

Este exemplar corresponde à redação final da
Tese/Dissertação devidamente corrigida e defendida
por: Juliano Schimiguel

e aprovada pela Banca Examinadora.

Campinas, 15 de junho de 2002

[Assinatura]
COORDENADOR DE PÓS-GRADUAÇÃO
CPG/IG

**Interface 3D de Aplicações SIG
como Espaços de Comunicação**

Juliano Schimiguel

Dissertação de Mestrado

Interface 3D de Aplicações SIG como Espaços de Comunicação

Juliano Schimiguel
Fevereiro de 2002

Banca Examinadora:

- Prof.^a Dr.^a Maria Cecília Calani Baranauskas (Orientadora)
- Prof. Dr. Sérgio Roberto Pereira da Silva
Departamento de Informática – UEM
- Prof. Dr. Alexandre Falcão
Instituto de Computação – UNICAMP
- Prof. Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira
Departamento de Ciência da Computação – FACCAMP

UNIDADE 80
Nº CHAMADA T/UNICAMP
Sch34i
V EX
TOMBO BC/ 50163
PROC 16.837/02
C DX
PREÇO R\$ 11,00
DATA 31/07/02
Nº CPD

CM00171053-0

BIB ID 249047

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

Schimiguel, Juliano

Sch34i Interface 3D de aplicações SIG como espaços de comunicação. /
Juliano Schimiguel – Campinas, [S.P. :s.n.], 2002.

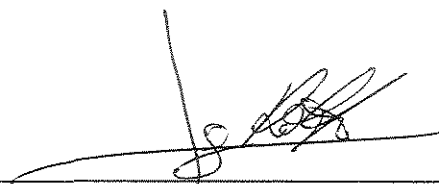
Orientadores: Maria Cecília Calani Baranauskas, Claudia Maria Bauzer
Medeiros

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Computação.

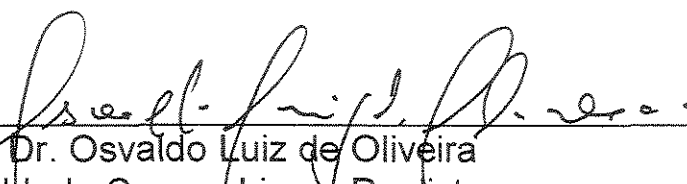
1. Interfaces de usuários (Sistemas de computador). 2. Semiótica. 3.
Sistemas de informação geográfica. 4. 3D visual. 5. Realidade Virtual. I.
Baranauskas, Maria Cecília Calani. II. Medeiros, Claudia Maria Bauzer. III.
Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. IV. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

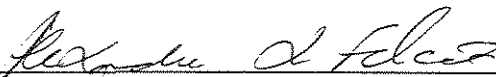
Tese defendida e aprovada em 22 de fevereiro de 2002, pela
Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores:



Prof. Dr. Sérgio Roberto Pereira da Silva
UEM



Prof. Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira
Faculdade Campo Limpo Paulista



Prof. Dr. Alexandre Xavier Falcão
IC - UNICAMP

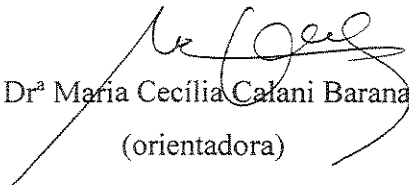


Profa. Dra. Maria Cecília Galani Baranauskas
IC - UNICAMP


200235137

Interface 3D de Aplicações SIG como Espaços de Comunicação

Campinas (SP), 22 de fevereiro de 2002.



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



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

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO, UNICAMP, COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.

© Juliano Schimiguel, 2002.
Todos os direitos reservados.

*Para minha mãe,
“...pela experiência que
me deu para a vida”*

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: sobretudo minha mãe e meu irmão, que mesmo sofrendo entenderam meu projeto de vida.
2. Professora Cecília: que sempre me acompanhou durante o andamento do trabalho, seja com comentários, críticas ou elogios. Pela pessoa maravilhosa que é, seja como professora, seja como pessoa.
3. Professora Claudia: por toda a insistência na precisão no desenvolvimento do trabalho. Isso foi de vital importância para o sucesso em nossas atividades.
4. Professor João Furquim de Souza: com ele aprendi a amar a vida científica
5. Luanda (e sua família): quantas vezes me motivou e não deixou que desanimasse de frente às dificuldades.
6. Grupo de Semiótica: em especial ao Alysson Prado, a Juliana Salles e o Osvaldo Oliveira.
7. Grupo de Bancos de Dados: as reuniões foram vitais para o direcionamento de nosso trabalho.
8. Colegas do Laboratório de Sistemas de Informação: são vários nomes, não posso citar todos.
9. Funcionários do Instituto de Computação: por todo o apoio dado para aqueles assuntos burocráticos, mas vitais para o andamento do trabalho.

Gostaria de destacar o suporte financeiro dado pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e pelo PRONEX-II MCT-SAI (Sistemas Avançados de Informação em Geoprocessamento). Sem eles, este projeto não poderia ser desenvolvido.

Resumo

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema voltado para manipulação, gerenciamento e visualização de dados geo-referenciados. O termo geo-referenciado denota dados que possuem representação em um sistema de coordenadas geográficas. Os SIG permitem a criação de aplicações para domínios específicos, como é o caso de planejamento urbano e ambiental. Uma aplicação envolve dados, algoritmos, funções e visualização (interface de aplicação). Existem duas categorias de SIG: SIG 2D e 3D. Os SIG 2D são restritos à representação 2D do espaço. Os SIG 3D permitem a criação de interfaces para aplicações que elevam a visualização geográfica para um nível mais alto de realidade visual. Entenda-se por realidade visual a visão que um ser humano tem do mundo real. Em nosso trabalho, estamos particularmente interessados na segunda categoria mencionada.

Apesar de serem sistemas com várias facilidades para manipulação de dados geográficos, os SIG pressupõem conhecimento do designer para aspectos específicos da tecnologia do sistema, restringindo seu uso apenas para pessoas envolvidas nesse domínio, como é o caso de técnicos em geo-processamento. Existe uma série de problemas conceituais que tornam o SIG mais distante da realidade percebida pelo designer potencial de aplicações, que começam com o próprio design da interface dessas ferramentas. Isto dificulta o processo de desenvolvimento de interfaces 3D para aplicações de Sistemas de Informação Geográfica.

O objetivo deste trabalho é o estudo e avaliação da modelagem de interfaces 3D para aplicações SIG. Um estudo de caso sobre o ArcView GIS 3D Analyst ilustra este estudo. Como forma de tratar o problema, propomos o uso de uma metodologia específica de bases semióticas denominada Espaço de Comunicação (Oliveira, 2000), para modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG. A Semiótica possibilita tratar as entidades como elementos a comunicar um significado, permitindo ao designer captar inconsistências que são importantes no (re)design da interface de aplicação SIG.

A metodologia adotada serviu de base ao desenvolvimento de uma camada de interface sobre o ArcView GIS 3D Analyst, denominada EComSIG. O objetivo do EComSIG é esconder a complexidade inerente à modelagem de interfaces 3D para aplicações SIG e, ao mesmo tempo, sistematizar o processo de design de interfaces 3D para tais aplicações.

As contribuições do trabalho são de duas naturezas: (i) teórica: com o estudo de interfaces para Sistemas de Informação Geográfica, considerando seus aspectos semióticos e (ii)

aplicada: com o desenvolvimento de um protótipo-teste para avaliar a relevância da solução abordada.

Abstract

A Geographical Information System (GIS) is a system that deals with manipulation, administration and visualization of geo-referenced data. The term geo-referenced denotes data that possess representation in a system of geographical coordinates. GIS allows the creation of applications for specific domains, as is the case of urban and environmental planning. An application involves data, algorithms, functions and visualization (application interface). There are two GIS categories: 2D GIS and 3D GIS. 2D GIS are restricted to the 2D representation of the space. 3D GIS allow the creation of interfaces for applications that raise the geographical visualization to a higher level of visual reality. We mean by visual reality, the vision that a human being has of the real world. In our work, we are particularly interested in the second mentioned category.

Despite being systems with several facilities for manipulation of geographical data, GIS presuppose knowledge of the designer for specific aspects of the technology of the system, thus restricting its use only to people involved in that domain, as is the case of the geo-processing technicians. There is a series of conceptual problems that makes the GIS distant of the reality noticed by the potential designer of applications; these problems start with the design of the interface of those tools, itself. This makes difficult the development process of 3D interfaces for applications of Geographical Information Systems.

The objective of this work is the study and evaluation of the modelling of 3D interfaces for GIS applications. A case study on ArcView GIS 3D Analyst illustrates this study. As a way of dealing with the problem, we propose the use of a specific methodology of semiotic basis denominated Communication Space (Oliveira, 2000), for modelling 3D interfaces of GIS applications. Semiotics allows to deal with the entities as elements which communicate a meaning, enabling the designer to capture inconsistencies that are important in the (re)design of the 3D interface.

The adopted methodology served as a basis to the development of an interface layer on ArcView GIS 3D Analyst, denominated EComSIG. The objective of EComSIG is to hide the inherent complexity of the modelling of 3D interfaces for GIS applications and, at the same time, to systematize the process of designing 3D interfaces for such applications.

The contributions of the work are of the two natures: (i) theoretical: with the study of interface aspects for Geographical Information Systems, considering its semiotic aspects

and (ii) applied: with the development of a prototype to evaluate the relevance of the approached solution.

Sumário

Resumo	X
Abstract	XII

INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E METODOLOGIA 1

O CONTEXTO DO TRABALHO: INTERFACES 3D DE APLICAÇÕES EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA..... 7

2.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG): DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS	7
2.1.1 APLICAÇÕES DE SIG	11
2.1.2 FUNCIONALIDADES DE SIG	11
2.1.3 CONCEITOS ENVOLVIDOS NA MODELAGEM DE UMA APLICAÇÃO SIG	12
2.1.4 DIMENSIONALIDADE DE DADOS ESPACIAIS	13
2.1.5 CONCEITOS SUBJACENTES À MODELAGEM EM SIG	16
2.2 RELEVÂNCIA DE VISUALIZAÇÃO 3D EM SIG.....	20
2.3 OUTROS TRABALHOS RELACIONADOS A INTERFACES PARA SIG	22
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	24

UM ESTUDO DE CASO – O ARCVIEW GIS 3D ANALYST 25

3.1 CONCEITOS INICIAIS E A PROBLEMÁTICA DA MODELAGEM DE INTERFACES 3D DE APLICAÇÕES NO ARCVIEW GIS 3D ANALYST	25
3.2 FUNCIONALIDADES DO ARCVIEW GIS 3D ANALYST	29
3.2.1 CRIAÇÃO DE INTERFACES PARA APLICAÇÕES SIG.....	29
3.2.2 EXEMPLO DE MODELAGEM DE UMA INTERFACE DE APLICAÇÃO SIG NO ARCVIEW GIS 3D ANALYST	32
3.3 ANÁLISE DE INTERFACE DO ARCVIEW GIS 3D ANALYST.....	36
3.3.1 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA	37
3.3.2 PERCURSO COGNITIVO	42
3.3.3 ANÁLISE SEMIÓTICA	45
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

<u>A METODOLOGIA ESPAÇO DE COMUNICAÇÃO NO CONTEXTO DE APLICAÇÕES SIG.....</u>	<u>59</u>
4.1 METODOLOGIAS PARA DESIGN E AVALIAÇÃO DE INTERFACES 3D.....	59
4.2 A METODOLOGIA ESPAÇO DE COMUNICAÇÃO	63
4.2.1 MODELOS APLICADOS AO PROCESSO	68
4.3 A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES 3D DE APLICAÇÕES SIG	70
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
<u>O PROTÓTIPO QUE IMPLEMENTA O REFERENCIAL DA METODOLOGIA: O ECOMSIG.....</u>	<u>85</u>
5.1 DESIGN E IMPLEMENTAÇÃO DO ECOMSIG	85
5.2 ANÁLISE GOMS APLICADA AO ECOMSIG E AO ARCVIEW GIS 3D ANALYST	99
5.2.1 RESULTADOS COMPARATIVOS OBTIDOS COM A ANÁLISE GOMS	100
5.3 TESTE-PILOTO COM USUÁRIOS	104
5.3.1 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE HEURÍSTICAS DE INTERFACE	109
5.3.2 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE EXPRESSÕES DA INTERFACE	111
5.4 DISCUSSÃO	118
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
<u>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</u>	<u>123</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>129</u>
<u>GLOSSÁRIO.....</u>	<u>139</u>
<u>AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DO ARCVIEW GIS 3D ANALYST.....</u>	<u>143</u>
<u>TESTE DO PERCURSO COGNITIVO PARA O ARCVIEW GIS 3D ANALYST</u>	<u>159</u>
<u>DOCUMENTO UTILIZADO NA ANÁLISE SEMIÓTICA DOS SINAIS DE INTERFACE DO ARCVIEW GIS 3D ANALYST</u>	<u>169</u>

<u>DESCRIÇÃO DAS TELAS DO ECOMSIG</u>	<u>183</u>
--	-------------------

<u>DESCRIÇÃO EM GOMS DAS INTERAÇÕES NA INTERFACE DO ARCVIEW GIS 3D ANALYST</u>	<u>205</u>
---	-------------------

<u>DESCRIÇÃO EM GOMS DAS INTERAÇÕES NA INTERFACE DO ECOMSIG.....</u>	<u>211</u>
---	-------------------

<u>TESTE-PILOTO COM USUÁRIOS.....</u>	<u>217</u>
--	-------------------

INFORMAÇÕES SOBRE O TESTE DE USABILIDADE	219
MODELAGEM DE APLICAÇÕES SIG: TAREFA (VERSÃO 1).....	221
MODELAGEM DE APLICAÇÕES SIG: TAREFA (VERSÃO 2).....	223
PROCESSO DE MODELAGEM DE APLICAÇÕES SIG: QUESTIONÁRIO	225
AVALIANDO SINAIS DA INTERFACE	227
AValiação Heurística de Elementos da Interface	229

Capítulo

1

Introdução, Objetivos e Metodologia

Um dos objetivos dos cartógrafos ao construir mapas é atribuir significado à representação de informações geográficas (Collinson, 1997). Linhas, pontos e símbolos, entretanto, não se ajustam à nossa maneira de “perceber” o mundo real. Os Sistemas de Informação Geográfica deveriam buscar um equilíbrio entre as possibilidades da percepção humana por um lado e a realidade espacial por outro, a exemplo do que a própria Cartografia originalmente intencionava (Prado et al., 2000a; Prado et al., 2000b).

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um software voltado para gerenciamento de dados geo-referenciados. O termo geo-referenciado denota dados que estão explicitamente ligados a coordenadas geográficas. Dados geo-referenciados são definidos a partir de dois componentes: posição (localização sobre a Terra) e atributos não-espaciais (características descritivas). Por exemplo, uma propriedade rural tem atributos não espaciais, como nome do proprietário ou valor venal. A partir do momento em que sua localização é definida usando algum sistema de coordenadas, a propriedade passa a ser um objeto geo-referenciado. Esses sistemas permitem o desenvolvimento de aplicações em que relacionamentos espaciais são importantes.

Um SIG oferece ao desenvolvedor de aplicações um grande conjunto de funções que permitem processamento espacial dos dados e sua apresentação cartográfica, através de mapas bidimensionais. Além disso, um SIG integra frequentemente 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 aplicações. Estas aplicações permitem explicar eventos, prever resultados e planejar estratégias relativas a situações onde a dimensão espacial é importante.

