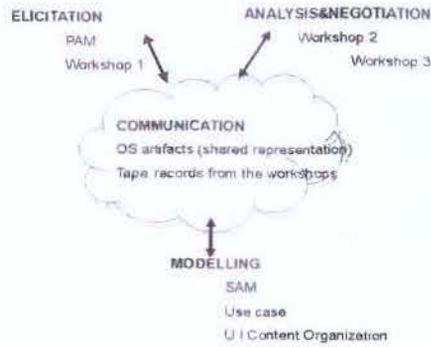


Figure 2. The Requirement Process Model Illustrated



Figure 3(a) The Scenario Preparation for the First Workshop - (b): Participants during the Second Workshop - (c). A snapshot of the SO artifacts during the Second Workshop

5.3.2 The Participatory Workshops

We describe the workshops in terms of six attributes adapted from Müller (1998) for Participatory Design techniques:

- *Communication Artifacts*: For Workshop 1, the artifacts of PAM: Stakeholder Frame, Valuation Frame and the Semiotic Ladder. For Workshop 2, the same artifacts of the Workshop 1 populated with the written pos-its; the Collateral Analysis Frame filled and a poster with first draft of Requirements collected from results of Workshop 1. For Workshop 3, the artifact of SAM: ontology chart (outcome of Semantic Analysis); the Use Case Model and a synthesis of Content Organization for the user interface of the Web GIS application. Pos-its, and pens are the material used for running the participatory practice for the Workshops 1 and 2; computer and projector for the third Workshop.
- *Process Model*: In the format of a Workshop, the participants take a sit around a table and the facilitators stay close to the wall, where the posters with the communication artifacts are hung on. Starting with the Stakeholders Analysis, and proceeding with

the other artifacts, the facilitators conduct discussion and the participants write their ideas in post-its that are put in the artifacts hanging in the wall (Workshops 1 and 2). During Workshop 3 the designers show concepts of the problem domain modeled in an ontology chart (projected in the room) that includes the affordances available or/and that would be available by the system use in a new organizational context. This model contains the concepts compiled by the designers from data of previous workshops (the diagram must contain only the terms used by the users). If necessary, the designer clarifies the notations and concepts in the diagram. After that the designer reads the ontology chart for the group. During the reading, for each concept quoted in the model that any person of the group judges important, the practitioners discuss the semantic dependencies with other concepts and the formal and informal norms associated. Members of the group, as a result of discussions, may propose changes to the semiotic models. A Use Case Model is also presented and discussed suggesting scenarios of using the prospective system. A first draft of Contents Organization for the User Interface is presented and mapped to parts of the Ontology Chart.

- *Participation Model*: participants from different backgrounds and fields, including image processing, databases, geo-processing, agro-environmental studies, human-computer interaction experts, users representatives, software systems developers, to name a few, together with the design team participate in the Workshops. Two facilitators mediate the interaction among the group.
- *Final Results*: Agreed Requirements among the group; Ontology Chart as a common ground representation of knowledge elicited and reviewed during the workshops which included people from the organizational context. Use Case Model produced and detailed. Preliminary User Interface Contents Organization.
- *Position in the RE life cycle*: The Workshops are applied during the Elicitation Phase, and during the Analysis & Negotiation Phase that take place after Elicitation and after Modeling respectively. If applied in a traditional development process it can contribute for the following phases: Problem Identification & Clarification, Requirements & Analysis, High-Level Design, Evaluation and Re-Design.
- *Group Size*: 17 Participants in this case study (5-15 is the recommended; the number of designers should not be higher than the number of users and stakeholders).

During Workshop 3 the ontology chart and the other artefacts resulted from Modelling and/or from previous practices were discussed, assuming that there is a conceptual and design dependency between the user interface and the work practices considering the prospective application; changes in the OS models may have impact in the user interface and vice-versa.

The next section presents results of applying this semiotic-based approach to RE in the context of WebMaps system design.

5.3.3 Preliminary Findings

The First Workshop started with the Stakeholder Analysis, as previously described, and the shared representation used as a communication tool between the participants was the stakeholder frame. This analysis investigated the interested parts, distributed into four categories: Contribution, Source, Market and Community.

- *Contribution*: the analysis is done starting with the identification of the interested parts that have more direct influences or interests in the information system. The participants identified two major groups: Content Processing Team (agricultural technicians, people responsible for data maintenance, data quality assurance people, etc.) and the System Development Team (analysts, programmers, etc.).
- *Source*: in this layer the prospective clients (National and International Governmental Agencies, Researchers and National Private Companies related to agriculture) and information providers (National Agencies - Inpe-Cptec, Embrapa, Cepagri, and International Agencies – USDA, NASA) of the future system were identified.
- *Market*: in this layer prospective partners and competitors for the project were evaluated, involving national and international government and private companies, in terms of software solution.,
- *Community*: in the last layer, interested parts which are indirectly involved in the process were identified; e.g. schools, financial market, banks, several medias etc..

Activities of filling the frame were followed by the Valuation Analysis and Semiotic Framework Analysis. The identification of the stakeholders allowed the discussion of the interests, expectancies, problems and questions for each one, provided by the Valuation Analysis, and the alignment of the main commitments and intentions with the technical infrastructure that should be constructed, provided by the Semiotic Framework Analysis. Some examples of outcomes from the analysis were:

- *Valuation Analysis*: the participants explored the questions related to technical and non technical issues, which should be addressed during the development; e.g.: Who should host the site? Who would be in charge of providing financial support for the system maintenance? Who should take the responsibility for the data? What kind of information should be accessible to the clients? What are the security needs? Other problems were also discussed regarding the quantity of information processed daily and how quickly the data should be processed.

- *Semiotic Framework Analysis*: the analysis began with the definition of the main commitments and agreements in the Social World layer; that the participants discussed the “rights of the citizen for information” and the “need of enabling access to information for the agriculture sector”. Starting with these two points, the participants discussed the needs, questions and problems relative to each layer of the Stamper’s Semiotic ladder, which served as an infra-structure to keep the social issues.

Outcomes of the First Workshop were then compiled generating a documentation; data from the tape recorder and from the poster materials were also used as input for the Second Workshop.

The Second Workshop had as input the stakeholder frame with the data organized by classes (e.g. the prospective clients: National and International Governmental Agencies, Researchers and National Private Companies related to agriculture), and the Collateral Frame previously prepared by the facilitators with data extracted from the First Workshop. The Collateral Analysis (CA) allowed the participants to discuss issues beyond the software development, involving also non technical questions about the business model to sustain the project, resource needs, etc.. Table 16 shows part of the outcomes of the Collateral Analysis.

Table 16. Part of the Collateral Analysis: some examples of discussed issues

	Cycle	Description
Life	Predecessor	Former semi-automated process at CEPAGRI
	Focal System	Web-based; discussion about the business model (Should It starting with free access?); infra-structure and architecture
	Successor	To combine weather information with images; workflow
Environment	Environment	Agriculture area; decision makers
	Input	Data and images from satellite; use of hand-held and GPS; process of data collecting
	Output	Tutorials; visualization and search tools; data and images processed

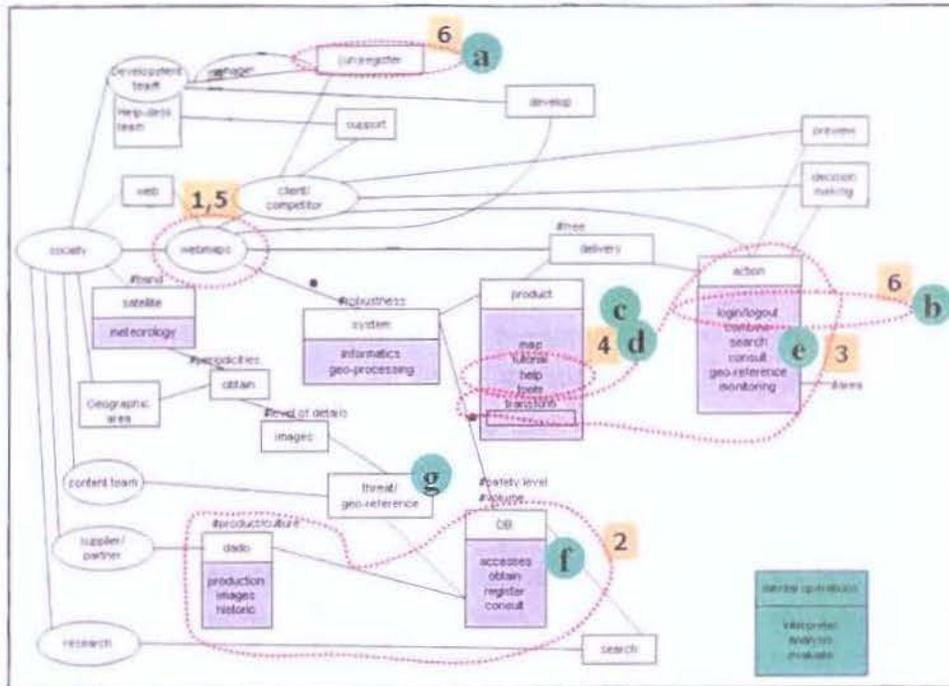


Figure 4. Outcomes of the Modeling Phase

During this Workshop, the Stakeholder and the Collateral Frames were reviewed and a First Draft of Functional and Non-Functional Requirements was validated. Figure 3(c) shows a snapshot of the wall in the Second Workshop, showing from the left to the right the Stakeholder Frame, CA Frame and a poster with the requirements listed by category: functional, non-functional (related to the product, the organization and the external).

Following Elicitation, Analysis & Negotiation the Modeling Phase took place, having the outcomes of the previous Workshops as input data. During this phase, Semantic Analysis was the core activity, producing the Ontology Chart. The Use Case Model was also constructed from scenarios elicited from the input data. A first organization for the contents to be presented in the user interface of the application (the WebMaps) was also prepared. As outcomes from the Modeling Phase we had the Ontology Chart, the Use Case Model and the UI Contents organized, which were used to inform the Third Workshop. Figure 4 illustrates part of the outcomes of the Modeling Phase: an Ontology Chart with indication of the elements associated with the UI Content Organizer, and relation between agents in the OC and actors in the UC.

In Figure 4 the numbers (1 to 6) indicate the mapping between the elements of the Ontology Chart and the UI Content Organizer: (1) WebMaps; (2) Data; (3) Search tools; (4) Help; (5) Credits and Rights; (6) Login. The letters ("a" to "g") represents the mapping between the elements of the Ontology Chart and the Use Cases: (a) To (Un)Register users; (b) To make Login/Logout; (c) To consult tutorial; (d) To consult help; (e) To delivery data; (f) To search for data; (g) To generate visualization forms.

The mapping among these three artifacts: Ontology Chart, Use Cases and the UI Contents Organization, were presented and discussed in the Third Workshop.

5.3.4 Discussion

It is already agreed that a software cannot function in isolation from the organizational and social context in which it is embedded; thus, instead of emphasizing the behavior of the software system as usually proposed by traditional methodologies, the Organizational Semiotics methods allowed us to encompass a system level view, involving the team into considerations about the formal and informal levels of a prospective use of the application. Considering the multi-disciplinary profile of the participants in the WebMaps Project, results from the proposed approach allowed us to have a better elicitation, modeling and analysis of the problem domain - a Web GIS application.