As funções disponíveis nos SIG, aliadas aos dados utilizados, limitam as aplicações desenvolvidas a um espaço de visualização de representações bidimensionais. Os SIG tradicionais apresentam a informação de uma forma que nem sempre facilita a visualização de acordo com a realidade visual do usuário.

Em meados da segunda metade da década de noventa, houve um aumento no interesse por visualização 3D no contexto geográfico, principalmente no domínio de sistemas urbanos. A importância de visualização 3D em SIG advém da proximidade entre a interface 3D de aplicação e o mundo real. Representações em três dimensões possibilitam aos usuários lidarem com imagens associadas diretamente à sua experiência no mundo; além disso, permitem avaliar de forma mais clara os problemas referentes a um determinado domínio.

Um dos Sistemas de Informação Geográfica mais difundidos no mercado, o sistema ArcView GIS, possui um módulo denominado ArcView GIS 3D Analyst, para gerenciamento de dados e visualização 3D. O ArcView GIS 3D Analyst permite a criação de interfaces para aplicações que elevam a visualização geográfica e análise para um nível mais alto de realidade visual.

Com o objetivo de aproximar o SIG da perspectiva do usuário, pretendemos adotar a modelagem tridimensional para interfaces de aplicações de SIG, como forma de facilitar o planejamento e análise dos dados representados (Verbree et al., 1999). Segundo Collinson (1997), não conseguimos identificar, por exemplo, penhascos e depressões, em mapas; é necessário usar a legenda. Ao contrário, conseguimos fazer isso em um SIG 3D, pois existem pontos ou ângulos de visões diferentes, além de informações específicas como profundidade, volume ou altitude, etc.

A forma de criar interfaces 3D no ArcView GIS 3D Analyst é através da chamada cena 3D (*3D scene*), que pode ser caracterizada como um ambiente virtual *desktop*. Entre os tipos de interface existentes, ambientes virtuais representam a forma mais avançada de interface com o usuário, sob o ponto de vista de sua possibilidade de imersão. Eles permitem sensações de envolvimento, interação e exploração do mundo representado, possibilitando o trabalho com dados extremamente complexos em um ambiente de manipulação mais próximo da prática de percepção do ser humano. Existem três classes de ambientes virtuais: os ambientes virtuais altamente aparelhados, os *fish-tank* e os *desktop*. Os ambientes

virtuais altamente aparelhados usam um conjunto de dispositivos físicos para interação. Os ambientes virtuais *fish-tank* permitem poucas possibilidades de interação, a única movimentação possível é a da cabeça. Os ambientes virtuais *desktop* surgiram como uma alternativa de baixo custo para os ambientes virtuais altamente aparelhados. Seu desenvolvimento foi impulsionado pelo surgimento da VRML (*Virtual Reality Modeling Language*). Há muitos exemplos de tais ambientes, principalmente voltados para entretenimento. É o caso do Grand Prix II (Microprose, 1996), um ambiente que simula corridas de fórmula 1, com reprodução de detalhes de corridas reais.

A habilidade de produzir e visualizar iterativamente idéias de design é amplamente reconhecida como tarefa importante em design urbano e arquitetura. Os planejadores, ao usarem sua interpretação sobre desenvolvimentos sociais, culturais e econômicos, gradualmente criam um “mapa mental” da estrutura espacial que melhor servirá às necessidades de uma população futura (Singh, 1996). Atualmente, na literatura, existem várias técnicas e metodologias para design e avaliação de ambientes 3D. Entretanto, essas técnicas apresentam problemas, como a falta de sistematização do processo, bem como a carência de padrões para documentação das atividades de (re)design.

Embora seja um sistema com várias facilidades para criação de ambientes virtuais 3D, o processo de modelagem de interfaces 3D de aplicações no ArcView GIS 3D Analyst pressupõe conhecimento do designer para aspectos específicos da tecnologia do sistema. Os planejadores ou designers potenciais de uma aplicação SIG são profissionais não necessariamente habituados à complexidade inerente ao design da interface desses sistemas. Segundo Câmara et al. (1999), os avanços em modelagem de dados necessitam ser refletidos na interface do sistema, evitando referência explícita para representações computacionais e permitindo ao usuário se concentrar nos dados geográficos.

A qualidade da interface de usuário tem uma grande relação com a utilidade do Sistema de Informação Geográfica; entretanto, ela não tem sido um ponto forte em SIG (Egenhofer e Frank, 1988). Para incrementar a eficiência de SIG, a interface de usuário deve prover um modelo conceitual simples do que está acontecendo no banco de dados (Collins et al., 1983).

Uma das principais deficiências encontradas na interface desses sistemas é a existência de expressões de interface desprovidas de significação, no que se refere ao domínio de aplicação de tais sistemas. Dessa forma, devemos lançar mão de alguma disciplina que estude a expressão e comunicação em interfaces. A Semiótica é a ciência que estuda os signos e a sua vida na sociedade. Ela teve origem há mais ou menos dois mil anos (Eco,

1976) e muito tem sido escrito sobre sua aplicação em diversos campos do conhecimento humano.

Para desenvolver aplicações sobre Sistemas de Informação Geográfica, além dos problemas de usabilidade existentes na interface desses sistemas, o designer de uma aplicação SIG ainda precisa entrar em contato com operações, funções e conceitos nem sempre familiares à sua realidade. A interface dos sistemas SIG não tem apresentado sinais de interface expressivos e que comuniquem o seu significado. Não há um esforço explícito de se aproximar o design dessas ferramentas a outras de uso cotidiano dos designers de uma aplicação, além disso, não existem padrões pré-definidos de interface, que considerem designers de aplicação com conhecimento diversificado. A base conceitual necessária para uso desses sistemas envolve desde conceitos do próprio sistema (*theme, feature, view*), estruturas de dados (*TINs, Grids*) e operações (*extrude, base-height*), específicas do domínio geográfico.

O objetivo deste trabalho é estudar as possibilidades e restrições de interfaces 3D como um novo recurso para aplicações específicas no domínio de SIG. O foco do trabalho será centrado nos aspectos de design e modelagem da interface de aplicações desenvolvidas sobre esses sistemas, ressaltando aspectos da Interação Humano-Computador. A pesquisa aqui descrita utilizou formalismos baseados na Semiótica (Oliveira e Baranauskas, 1999; Oliveira, 2000) para o processo de modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG. A metodologia utilizada é de bases semióticas; ela considera a criação de aplicações como um processo cíclico, onde protótipos do ambiente virtual são continuamente desenvolvidos, usados e avaliados. Com a aplicação da metodologia, pretendemos abstrair parte da complexidade inerente ao processo de modelagem de aplicações SIG 3D e ao mesmo tempo proporcionar um processo de design para a interface de aplicações SIG mais ajustado ao contexto da representação 3D nesse domínio.

A metodologia de modelagem da aplicação SIG aqui proposta é baseada no trabalho de Oliveira (2000) onde interface é entendida como um Espaço de Comunicação entre entidades. Nessa abordagem, a interface é composta de entidades computacionais (objetos da interface) e entidades humanas (o usuário como parte integrante da interface) que se comunicam.

Em um primeiro instante, realizamos uma revisão na literatura, em relação ao estado da arte em interfaces 3D para SIG. Essa fase envolveu o levantamento e avaliação de algumas ferramentas SIG 2D e 3D existentes no mercado e meio acadêmico. Realizamos um estudo de caso sobre o ArcView GIS 3D Analyst, uma das ferramentas SIG 3D levantadas, com

aplicação de técnicas para avaliação de interfaces considerando diferentes perspectivas para essa análise (aspectos de usabilidade, aspectos cognitivos e semióticos). Essa análise é importante para identificação dos problemas provenientes do design da interface de SIG. Esses problemas envolvem desde questões relacionadas à interface de usuário de SIG, a elementos conceituais necessários ao uso de tais sistemas, restringindo o uso desses sistemas a designers de aplicações com habilidades e conhecimentos específicos em SIG. Como forma de abstrair parte da complexidade inerente à modelagem de interfaces 3D para aplicações SIG, além de sistematizar o processo, estamos considerando o uso da metodologia Espaço de Comunicação. Um protótipo de uma camada de interface sobre o ArcView GIS 3D Analyst, foi desenvolvido e testado com base na metodologia. As contribuições esperadas do trabalho envolvem: o estudo de aspectos de interface para aplicações SIG 3D e, em especial, seus aspectos semióticos; e o desenvolvimento de uma camada de interface para criação de aplicações SIG 3D, para uma área do conhecimento onde pouco ainda foi feito em termos de implementação.

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: no Capítulo 2 descrevemos o contexto do trabalho que envolve conceitos relacionados a Sistemas de Informação Geográfica e a relevância de visualização 3D em SIG. Além disso, apresentamos alguns trabalhos correlatos em design de interfaces para SIG. No Capítulo 3, realizamos um estudo de caso com o ArcView GIS 3D Analyst, onde levantamos suas funcionalidades, identificamos problemas na modelagem de interfaces de aplicações geográficas e realizamos a modelagem de uma interface de aplicação SIG. Na continuidade desse Capítulo, descrevemos algumas técnicas para análise de interfaces em SIG e ilustramos os resultados de aplicação dessas técnicas ao nosso estudo de caso. No Capítulo 4, apresentamos a metodologia que será objeto de investigação e implementação neste trabalho – a Interface entendida como um Espaço de Comunicação – e ilustramos sua aplicação ao domínio de interfaces de aplicações em SIG. O Capítulo 5 descreve uma ferramenta que implementamos, o EComSIG (Espaço de Comunicação para Sistemas de Informação Geográfica). Este sistema consiste em uma camada de interface que implementa o referencial da metodologia sobre o sistema ArcView GIS 3D Analyst. Alguns resultados de teste-piloto realizados sobre essa camada de interface são também apresentados. No Capítulo 6, discutimos e concluímos este trabalho, destacando alguns tópicos de interesse para trabalhos futuros.

Capítulo 2

O Contexto do Trabalho: Interfaces 3D de Aplicações em Sistemas de Informação Geográfica

Neste capítulo, descrevemos o domínio envolvido neste trabalho e sua problemática. Inicialmente introduzimos os vários conceitos relacionados a Sistemas de Informação Geográfica, bem como suas funcionalidades principais e áreas de aplicação. Reservamos uma seção para descrever conceitos importantes relacionados à modelagem de aplicações para Sistemas de Informação Geográfica 3D, como por exemplo, as pessoas envolvidas no processo e os componentes de uma aplicação SIG. Na sequência, destacamos aspectos da dimensionalidade de dados espaciais, além disso, diferenciamos espaços de representação 2D, 3D e também 2.5D. O tipo de interface com o usuário que estamos particularmente interessados são as interfaces 3D; dessa forma, destacamos a relevância de visualização 3D em SIG. Na sequência, apresentamos alguns trabalhos com relação a design de interfaces para SIG.

2.1 Sistemas de Informação Geográfica (SIG): Definições e Conceitos Básicos

Nas últimas décadas, a informação geográfica passou a desempenhar um papel fundamental em diversos tipos de organizações, como por exemplo, operadoras de serviços públicos, prefeituras municipais, empresas turísticas, entre outras. Se ela for estruturada e organizada

de maneira adequada, pode auxiliar no processo de tomada de decisão para planejamento em diferentes esferas e escalas do ambiental ao urbano.

O primeiro SIG foi criado, em 1964, pelo Dr. Roger Tomlinson, no Canadá, mas seu trabalho só foi publicado seis anos depois. Nesse sistema, o objetivo foi realizar uma tradução direta de técnicas tradicionais da cartografia para técnicas no computador. O SIG surgiu como uma resposta para os complexos problemas relacionados a planejamento ambiental. Na década de 80, surgiram, nos Estados Unidos e Canadá, as primeiras versões comerciais de SIG. Além disso, o governo desses dois países passou a apoiar a produção na área. Os anos 90 foram marcados pelo alto desenvolvimento tecnológico na área de computação e a manipulação de informação digital passou a fazer parte de estratégias de governo. Dados geográficos fazem parte desta base estratégica.

Sistemas de Informação Geográfica podem ser definidos como sistemas de informação construídos para armazenar, analisar e manipular dados geográficos (geo-referenciados), ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável para tratá-los (Câmara et al., 1996). Um dado geo-referenciado descreve uma entidade geográfica através de três componentes:

1. **Posição Geográfica:** a localização física, na Terra, da entidade geográfica descrita. Permite inferir relacionamentos geométricos e topológicos entre entidades. Por exemplo, limites administrativos, redes, pontos de localização de montanhas, são todas características geográficas usadas para prover uma referência para, respectivamente, contagem de censo, fluxo da água de rios, estrutura de construções, entre outros. Em SIG, a posição geográfica é vista como mais importante que o atributo não-espacial. A existência em SIG de funções para manipular dados de localização diferenciam estes sistemas de outros sistemas de informação.
2. **Atributos não-espaciais:** dados convencionais que estabelecem características e propriedades descritivas de cada entidade geográfica. Se a entidade geográfica é um imóvel, exemplos de atributos não-espaciais são: nome do proprietário, endereço, valor venal de propriedade, entre outros.
3. **Tempo:** a data ou período a que se refere o dado geo-referenciado. O tempo pode se referir à data em que o dado tem validade ou à data de sua captura. Atributos do tipo tempo raramente são associados a dados geográficos, apesar de sua importância.

SIGs são vistos por alguns autores como casos especiais de sistemas de informação (Man, 1988; Carter, 1989). A informação é derivada da interpretação de dados, que são representações simbólicas de determinadas propriedades (Benyon, 1990). O valor da informação depende de muitos fatores incluindo o contexto ao qual ela é aplicada e o custo de armazenamento, manipulação e apresentação. Informação é agora um “bem com valor”, que pode ser comprado e vendido por um alto preço (Openshaw e Goddard, 1987).

Entre outras definições para SIG encontradas na literatura podemos destacar:

“Um caso especial de sistema de informação onde o banco de dados consiste de observações sobre características distribuídas espacialmente, atividades ou eventos, que são definidos no espaço sobre pontos, linhas ou áreas. Um SIG manipula dados sobre esses pontos, linhas e áreas, recuperando dados para consultas e análise” (Dueker, 1979; p.106).

“Um conjunto automático de funções que provêm os profissionais com capacidades avançadas para armazenamento, recuperação, manipulação e visualização de dados localizados geograficamente” (Ozemoy et al., 1981; p.92).

“Um sistema de suporte à decisão envolvendo a integração de dados referenciados espacialmente em um ambiente de resolução de problemas” (Cowen, 1988; p.1554).

“Um sistema com capacidades avançadas de geo-modelagem” (Koshkariov et al., 1989; p.259).

“Uma entidade institucional, refletindo uma estrutura organizacional que integra tecnologia com um banco de dados, expertise e suporte financeiro contínuo” (Carter, 1989; p.3).

“Um Sistema de Informação Geográfica é um recurso para preparar, apresentar e interpretar fatos relativos à superfície da terra” (Tomlin, 1990; p.11).

“Uma coleção organizada de hardware e software de computador, dados geográficos, além de um grupo de pessoas para eficientemente capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e mostrar todas as formas de informação referenciadas geograficamente” (Esri, 1995).

“Um conjunto integrado de ferramentas de software para armazenamento, integração e análise de dados localizados espacialmente” (Walker, 1996).

“Um sistema de informação que é projetado para trabalhar com dados referenciados por coordenadas espaciais ou geográficas” (Easson, 1999).

“Uma combinação de hardware e software SIG usados para manipular, armazenar, recuperar, visualizar e analisar dados espaciais” (Mills, 2001).

“Um sistema de computador capaz de reunir, armazenar, manipular e mostrar informação referenciada geograficamente, ou seja, a identificação de dados de acordo com suas localizações” (USGS, 2001).