Requirement Engineering usually takes place in a context of systems development to support human activities and the stakeholders are people with different backgrounds. As a multi-disciplinary and human-centered process, the participatory approach adopted, which merged activities from the workshops with activities carried by the designers, facilitated discussion among the stakeholders (including customers, users and developers), leading to a better understanding of the context and social implications of the system. Central to the proposed process for RE was the communication between the stakeholders; this communication was provided by the Organizational Semiotics artifacts, which allowed meaning negotiation by a shared representation of the data being captured, analyzed, and discussed. The OS methods showed sensitive to how people perceive, understand and interact in the world around them.

RE is concerned with interpreting and understanding stakeholder terminology, concepts, viewpoints and goals. Thanks to the dynamic of the participatory workshops, the terminology was originated from the stakeholders themselves, who expressed their ideas in the post-its, hanging them in the frames, and discussed their viewpoints and goals with the group. Hence, in our approach, the RE involved the understanding of beliefs of the stakeholders (the informal layer of the OS onion), the question of what is observable in the problem domain (agents, pattern of behavior, etc.), and what is agreed as true (its ontology).

5.4 Conclusion

RE has been recognized as a critically important stage in any systems engineering process; ineffective RE has been one of the causes of delivered systems that do not meet their customers' requirements. Moreover RE is often regarded as a time-consuming and bureaucratic process. In this paper we presented a participatory approach that covers multiple intertwined activities of RE. OS provided theoretical grounding and practical techniques for the proposed approach to guide incremental elaboration and assessment of requirements. The proposed approach seek to find best compromises between model expressiveness, precision and simplicity for better analysis and better usability of the artifacts.

Other approaches from the Human-Computer Interaction field, such as contextual approaches and ethnographic techniques provide a rich understanding of the organizational context for a prospective system; however these approaches do not map well onto existing techniques for formally modeling the desired properties of problem domains. Results achieved so far in this case study, as well as in other application of the theoretical framework of Organizational Semiotics to the information system design (Bonacin, 2004; Bonacin et al., 2004; Simoni and Baranauskas, 2004) have encouraged us to use it for bridging the gap between requirements elicitation and more formal specification and analysis techniques.

Capítulo

6

Um Framework para Avaliação de Interfaces de Aplicações SIG Web

6.1 Introdução

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la (Câmara et al., 1996).

SIGs comportam diferentes tipos de dados e aplicações em várias áreas do conhecimento. Exemplos são otimização de tráfego, controle cadastral, gerenciamento de serviços de utilidade pública, demografia, cartografia, administração de recursos naturais, monitoramento costeiro, controle de epidemias, planejamento urbano, etc. (Câmara et al., 1996). Os usuários não estão restritos a especialistas em um domínio específico – cientistas, gerentes, técnicos, funcionários de administração de diversos níveis e o público em geral vêm usando tais sistemas com frequência cada vez maior.

Definimos um SIG Web como um sistema que pode permitir a manipulação a dados geográficos através da Web, de acordo com dois conceitos: SIG Web propriamente ditos e aplicações SIG Web. Um SIG Web é um sistema de software (comercial ou acadêmico) que permite a criação de aplicações que o usam, doravante chamadas aplicações SIG Web

(Schimiguel et al., 2004a). Tais aplicações têm por característica permitir disponibilizar visualizações de informação geográfica, podendo possibilitar alguns tipos de interação com mapas, como *zoom*, *pan*, e consultas diversas. Essas interações são possibilitadas independentemente de haver interação da ligação da aplicação SIG Web com um sistema SIG Web e/ou um banco de dados geográfico em algum servidor SIG. Isto ocorre porque em algumas categorias de aplicações SIG Web, as imagens de mapas são capturadas de sistemas SIG Web e simplesmente colocadas na aplicação (usando comandos de linguagens como o HTML– *Linguagem de Marcação de Hipertexto*), configurando-se uma estrutura estática para essas imagens. Como exemplos de SIG Web, pode-se destacar o MapObjects (Mapobjects, 2006) e o MapInfo (Mapinfo, 2006); e como aplicações SIG Web, o da Embrapa (Embrapa, 2004) e o da FUNCEME (FUNCEME, 2004).

Para usuários de aplicações SIG Web, um mapa denota a possibilidade de interagir com o sistema e os dados geográficos subjacentes, via interfaces de usuário. Dessa maneira, um usuário leigo na área de geoprocessamento pode usufruir desses benefícios tecnológicos com o uso puro e simples de seu *web-browser* padrão (visualizador Web). Esta é uma revolução na maneira de divulgar e selecionar a informação georreferenciada, que poderá democratizar o acesso a esta tecnologia (Schimiguel et al., 2006).

O interesse por aplicações SIG na Web, de forma geral, vem aumentando bastante nos últimos anos. No contexto agrícola, estas aplicações representam um ferramental útil para pessoas que estejam envolvidas direta ou indiretamente em planejamento e exploração agrícola. No Brasil, país em que o agronegócio vem crescendo e adquirindo enorme importância no PIB, o estudo dessas aplicações adquire, inclusive, relevância econômica. O uso dessas aplicações por agricultores e por profissionais que tomam decisões nessa área poderá ser uma solução de acesso rápido e de baixo custo. Entretanto, o acesso à informação em tais aplicações SIG na Web é dependente dos recursos de interação possibilitados por suas interfaces de usuário. O desafio dessas interfaces é grande, dada a diversidade de usuários que poderiam beneficiar-se dessas aplicações.

Apesar da natureza específica das interfaces de aplicações SIG Web, não se tem conhecimento, na literatura, da existência de *frameworks* específicos para o processo de design e avaliação dessas interfaces. Entendemos por *framework* “*a supporting structure around which something can be built*”, “*a system of rules, ideas or beliefs that is used to plan or decide something*” (Cambridge, 2006).

O DECIDE (*Determine, Choose, Identify, Decide, Evaluate*) (Preece et al., 2002) é um *framework* geral para avaliação de interface de usuário, descrito em seis passos, que visa auxiliar avaliadores inexperientes no planejamento e na realização de uma avaliação de usabilidade, independente do método de avaliação que se pretenda utilizar. Embora útil para avaliadores inexperientes, no *framework* proposto neste trabalho buscamos contemplar

especificidades de aplicações SIG Web e pressupomos como usuários alvo do *framework* designers com alguma experiência em desenvolvimento de tais aplicações.

Entre outros trabalhos que propõem *frameworks* gerais para design de interfaces, destacamos o de Nakakoji (Nakakoji et al., 2001). Esses autores propuseram um *framework* conceitual, ferramentas e estudos empíricos, com o objetivo de dar suporte nesses estágios iniciais. Segundo os autores, as tarefas envolvidas em estágios iniciais do design são caracterizadas por tentativa-e-erro, exploração, ambigüidade e imprecisão. Para melhorar o entendimento e o potencial de representações externas que são comuns através de múltiplos domínios de design, eles propõem um diálogo que envolve três tipos de participantes. *Praticantes de design* trazem o sentido do que é bom e o que não é; quais ferramentas e técnicas eles acham úteis, etc.. *Pesquisadores Empíricos* trazem a habilidade de analisar, medir e balancear as qualidades e características de ambientes de design. *Construtores de design* trazem exemplos de ambientes computacionais inovadores que possam estimular discussões.

Como (Nakakoji et al., 2001), buscamos propor um *framework* para avaliação de interfaces de aplicações SIG Web, que seja útil a essas três categorias de participantes do processo de design de aplicações SIG Web. O uso de bases semióticas justifica-se porque permite capturar desde aspectos de infraestrutura, até aspectos de sintaxe, a pragmática envolvida na interface de usuário e principalmente aspectos sociais.

O artigo está organizado da seguinte forma: a próxima seção descreve o embasamento teórico utilizado; a terceira seção apresenta a metodologia empregada; a quarta seção descreve o *framework* proposto, ilustrado na quinta seção, seguida por conclusões.

Não está no escopo deste trabalho uma revisão de literatura envolvendo sistemas de informação SIG Web e interfaces.

6.2 Embasamento Teórico

Esta seção descreve artefatos que sustentam a definição do *framework* para avaliação de interfaces de aplicações SIG Web. Este *framework* é baseado na Semiótica Organizacional (SO) (Liu, 2000). A SO é uma disciplina que explora o uso de signos e seus efeitos em práticas sociais. Situamos nosso trabalho na escola Stamper de SO (Stamper, 1973a), que propõe um conjunto de métodos para o design de sistemas de informação, baseado no paradigma sócio-técnico. A SO alinha o desenvolvimento técnico do sistema de informação (software) com os níveis formais e informais de uma organização. Isso favorece uma visão semiótica do design de um sistema de informação. A SO compreende as tarefas internas de uma organização, incluindo seus sistemas de informação e suas interações com o ambiente, objetivando encontrar novos caminhos de análise, descrevendo e explicando a estrutura e o comportamento da organização. Desta perspectiva semiótica, diversos níveis de significado podem ser considerados em um design de sistemas. A partir da classificação de Morris

(Morris, 1946), as sintaxes, semânticas e pragmáticas, que tratam respectivamente das estruturas, significados e usos de signos. Stamper (Stamper, 1973a) adicionou outras três camadas: física, empírica e mundo social. A Tabela 17 representa as seis camadas propostas por Stamper.

Tabela 17. Escada Semiótica da Semiótica Organizacional (Liu, 2000)

H u m a n o			Social	Crenças, expectativas, funções, compromentimentos, contratos, leis, cultura.
			Pragmática	Intenções, comunicações, conversações, negociações.
			Semântica	Significado, proposições, validade, verdade, significação, denotação.
			Sintática	Estrutura formal, linguagem, lógica, dados, dedução de registros, software.
T é c n i c o	Empírica		Padrões, variedade, ruído, entropia, capacidade do canal, redundância, eficiência.	
	Física	Sinais, traços, distinções físicas, hardware, densidade de componentes, velocidade, economia.		

Na camada Física, um signo em uma forma física é um fenômeno. Ele pode ser um signo em movimento, chamado de sinal ou pode ser estático (uma marca). As propriedades físicas de um signo podem ser sua forma, tamanho, contraste, intensidade, velocidade de movimento, aceleração, ruído, fonte, destino, etc., dependendo do tipo do signo.

Questões para o estudo da camada Empírica incluem: efeitos de codificação, medida de entropia, otimização do canal de transmissão, capacidade do canal. A informação sob o ângulo da camada empírica pode ser visualizada como um *stream* de signos que precisam ser transportados de um local para outro.

A camada Sintática refere-se a regras de composição de signos complexos a partir de signos simples. A informação pode ser codificada seguindo uma certa estrutura. Um signo complexo, uma palavra, uma expressão matemática ou uma sentença, podem ser compostos de algumas partes mais básicas, de acordo com regras.

Quando as pessoas usam um signo, o fazem, num primeiro nível, para expressar um significado. Num próximo nível o signo carrega uma certa intenção. O último objetivo é produzir efeitos no nível social, como obrigações, alterar o estado de situações, dentre outras. Desta forma, a camada Semântica examina sentenças quanto à sua validade, significação e correspondência com o domínio.

No nível da Pragmática, o foco é colocado nas intenções entre o ato de comunicação e a função de linguagem. As ações da teoria de linguagem tratam do estudo de conversações que criam entendimento mútuo ou comprometimento.