Muitas das definições mostradas anteriormente são gerais e cobrem uma larga faixa de assuntos e atividades. Todas elas, no entanto, têm uma característica em comum: SIGs são sistemas que trabalham com informação geográfica.

Existe uma grande diversidade de fontes e formatos de dados geo-referenciados, tais como: imagens de satélite, dados de censo, fotografias aéreas, dados de GPS (Sistema de Posicionamento Global) e mapas (analógicos ou digitais). Uma vez armazenados em SIG, estes dados se classificam em espaciais (descrevem a geometria e a localização de uma entidade geográfica), convencionais (valores tradicionalmente manipulados por SGBD – Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados) e pictóricos (imagens de diversos tipos).

O principal fator que diferencia um SIG de outros tipos de sistemas de informação é o conjunto de funções de análise disponíveis, que podem utilizar, de modo integrado, todos os componentes da informação geo-referenciada. Dessa forma, um SIG deve permitir ao usuário desenvolver aplicações que lidem com a natureza espaço-temporal dos dados geo-referenciados.

Os SIG reúnem funcionalidades presentes em vários outros sistemas, como por exemplo, ferramentas gráficas, sistemas gerenciadores de bancos de dados, ferramentas de análise estatística, entre outras. O desenvolvimento de uma tecnologia baseada em computador para representação e análise de dados geográficos envolve um grande número de outros domínios do conhecimento. Os Sistemas de Informação Geográfica têm origem na Geografia e Cartografia e seu desenvolvimento não seria possível sem contribuições de outras disciplinas como Processamento de Imagens, Computação Gráfica, Geometria

Computacional, Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD), Engenharia de Software e Sensoriamento Remoto.

2.1.1 Aplicações de SIG

Uma aplicação geográfica é um programa que manipula dados geo-referenciados armazenados em um SIG (Lopes, 1997). As aplicações geográficas definem requisitos de informação que permitem classificá-las em três categorias:

1. **Aplicações Urbanas ou Sócio-Econômicas:** voltadas para aspectos de infra-estrutura urbana, de controle populacional e de administração de propriedades. Exemplos englobam: gerência de redes (água, energia, telecomunicações, transportes); localização e distribuição de serviços públicos (hospitais, escolas); controle de censo, análise mercadológica e administração de impostos sobre propriedades, entre outras.
2. **Aplicações Ambientais:** voltadas para o aproveitamento e conservação de recursos naturais. Exemplos incluem: modelagem da natureza (estudos climáticos, controle de agentes poluidores, análise de processos de desertificação e de destruição de coberturas vegetais); previsão, detecção e prevenção de fenômenos devastadores (terremotos, furacões); inferência de fatores que originam fenômenos naturais (ocorrência de minérios, mudanças no ecossistema), etc.
3. **Aplicações Gerenciais:** envolvem informações qualitativas sobre aplicações urbanas e ambientais. O objetivo é apoiar a formulação e o acompanhamento de políticas de desenvolvimento urbano e de uso de recursos naturais. Aplicações típicas envolvem tomada de decisão baseada em informações geo-referenciadas.

2.1.2 Funcionalidades de SIG

O conjunto de funções oferecidas por um SIG é amplo, não havendo um consenso sobre todas as funções que devem estar presentes (Maguire et al., 1991; Maguire e Dangermond, 1991; Raper e Maguire, 1992; Worboys, 1995). Apesar dessa variedade de funções, existe um conjunto básico de funcionalidades que devem ser consideradas. Uma taxonomia destas funções foi apresentada por Oliveira et al. (1997) segundo a perspectiva funcional da interface do SIG.

1. **Entrada e Conversão:** compreende o conjunto de funções que precisam ser aplicadas antes da efetiva utilização dos dados no SIG. Essas funções se caracterizam pelo uso

intensivo de recursos computacionais (processamento e entrada/saída), e podem introduzir grandes volumes de dados no sistema.

2. **Modelagem:** são as funções que definem os conceitos e abstrações importantes para cada tipo de aplicação. Permitem a especificação não apenas dos dados (modelagem de dados), mas também dos processos (modelagem de processos) utilizados nas aplicações.
3. **Recuperação e Análise:** são as funções que tratam da busca, manipulação e transformação integrada de dados convencionais e geo-referenciados. Elas caracterizam a principal diferença entre SIG e outros sistemas de informação.
4. **Apresentação:** neste grupo estão as funções que transformam a saída dos resultados de consultas e funções de análise para formatos que podem ser mais facilmente interpretados pelo usuário. Estas funções permitem que um mesmo conjunto de resultados seja visualizado de diferentes maneiras.

Com relação a essa taxonomia, estamos particularmente preocupados com as funções de Apresentação do Sistema de Informação Geográfica. Elas se ocupam da visualização dos dados, que é o que os usuários enxergam. A maioria dos SIG existentes atualmente no mercado lidam com representação e apresentação 2D dos dados, mas os interesses e os desenvolvimentos em pesquisa estão aumentando consideravelmente em direção a ferramentas do tipo SIG 3D. Na Seção 2.1.3, destacamos alguns conceitos envolvidos na modelagem de aplicações SIG, como as pessoas e os elementos envolvidos no processo.

2.1.3 Conceitos Envolvidos na Modelagem de uma Aplicação SIG

No contexto computacional, uma “aplicação” é um software desenvolvido a partir de requisitos dos usuários. Uma aplicação SIG é um software que usa dados geo-referenciados e é desenvolvido usando um Sistema de Informação Geográfica. Nesta dissertação, ao nos referirmos a uma aplicação SIG, estaremos nos referindo tanto aos dados que compõem a aplicação como também à visualização usada para esses dados. Isso ocorre porque dados e visualização estão presos um ao outro e grande parte das funções executadas sobre a aplicação geram mudanças com relação aos dados e com relação à visualização.

No processo de criação de aplicações SIG algumas pessoas devem ser consideradas, entre elas:

1. Designer do SIG: é o profissional que cria a estrutura funcional do Sistema de Informação Geográfica. O designer do SIG ganha destaque quando um SIG está sendo desenvolvido.
2. Designer da Interface do SIG: é o projetista do design da interface do Sistema de Informação Geográfica. Assim como o designer do SIG, o designer da interface do SIG trabalha durante a criação de um SIG.
3. Designer da aplicação SIG: é o modelador de uma aplicação SIG. A aplicação envolve dados e visualização.
4. Usuário de uma aplicação SIG: é quem usa a aplicação SIG para algum fim, criada pelo designer da aplicação. O usuário também pode ser o próprio designer da aplicação.

No contexto de nosso trabalho, os designers de aplicações SIG são profissionais com conhecimento no domínio de aplicação e na tarefa pretendida mas não necessariamente com conhecimento em Sistemas de Informação Geográfica e em modelagem de aplicações; por exemplo, um designer de aplicação SIG que tenha conhecimento somente na área de planejamento urbano. Se o designer de aplicação SIG for também o usuário dessa aplicação, no início do processo de modelagem não será necessário levantar informações com relação ao domínio de aplicação da aplicação SIG. Informações do tipo: objetivos da aplicação, restrições, etc; isso porque o designer e o usuário são a mesma pessoa.

Quando estamos falando do módulo de visualização de uma aplicação SIG, estamos falando da interface que a aplicação SIG tem com o designer da aplicação. A interface de aplicação SIG permite ao designer visualizar os dados armazenados, através de várias formas de apresentação: tabelas, gráficos, mapas, ambientes 3D, etc. Uma interface de aplicação geográfica permite ao designer visualizar os dados geográficos, além da possibilidade de interagir com entidades geográficas, através de mapas. Uma interface 3D de aplicação geográfica, além da visualização de dados geográficos, é acrescida da possibilidade de interação em um ambiente virtual em 3D. Na próxima seção, destacamos a dimensionalidade de dados espaciais, diferenciando os espaços de representação 2D, 3D e também as chamadas representações 2.5D.

2.1.4 Dimensionalidade de Dados Espaciais

Dados espaciais geo-científicos podem ser representados em dois contextos dimensionais: 2D, onde um objeto espacial ou região é definida em um espaço 2D, através dos eixos x e y ,

e 3D, onde um objeto espacial ou domínio é estendido para um espaço 3D definido pelos eixos x , y e z .

O uso de representação 2D tem sido geralmente denominado de “objetos no plano” ou “campos de observação” (Goodchild, 1991). A maioria das ferramentas SIG disponíveis comercialmente são projetadas para processar dados espaciais 2D apenas. Alguns sistemas possuem capacidades limitadas em 3D para a modelagem de superfícies, simplesmente associando um atributo para valores z (tal como a elevação¹) para conjuntos de localizações x e y . Nesse caso, somente as localizações x e y são armazenadas e o valor z é calculado dinamicamente, não sendo armazenado no banco de dados.

Entretanto, muitas formas de análise geo-científica procuram colecionar dados sobre objetos espaciais e domínios que envolvem as propriedades de objetos volumétricos da Terra ou da atmosfera, e compõem um espaço 3D. Uma completa representação desse tipo de dados requer a definição de cada localização a partir de um sistema de coordenadas x , y e z . A seguir definimos os esquemas de visualização 2D, 3D e também o sistema 2.5D, utilizados no contexto de apresentação cartográfica em SIG.

1. **Visualização 2D:** uma apresentação plana onde os valores z são eliminados ou projetados sobre um plano 2D e objetos bidimensionais podem ser visualizados, conforme pode ser verificado na Figura 2.1.4.a.

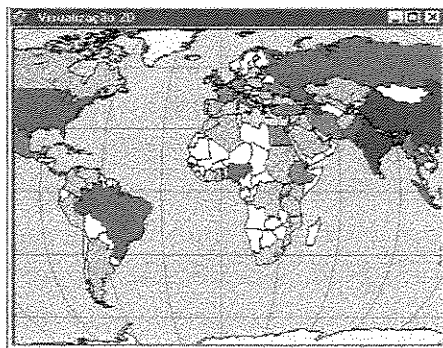


Figura 2.1.4.a: Visualização 2D

2. **Visualização 2.5D:** a visualização 2.5D é uma representação intermediária entre as visualizações 2D e 3D. Isso acontece porque ela possui uma informação 3D associada,

¹ A Elevação é uma forma de criar objetos 3D a partir de sua representação 2D, por adição de altura (valor z) para cada ponto (x,y) que compõe os objetos do ambiente ou, ainda, atribuindo elevação ao longo de uma linha (reta ou não) com origem no centro do polígono que se quer atribuir a elevação e destino em algum ponto no espaço.

por exemplo, fornecida por tonalidades de cor; entretanto a representação é 2D. A representação da 3ª dimensão é feita usando um Modelo de Elevação Digital (DEM), que será descrito na sequência. Um exemplo de visualização 2.5D é apresentado na Figura 2.1.4.b.



Figura 2.1.4.b: Visualização 2.5D (Ordem das cores – ou textura – para representação de altura, começando da região mais alta e terminando com a mais baixa: branco, rosa, vermelho, alaranjado, amarelo, verde claro, verde escuro)

- 3. Visualização 3D:** utiliza modelos sólidos 3D de computação gráfica. Localizações x , y , z são organizadas dentro de uma estrutura sólida e visualizadas em visão perspectiva, com múltiplas ocorrências de z (Figura 2.1.4.c). Esse tipo de visão é uma analogia de um espaço físico habitado por observadores humanos, e permite uma especificação do comportamento dinâmico 3D do fenômeno observado, dentro dos limites do modelo geométrico. A representação volumétrica comum à maioria dos sistemas CAD em engenharia e arquitetura é referenciada como representação 3D.

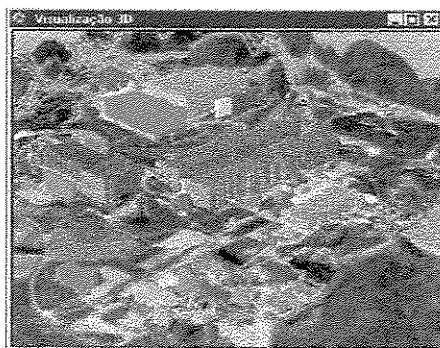


Figura 2.1.4.c: Visualização 3D

A interface de aplicação SIG pode permitir visualização 2D, 2.5D ou 3D. A seguir, descrevemos alguns conceitos importantes na modelagem de uma interface de aplicação em Sistemas de Informação Geográfica.

2.1.5 Conceitos Subjacentes à Modelagem em SIG

A modelagem de aplicações SIG envolve vários conceitos, que vão desde a engenharia de software e modelagem de bancos de dados até as estruturas de dados usadas para armazenar e simular superfícies 3D. Esta seção apresenta alguns conceitos deste domínio, que serão usados posteriormente nesta dissertação.

Modelo Digital de Terreno (DTM)

Modelos Digitais de Terreno têm sido usados em aplicações de geo-ciência desde 1950 (Miller e Laflamme, 1958). Eles possibilitam modelar, analisar e visualizar fenômenos relacionados à topografia. Alguns autores argumentam que o termo Modelo de Elevação Digital (DEM) deve ser usado ao invés de Modelo Digital de Terreno quando o relevo é representado. Existem dois tipos de estruturas para DTM: as *TINs* e as *Grids*.

Rede Irregular de Triângulos (TIN)

Uma *TIN* (*Triangulated Irregular Network*) – Rede Irregular de Triângulos – é uma técnica usada para armazenar dados para representar uma superfície. As *TINs* representam a superfície usando faces de triângulos não sobrepostas e adjacentes. Em vários *TINs*, a altura é uma função associada às arestas; em outros, fica no centróide do triângulo. A resolução de *TINs* pode variar, ou seja, pode ser mais detalhada em áreas onde a superfície é mais complexa e menos detalhada em áreas onde a superfície é mais simples. A dimensão 3D é freqüentemente armazenada para cada vértice do triângulo. Alturas entre nodos podem ser interpoladas, assim permitindo a definição de superfícies contínuas. *TINs* podem acomodar conjuntos de dados irregularmente distribuídos, permitindo representar uma superfície irregular e complexa com um pequeno conjunto de dados. As *TINs* são usadas principalmente para aplicações mais detalhadas. O processo de criação de uma *TIN* está ilustrado na Figura 2.1.5.a.

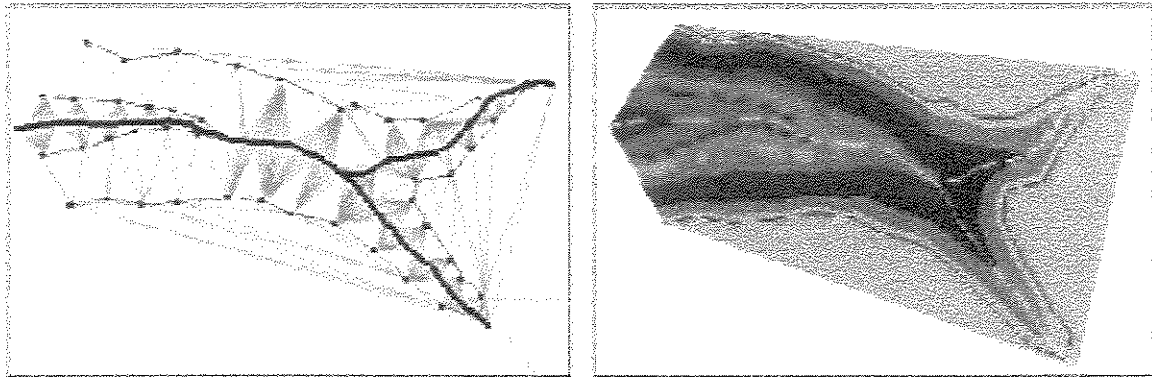


Figura 2.1.5.a: Processo de criação de uma Rede Irregular de Triângulos (*TIN*): triangulação à esquerda e superfície resultante à direita (Ianko, 2001).

Rede Regular de Quadrados (Grid)

Uma *Grid* – Rede Regular de Quadrados – é uma estrutura usada para representar superfícies que armazenam dados espaciais em um formato matricial, no qual o espaço é particionado dentro de células quadradas e cada célula armazena um valor numérico. As *Grids* representam a superfície usando uma malha de pontos espaçados regularmente. Quanto menor for a distância entre os pontos, mais detalhado será o modelo. As *Grids* são úteis para aplicações em pequena escala. Um exemplo de criação de *Grid* pode ser verificado na Figura 2.1.5.b.

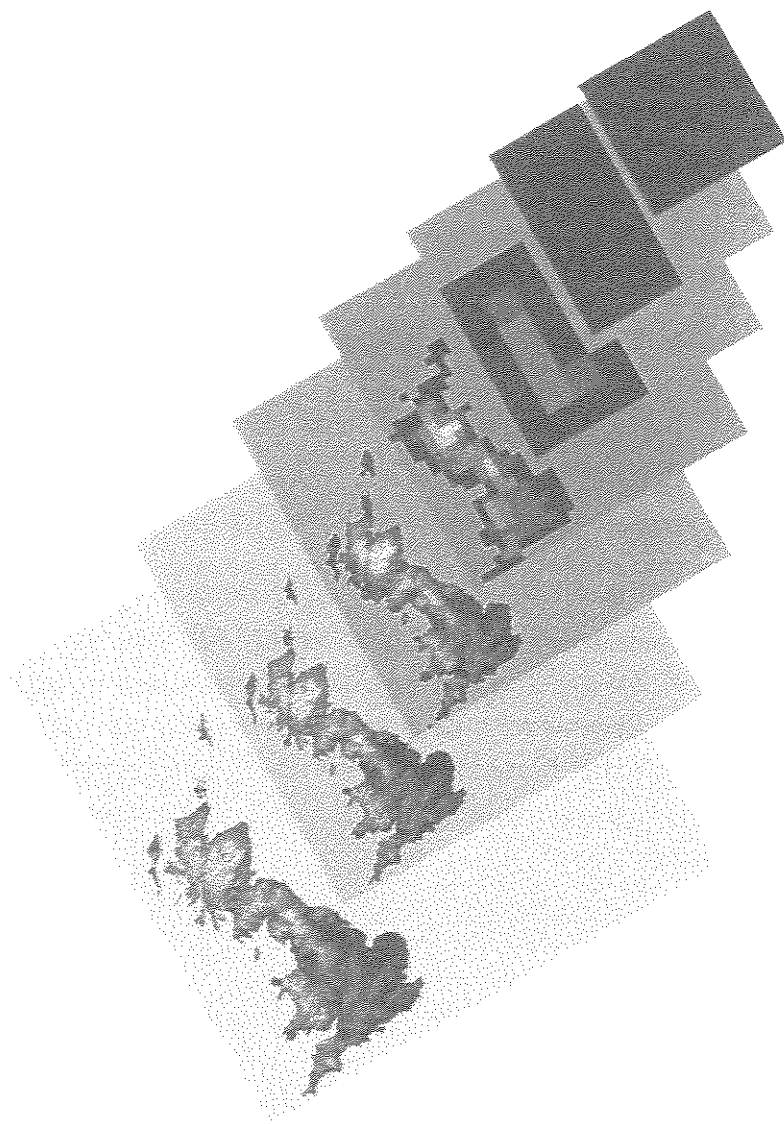


Figura 2.1.5.b: Processo de criação de uma *Grid*, aumentando progressivamente a resolução, a *Grid* vai sendo detalhada, até chegarmos a uma superfície resultante (Kidner et al., 2001).

Contornos

Linhas de Contornos (isolinhas) são provavelmente as técnicas mais amplamente utilizadas para representação de relevo. Contornos representam um método para visualização quantitativa da terceira dimensão, sendo usadas para extração de informação quantitativa de visualizações de relevo; como por exemplo, em geologia, mapeamento topográfico e

engenharia civil. A maior desvantagem no uso de contornos é que eles não possibilitam percepção imediata das formas topográficas (é uma forma codificada de representação). Um exemplo de contornos pode ser verificado na Figura 2.1.5.c

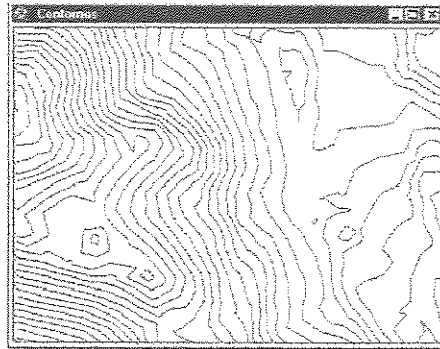


Figura 2.1.5.c: Contornos

Hillshading

A técnica de *hillshading* é usada na criação de relevo cartográfico de forma qualitativa (Figura 2.1.5.d), permitindo a visualização de formas de terreno. O método é baseado em um modelo da computação gráfica, chamado de iluminação. Intensidades de luz são computadas para faces de superfície individuais e as faces são sombreadas com esses valores.

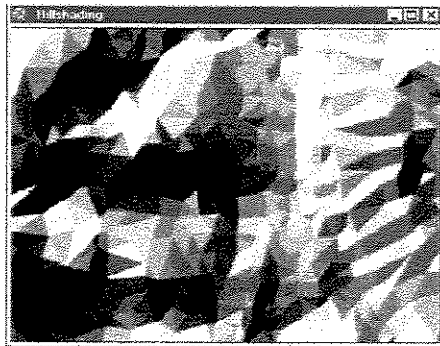


Figura 2.1.5.d: *Hillshading*

Interpolação

Em modelagem digital de terreno, interpolação serve ao propósito de estimar elevações em regiões onde não existam dados, conforme pode ser verificado na Figura 2.1.5.e. Ela é freqüentemente usada nas seguintes operações: computação de elevações (z) a partir de

pontos, computação de elevações (z) a partir de *Grids* e computação de localizações (x,y) a partir de pontos ao longo de contornos.



Figura 2.1.5.e: Superfície de Estimativa de Elevações em Regiões (Interpolação)

2.2 Relevância de Visualização 3D em SIG

Os Sistemas de Informação Geográfica tradicionais usam dados referenciados geograficamente para produzir mapas digitais. Esses mapas incluem símbolos que representam características como montanhas, florestas, construções, redes de transporte, entre outros (Ladner et al., 2000). Segundo Swanson (1999), o propósito de mapas é modelar a realidade geográfica. Embora essa visão de espaço procure orientar o usuário para a natureza geral e localização de características geográficas para uma dada área, ela não possibilita uma experiência completa de imersão nesta área. Para isto, é necessário criar um ambiente 3D.

A discussão sobre visualização não é um conceito novo em Sistemas de Informação Geográfica. Em meados de 1960, pode-se encontrar referências para visualização automática, através de mapas, de dados para vegetação e construções em 3D (Hoinkes e Lange, 1995; Steinitz, 1993). Certamente, a tecnologia da época não permitia testar todas as alternativas interativas ou experimentar a movimentação através do espaço.

O estado da arte com relação ao suporte à terceira dimensão na área de Sistemas de Informação Geográfica ainda não é satisfatório. A maioria das ferramentas existentes suportam apenas Modelos de Elevação Digital (DEM), ou seja, restritos a 2.5D. Algumas ferramentas também suportam objetos 3D, que são colocados como artefatos dentro de um cenário. Ainda mais realismo é alcançado pelo mapeamento de texturas sobre DEMs ou objetos 3D. No entanto, um sistema que suporte apenas a visualização 3D não é

necessariamente um Sistema de Informação Geográfica 3D. Um SIG que comporta interface 3D deve permitir ao usuário interagir com esta interface, por exemplo, consultas a elementos que apareçam na tela como resultado de uma consulta ao banco de dados.

Atualmente, o interesse pelo uso de SIG com dados espaciais 3D vem aumentando significativamente. Representações 3D do mundo real possibilitam aos designers e planejadores uma imagem mais próxima de sua experiência humana direta (Hoinkes e Lange, 1995); além disso, podem ser usadas no contexto de SIG para simplificar a tarefa de modelagem e análise de dados. Áreas de aplicação abrangem desde telecomunicações, planejamento urbano, arquitetura, turismo, entretenimento, entre outros (Coors e Flick, 1998).

Van Driel (1989) reconheceu a vantagem de visualização 3D pela maneira como nós percebemos a informação espacial. Ele estima que 50% dos neurônios do cérebro são envolvidos na visão. Além disso, ele acredita que a visualização 3D estimula mais os neurônios, envolvendo uma larga porção do cérebro no processo de resolução de problemas. Com mapas de contornos, por exemplo, a mente tem que primeiro construir um modelo conceitual do relevo antes que alguma análise possa ser feita. Considerando a complexidade da cartografia, isso pode ser uma tarefa árdua até mesmo para o cérebro mais hábil. A visualização 3D, entretanto, facilita a percepção da realidade espacial, permitindo o reconhecimento e o entendimento mais rápido de um modelo.

Nas interfaces 3D não há operações escondidas, sintaxes ou nomes de comandos para aprender. O único conhecimento requerido é no próprio domínio da tarefa. Na manipulação direta, há representação contínua do objeto de interesse; são usadas ações físicas (cliques, arraste, etc) em vez de sintaxe complexa. As operações incrementais são reversíveis, e seu impacto no objeto de interesse é imediatamente visível. A interface 3D é considerada um mundo onde o usuário age, e esse mundo muda de estado em resposta às ações do usuário. Em vez de descrever as ações de interesse, o usuário realiza ações.

De forma instintiva o ser humano usa a informação existente em um ambiente virtual, interpretando-a para criar um modelo mental do mundo que o circunda. Usuários de ambientes virtuais contam com uma informação gerada no sistema, juntamente com outra informação, tal como experiência passada, para formar seu modelo cognitivo. Usuários também interagem com espaços de informação gerados no sistema, e esse fluxo de informação é essencialmente bidirecional. Entre alguns ambientes virtuais SIG 3D existentes, podemos citar o Karma VI (*Knowledge-based Augmented Reality for*

Maintenance Assistance) – Realidade Aumentada baseada em Conhecimento para Assistência à Conservação (Maren e Germs, 1999). Mais do que uma ferramenta de visualização, o Karma VI é um ambiente de realidade virtual que suporta visualização, manipulação e edição de dados SIG padrão. O Centro de Análise Espacial Avançada (CASA – *Centre for Advanced Spatial Analysis*) realiza várias atividades de pesquisa dentro de visualização e modelagem de ambientes urbanos em pequena escala, usando a tecnologia de SIG e realidade virtual. Em um dos projetos, foi desenvolvido um ambiente para conversão de dados SIG 2D para 3D, usando a VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) para visualização (Dodge et al., 1997). Toole et al. (1999) participam de um projeto cujo objetivo é desenvolver ferramentas e processos que possibilitem interativamente visualizar, em duas e em três dimensões, a seleção de áreas de interesse. Com essa tecnologia, os pesquisadores querem atender as necessidades de várias agências envolvendo desenvolvimento econômico e da comunidade e segurança pública.

Entre alguns SIG 2D existentes, podemos destacar o ArcView GIS (Esri, 2001) e o Spring (Inpe, 2001). Já no caso de SIG 3D, temos o ArcView GIS 3D Analyst (Esri, 2001), que estaremos utilizando neste trabalho. Ele é um sistema que permite o gerenciamento de dados geográficos e visualização 3D. Um outro exemplo é o sistema SiteBuilder3D (Multigen, 2001).

Na próxima Seção, descrevemos alguns trabalhos disponíveis na literatura sobre design de interface para Sistemas de Informação Geográfica, mostrando a problemática de uso desses sistemas e algumas premissas importantes no desenvolvimento de interfaces para SIG.

2.3 Outros Trabalhos Relacionados a Interfaces para SIG

Como em qualquer sistema interativo, a interface de usuário é o módulo responsável pelos aspectos de usabilidade em Sistemas de Informação Geográfica. É através dela que o usuário deve atingir seus objetivos facilmente, com pouca ocorrência de erros e complexidade limitada à própria tarefa.

Apesar de notáveis avanços, um conjunto muito restrito de usuários tem se beneficiado com o progresso da tecnologia de geo-processamento. Um fator chave para explicar essa sub-utilização do potencial de SIG é, sem dúvida, a interface com o usuário (Oliveira, 1997). A interface de SIG deve prover transparência, adaptabilidade, geração automática de apresentações com suporte a diferentes níveis de abstração e independência entre interface e SIG (Weldom, 1988; Oliveira, 1994).

Lanter e Essinger (1991) discutem como as interfaces de usuário tradicionais representam as funcionalidades do sistema e apresentam como alternativa o design centrado no usuário, para realizar o mapeamento entre as funcionalidades do sistema e o modelo conceitual do usuário. Segundo os autores, para se criar uma interface de usuário, o designer da interface do SIG deve entender como as pessoas pensam e trabalham; além disso, esse mesmo designer deve saber que os usuários não estão habituados com o uso de algoritmos, estruturas de dados, redes, funções ou sub-rotinas. Esses autores enxergam as interfaces de usuário como “ilusões”, que ocultam a arquitetura da tecnologia proveniente da visão de programador e empacotam isso em alguma coisa que possua significado para realização de análise e tomada de decisões.

Craig (1992) apresentou algumas necessidades de planejadores e oficiais públicos que gostariam de usar a tecnologia SIG, mas que ficaram frustrados com a interface de usuário. Segundo esse autor, os usuários podem ter feito um curso sobre como usar uma ferramenta particular, mas como eles não usam essa ferramenta em situações cotidianas, terão dificuldades na sua utilização.

Conforme salientam Mark e Frank (1992), o design da interface para SIG deve considerar algumas premissas básicas: (i) a consistência com outros sistemas relacionados ao domínio de aplicação do usuário, principalmente àqueles usados em situações cotidianas, (ii) as funções devem ser facilmente acessadas e executadas, (iii) o número de conceitos em um sistema é relacionado ao esforço em aprendê-lo, (iv) considerar diferentes tipos de usuários: novatos (querem um sistema fácil de aprender), casuais (conhecem o sistema, mas não lembram de funções específicas) e experientes (preferem caminhos diretos para a execução de tarefas).

Câmara et al. (1999) apresentaram uma proposta de interface para SIG, que objetiva controlar a complexidade de diferentes modelos de dados e estruturas de representações necessárias para trabalhar com informação geográfica. Segundo eles, as implementações correntes de sistemas SIG apresentam para o usuário uma soma de funções, confundindo ambos o novato e o especialista. Isso impede um uso maior da tecnologia de SIG.

Segundo Oliveira (1997), o projeto e arquitetura de uma interface para SIG deve ser realizado levando em consideração a presença do software geográfico subjacente, e separando claramente as funções que precisam ser deixadas a cargo da interface das demais. Para o autor, a interface não deve ser sobrecarregada com tarefas disponíveis no SGBD (Sistema Gerenciador de Bancos de Dados) espacial, além disso, ela não serve

apenas para consultas *ad hoc*, devendo também permitir acoplamento de aplicações do usuário.

Segundo Gould (1993), existem três grandes dificuldades para uso de SIG. Primeiro, existe uma dificuldade de treinamento, já que os SIG atuais são complexos. Em geral, a maior parte do treinamento é dedicada ao aprendizado da linguagem de comando e da estrutura do sistema. A segunda dificuldade está no mapeamento que o usuário precisa fazer entre as tarefas que precisam ser realizadas e os comandos disponíveis no sistema. Finalmente, existe a dificuldade de customização. Os SIG atuais oferecem apenas possibilidades rudimentares de adaptação ao usuário. Essas dificuldades ocorrem, em muitos casos, devido à ausência de ferramentas e metodologias adequadas para o desenvolvimento de interfaces para SIG.