O nível do mundo Social examina o efeito que as informações produzem. No ato de ouvir ou ler, uma pessoa interpreta signos, resultando em mudanças ou confirmação de alguns de seus conhecimentos.

A maioria das metodologias de desenvolvimento de sistemas em geral enfatiza soluções técnicas (mundo físico, empírico e aspectos de sintaxe) e o analista perde a oportunidade de entender outros níveis de informação, que direta ou indiretamente afetam o design de um sistema. O uso da Escada Semiótica (Stamper, 1973a) permite-nos examinar uma organização como um sistema social que é estabelecido através do uso da informação (Simoni et al., 2005b), explicitando seus níveis semântico, pragmático e social.

Uma comunicação, do ponto de vista de quem a inicia, poderá ser dita de sucesso somente se suas mensagens forem entendidas pelo receptor, se as intenções apreendidas forem pelo receptor e se os propósitos sociais foram alcançados.

Seja o exemplo de uma conversa telefônica; a comunicação com sucesso é determinada por fatores dos seis aspectos semióticos. No nível físico, o telefone tem que ser conectado na linha telefônica, através dos provedores de serviços telefônicos. No nível empírico, o sinal de voz será convertido dentro de sinais eletrônicos (ou óticos) e transmitido entre dois telefones. Estes dois níveis constituem a infraestrutura técnica que será provida pelas companhias de telefone.

No nível sintático, as pessoas envolvidas na conversação ao telefone têm que seguir as mesmas regras gramaticais, isto é, falar a mesma língua. No nível semântico, as palavras, os termos técnicos e não-técnicos, e as coisas referentes à conversação precisam ser entendidos pelos interlocutores. As sentenças e os conteúdos da conversação têm que fazer sentido para ambos. No nível pragmático, há uma intenção (de quem chama) e pode haver mensagens subliminares. Por exemplo, suponha que a pessoa A chama uma pessoa B e diz 'Eu estou interessado em seus produtos, mas o preço é um pouquinho alto'. A intenção seria pedir se B pode abaixar o preço 'um pouquinho'. No nível social, comprometimentos sociais e obrigações podem freqüentemente ser criados ou descartados como resultado de uma conversação. Seguindo o exemplo, se B responde 'Você teria 10% de desconto se você comprasse dez ou mais produtos', B terá uma obrigação para dar o desconto, se A comprar dez ou mais produtos.

6.3 Um framework para Avaliação de Interfaces de Aplicações SIG Web

O desenvolvimento do nosso *Framework para a Avaliação de Interfaces de Aplicações SIG Web* teve sua fundamentação teórico-metodológica na Escada Semiótica de Stamper (Stamper, 1973a). Para cada uma das camadas da Escada Semiótica, foram definidas recomendações para contribuir no processo de avaliação de interfaces de aplicações Sig Web.

Essas recomendações foram identificadas com base no contexto de produto – no caso, o produto é a interface de aplicações SIG Web (Figura 1), bem como com base no contexto de processo de design de interfaces de aplicação SIG Web (Figura 2).

A Escada Semiótica foi utilizada como artefato para a organização das recomendações identificadas, tanto no contexto de produto como no contexto de processo de design de interfaces de aplicação SIG Web. A escada é importante porque permite considerar signos de uma aplicação Web, desde aspectos de infra-estrutura, até aspectos sintáticos, de pragmática e sociais.

A Figura 1 mostra as etapas realizadas para a avaliação da interface de aplicações SIG Web como produto. Primeiramente, foi realizado um levantamento de vinte e cinco aplicações SIG Web, voltadas para o domínio agrícola (Schimiguel et al., 2004a). Sobre esse conjunto de aplicações, foi realizado um estudo de aspectos de interação e de conteúdo dessas aplicações. Esse estudo levou-nos a uma categorização para aplicações SIG Web, de acordo com aspectos de interação. Chegamos às seguintes categorias, consideradas gradativamente, da menos interativa para a mais interativa: (i) Bibliotecas e Catálogos de Dados Espaciais, (ii) Servidor de Mapas Estático, (iii) Gerador de Mapas e (iv) Browser de Mapas On-line.

Com base nos resultados dessa investigação (Schimiguel et al., 2004a), três aplicações SIG Web foram escolhidas para testes mais específicos: as aplicações Agritempo, do FUNCEME e do SIMEPAR. FUNCEME e SIMEPAR pertencem à categoria ‘Servidor de Mapas Estático’. Essas são aplicações que apresentam imagens capturadas por sensores, vídeo-câmeras, câmeras terrestres, ou satélites, que são disponibilizadas através de arquivos estáticos (por exemplo, arquivos JPEG ou GIF). Possuem poucas possibilidades interativas, como o *zoom* sobre o mapa e a consulta a informações descritivas na página Web. A outra aplicação selecionada (Agritempo) pertence à categoria ‘Gerador de Mapas’, onde mapas podem ser gerados por especificações fornecidas pelo usuário em um formulário no *web-browser*. Além de possibilidades interativas como *zoom* e *pan*, permite a consulta a dados geográficos associados ao mapa, possibilitando também a seleção de níveis temáticos para visualização.

A categoria ‘Servidor de Mapas Estático’ foi a mais freqüentemente encontrada no conjunto analisado (Schimiguel et al., 2004a), influenciando a escolha por duas aplicações dessa categoria. Além disso, a aplicação do SIMEPAR apresenta maior ênfase em elementos de conteúdo, enquanto que a aplicação do FUNCEME apresenta mais possibilidades interativas, comparada às outras aplicações levantadas. Para complementar, uma aplicação se ocupa da região Sul do Brasil (SIMEPAR), enquanto que a outra pertence à região Nordeste (FUNCEME), permitindo detectar características específicas a cada contexto. O Agritempo, terceira escolhida, envolve todo o território nacional e pertence a uma categoria com mais possibilidades interativas.

Essas três aplicações SIG Web passaram por uma Inspeção ISO 9241 (ISO9241, 1997), uma Inspeção de Acessibilidade (Schimiguel et al., 2005a) e um Teste com Usuários (Schimiguel et al., 2005b; 2006).

A ISO 9241 (ISO9241, 1997) trata de *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals* (Requisitos Ergonômicos para o Trabalho com Terminais de Displays Visuais). Escolhemos a ISO 9241 como um instrumento de inspeção de interfaces de SIG, uma vez que permite a inspeção de usabilidade de elementos relacionados à interface, tais como: a estrutura de menu, sistema de ajuda, gerenciamento de erros, navegação, etc.. A ABNT (ABNT, 2004) classifica a ISO 9241 como relacionada à ‘Ergonomia de Software’ (MCT, 2004). As partes utilizadas da ISO para a realização da inspeção foram: (i) 10: Princípios de Diálogo, (ii), 12: Apresentação da Informação, (iii) 13: Guia do Usuário e (iv) 14: Menus de Diálogo. Nesta inspeção, documentada em (Schimiguel et al., 2004b), detectamos que as três aplicações avaliadas violam fortemente o padrão ISO 9241-10, em Princípios de Diálogo, o que sugere que essas aplicações possuem deficiências em fatores relacionados à execução e controlabilidade da tarefa. Essas aplicações não consideram diferentes perfis de usuários, nem suportam técnicas para facilitar o aprendizado. Além disso, não provêm um *feedback* apropriado.

A Inspeção de Acessibilidade (Schimiguel et al., 2005a) foi realizada tomando-se por base uma avaliação de acessibilidade Web realizada por Melo et al. (Melo et al., 2004), que propõe: (i) uso de *web-browsers* textuais e gráficos e (ii) verificação de acessibilidade com ferramentas semi-automáticas. Trabalhamos com estes dois métodos porque são fáceis de usar e oferecem a possibilidade de identificar aspectos que diretamente interferem na experiência do usuário. O uso de diferentes configurações de *web-browsers* é um dos métodos sugeridos pela W3C (W3C, 2005b), para identificar elementos que interferem diretamente na interação e na acessibilidade à informação.

O Estudo de Caso com Usuários (Schimiguel et al., 2005b; 2006) envolveu um experimento de usabilidade em laboratório, com usuários prospectivos, seguidos de uma atividade de discussão coletiva. Participaram do teste quatro usuários com perfis diversos de formação, incluindo as áreas de Informática e Agricultura: um Administrador de Banco de Dados, um Analista de Sistemas, um Engenheiro Agrônomo e um Engenheiro Civil com especialização em Geoprocessamento, todos trabalhando no domínio agrícola. A eles foi proposta a tarefa de “*buscar por informações/mapas sobre a previsão de tempo para o mês de maio do ano corrente*”. As aplicações SIG Web utilizadas, Agritempo, da FUNCEME e do SIMEPAR permitiram a realização da tarefa de busca pela previsão de tempo para os estados de São Paulo, Ceará e Paraná. Utilizamos diagramas de seqüência da UML (*Unified Modeling Language*) para representar e organizar a análise das interações dos usuários com as aplicações via interface.

O estudo indicou que especialistas no domínio têm mais facilidade de uso dessas aplicações, o que sugere serem eles os usuários implícitos desses tipos de aplicações na Web. O vocabulário usado parece não ser adequado para usuários ocasionais e tarefas de interesse no cotidiano das pessoas. Os resultados mostraram que palavras como ‘clima’ e ‘tempo’ podem confundir usuários ocasionais, que podem tomar esses dois termos como sinônimos. Mostraram também que o acesso a um Tutorial, associado às aplicações SIG Web, poderia ajudar na execução da tarefa. Mapas do *site* costumam ser úteis na orientação da navegação do usuário. Das três aplicações avaliadas, a única que possuía um mapa de *site* é o Agritempo, embora esse recurso parece não ter sido percebido pelos sujeitos do teste. Ainda, constatou-se que usuários diferentes têm estilos distintos de interação: alguns se guiam por imagens, enquanto outros buscam *links* textuais, ou seja, as duas formas de navegação devem ser providas (Schimiguel et al., 2005b; 2006).

A avaliação do processo foi conduzida durante a elicitação de requisitos de uma aplicação SIG Web – o WebMaps, em desenvolvimento no IC-UNICAMP. Utilizamos os métodos MEASUR (*Methods for Eliciting, Analyzing and Specifying User Requirements* – Métodos para Elicitação, Análise e Especificação de Requisitos de Usuários), da SO (Liu, 2000). Foram realizados três workshops de três horas de duração cada, conduzidos por facilitadores com os *stakeholders* em um formato participativo. Participaram dos workshops 17 pessoas de diferentes *backgrounds* e campos do conhecimento, incluindo processamento de imagens, bancos de dados, geoprocessamento, estudos agro-ambientais, especialistas em interação humano-computador, usuários representativos e desenvolvedores de sistemas de software. Vários artefatos da SO foram utilizados como ferramentas de comunicação entre os participantes durante os Workshops (Baranauskas et al., 2005).

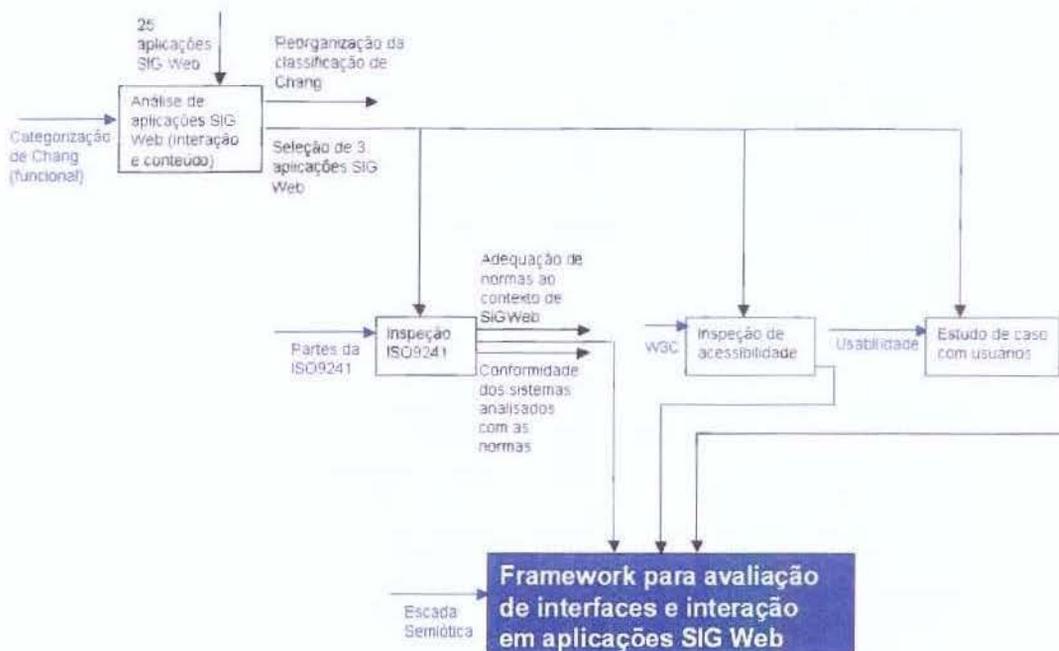


Figura 1. Avaliação de Produto de Interface de Aplicações SIG Web

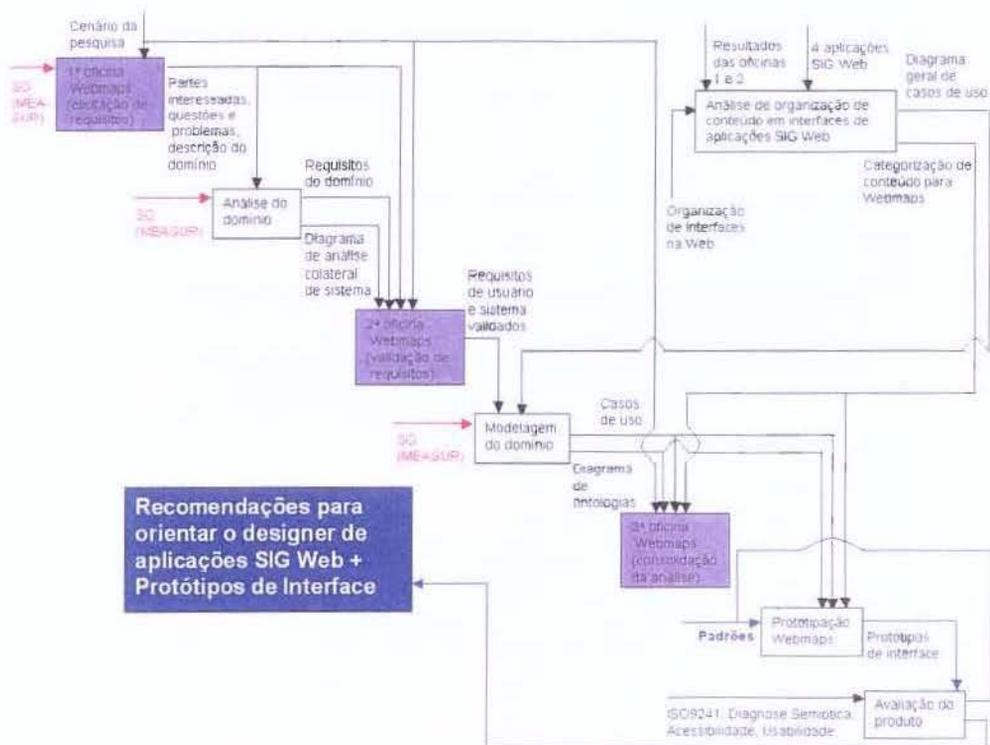


Figura 2. Processo de Design de Interfaces de Aplicações SIG Web – o caso WebMaps

6.4 Recomendações definidas no Framework

A Escada Semiótica forneceu as bases para a definição do *framework* proposto neste trabalho. Na Tabela 18 a seguir, representamos em cada uma das camadas da escada semiótica algumas das recomendações identificadas, a origem da recomendação e a sua descrição. Para cada camada, ilustramos com um exemplo de recomendação, no domínio de SIG Web.

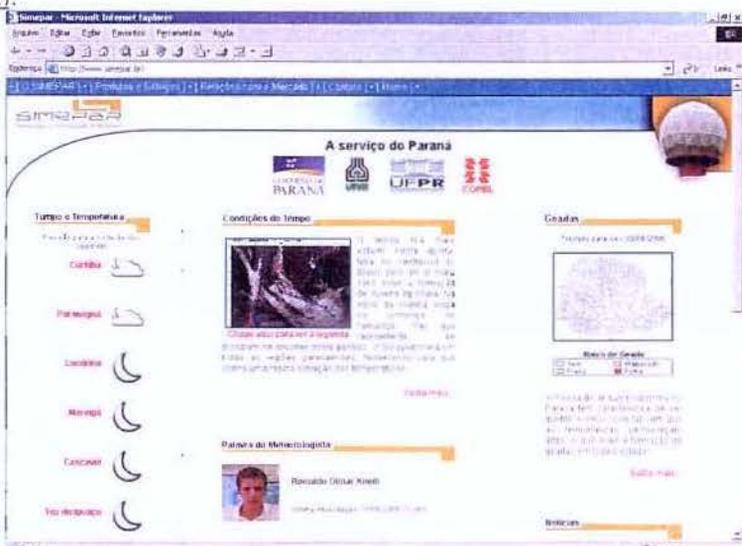
Tabela 18. Camadas do Framework, com ilustração de algumas recomendações

Camada Física		
Recomendação	Origem	Descrição
1. Prover acesso à tecla TAB	Teste de Acessibilidade. ISO 9241	Os links do website devem ser acessíveis através do mouse e também através da tecla TAB.
2. Existir acesso à placa de fax-modem ou rede	MEASUR	É necessária a existência destes dispositivos para viabilizar a conexão.
3. Prover acesso aos serviços de um provedor	MEASUR	O usuário precisa assinar os serviços de um provedor de internet.
4. Adequar resolução de tela	Teste de Acessibilidade, MEASUR	A resolução de tela é importante, pois influencia na percepção dos elementos geográficos representados visualmente.
5. Assegurar que o tamanho dos elementos de interface seja harmônico	Teste de Acessibilidade. ISO 9241	Os elementos de interface devem ter um significado de sincronia, ou seja, equilíbrio entre os elementos.
6. Adequar contraste entre cores dos elementos	Teste de Acessibilidade. ISO 9241	Deve haver um bom contraste entre as cores dos elementos de interface, para facilitar a leitura e visualização pelo usuário final.

Camada Física

1. Recomendação "Prover acesso à tecla TAB": Os links do website devem ser acessíveis através do mouse e também através da tecla TAB.

Violação da Recomendação:
Aplicação (SIMEPAR):



The screenshot shows a web browser window displaying the SIMEPAR website. The page features a header with the SIMEPAR logo and navigation links. Below the header, there are several content panels: 'Tempo e Temperatura' with weather icons for Curitiba, Paranaguá, Londrina, Maringá, Cascavel, and Foz de Iguaçu; 'Condições do tempo' with a weather forecast for Curitiba; 'Cidades' with a map of Paraná; and 'Palavra do Meteorologista' featuring a meteorologist's profile. The interface is designed with a clear layout and distinct colors for different sections.

Concordância com a Recomendação:
Aplicação (Agritempo):



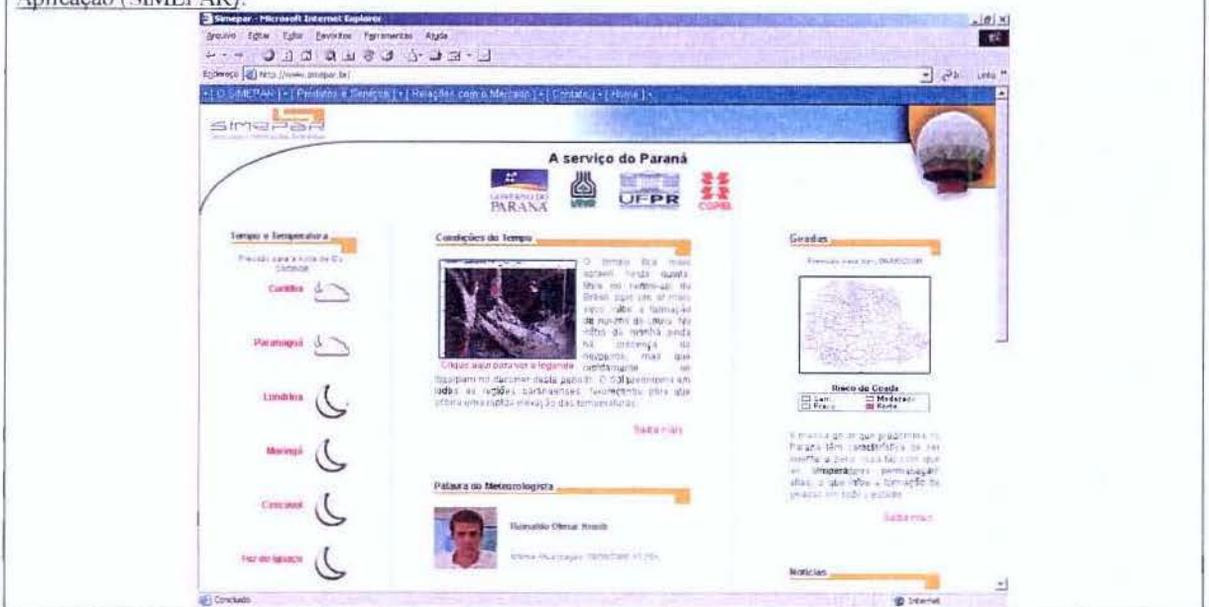
Justificativa: A aplicação SIG Web do Agritempo permite acesso através da tecla TAB a todos os links do website, tanto links textuais, como os na forma de imagem. A aplicação do SIMEPAR não permite através da tecla TAB acesso ao menu lateral esquerdo, que dá acesso ao conteúdo do website.

Camada Empírica		
Recomendação	Origem	Descrição
1. Existir troca de pacotes entre o usuário e o servidor Web	MEASUR	Cuidados devem ser tomados para que a troca de pacotes entre o servidor e o cliente seja facilitada, por exemplo, fazendo com que o website não possua recursos que exijam grande processamento e fazendo com que o servidor esteja bem configurado.
2. Prover boa velocidade de conexão	MEASUR	Depende do tipo de conexão realizado discado, dedicado, serviço de provedor gratuito ou pago.
3. Evitar ruídos	ISO 9241	Elementos de interface, quando acessados pelo usuário, através do movimento do mouse, movimentação do <i>focus</i> da tecla TAB, etc., não devem obscurecer ou dificultar o acesso a outros elementos de interface.
4. Automatizar coleta de dados	MEASUR	Os dados para a aplicação SIG Web base devem ser fornecidos e providos de forma automática.
5. Disponibilizar website 24h por dia ou outra.	MEASUR	O website da aplicação SIG Web deve estar sempre disponível, para que a consulta aos dados possa ser feita a qualquer momento.