Em seu trabalho, Prado et al. (2000a, 2000b) avaliaram o poder de expressão de Sistemas de Informação Geográfica no que tange à representação de elementos cartográficos, sob o ponto de vista da Semiótica. A análise foi aplicada tanto a mapas produzidos a partir da Cartografia tradicional quanto aos produzidos por um SIG. A classificação foi feita com base na *taxonomia de Peirce para signos*. Como resultados, os autores verificaram a predominância de signos icônicos (54%) na Cartografia e predominância sígnica simbólica (75%) em SIG. Isso mostra que esses sistemas apresentam sérios problemas também com relação à expressão dos elementos representados em mapas.

Conforme apontam estes trabalhos, existe uma dificuldade no uso de SIG inerente à complexidade desses sistemas. Parte dessa complexidade tem se refletido na interface de tais sistemas. Nos capítulos a seguir apresentamos a proposta deste trabalho para tratar a problemática envolvida na modelagem de aplicações SIG sob a perspectiva da interface de usuário.

2.4 Considerações Finais

Neste capítulo, descrevemos o nosso objeto de estudo e o contexto envolvido no desenvolvimento do trabalho. Os conceitos apresentados são importantes no cenário de desenvolvimento de interfaces 3D de aplicações para Sistemas de Informação Geográfica. No próximo capítulo, apresentamos um estudo de caso – o ArcView GIS 3D Analyst – adotado como base neste trabalho, descrevendo alguns conceitos iniciais, suas funcionalidades, além da problemática inerente à modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG.

Capítulo

3

Um Estudo de Caso – O ArcView GIS 3D Analyst

Neste capítulo, desenvolvemos um estudo de caso sobre o ArcView GIS 3D Analyst, que será utilizado posteriormente como objeto de aplicação deste trabalho. Primeiramente, identificamos alguns conceitos relacionados ao sistema, bem como a problemática da modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG nesse ambiente. Na sequência, enfatizamos as principais operações e funcionalidades existentes na ferramenta, necessárias no processo de modelagem. Além disso, mostramos a complexidade envolvida na execução de tarefas, através da ilustração da modelagem de uma interface de aplicação SIG. Também mostramos resultados de análise da interface de SIG, considerando a avaliação heurística, o percurso cognitivo e a análise semiótica.

3.1 Conceitos Iniciais e a Problemática da Modelagem de Interfaces 3D de Aplicações no ArcView GIS 3D Analyst

Na grande maioria das vezes, os Sistemas de Informação Geográfica são utilizados por especialistas em aplicações que gerenciam informação geográfica (cartógrafos, geógrafos, técnicos em geo-processamento), não necessariamente habituados à complexidade inerente ao processo de modelagem de tais aplicações.

O desenvolvimento de uma aplicação SIG não permite separar claramente os conceitos de interface e de aplicação devido às características de SIG. A modelagem de uma aplicação no ArcView GIS 3D Analyst exige a utilização do conceito de projeto (*project*). Cada projeto corresponde a uma aplicação, desenvolvida a partir de chamadas às funções do SIG. Estas funções têm dois papéis, em geral simultâneos: (i) manipular e combinar os dados e (ii) apresentar os dados geográficos. Para criar um projeto, portanto, é preciso definir os dados que serão utilizados, as funções que irão manipulá-las e a forma de visualização. O resultado final corresponde à aplicação.

Os dados estão organizados segundo temas (*themes*), e cada um dos temas descreve uma parte específica da aplicação. Exemplos de temas são: relevo, hidrografia, construções, estradas, entre outros. A Figura 3.1.a ilustra os temas *customers*, *buildings* e *streets*, e logo abaixo nós temos a união desses temas, como forma de representação da realidade.

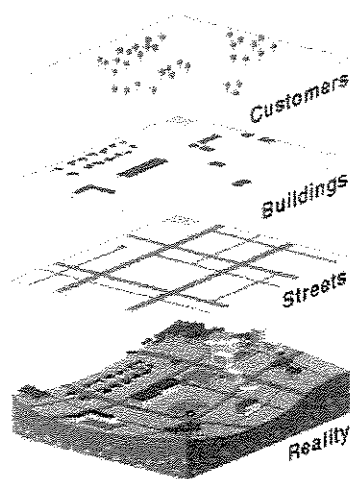


Figura 3.1.a: Conjunto de camadas ou temas (*customers*, *buildings*, *streets*) e representação da realidade, em analogia com uma interface de aplicação no ArcView GIS (Prado, 2001)

Dados não espaciais são armazenados em tabelas (*tables*) e dados espaciais são armazenados em um conjunto de arquivos ocultos, ligados diretamente a cada tabela. Quando se solicita a consulta a um tema, isto significa consulta às tabelas correspondentes e aos arquivos ocultos associados. Para visualizar um tema de forma cartográfica, em 2D, é preciso usar o módulo *view* do ArcView GIS 3D Analyst. A criação de um ambiente 3D para uma aplicação é feita através do módulo *3D scene*. Este módulo pode atuar diretamente sobre conjuntos de temas. O usuário final interage com uma *view* (mapa) ou com um dos *viewers* (visualizadores) relacionados a uma *3D scene*.

Em resumo, a aplicação é construída da seguinte forma:

1. Determinar que temas combinar (*tables*);
2. Determinar como combiná-los;
3. Determinar como devem ser mostrados ao usuário para interação – 2D (*view*) ou 3D (*3D scene*);
4. Definir que funções para análise espacial estarão disponíveis em uma *view* ou em uma *3D scene*.

A Figura 3.1.b ilustra o ambiente de trabalho do usuário do ArcView GIS 3D Analyst.

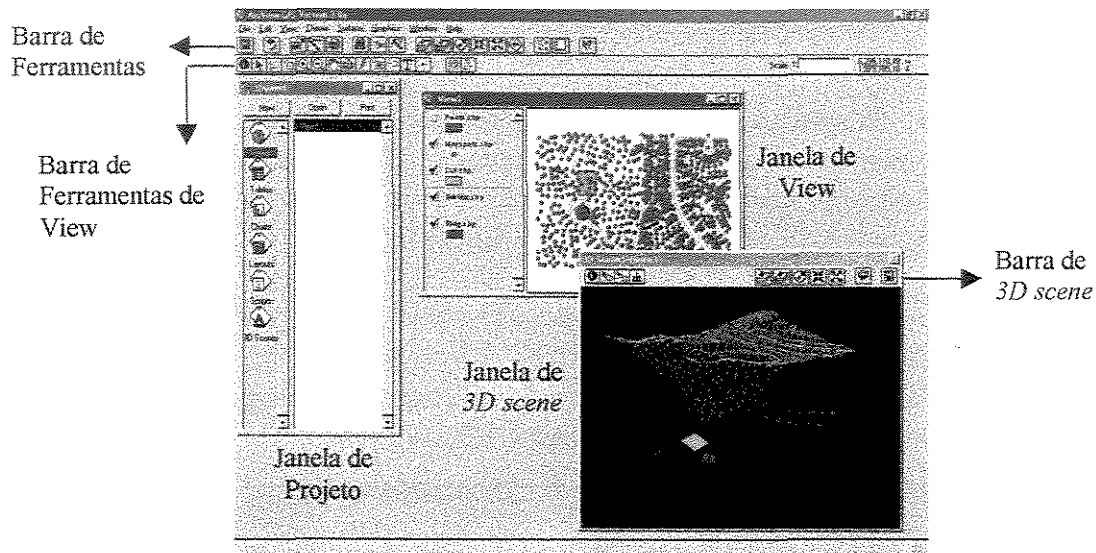


Figura 3.1.b: Ambiente de Trabalho do Usuário do ArcView GIS 3D Analyst

Para ilustrar de forma geral o processo consideremos inicialmente, o caso de modelagem da interface de uma aplicação a partir de uma *view* e com o seguinte conjunto de temas associados a planejamento urbano: elevação de terreno, estradas, perímetro de região, um prédio em construção, casas e prédios em construção. Na *view* em questão, teremos a representação 2D da interface de aplicação. Essa aplicação pode ser, inclusive, convertida para uma *3D scene*. A Figura 3.1.c mostra o resultado desse processo. A figura 3.1.c.a mostra a *view* e 3.1.c.b a *3D scene* construída a partir dos mesmos temas.

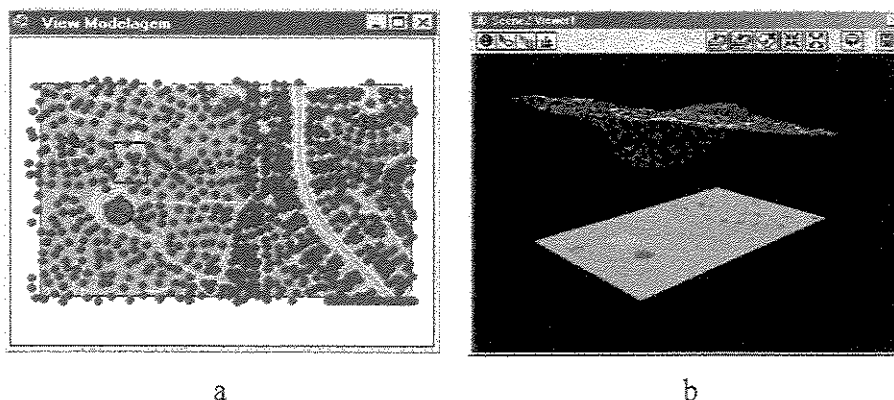


Figura 3.1.c: Representações planar (*view*) – Figura a – e 3D (*3D scene*) – Figura b – da interface de aplicação SIG

A visualização 3D no ArcView GIS 3D Analyst exige a utilização de conceitos específicos da 3ª dimensão. Um primeiro exemplo é o uso da operação denominada *extrude* (extrusão), para associar o efeito de elevação a entidades geográficas. Uma outra complicação surge quando é preciso combinar vários temas em uma *3D scene*. Neste caso, o ArcView GIS 3D Analyst obriga o designer a recorrer a uma função de nome *base-height*, que tem por objetivo ajustar posições correspondentes em temas diferentes.

Os termos *extrude*, *base-height*, *view*, *3D scene*, e outros são exemplos da dificuldade encontrada por designers não familiarizados com o ArcView GIS 3D Analyst para a criação de aplicações 3D e suas interfaces. A Figura 3.1.d ilustra o resultado do processo de modelagem após a aplicação dos recursos de *extrude* e *base-height*.

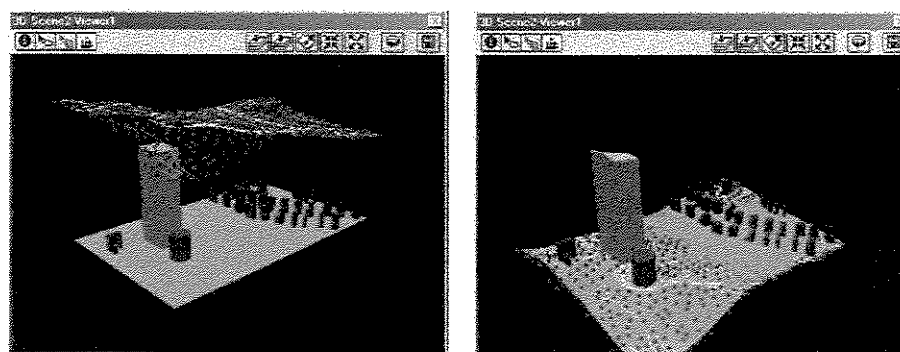


Figura 3.1.d: Representação da interface de aplicação após o uso das operações de *extrude* e *base-height*

A seguir apresentamos as funcionalidades e operações necessárias para a execução de um processo de modelagem no ArcView GIS 3D Analyst.

3.2 Funcionalidades do ArcView GIS 3D Analyst

O ArcView GIS é um dos Sistemas de Informação Geográfica mais difundidos no mercado. Juntamente com esse sistema, pode-se trabalhar com módulos voltados para funções específicas como por exemplo, aplicações para *Web*, conexão com SGBDs (Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados), análise de negócios, entre outros. Um desses módulos é o ArcView GIS 3D Analyst; ele permite a modelagem de aplicações SIG 3D. Conforme discutido em capítulos anteriores, a criação de interfaces 3D é importante porque permite ao designer aproximar a tarefa pretendida à sua realidade visual.

Sobre a *3D scene* podem ser aplicadas várias operações voltadas para modelagem, visualização e análise de dados. É possível criar o efeito de elevação em temas 2D, atribuir valores de altura, criar superfícies do tipo *TIN* ou *Grid*, criar contornos, realizar vários tipos de análise como a obtenção de estatísticas de área e volume, a análise *cut-fill*², entre outros.

Na sequência, descrevemos alguns dos conceitos necessários para a realização da modelagem de interfaces para aplicações SIG.

3.2.1 Criação de Interfaces para Aplicações SIG

Para iniciar a modelagem, o designer da aplicação SIG deve definir os temas que serão usados na *3D scene*. O tema pode ser proveniente de alguma fonte de dados ou o próprio designer pode criá-lo. No segundo caso, o designer terá que entrar em contato com as funções para desenho do ArcView GIS 3D Analyst, para construir os temas. Esse processo envolve a construção dos elementos gráficos do tema (pontos, linhas, polígonos) e a atribuição de informação a eles. Se os temas existentes na *3D scene* forem de natureza 3D, o designer da aplicação não precisará realizar nenhum tipo de operação para gerar a forma 3D. No caso dos temas serem 2D, o designer terá que executar algumas operações para gerar a forma 3D. Entre algumas dessas operações estão: *base-height*, *offset-height* e *extrude*, descritas a seguir.

² A análise *cut-fill* realiza a comparação do volume entre duas superfícies

A função *base-height* descreve como a altura da base de um tema pode ser definida espacialmente. A altura da base pode ser definida de três formas: (i) a partir de um valor numérico ou expressão construída pela combinação de campos da tabela de tema com valores numéricos, (ii) a partir de uma superfície (*Grid* ou *TIN*). Essa opção é interessante quando o designer da aplicação deseja colocar um tema *A* na mesma altura de um tema *B*. Neste caso, basta criar uma superfície a partir do tema *B* e associar essa superfície à altura da base do tema *A*, ou (iii) no caso de temas de natureza 3D, a altura da base pode ser definida pela própria forma 3D.

A função *offset-height* é uma “altura de compensação” que é aplicada em uma de duas circunstâncias: (i) quando é necessário distinguir temas com mesma *base-height* ou (ii) quando o único atributo de altura do tema é relativo à superfície que é usada para prover a *base-height*. A exemplo da *base-height*, a *offset-height* pode ser definida através de um valor numérico ou expressão.

A função *extrude* é uma forma de criar objetos tridimensionais a partir de formas bidimensionais, por adição de altura ou atribuindo elevação; neste segundo caso, tem-se como base uma linha (reta ou não), com origem no centro do polígono para o qual se quer atribuir a elevação e com destino em algum ponto no espaço, e a elevação é criada ao longo do caminho referente a essa linha. Seu efeito é a criação de elevação em temas, gerando: linhas verticais a partir de pontos, planos a partir de linhas e poliedros a partir de polígonos. A *extrude* também pode ser criada a partir de um valor ou expressão.