Camada Empírica
3. Recomendação 'Evitar ruídos': Elementos de interface, quando acessados pelo usuário, através do movimento do mouse, movimentação do <i>focus</i> da tecla TAB, etc., não devem obscurecer ou dificultar o acesso a outros elementos de interface.
Violação da Recomendação:
Aplicação (Agritempo):



**Concordância com a Recomendação:
Aplicação (SIMEPAR):**



Justificativa: Na aplicação SIG Web do Agritempo, quando o usuário passa com o mouse por sobre o mapa do Brasil (que dá acesso ao conteúdo dos estados brasileiros), o mapa aumenta em tamanho, ocultando alguns *widgets* de interface, entre eles: os botões home, contato, ajuda e, ainda, parte do conteúdo textual que está em 'destaque', gerando um 'Ruído'. Isso não acontece com a aplicação SIG Web do SIMEPAR.

Camada Sintática		
Recomendação	Origem	Descrição
1. Disponibilizar o website em diferentes linguas	MEASUR	O website deve ser disponível em vários idiomas.
2. Prover bom projeto de	Estudo de Caso com	A navegação do website deve ser projetada de acordo com

navegação	Usuários, Acessibilidade	recomendações de usabilidade.
3. Prover sentenças de interface, para a conclusão da tarefa	Estudo de Caso com Usuários	Uma tarefa pode ser representada por uma seqüência de passos que devem ser executados.

Camada Sintática

3. Recomendação "Prover bom projeto de navegação": A navegação do website deve ser projetada de acordo com recomendações de usabilidade.

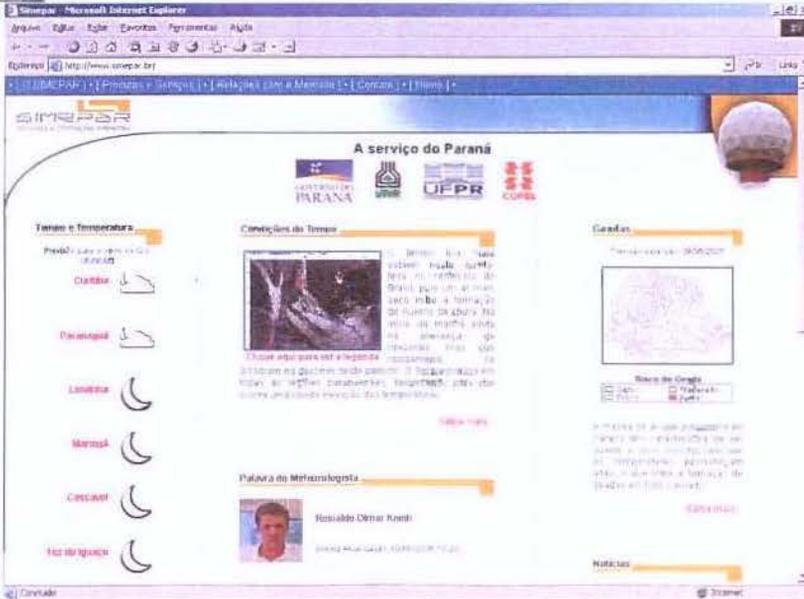
Violação da Recomendação:

Aplicação (Agritempo):



Concordância com a Recomendação:

Aplicação (SIMEPAR):



Justificativa: Na aplicação SIG Web do SIMEPAR, os itens nos menus que dão acesso ao conteúdo são em torno de 5, enquanto que na aplicação do Agritempo, os itens chegam a 13.

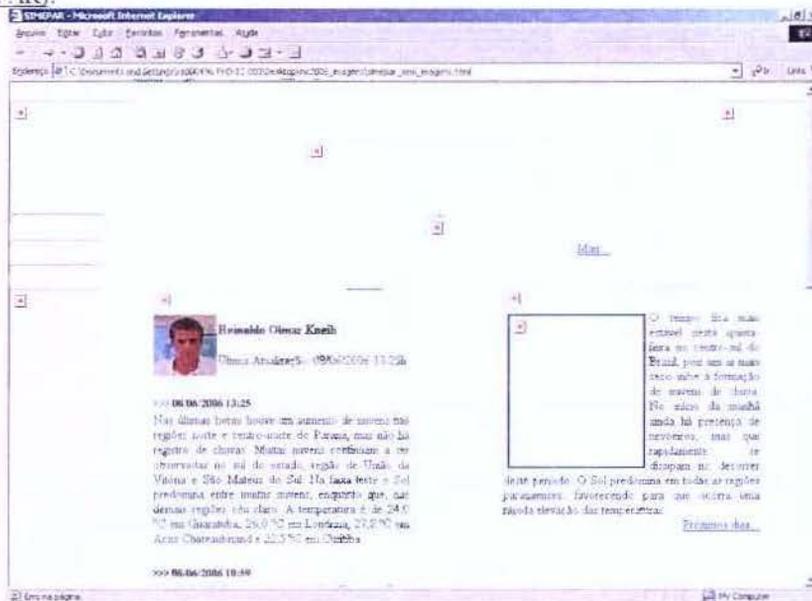
Camada Semântica		
Recomendação	Origem	Descrição
1. Realizar análise de sinais de interface	Estudo de Caso com Usuários	Os sinais de interface devem ser avaliados, para verificarmos a existência de sinais icônicos (imagem, metáfora, diagrama), indiciais e simbólicos.
2. Prover uso do website com imagens e sem imagens	Teste de Acessibilidade, ISO 9241	O website da aplicação deve ser colocado em uso nas situações com imagens e sem imagens, para verificarmos se seu conteúdo seria acessado por pessoas com algum tipo de limitação, por exemplo, deficiência na visão.

Camada Semântica

2. **Recomendação 'Prover uso do website com imagens e sem imagens':** O website da aplicação deve ser colocado em uso nas situações com imagens e sem imagens, para verificarmos se seu conteúdo poderia ser usado por pessoas com algum tipo de deficiência, por exemplo, a visual.

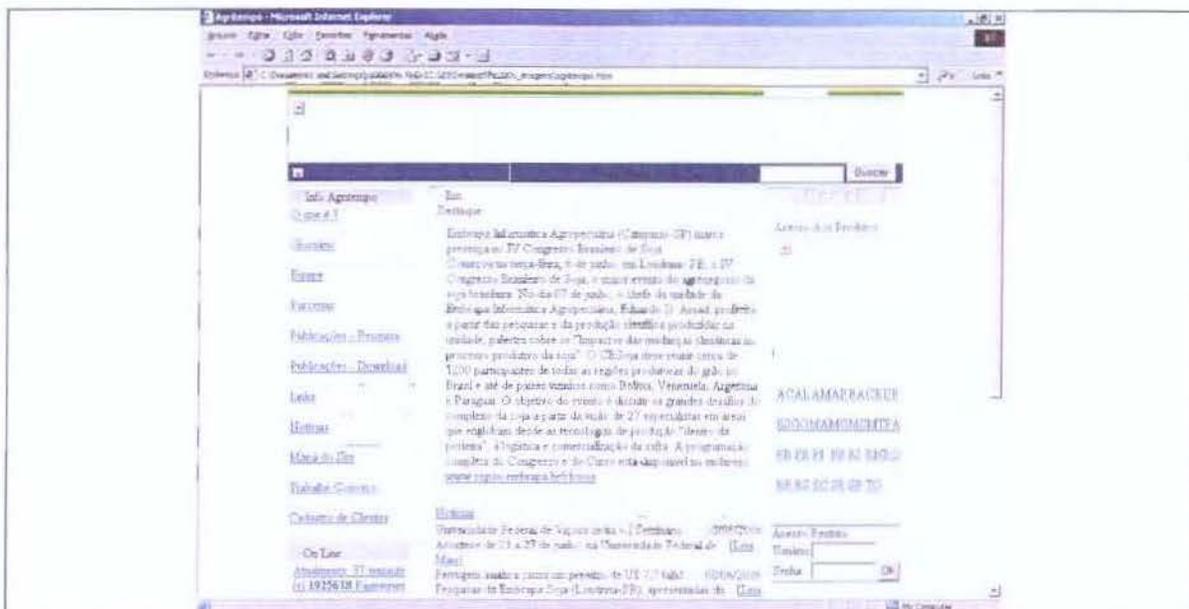
Violação da Recomendação:

Aplicação (SIMEPAR):



Concordância com a Recomendação:

Aplicação (Agritempo):



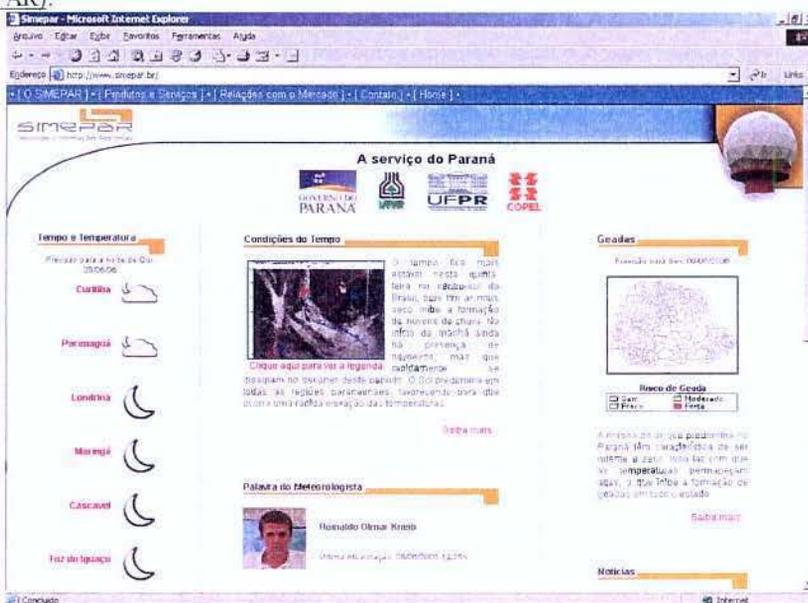
Justificativa: Na aplicação do Agritempo, é possível acessar os conteúdos sem a existência de imagens. Por exemplo, na homepage, é possível acessar os conteúdos dos estados brasileiros através de um mapa (imagem) ou através de links textuais. Idem para o menu lateral esquerdo. A aplicação do SIMEPAR inviabiliza completamente o acesso aos conteúdos, sem a existência das imagens, porque o próprio menu que dá acesso aos conteúdos é uma imagem, vinculada com código em linguagem javascript.

Camada Pragmática		
Recomendação	Origem	Descrição
1. Prover personalizações de interface	MEASUR, Teste com Usuários, ISO 9241	O website da aplicação deve permitir personalização da interface, pensando-se em diferentes categorias de usuário da aplicação.
2. Mostrar a interface em camadas	MEASUR, Teste com Usuários	A aplicação pode ser apresentada de forma que uma primeira camada fosse geral (para qualquer tipo de usuário) e uma segunda camada fosse mais técnica (voltada para usuários que trabalham com geoprocessamento ou áreas afins).

Camada Pragmática	
3. <u>Recomendação 'Mostrar a interface em camadas':</u>	A aplicação pode ser apresentada de forma que uma primeira camada fosse geral (para qualquer categoria de usuário) e uma segunda camada fosse mais técnica (voltada para usuários que trabalham com geoprocessamento ou áreas afins).
<u>Violação da Recomendação:</u>	
Aplicação (Agritempo):	



Concordância com a Recomendação:
Aplicação (SIMEPAR):



Justificativa: Na aplicação do Agritempo, conteúdos voltados para usuários leigos (como previsão de tempo) misturam-se com conteúdos mais técnicos. Na aplicação do SIMEPAR, o usuário pode ter acesso à previsão de tempo na própria homepage.

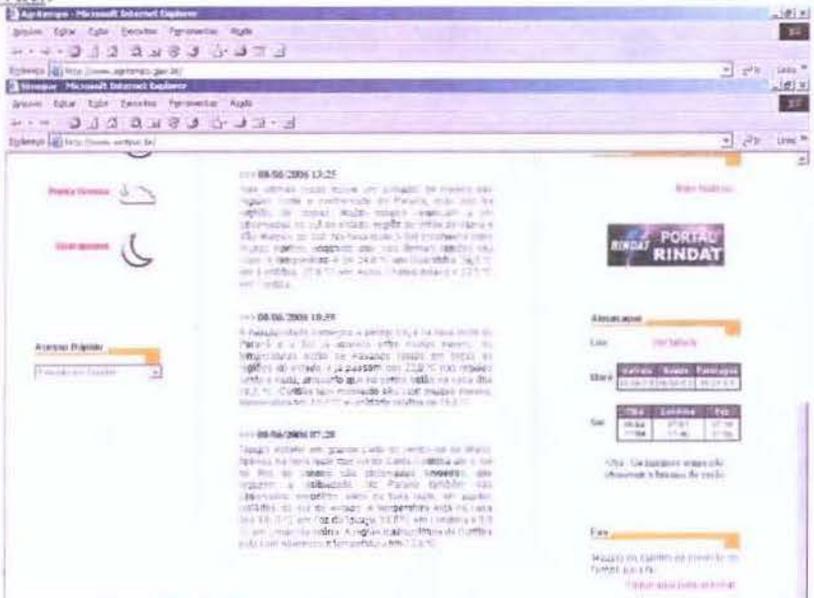
Camada Social		
Recomendação	Origem	Descrição
1. Deixar visível a proveniência dos dados da aplicação SIG Web, citar as fontes, citar créditos	MEASUR	Devem ser citadas as fontes que forneceram os dados para a aplicação.
2. Disponibilizar a opção de o usuário escolher	MEASUR. Teste	O usuário deve poder visualizar o dado em

formas de visualização dos dados	com Usuários	diferentes formas: tabela, gráfico, texto, mapa.
3. Deixar visível o compromisso da aplicação em disponibilizar informações confiáveis	MEASUR	A aplicação deve somente fornecer dados cuja proveniência seja de confiança.
4. Considerar aspectos éticos: determinados dados são de natureza pública e outros privados. Estes últimos não podem ser disponibilizados	MEASUR	O usuário pode acessar livremente dados públicos; o usuário só poderá acessar dados privados através da concordância com o termo de responsabilidade ou através de um login e senha.
5. Prover uso do jornal de cooperativas	MEASUR	A aplicação pode ser divulgada através de vários canais de comunicação, entre elas, nos jornais de cooperativas.

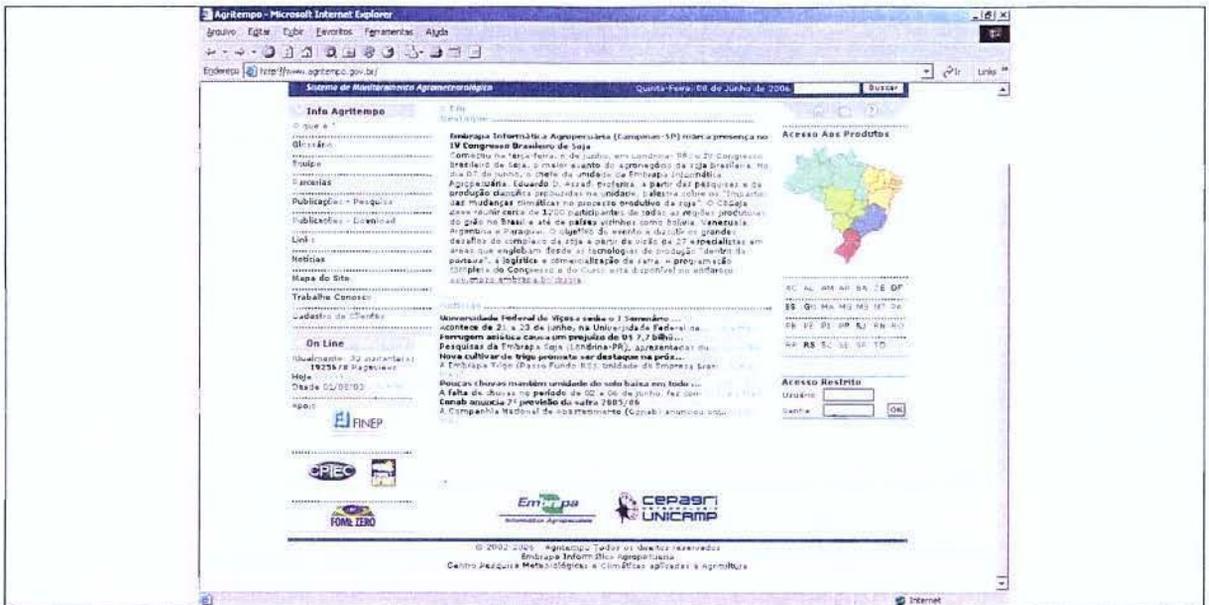
Camada Social

1. Recomendação 'Deixar visível a proveniência dos dados da aplicação SIG Web': Devem ser citadas as fontes que forneceram os dados para a aplicação.

Violação da Recomendação:
Aplicação (SIMEPAR):



Concordância com a Recomendação:
Aplicação (Agritempo):



Justificativa: A aplicação do Agritempo mostra na própria homepage, na parte inferior da página, os créditos para os fornecedores de dados. A aplicação do SIMEPAR também os mostra, porém, em um lugar pouco acessível (em páginas internas).

6.5 Conclusões

Profissionais de geoprocessamento muitas vezes defendem a ideia de que um sistema geográfico deve usar o mapa como elemento principal de significação. Desenvolvedores de aplicações geográficas ainda não se deram conta completamente de que os recursos computacionais oferecem muito mais subsídios (e ao mesmo tempo desafios) para a representação da informação geográfica. O uso dessas aplicações, cada vez mais variado via Web, exige novas formas de tratar e representar a informação.

Neste trabalho propusemos um *framework* para a avaliação de interfaces de aplicações SIG Web, considerando-se estudos realizados tanto no contexto de avaliação de interface dessas aplicações enquanto produto, quanto no contexto de processo de design de interface de tais aplicações. Sob essas duas facetas, foram identificadas recomendações que organizamos em um *framework* de acordo com a escada semiótica da SO.

No contexto de processo de design de interfaces de aplicações SIG Web, escolhemos o MEASUR, da SO, porque ele possui artefatos que contribuem com o processo de elicitação de requisitos, particularmente relacionados ao mundo social, como fatores culturais, sócio-econômicos, éticos, legislação, ou normativos.

No contexto de avaliação de produto de interface de aplicações SIG Web, escolhemos técnicas de Inspeção baseadas na ISO 9241, em recomendações de Acessibilidade e Teste com Usuários. Optamos pela ISO 9241 porque ela trata interface humano-computador em oito de seus dezessete cadernos. A inspeção de acessibilidade permite verificarmos o uso de interfaces por pessoas com deficiência, o que representa uma quebra de paradigma quando se trata do uso em aplicações geográficas. O teste com usuários permite avaliarmos o uso de aplicações SIG Web, considerando-se usuários reais, tanto pessoas da área de desenvolvimento (como analistas de sistemas e administradores de banco de dados), como pessoas de outros domínios que usam esses sistemas, como engenheiros civis e agrônomos.

Como trabalhos futuros, almejamos o refinamento das recomendações identificadas, através de seu uso no desenvolvimento de um protótipo de interface de aplicação SIG, denominado WebMaps. Outro tema futuro é uma sistemática baseada nas recomendações propostas, para o design e avaliação no contexto de processo de desenvolvimento de interfaces de aplicações SIG Web.

Capítulo

7

Conclusões e Trabalhos Futuros

Apesar de serem sistemas funcionalmente poderosos, os SIG pressupõem conhecimento do usuário de aspectos específicos dessa tecnologia de informação, impedindo sua utilização por um grupo mais diversificado de profissionais. Mesmo com os avanços em modelagem de dados, o design da interface de SIG ainda representa um ponto crucial na aceitação ou rejeição do sistema (Câmara et al., 1999).

Neste trabalho, propusemos a definição de um *framework* de bases semióticas para avaliação de interfaces de aplicações em Sistemas de Informação Geográfica na Web (SIG Web). As camadas desse *framework* tiveram recomendações definidas a partir de várias análises e inspeções de interface que foram feitas usando-se métodos e materiais específicos, como Inspeção baseada na ISO 9241, Inspeção de Acessibilidade e estudo de caso com usuários.

O interesse por aplicações SIG na Web vem aumentando bastante nos últimos anos. No contexto de aplicações agrícolas, existe uma importância significativa, pelo fato destas aplicações funcionarem como um ferramental útil para pessoas que estejam envolvidas direta ou indiretamente em planejamento e exploração agrícola. No Brasil, aonde o agro-negócio vem crescendo e adquirindo enorme importância no PIB, o estudo destas aplicações adquire, inclusive, relevância econômica. O uso dessas aplicações na Web por agricultores e por profissionais que tomam decisões nessa área poderá ser uma solução de acesso simples e rápido, e de baixo custo. Entretanto, o acesso às aplicações SIG na Web depende dos recursos de interação possibilitados pelas interfaces dessas aplicações. O

desafio desses sistemas é grande, dada a diversidade de usuários que podem beneficiar-se deles.

Com base no cenário do domínio agrícola, iniciamos investigando diferentes sistemas de informação na web. Considerando aspectos de interação possibilitados pelos sistemas levantados, criamos uma categorização para aplicações SIG Web em quatro níveis, conforme visto no Capítulo 1.

No passo seguinte da pesquisa, selecionamos três aplicações do conjunto inicial, para uma análise mais aprofundada. Essas aplicações passaram a integrar a seqüência de investigações que originou o *framework*. A seguir destacamos alguns aspectos do conjunto de métodos e materiais utilizados no contexto de avaliação do produto interface de usuário de tais aplicações.

O uso de algumas partes da ISO 9241 para inspeção de aplicações SIG Web mostrou-se efetivo, dados os inúmeros aspectos positivos e negativos captados. Entretanto, tanto a avaliação de aplicações Web em geral quanto aplicações SIG Web em particular, necessitam critérios e regras adicionais. No domínio em estudo, por exemplo, algumas normas necessitariam ser estendidas ou adaptadas para se inspecionar aspectos relevantes desse domínio como, por exemplo, zoom semântico, animação em mapas, consultas sobre informação descritiva relacionada a mapas. Um trabalho futuro poderia envolver o estudo da adequabilidade de outros padrões, como por exemplo, a ISO 9126 - Information Technology – Software Product Evaluation, Quality characteristics and guidelines for their use.