Para a definição de superfícies do tipo *Grid* ou *TIN*, é necessário que o designer da aplicação especifique alguns parâmetros de entrada. As *TINs* são criadas somente a partir de temas que possuam informação 3D associada. Para tal, o designer precisa preencher os seguintes campos: *altura-fonte*, *entrada* e *valor de campo de tabela*, descritos a seguir.

1. *Altura-fonte*: especifica qual campo da tabela de tema será usado para prover valores de altura.
2. *Entrada*: especifica em que tipo de superfície o tema será adicionado. Se tivermos um tema de pontos como entrada, o único tipo de superfície possível é a *Mass Points*; se tivermos um tema de linhas, as saídas poderão ser *Mass Points* e *Breakline*; se tivermos como entrada um tema de polígonos, as saídas possíveis são *Mass Points*, *Breakline*, *Replace*, *Erase*, *Value Fill* e *Clip Polygon*. A seguir, descrevemos o que significam essas saídas:

- *Mass points*: pontos individuais são usados como nodos em um processo de triangulação.
 - *Breakline*: temas lineares são montados em uma triangulação como uma sequência de uma ou mais arestas de triângulos.
 - *Replace polygon*: temas poligonais são montados em uma triangulação como uma sequência de uma ou mais arestas de triângulos. Pode ser associado um valor constante à altura interior dos polígonos.
 - *Erase polygon*: temas poligonais são montados em uma triangulação como uma sequência de uma ou mais arestas de triângulos. Todas as áreas dentro do polígono são marcadas como fora da zona de interpolação. Operações analíticas, tais como, cálculo de volume, contorno e interpolação são ignoradas nessas áreas.
 - *Clip polygon*: igual a *Erase polygon*, com a diferença que todas as áreas fora do polígono são marcadas como fora da zona de interpolação.
 - *Value Fill polygon*: é associado um valor de atributo inteiro a todos os triângulos que estiverem dentro do polígono.
3. *Valor de Campo de Tabela*: especifica qual campo da tabela de tema será usado para prover valores para nodos ou triângulos.

A superfície do tipo *Grid* pode ser definida a partir de temas de pontos, linhas, polígonos, e também a partir de *TINs*. É necessário especificar alguns parâmetros na criação de uma *Grid*, entre eles: (i) a extensão da *Grid* de saída: a extensão seguirá um dos temas existentes na *3D scene*, (ii) o tamanho da célula, (iii) o número de linhas e (iv) o número de colunas da *Grid*.

A partir de *Grids* ou *TINs* é possível produzir contornos e a saída gerada será um tema de linhas. O valor de cada linha representa todas as localizações adjacentes com a mesma altura, magnitude ou concentração de todos os valores da *Grid* ou *TIN* de entrada. Para criar o contorno é necessário especificar um intervalo e um valor inicial para ele.

As superfícies do tipo *Grid* e *TIN* também podem servir como fonte para a criação de temas de inclinação ou de aspecto, para a obtenção de estatísticas de área e volume, para a comparação do volume entre duas superfícies, entre outros.

A função de inclinação identifica as inclinações da superfície. Ela é frequentemente usada para encontrar inclinações baixas para realização de construções, e inclinações altas com tendência para erosão ou deslizamento de terra. O aspecto é a direção das faces de superfície. Ela é usada para determinar como será a sombra gerada sobre a superfície, devido a iluminação do sol. Essa informação é usada, por exemplo, para colocar casas em regiões livres de sol.

Para a obtenção de estatísticas de área e volume, é necessário ao designer da aplicação entrar com um valor numérico, que será a *base-height* na qual áreas e volumes podem ser calculados, além disso, ele deverá selecionar a direção dessa altura da base (acima ou abaixo da base da superfície). A análise *Cut-Fill* é importante porque o designer da aplicação pode identificar quanto ele perdeu ou ganhou, de uma superfície em relação a outra, devido à ocorrência de ações naturais, como erosão, desgaste do solo ou rochas devido ao tempo, área ocupada por um região de represa, entre outros. Para realizar esse tipo de análise, é necessário especificar qual das superfícies será considerada como inicial, para a comparação.

3.2.2 Exemplo de Modelagem de uma Interface de Aplicação SIG no ArcView GIS 3D Analyst

Relembramos que no ArcView GIS 3D Analyst os conceitos de modelagem de interface e de aplicação se confundem frequentemente. Assim, embora este texto utilize a terminologia “modelagem de interface de uma aplicação”, é inevitável que às vezes a própria aplicação seja modelada ao mesmo tempo.

Para ilustrar a modelagem de interfaces 3D de aplicações no ArcView GIS 3D Analyst, devemos considerar uma sequência de tarefas a serem executadas. Os temas utilizados nesta modelagem pertencem à base de dados do próprio sistema: tema de elevação de terreno, tema de estradas (temas de natureza 3D), tema de perímetro de região, tema de um prédio em construção, tema de casas e prédios em construção (temas de natureza 2D):

1. **Inserindo-se os temas em uma *view* (Figura 3.2.2.a):** na janela de projeto, conforme ilustra a Figura 3.1.b, dá-se duplo-clique sobre o ícone da *view*, para criar uma *view*. Através do botão da barra de ferramentas com o símbolo de soma insere-se os temas.

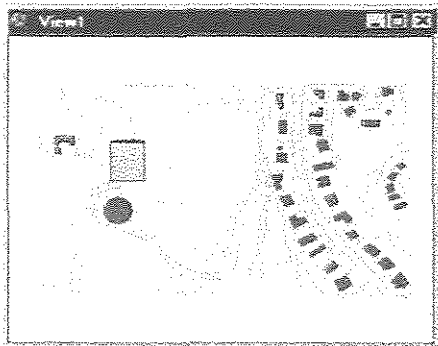


Figura 3.2.2.a: Temas inseridos em uma *view*

2. Gerando-se uma *3D scene* a partir da *view* (Figura 3.2.2.b): no menu *view*, acessa-se a opção *3D Scene*.

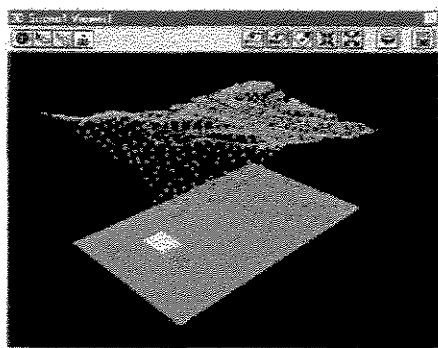


Figura 3.2.2.b: *3D scene* gerada a partir da *view*

3. Atribuindo-se um valor de altura ao tema de casas e prédios em construção e ao tema de um prédio em construção (Figura 3.2.2.c): seleciona-se o tema; acessa-se a opção *3D Properties* no menu *Theme*. Na operação de *extrude*, pressiona-se o botão com a calculadora e cria-se uma expressão para definir a elevação.

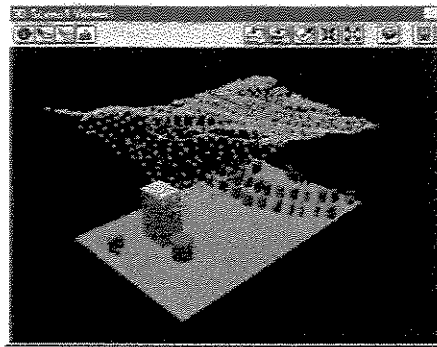


Figura 3.2.2.c: 3D scene após operação de *extrude* sobre temas de construções

4. Colocando-se o tema de casas e prédios em construção, o tema de um prédio em construção e o tema de perímetro de região na mesma altura do tema de elevação de terreno (Figura 3.2.2.d): para criar uma TIN, seleciona-se o tema de elevação de terreno e acessa-se a opção *Create TIN from features* do menu *Surface* (a TIN criada foi inserida ao conjunto de temas da interface 3D de aplicação SIG, mas ela ainda não foi marcada para ser visualizada). Para cada um dos temas que se quer colocar na mesma altura do tema de elevação de terreno acessa-se a opção *3D Properties* no menu *Theme*. No painel de *base-height*, marca-se a opção *Surface*; pressiona-se o botão com o ícone de abertura de arquivo e seleciona-se a TIN anteriormente criada.

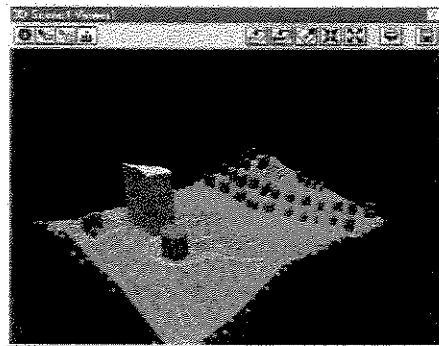


Figura 3.2.2.d: 3D scene após tema de casas e prédios em construção, tema de um prédio em construção e tema de perímetro de região serem colocados na mesma altura do tema de elevação de terreno

5. Selecionando-se, na 3D scene, apenas a superfície TIN criada (Figura 3.2.2.e): na janela de 3D scene, seleciona-se a TIN e retira-se a marcação dos outros temas.

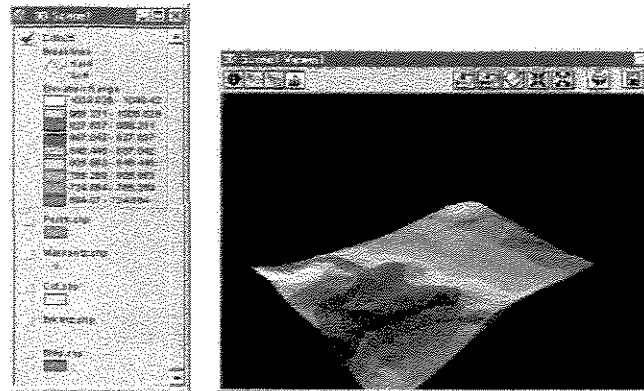


Figura 3.2.2.e: Janela de *3D scene* com superfície *TIN* selecionada (à esquerda) e *viewer* (à direita)

6. Criando-se contornos a partir da *TIN* (Figura 3.2.2.f): mantém-se a *TIN* selecionada e acessa-se a opção *Create Contours* do menu *Surface* para criar os contornos.

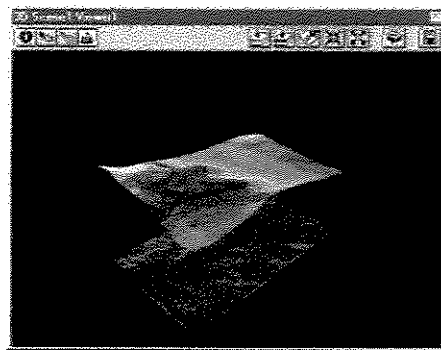


Figura 3.2.2.f: *3D scene* após criação de contornos

7. Criando-se uma *Grid* a partir da *TIN* e deixando-se somente a *Grid* visível (Figura 3.2.2.g): seleciona-se a *TIN*; acessa-se a opção *Convert to Grid* do menu *Theme* e cria-se a *Grid*. Na janela de *3D scene*, seleciona-se a *Grid* criada e retira-se a seleção dos outros temas.

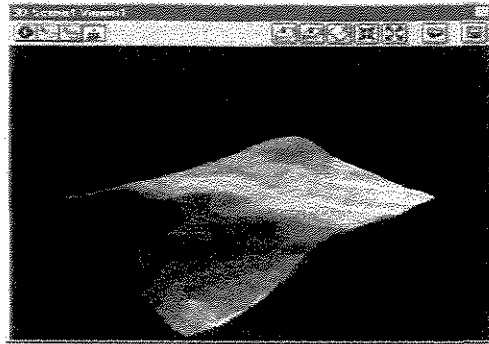


Figura 3.2.2.g: 3D scene com Grid gerada a partir da TIN

8. Deixando-se todos os temas visíveis (Figura 3.2.2.h):

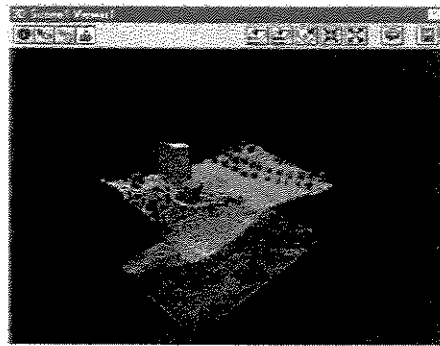


Figura 3.2.2.h: 3D scene com todos os temas visíveis

A complexidade do processo de modelagem no ArcView GIS 3D Analyst é refletida também na interface do sistema. Na próxima seção discutimos os principais resultados de análise realizados na interface da ferramenta.

3.3 Análise de Interface do ArcView GIS 3D Analyst

Nesta seção, estaremos discutindo resultados da análise de interface do ArcView GIS 3D Analyst. A análise envolveu a aplicação de três abordagens diferentes: a avaliação heurística, o percurso cognitivo e a análise semiótica, que estão descritas a seguir. A avaliação heurística é importante porque permite detectar rapidamente a violação de heurísticas de usabilidade em caixas de diálogo e demais elementos da interface do sistema. O percurso cognitivo investiga aspectos de facilidade e dificuldade de aprendizado, durante a execução de tarefas pré-definidas. A análise semiótica permite analisar a comunicação da interface com base na expressão dos sinais.

3.3.1 Avaliação Heurística

A avaliação heurística do ArcView GIS 3D Analyst é um dos métodos pertencentes à “engenharia econômica de usabilidade” (Discount Usability Engineering), proposta por Nielsen (1989, 1993). A avaliação heurística é o método básico de engenharia de usabilidade e é relativamente fácil de ser usada e de ser aprendida. A interface deve ser inspecionada por profissionais da área de interfaces de usuário, com base em uma lista de princípios de usabilidade as denominadas heurísticas, e todos os problemas devem ser justificados. De acordo com Rocha e Baranauskas (2000), a avaliação heurística tem se mostrado um bom método para determinar tanto problemas graves como problemas menores de usabilidade (como inconsistência tipográfica entre componentes do diálogo). Esse tipo de avaliação envolve um pequeno conjunto de avaliadores examinando a interface e julgando suas características em face de reconhecidos princípios de usabilidade, denominados heurísticas. Durante a sessão de avaliação, o avaliador percorre a interface inspecionando os diferentes componentes do diálogo e, ao detectar problemas os relata associando-os claramente com as heurísticas de usabilidade que foram violadas. As heurísticas são regras gerais que objetivam descrever propriedades comuns desejáveis em qualquer interface. Apresentamos a seguir as dez heurísticas de usabilidade de Nielsen (1994).

1. **Visibilidade do estado do sistema:** o sistema precisa manter os usuários informados sobre o que está acontecendo.
2. **Compatibilidade do sistema com o mundo real:** o sistema precisa falar a linguagem do usuário com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário, ao invés de termos orientados ao sistema.
3. **Controle do usuário e liberdade:** usuários freqüentemente escolhem por engano funções do sistema e precisam ter claras as saídas de emergência para sair do estado não desejado sem ter que percorrer um extenso diálogo.
4. **Consistência e padrões:** usuários não precisam adivinhar que diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. O sistema deve seguir convenções de plataformas.
5. **Prevenção de erros:** melhor que uma boa mensagem de erro é um design cuidadoso que previne o erro antes dele acontecer.

6. **Reconhecimento ao invés de lembrança:** tornar objetos, ações e opções visíveis. O usuário não deve ter que lembrar informação de uma para outra parte do diálogo.
7. **Flexibilidade e eficiência de uso:** usuários novatos se tornam peritos com o uso. Prover aceleradores de forma a aumentar a velocidade da interação.
8. **Estética e design minimalista:** diálogos não devem conter informação irrelevante ou raramente necessária.
9. **Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e corrigir erros:** mensagens de erro devem ser expressas em linguagem clara (sem códigos), indicando precisamente o problema e construtivamente sugerindo uma solução.
10. **Ajuda e documentação:** embora seja melhor um sistema que possa ser usado sem documentação, é necessário prover ajuda e documentação.