Aplicações Web têm ultimamente tentado oferecer maior flexibilidade à interação possibilitada pelas interfaces de usuário. No caso de aplicações SIG Web essa questão se torna ainda mais relevante, devido à natureza extremamente visual de tais aplicações. Com a inspeção de acessibilidade, detectamos que há várias questões de acessibilidade negligenciadas, relacionadas dentre outras à representação da informação geográfica, à estruturação das páginas e distribuição da informação em geral. A qualidade de uma aplicação SIG Web, entendida como adequação ao uso, está diretamente relacionada à apresentação e representação da informação geográfica para o usuário. O acesso a essa informação não deve ser restrito à visualização da imagem de um mapa ou gráfico; outros artefatos devem ser disponibilizados para alcançarmos categorias mais diversificadas de usuários.

O estudo de caso com usuários permitiu observar elementos importantes para a avaliação de interfaces de aplicações SIG Web, que possivelmente não seriam detectados sem o

envolvimento de usuários na avaliação. Verificamos que interfaces de aplicações SIG Web precisam ser adaptadas à mídia da Web. Isso implica em soluções de design de interface que dêem conta da diversidade de usos e perfis dos usuários na Internet. A questão do vocabulário revelou-se importante na medida em que, especialmente no domínio de aplicação considerado, várias expressões que no cotidiano das pessoas são usadas como sinônimos, têm significados específicos quando considerados do ponto de vista técnico; por exemplo “clima” e “tempo”.

Este trabalho entende que a avaliação é parte integral do processo de design de interfaces de usuário. Sendo assim, o uso do *framework* proposto na tese é situado num processo de design de interfaces de aplicações SIG Web. No escopo deste trabalho mostramos parte desse processo, com a engenharia de requisitos para o sistema WebMaps. Através do método MEASUR, da Semiótica Organizacional, pudemos capturar requisitos importantes, que seriam de difícil identificação, se adotadas outras técnicas, principalmente requisitos relacionados às camadas semântica, pragmática e social, relacionadas ao fator ‘humano’ em sistemas de informação. A participação de todas as partes envolvidas no processo nos três workshops realizados sobre o WebMaps contribuiu para a identificação clara, objetiva e consensual dos requisitos.

Finalmente, o *framework* proposto neste trabalho foi organizado segundo a Escada Semiótica de Stamper (1973a), que consideram tantos os aspectos físicos quanto os aspectos humanos envolvidos em sistemas de informação tomados no sentido lato. Propusemos recomendações para cada um dos seis degraus da Escada Semiótica. Tais recomendações foram obtidas e sintetizadas dos trabalhos de avaliação e engenharia de requisitos realizados.

Derivados das contribuições deste trabalho pudemos, ainda:

- Realizar um levantamento de aplicações SIG Web no domínio agrícola, com a realização de uma análise de aspectos de interação e de conteúdo de suas interfaces;
- Propor a ‘acessibilidade’ como elemento de qualidade importante no design e avaliação dessas aplicações e reconhecê-la como um dos grandes desafios nesse domínio, dada a natureza visual das representações em aplicações SIG;
- Verificar que um instrumento de avaliação sozinho não dá conta da complexidade que se tem em interfaces, especialmente no contexto de aplicações SIG Web;

- Verificar a efetividade do uso do referencial teórico-metodológico da Semiótica Organizacional na engenharia de requisitos para uma aplicação SIG Web e na orientação do *framework* proposto.

No próprio domínio de informação geográfica, pode-se investigar o uso de diferentes códigos que remontam da cartografia, por exemplo, o uso de cores. A transformação visual para a mídia Web certamente demandará em novos meios de expressar informação geográfica. Como trabalhos futuros, pode-se investigar o uso do *framework* em outros domínios de aplicação na Web, por exemplo, aplicações de governo eletrônico, onde a diversidade de usuários e contextos de uso é muito grande. Entre as disciplinas envolvidas neste trabalho, vale a pena também alinhar a proposta do *framework* a conceitos e arquiteturas de engenharia de software.

Como visto no Capítulo 5, a análise de requisitos do WebMaps foi direcionada pelo MEASUR. Como outra extensão, o *framework* já pode ser aplicado ao estágio atual de desenvolvimento do WebMaps, realimentando soluções de design das próximas iterações do sistema. O uso do *framework* no processo iterativo de design não elimina a necessidade de testes com usuários. Entretanto, acreditamos que a aproximação da solução mais adequada possa ser agilizada com a utilização do *framework*. Um trabalho futuro interessante seria contrapor resultados do uso do *framework* na avaliação de um protótipo do WebMaps com resultados de seu teste com usuários (provenientes de cooperativas e grupos de interesse em geoprocessamento).

Referências

- ABNT (2004). Associação Brasileira de Normas Técnicas [on-line]. Disponível em: <http://www.abnt.com.br>. Último acesso: 11/08/2004.
- Aime, A.; Bonfati, F.; Monari, P.D. (1999). Making GIS closer to end users of urban environment data, *ACM GIS'99*, Kansas, MO, USA, 122-127.
- Agrawal, P.; Rauschert, I.; Inochanon, K.; Bolelli, L.; Fuhrmann, S.; Brewer, I.; Cai, G.; MacEachren, A.; Sharma, R. (2004). Multimodal interface platform for geographical information systems (GeoMIP) in crisis management. Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces Table of Contents. New York, NY, USA, 339-340.
- Apontador (2005). Apontador [on-line]. Disponível em: <http://www.apontador.com.br/>. Último acesso: 10/04/2005.
- Arcview (2005). Arcview GIS – ESRI GIS an Mapping Software [on line]. Disponível em: <http://www.esri.com/software/arcview/>. Último acesso: 14/01/2005.
- Baranauskas, M.C.C.; Schimiguel, J.; Medeiros, C.M.B.; Simoni, C.A.C. (2005). Guiding the Process of Requirements Elicitation with a Semiotic Approach – A Case Study. HCI International, Las Vegas, USA.
- Barnum, C. (2002). Usability Testing and Research. Longman. New York.
- Bastien, J.M.C.; Scapin, D.L.; Leulier, C. (1996). Looking for Usability Problems with the Ergonomic Criteria and with the ISO 9241-10 Dialogue Principles, *CHI'96*, Vancouver, Columbia, Canada, 13-18.
- Bernardo, F.; Hipólito, J. (2000). Enabling Easy Access to Digital Geographic Information: SNIG's Usability History. In Proceedings of CHI2000, 1:193-194.
- Bevan, N. (1997). Quality in use: incorporating human factors into the software engineering lifecycle. Third IEEE International Software Engineering Standards Symposium and Forum (ISESS'97), pp. 169–179.
- Bevan, N. (1999). Quality in use for all. In: User interfaces for all, Stephanidis, C. (ed.), Lawrence Erlbaum.

- Bobby (2005). Bobby [on-line]. Disponível em: <http://bobby.watchfire.com/>. Último acesso: 10/04/2005.
- Bonacin, R. (2004). A Design Model to Support Co-operation Based on Participatory Design and Organisational Semiotics. Ph.D. Thesis, State University of Campinas, Campinas, Brazil.
- Bonacin, R., Baranauskas, M. C. C., and Liu, K. (2004). From Ontology Charts to Class Diagrams: semantic analysis aiding systems design, 6th ICEIS, Porto, Portugal.
- Câmara, G., Casanova, M.A., Hemerly, A.S., Magalhães, G.C., Medeiros, C.M.B (1996). Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica, 10^a Escola de Computação, IC-UNICAMP.
- Câmara, G.; Souza, R.C.M. de; Monteiro, A.M.V.; Paiva, J.A.; Garrido, J.C.P. (1999). Handling Complexity in GIS Interface Design, *I Geoinfo*. Campinas, SP.
- Cambridge Dictionary (2006). Disponível em: <http://dictionary.cambridge.org>. Último acesso: 07/05/2006.
- Côrtes, M.L.; Chiossi, T.C. dos (2001). Modelos de Qualidade de Software, 1^a ed., Ed. da UNICAMP, Campinas, SP.
- Cybis, W. de A.; Dyck, A.F.; Oliveira, R. de; Pagliuso, P.B.B.; Tambascia, C. de A.; Villas-Boas, A.L. de C.; Freitas, M. (2003). Approach for the development of systematic and productive verifying lists of usability. Proceedings of the Latin American conference on Human-computer interaction. New York, NY, USA, pp. 29-40. Cysneiros, L.M. and Leite J.C.S. do (2002). Non-Functional Requirements: From Elicitation to Modeling Languages. ACM ICSE'02, May 19-25, Orlando, Flórida, USA.
- Davies, C.; Medyckyj-Scott, D. (1994). GIS usability: recommendations based on the user's view, *International Journal of GIS*, vol. 8, 175-189.
- Davies, C.; Medyckyj-Scott, D. (1996). GIS users observed, *International Journal of GIS*, vol. 10, 363-384.
- Despeyroux, T. (2004). Practical semantic analysis of web sites and documents. Proceedings of the 13th international conference on World Wide Web. New York, NY, USA, pp. 685-693.

- Dhyani, D.; Keong, W.; Bhowmick, S. (2002). A survey of Web metrics. ACM Computing Surveys (CSUR). New York, NY, USA, pp. 469-503.
- Dias, C. (2003). Usabilidade na Web: Criando Portais mais Acessíveis, 1ª edição, AltaBooks, 296p, Rio de Janeiro, RJ.
- Dumas, J.S.; Redish, J.C. (1994). A Practical Guide to Usability Testing. Ablex, Norwood, NJ.
- Edwards, W.K.; Bellotti, V.; Dey, A.K. (2003). Newman, M.W., Stuck in the Middle: The Challenges of User-Centered Design and Evaluation for Infrastructure. In Proceedings of CHI2003, 5(1):297-304.
- Embrapa (2004). Embrapa - Agritempo Sistema de Monitoramento Agro-meteorológico [on-line]. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br>. Último acesso: 11/08/2004.
- Erickson, T. (1995). Notes on Design Practice: Stories and Prototypes as Catalysts for Communication. In J.M. Carrol (ed), Scenario-Based Design: Envisioning Work and Technology in System Development, John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Floyd, C. (1988). Outline of a Paradigm Change in Software Engineerin. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, Vol 13, No.2, p. 25-38.
- Funceme (2004). FUNCEME Fundação Cearense de Meteorologia e Chuvas [on-line]. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Último acesso: 11/08/2004.
- Gediga, G.; Hamborg, K.C.; Dünstsch, I. (1999). The IsoMetrics Usability Inventory: An Operationalisation of ISO 9241-10, *Behaviour and Information Technology*, 151-164.
- Gisweb (2006). Portal GisWeb: Sistemas de Informação Geográfica na Web [on line]. Disponível em: <http://www.gisweb.com.br/>. Último acesso: 16/01/2006, 2006.
- Hiele, K. van der; Haar, R. van der; Kolli, R. (2003). Designing an On-line Map Tool for Dutch Farmers. In Proceedings of CHI2003. 1:638-639.
- ISO (2001). ISO/IEC 9126, Information Technology – Software Product Evaluation, Quality characteristics and guidelines for their use.
- ISO (1996). ISO/IEC DIS 14598-1 Information Technology – Evaluation of Software Products – Part 1, General Guide.