Tipicamente uma sessão de avaliação, em sua etapa individual, dura cerca de duas horas. Sessões mais extensas de avaliação podem ser necessárias para o caso de interfaces muito grandes ou muito complexas, com um substancial número de componentes de diálogo (Rocha e Baranauskas, 2000). Nessa situação, é recomendável dividir a avaliação em pequenas sessões, cada qual avaliando um cenário específico de interação.

Se o sistema é para ser usado pela população em geral ou os avaliadores são peritos no domínio nenhuma assistência adicional é necessária. Caso contrário, será preciso prover meios de auxiliar o avaliador de forma que ele seja capaz de usar o sistema adequadamente. Uma forma é ter sempre uma pessoa da equipe de desenvolvimento disponível para responder perguntas dos avaliadores, ou também pode-se prover cenários típicos de uso, listando os vários passos que um usuário deveria realizar para concluir um conjunto de tarefas.

De forma geral, a avaliação heurística não objetiva prover meios de corrigir os problemas ou um modo de avaliar a qualidade de um (re)design. Entretanto, como ela explica cada problema encontrado referenciando as respectivas heurísticas que foram violadas, é possível gerar um design revisado baseado nas diretrizes que foram providas pelo princípio de usabilidade violado.

3.3.1.1 Resultados da Avaliação Heurística

A avaliação heurística foi realizada considerando-se uma série de caixas de diálogo e elementos de interface significativos para a execução da tarefa de modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG. Como resultado da avaliação heurística, detectamos que alguns dos principais problemas de usabilidade da interface do ArcView GIS 3D Analyst estão relacionados à compatibilidade do sistema com o mundo real, consistência e padrões dos elementos de interface e visibilidade do estado do sistema. Apresentamos a seguir o resultado geral da avaliação heurística conduzida e ilustramos alguns dos principais problemas levantados. A avaliação foi realizada para vinte janelas do ArcView GIS 3D Analyst, onde, para cada uma dessas janelas, verificamos se ela violava as dez heurísticas de usabilidade; dessa forma, ao final da avaliação, obtivemos um determinado número de janelas que violou cada uma das heurísticas. A análise completa encontra-se no Apêndice I.

O gráfico que ilustra os resultados gerais obtidos está representado na Figura 3.3.1.1.a.

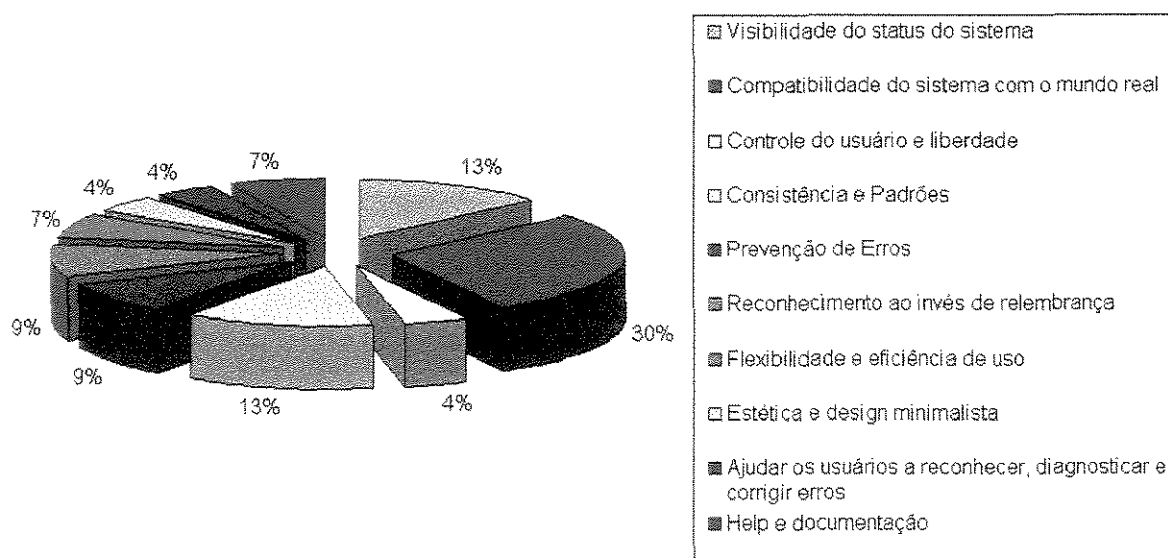


Figura 3.3.1.1.a: Resultados da Avaliação Heurística da interface do ArcView GIS 3D Analyst

Compatibilidade do sistema com o mundo real, com 30% do total da taxa de violação das heurísticas: o sistema não fala a linguagem do designer da aplicação SIG, pois usa conceitos específicos e termos orientados ao sistema. A Figura 3.3.1.1.b, por exemplo, que mostra a janela do construtor de consultas ilustra essa problemática.

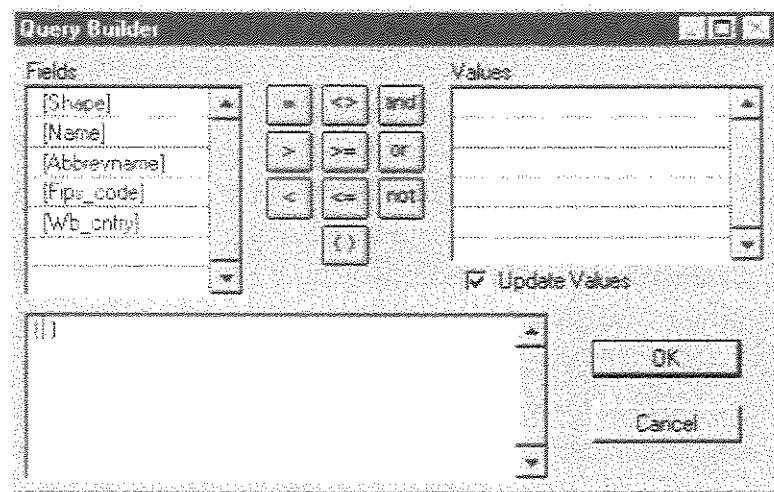


Figura 3.3.1.1.b: Janela do Construtor de Consultas

Na Figura 3.3.1.1.b, nomes de campos de tabela e seus respectivos valores são necessários e podem não ser parte do vocabulário de determinadas classes de usuários. Além disso, o usuário precisa estar familiarizado com o conceito de formulação de consulta segundo a linguagem do sistema, o que nem sempre é adequado à sua realidade e necessidade de trabalho.

Consistência e padrões, com 13% da taxa de violação das heurísticas: o sistema não segue convenções de plataforma computacional, principalmente com relação àqueles sistemas de uso e domínio conhecido pelo usuário de *desktops*. Um exemplo dessa problemática é a janela de propriedades de tema 3D, ilustrada na Figura 3.3.1.1.c.

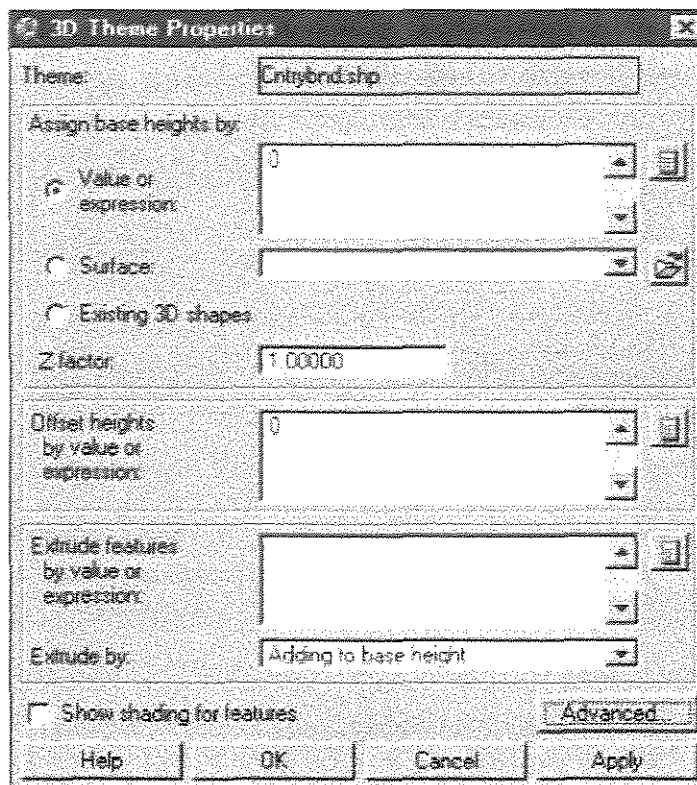


Figura 3.3.1.1.c: Janela de Propriedades de Tema 3D

Na Figura 3.3.1.1.c, a organização dos botões localizados na parte inferior da janela estão fora de padrão de interfaces de ferramentas convencionais; note-se que nessas aplicações, o botão de Ajuda (*Help*), em geral não tem a posição de destaque que sugere esta janela, sendo colocado mais à direita, em relação aos demais.

Visibilidade do estado do sistema, com 13% da taxa de violação das heurísticas: muitas vezes o sistema não informa o usuário sobre o que está acontecendo. Deve haver um *feedback* adequado para uma função específica, dentro de um tempo razoável. Um exemplo dessa questão é ilustrado na janela que mostra estatísticas sobre os dados usados no editor de legenda (Figura 3.3.1.1.d).

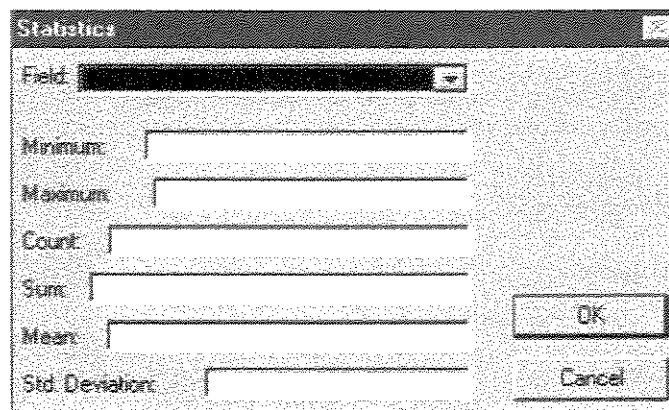


Figura 3.3.1.1.d: Estatísticas sobre dados do editor de legenda

Existem temas que não possuem legenda associada; portanto, o botão que dá acesso à janela *Statistics* não deveria estar habilitado para eles. Como mostra a Figura 3.3.1.1.d, ao contrário disso, esse botão sempre mantém-se habilitado e a janela aparece com os campos todos vazios.

Através da avaliação heurística, verificamos que existe uma série de problemas de usabilidade na interface do ArcView GIS 3D Analyst. Esses problemas, somados à complexidade inerente aos conceitos envolvidos no processo de modelagem, dificultam as ações do usuário.

3.3.2 *Percurso Cognitivo*

O percurso cognitivo (Lewis et al., 1990; Polson et al., 1992) é um método de inspeção de usabilidade que tem como foco principal avaliar o design quanto à sua facilidade de aprendizagem, particularmente por exploração. Ele é um processo de revisão no qual o autor de um aspecto de design apresenta uma proposta a um grupo de pares. Os pares então avaliam a solução usando critérios apropriados ao design específico.

Os revisores avaliam a interface proposta no contexto de uma ou mais tarefas do usuário dessa interface (em nosso estudo de caso, os usuários são designers de aplicações SIG). A entrada para uma sessão de percurso inclui uma descrição detalhada da interface (na forma de um protótipo executável ou uma maquete em papel), o cenário da tarefa, suposições explícitas sobre a população de usuários e o contexto de uso, além da sequência de ações que o usuário terá que fazer para executar corretamente a tarefa (Rocha e Baranauskas,

2000). O processo de percurso pode ser dividido em duas fases básicas: fase preparatória e fase de análise, cujas características podem ser observadas a seguir:

Fase Preparatória

Analistas definem tarefas, seqüências de ações para cada tarefa, população de usuários e a interface a ser analisada

1. Quem serão os usuários do sistema?
2. Qual tarefa (ou tarefas) devem ser analisadas?
3. Qual é a correta seqüência de ações para cada tarefa e como pode ser descrita?
4. Como é definida a interface?

Fase de Análise

Objetiva contar uma história verossímil que informe sobre o conhecimento do usuário e objetivos, e sobre o entendimento do processo de resolução de problemas que leva o usuário à solução correta. Analistas respondem 4 questões (uma história verossímil de fracasso será contada se algumas das questões tiverem resposta negativa):

1. Os usuários farão a ação correta para atingir o resultado desejado?
2. Os usuários perceberão que a ação correta está disponível?
3. Os usuários irão associar a ação correta com o efeito desejado?
4. Se a ação correta for executada os usuários perceberão que foi feito um progresso em relação à tarefa desejada?

Na fase preparatória, os analistas definem as condições de entrada para o percurso. O principal trabalho analítico é feito na segunda fase, durante a qual os analistas trabalham em cada ação de cada uma das tarefas escolhidas. Os detalhes de cada fase, em particular as informações a serem registradas, dependem fortemente de como o percurso vai ser usado no processo de desenvolvimento.

Durante o processo de percurso o grupo de avaliadores considera cada uma das ações necessárias para completar a tarefa. Para cada ação, os analistas tentam contar uma história sobre interações típicas de usuários com a interface. Eles perguntam o que o usuário tentaria fazer nesse ponto a partir das ações que a interface deixa disponíveis. Se o design

da interface for satisfatório a intenção do usuário fará com que ele selecione a ação apropriada e tenha conhecimento disso.

O percurso pode ser realizado depois de uma especificação detalhada da interface do usuário, a qual acontece depois da análise de requisitos e definição da funcionalidade de uma aplicação. Um percurso também pode ser realizado em uma simulação em papel da interface, ou em um protótipo mínimo construído com qualquer ferramenta de prototipação ou ainda em um protótipo completo de um design.

O percurso pode ser um processo individual ou em grupo. Em grupo, o designer da interface apresenta-o para um grupo de pares (designers, engenheiros de software, pessoas de outras áreas como marketing e treinamento), tipicamente após fases significativas do design como a construção de um primeiro protótipo, e usa o feedback da avaliação para modificar ou fortalecer a próxima versão. Também pode ser incluído ao grupo de pares um especialista em avaliação de interfaces. No caso do processo individual, o desenvolvedor que participa de seu próprio percurso têm a possibilidade de internalizar o conhecimento sobre o processo, influenciando em próximas decisões de (re)design.

3.3.2.1 Resultados de Análise do Percurso Cognitivo

Estamos considerando o design da interface do sistema ArcView GIS 3D Analyst e uma sequência de tarefas que exploram as funcionalidades básicas do sistema ao mesmo tempo em que são tarefas significativas a um potencial usuário do sistema. A análise completa encontra-se no Apêndice II. O estado inicial da interface do sistema para a execução de ambas as tarefas foi constituído do ArcView GIS 3D Analyst com uma janela de projeto aberta.

Tarefa 1: Criar uma interface 3D de aplicação SIG cujos dados fonte estejam inicialmente representados em um mapa.

Tarefa 2: Criar uma interface 3D de aplicação SIG com temas da própria base de dados do ArcView GIS 3D Analyst e realizar operações de análise sobre ela.

Tarefa 3: Criar uma interface 3D de aplicação SIG com superfícies do tipo *TIN* e *Grid*.