- ISO9241 (1997). Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals –VDTs (ISO, Genève, Switzerland).
- Jacobson, I., Booch, G. B. and Rumbaugh, J. (1999). The Unified Software Development Process. Addison-Wesley.
- Kirakowski, J.; Corbett, M. (1990). Effective Methodology for the Study of HCI (Elsevier Science Inc., New York, NY, USA).
- Kuutti, K. (1995). Work Processes: Scenarios as a Preliminary Vocabulary. In J.M. Carroll (ed), Scenario-Based Design: Envisioning Work and Technology in System Development, John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Lamsweerde, A. van (2000). Requirements Engineering in the Year 00: A Research Perspective. ACM ICSE 2000, Limerick, Ireland.
- Laurini, R.; Paolino, L.; Sebillo, M.; Tortora, G.; Vitiello, G. (2004). Dealing with geographic continuous fields: the way to a visual GIS environment. Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces. New York, NY, USA, 336-343.
- Laux, L.F.; McNally, P.R.; Paciello, M.G. (1996). Vanderheiden, G.C., Designing the World Wide Web for People with Disabilities: A User Centered Design Approach. In Proceedings of ASSETS'96, 1:94-101.
- Liu, K. (2000). Semiotics in Information Systems Engineering. Cambridge University Press, Cambridge.
- Luna, R.; Lawrence, W.T.; Sullivan, J.M.; Hall, R.; Hilgers, M.G.; Buechler, M. (2005). Learning System to Introduce GIS to Civil Engineers. In Proceedings of ACM SAC'05 Symposium on Applied Computing, 1:1737-1738.
- MapInfo (2006). MapInfo [on line]. Disponível em: <http://www.mapinfo.com/>. Último acesso: 16/01/2006.
- MapObjects (2006). MapObjects [on line]. Disponível em: <http://www.esri.com/software/mapobjects/>. Último acesso: 16/01/2006.
- Mapquest (2005). Mapquest [on-line]. Disponível em: <http://www.mapquest.com>. Último acesso: 10/04/2005.

- Mayhew, D.J. (1999). *The Usability Engineering Lifecycle*. Morgan Kaufman, San Francisco.
- MCT (2004). Ministério da Ciência e Tecnologia [on-line]. Disponível em: <http://www.mct.gov.br>. Último acesso: 11/08/2004.
- Merdes, M.; Häubler, J.; Jöst, M. (2004). 'SlidingMap': introducing and evaluating a new modality for map interaction. *Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces*. New York, NY, USA, 325-326.
- Melo, A.M.; Baranauskas, M.C.C.; Bonilha, F.F.G. (2004). Avaliação de Acessibilidade na Web com a Participação do Usuário: Um Estudo de Caso. VI IHC Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, Curitiba, PR.
- Melo, A.M.; Baranauskas, M.C.C. (2005). Design e Avaliação de Tecnologia Web-Acessível. JAI7 no XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Unisinos, RS.
- Morris, C.W. (1938). *Foundations of the theory of signs*. *International Encyclopedia of Unified Science*, 1 (2), University of Chicago Press, Chicago apud Liu, K. (2000) *Semiotics in Information Systems Engineering*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Morris, C. (1946). *Signs, Language and Behaviour*. New York, Prentice Hall – Braziller.
- Muller, M. J., Haslwanter, J. H. e Dayton, T. (1998). Participatory Practices in the Software Lifecycle. *Handbook of Human-Computer Interaction*, 2^a ed., Elsevier Science, p.255-297.
- Nakakoji, K., Gross, M.D., Candy, L., Edmonds, E. (2001). Tools, Conceptual Frameworks, and Empirical Studies for Early Stages of Design. In *ACM CHI2001*.
- Nielsen, J.; Landauer, T.K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. In *Proc. of ACM INTERCHI'93 Conf.*, 1:206-213.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press, Inc., San Diego.
- Nielsen, J. (1994). *Guerrilla HCI: Using discount usability engineering to penetrate the intimidation barrier in Cost Justifying Usability* (editors: Bias, R.G. e Mayhew, D.J.), Academic Press, Boston.

- Nielsen, J. (1999). *Design Web Usability*, New Riders Publish, Indianapolis, Indiana, USA.
- Nuseibeh, B. and Easterbrook E. (2000). *Requirements Engineering: A Roadmap*. ACM ICSE 2000, Limerick.
- Oliveira, J.L. de (1997). *Projeto e Implementação de Interfaces para Sistemas de Aplicações Geográficas*, tese de doutorado, IC-UNICAMP.
- Olsina, L.; Martin, M. de los A.; Fons, J.; Abrahão, S.M.; Pastor, O. (2003). *Towards the Design of a Metrics Cataloging System by Exploiting Conceptual and Semantic Web Approaches*. *Proceedings of ICWE 2003 International Conference on Web Engineering*. pp. 324-333.
- Opperman, R.; Reiterer, H. (1997). *Software Evaluating using the 9241 Evaluator*, *In Behaviour & Information Technology*, 16(4/5), 232-245.
- OSW (1995). *The Circulation Document*. *Organizational Semiotics Workshop*. Enschede apud Liu, K. (2000), *Semiotics in Information Systems Engineering*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Peirce, C.S. (1990). *Semiótica*. Ed. Contexto. Tradução de *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*.
- Pinelle, D.; Gutwin, C. (2003). *Task Analysis for Groupware Usability Evaluation: Modeling Shared-Workspace Tasks the Mechanics of Collaboration*. *In Proceedings of the ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 10(4):281-311.
- Pinto, J.K.; Onsrud, H.J. (1993). *Correlating adoption factors and adopter characteristics with successful use of GIS*, *Diffusion and Use of Geographic Information Technolog.*, (Dordrecht Kluwer), 165-194.
- Prado, A.B.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2000). *Cartography and Geographic Information Systems as Semiotic Systems*. *In Proc. 8th ACM GIS International Symposium*, Washington D.C., USA.
- Prado, A.B. (2001). *Contribuições da Abordagem Semiótica ao Estudo de Interfaces de Sistemas de Informação Geográfica*. *Dissertação de Mestrado*. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H. (2002). *Interaction Design*, John Wiley & Sons.

- Rocha, A.R.; Oliveira, K.M.; Rabelo Jr, A. (2001). Qualidade de Software Médico. SADIO – 4º Simposio Argentino de Informática y Salud.
- Rocha, H.V. da; Baranauskas, M.C.C. (2003). Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador. Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- Ross, M.(2002). Quality in Web Design for Visually Impaired User. In: Software Quality Journal, 10, Kluwer Academic Publishers, pp. 285–298.
- Rosson, M.B.; Carrol, J.M. (2002). Usability Engineering. Scenario-Based Development of Human-Computer Interaction. Morgan Kaufmann Publishers.
- Santaella, L. (1996), O que é Semiótica. 12.ed.. São Paulo: Editora Brasiliense.
- Seixas, M.L.A.; Souza, C.S. de (2004). Um Método de Avaliação para Interfaces baseadas em Mapas. Anais do VI Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, Curitiba, PR, 1:159-170.
- Schimiguel, J. (2002). Interface 3D de Aplicações SIG como Espaço de Comunicação. Dissertação de Mestrado. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas.
- Schimiguel, J.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2004a). Investigando Aspectos de Interação em Aplicações SIG voltadas ao Domínio Agrícola, Anais do VI Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, Curitiba, PR, 1:125-136.
- Schimiguel, J.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2004b). Inspecting User Interface Quality in Web GIS Applications. In Proceedings of VI Brazilian Symposium on GeoInformatics (GEOINFO2004), 1:201-219.
- Schimiguel, J.; Melo, A.M.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2005a). Accessibility as a Quality Requirement: Geographic Information Systems on the Web”. In Proceedings of CLIHC2005 Latin American Conference on Human-Computer Interaction (in ACM International Conference Proceeding Series), 124:8-19.
- Schimiguel, J.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2005b). Usabilidade de Aplicações SIG Web na Perspectiva do Usuário: Um Estudo de Caso. GEOINFO2005 Symposium on GeoInformatics, Campos do Jordão, SP.

- Schimiguel, J.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2006). Usabilidade de Aplicações SIG Web na Perspectiva do Usuário: um estudo de caso. *Revista IP Informática Pública*, v.8(1), Belo Horizonte, MG.
- Shumilov, S.; Thomsen, A.; Cremers, A.B.; Koos, B. (2002). Management and visualization of large, complex and time-dependent 3D objects in distributed GIS. *Proceedings of the 10th ACM international symposium on Advances in geographic information systems*. New York, NY, USA, 113-118.
- Simepar (2004). SIMEPAR Tecnologia e Informações Ambientais [on-line]. Disponível em: <http://www.simepar.br>. Último acesso: 11/08/2004.
- Simoni, C. A. C. and Baranauskas, M. C. C. (2004). The Practice of Software Development and the Organizational Semiotics Approach: A Case Study in Business Organizations. *The 7th International Workshop on Organizational Semiotics*. Portugal.
- Simoni, C.A.C, Bonacin, R. and Baranauskas, M.C.C. (2005a). Bringing Social Constructs to the Information System Development Process: Contributions of Organisational Semiotics. *ICEIS2005 – International Conference on Enterprise Information Systems*, Miami-USA.
- Simoni, C.A.C., Melo, A.M., Baranauskas, M.C.C. (2005b). Towards a Social-based Process for Information System Development: A Case Study. In: *The 8th International Workshop on Organisational Semiotics*, Toulouse, France.
- Stamper, R.K. (1973a). *Information*, Batsford, London and Wiley, New York.
- Stamper, R, K. (1973b). *Information in Business and Administrative Systems*. John Wiley and Sons, New York apud Liu, K. (2000) *Semiotics in Information Systems Engineering*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stamper, R.K. (1993). Social Norms in requirements analysis – an outline of MEASUR. In Jirotko, M., Goguen, J. and Bickerton, M. (eds.), *Requirements Engineering, Technical and Social Aspects*. Academic Press, New York.
- Strothotte, T.; Fritz, S.; Michel, R.; Raab, A.; Petrie, H.; Johnson, V. (1996). Development of Dialogue Systems for a Mobility Aid for Blind People: Initial Design and Usability Testing. In *Proceedings of ACM ASSETS'96*, 1:139-144.

- Svanaes, D.; Seland, G. (2004). Putting the Users Center Stage: Role Playing and Low-fi Prototyping Enable End Users to Design Mobile Systems. In Proceedings of CHI2004, 6(1):479-486.
- Tufte, E.R. (1990). *Envisioning Information*. Graphics Press, Cheshire Connecticut.
- Tufte, E.R. (1983). *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press, Cheshire Connecticut.
- Xu, B.; Qian, J.; Zhang, X.; Wu, Z.; Chen, L. (2005). A brief survey of program slicing. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. New York, NY, USA, pp. 1-36.
- W3C (2005a). *Evaluating Web Sites for Accessibility* [on-line]. Disponível em: <http://www.w3.org/>. Último acesso: 10/04/2005.
- W3C (2005b). *Web Content Accessibility Guidelines 1.0* [online]. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990505>. Último acesso: 10/04/2005.