Existem vários dados que foram levantados durante a análise, por exemplo, a sequência de ações para cada tarefa, a interface definida, as histórias de sucesso e de fracasso, entre outros. Avaliando esses dados, pudemos obter algumas informações relevantes à questão da interface do sistema, das quais ilustramos algumas:

1. Alguns itens de menu estão em lugares inadequados, por exemplo a ação lógica para inserir um tema seria dirigir-se ao menu tema, mas tal opção somente é encontrada no menu *View*.
2. Quando, na *3D scene*, os designers da aplicação tentarem colocar temas na mesma altura de outros, eles podem não encontrar a ação correta. Isso porque, para realizar tal operação, é necessário escolher um tema de superfície, que servirá como modelo para outros temas.
3. O número de conceitos relacionados às funcionalidades, no geral, pode dificultar a execução das tarefas. Isso acontece porque algumas funções demandam a entrada de valores para vários parâmetros, que somente usuários com conhecimento em SIG saberiam definir. Por exemplo, para o usuário criar uma *TIN* ele precisa entrar com valores para os seguintes parâmetros: altura fonte, entrada e valor de campo.

Durante a realização da avaliação, verificamos que é pré-requisito o conhecimento do usuário sobre conceitos referentes a SIG. Sem tal conhecimento a execução da tarefa fica comprometida, ou até inviabilizada por completo. A falta de organização e estruturação no design da interface do sistema pode fazer com que o usuário perca um tempo valioso ao tentar atingir seus objetivos. A duplicidade de alguns elementos de interface, como por exemplo os sinais de *Zoom*, pode confundir o usuário durante a execução da tarefa e até mesmo direcioná-lo para um caminho diferente do pretendido.


3.3.3 Análise Semiótica

Pode-se dizer que a Semiótica é uma disciplina muito antiga. Há mais ou menos dois mil anos existe alguma referência a ela. Apesar disso, o desenvolvimento da teoria semiótica de forma sistemática só ocorreu a partir dos trabalhos do filósofo americano Charles Sanders Peirce (1839-1914) e do lingüista suíço Ferdinand de Saussure (1857-1915).

Vários autores propõem interpretações e definições diferenciadas para Semiótica. A mais abrangente é a proposta por Peirce, pois não se restringe apenas aos signos usados para a comunicação humana. A investigação semiótica abrange várias áreas do conhecimento envolvidas com as linguagens ou sistemas de significação, como a lingüística (linguagem verbal), a matemática (linguagem dos números), a biologia (linguagem da vida), o direito (linguagem das leis), as artes (linguagem estética), entre outros (Prates, 1999).

A Semiótica é a ciência que estuda os signos e a sua vida na sociedade. Um signo pode ser definido como qualquer coisa que *está para alguma coisa para alguém* (Peirce, 1990; Santaella, 1996). Isso significa que qualquer marca, símbolo ou sinal usado para indicar pensamentos e expressões são signos. Segundo Santaella (1996), a Semiótica propõe ver o mundo como linguagem, não somente como linguagem verbal, mas todos os tipos de linguagens: da escrita, das esculturas, da cenografia, entre outras. Como a Semiótica estuda a comunicação, ela permite avaliar o que sinais de interface comunicam enquanto signos que são.

A comunicação é um vastíssimo campo de investigação, pelo que as perspectivas em que se estuda podem variar significativamente. Toda comunicação se faz através de sinais. Por isso, torna-se imprescindível detectá-los, conhecer o seu funcionamento, seu significado e a sua forma de utilização (Cheylan et al., 1999; Fidalgo, 1999). Visando facilitar a interação do usuário, as interfaces passaram a ser constituídas por elementos gráficos, onde imagens representando dados são manipuladas diretamente pelo usuário. Em particular, a abordagem semiótica tem mostrado resultados relevantes no domínio de interfaces de aplicações em Sistemas de Informação Geográfica (Prado et al., 2000a; Prado et al., 2000b).

Na escola Peirceana o signo, conceito básico da Semiótica, pode ser definido como uma relação triádica entre o *objeto*, o *representamen* e o *interpretante*, conforme está ilustrado na Figura 3.3.3.a. O *representamen* representa, em algum meio, o *objeto* do mundo. Na mente do *interpretante* é gerado um processo de entendimento da relação entre o *objeto* e o *representamen*. Por exemplo, a impressora em editores gráficos e de texto, tem como *representamen* o conjunto de *pixels* na tela  e, como *objeto* no mundo, o dispositivo físico impressora.

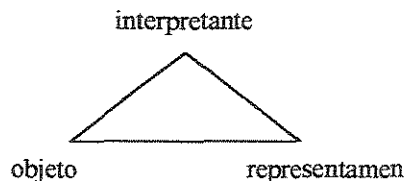





Figura 3.3.3.a: Conceito de Signo como relação triádica

Segundo Familant e Detweiler (1993), para comunicar informação deve-se primeiro codificá-la fisicamente como um sinal (*representamen*). Uma vez codificado, o sinal tem o

potencial de ser interpretado e pode ser mapeado para algum referente (*objeto*) no mundo real. Nessa abordagem, um signo é uma função que relaciona o sinal ao referente. Ela pode definir o relacionamento entre um ou mais aspectos do mundo real e/ou um ou mais aspectos do mundo projetado. Uma relação signica é bem sucedida se o usuário pode referir-se sem ambigüidade ao referente.

Um relacionamento icônico preserva similaridades entre qualidades do sinal e do referente. Por exemplo, o relacionamento entre o sinal  e o objeto “gráfico de barras” é icônico. No relacionamento simbólico, qualquer similaridade entre o sinal e o referente é acidental; não há tentativa explícita de preservar qualidades do *objeto* no *representamen*. Por exemplo, o sinal  que tenta comunicar a operação de inserção de um novo tema em uma *view* ou *3D scene*. Um tipo de relacionamento intermediário, denominado indicial, considera uma associação entre o *representamen* (sinal) e o *objeto* (referente) por uma relação de causa e efeito. Por exemplo, o sinal  mantém relacionamento indicial com a função de procura. O objetivo do objeto real “binóculo” é permitir a visualização a uma longa distância. Esse sinal representa um índice para a idéia de procura em textos.

O relacionamento entre o sinal e o referente no mundo pode ser direto ou indireto (Baranauskas et al., 1998). Na referência direta há somente um referente envolvido, o referente denotativo. Na referência indireta há no mínimo dois referentes envolvidos, o referente do signo e o referente denotativo. As Figuras 3.3.3.b e 3.3.3.c ilustram e exemplificam as referências direta e indireta.

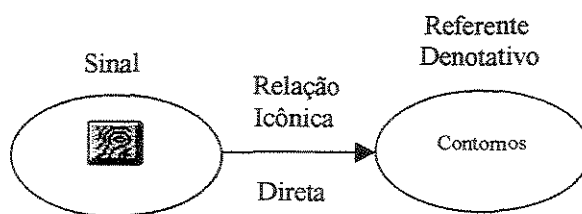


Figura 3.3.3.b: Referência direta entre sinal e referente

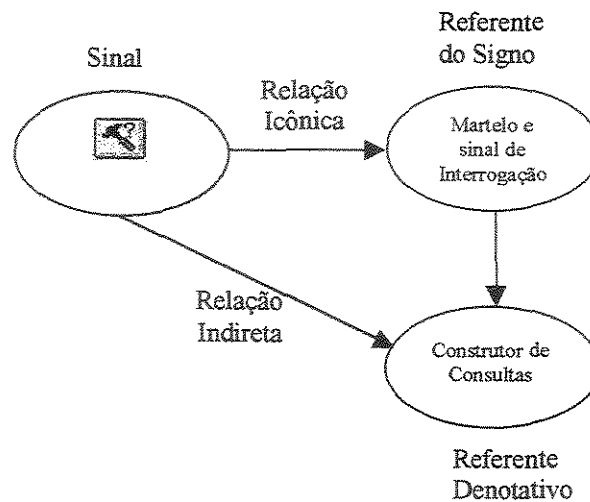




Figura 3.3.3.c: Referência indireta entre sinal e referente

Na Figura 3.3.3.b, o sinal  representa a função de criação de modelos do tipo contorno. Ele mantém similaridades com o referente denotativo (contornos); então, a relação é icônica. Não há um outro referente para esse sinal no mundo, por isso, a relação é direta. Na Figura 3.3.3.c, o sinal  representa a função de construção de consultas. No mundo real, o martelo é uma ferramenta usada para construção e, no sistema, ele é usado para denotar a idéia de formulação de consultas (?). O sinal mantém similaridades com o referente no mundo; então, a relação é icônica. Como existe um referente no mundo diferente do referente denotativo, a relação é indireta.

Para classificar grupos de sinais de interface do sistema, podemos usar a abordagem de Hjelmslev (1943), que propõe três tipos de funções estabelecidas entre as unidades de uma linguagem: interdependência, pressuposição e constelação, conforme ilustra a Figura 3.3.3.d. A interdependência é um tipo de função contraída entre duas constantes. A pressuposição é um tipo de função contraída entre uma constante e uma variável. A constelação é um tipo de função contraída entre duas variáveis. Uma função descreve a relação entre dois funtivos. Um funtivo é constante se sua presença é necessária para a presença de outro funtivo, caso contrário, ele é variável.



Figura 3.3.3.d: Tipos de funções estabelecidas entre unidades de linguagem

Na Figura 3.3.3.d, na interdependência, *a* e *b* dependem um do outro para existir; na pressuposição, *a* depende de *b* para existir e, na constelação, *a* e *b* não dependem um do outro para existir (Oliveira e Baranauskas, 1998).

3.3.3.1 Resultados da Análise Semiótica

A Análise Semiótica que realizamos possibilita avaliar a expressão e a comunicação de sinais de interface do sistema, permitindo captar inconsistências entre o *representamen* do sinal, projetado pelo designer do ArcView GIS 3D Analyst, e os interpretantes gerados para ele, por usuários do sistema (executando o sistema ou interpretando o sinal em papel, como é o caso de nossa avaliação). Esse tipo de análise é importante para verificar se os elementos expressivos são adequados ao domínio de aplicação da tarefa do usuário. Tomamos como objeto da análise semiótica sete grupos de sinais de interface do ArcView GIS 3D Analyst. Esses grupos estão ilustrados na Figura 3.3.3.1.a.

1. Barra de Ferramentas (BF): 16 sinais
2. Formatação de Dados de Tabela (FDT): 12 sinais
3. Barra de Ferramentas de *View* (BFV): 24 sinais
4. *3D scene* (3DS): 10 sinais
5. Propriedades de Tema (PT): 6 sinais
6. Editor de Legenda (EL): 7 sinais
7. Barra de Paletas (BP): 6 sinais



Figura 3.3.3.1.a: Grupos de sinais de interface do ArcView GIS 3D Analyst

Esses grupos totalizam 81 sinais que foram utilizados na análise e verificação dos problemas de interpretabilidade existentes na interface da ferramenta. A análise foi realizada com um grupo de 36 alunos de pós-graduação e graduação em Ciência da Computação. Esse grupo possuía conhecimento em sistemas computacionais, e parte do grupo algum conhecimento do domínio de SIG (2.8% dos sujeitos), embora não especificamente do SIG em questão.

O material utilizado para a obtenção dos dados constou de um documento com esses 7 grupos de interface e para cada um dos sinais que os compõem, solicitamos dos sujeitos a entrada de dois tipos de informação: o interpretante para o sinal e a relação do sinal para um referente, conforme pode ser verificado no Apêndice III. Esses sujeitos descreveram o seu interpretante para aquele sinal e tentaram identificar a relação entre o sinal e o referente

no mundo, de acordo com a classificação: icônica, indicial, simbólica e, ainda, direta ou indireta, conforme Familant e Detweiler (1993).

As relações estabelecidas entre os grupos de sinais de interface da ferramenta, de acordo com a abordagem de Hjelmslev (1943), podem ser visualizadas na Figura 3.3.3.1.b.

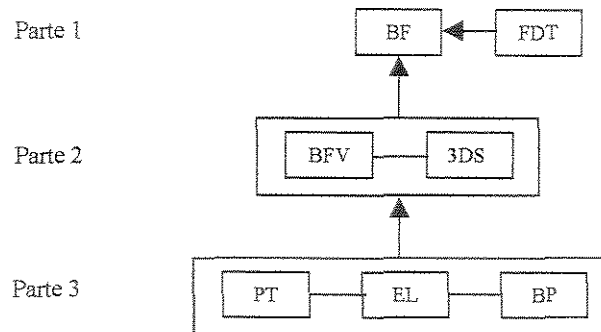


Figura 3.3.3.1.b: Relação entre os grupos de sinais de interface do ArcView GIS 3D Analyst

Entre os grupos de sinais BF e FDT há uma relação de pressuposição, pois FDT depende de BF para existir. Os grupos BFV e 3DS dependem de BF para existir, caracterizando uma relação de pressuposição e entre os dois há uma constelação, pois um não depende do outro para existir. O mesmo ocorre com os grupos PT, EL e BP, que dependem da existência de BFV ou 3DS para existir (pressuposição) e entre si formam uma relação de constelação. Neste caso, não há relação de interdependência.

A partir dos interpretantes presumidos pela descrição dos usuários para cada sinal de interface do sistema, realizamos uma classificação geral considerando respostas corretas, erradas ou em branco, conforme ilustra a Figura 3.3.3.1.c.

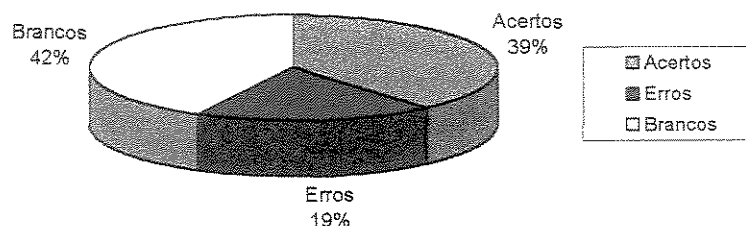


Figura 3.3.3.1.c: Acertos, Erros e Brancos na interpretação dos sinais de interface do ArcView GIS 3D Analyst

A Tabela 3.3.3.1.I a seguir resume os resultados quantificados para cada grupo de sinais.



	Acertos	Erros	Brancos	Erros e Brancos
Barra de Ferramentas (BF)	41%	29%	30%	59%
Propriedades de Tema (PT)	38%	26%	36%	62%
Editor de Legenda (EL)	35%	22%	43%	65%
Barra de Paletas (BP)	38%	37%	25%	62%
Formatação de Dados de Tabela (FDT)	32%	26%	42%	68%
Barra de Ferramentas de View (BFV)	39%	9%	52%	61%
3D scene (3DS)	36%	13%	51%	64%


Tabela 3.3.3.1.I: Resultados da análise semiótica por grupos de sinais de interface

Com relação ao número de pessoas que deixou em branco a resposta para o interpretante temos resultados significativos: os grupos BFV e 3DS, localizados na parte 2 da Figura 3.3.3.1.b, tiveram mais de 50% das respostas em branco. Na BFV, 42% dos sujeitos deixaram mais de 50% dos sinais sem resposta aos interpretantes. No caso do grupo de 3DS, 56% dos sujeitos deixaram mais de 50% das respostas para os interpretantes em branco. Isso significa que para mais da metade dos sujeitos que participaram do teste os

sinais não levaram à identificação dos referentes nesse grupo de sinais. Esse é um fator crítico, pois o ArcView GIS 3D Analyst tem como objetivo principal proporcionar aos usuários a criação de modelos 3D e exatamente esse grupo é um daqueles onde os usuários tiveram maior dificuldade na interpretação dos sinais.


A partir da taxa de erros geramos duas classificações: (i) considerando-se como taxa de erros os erros de interpretação e respostas em branco e (ii) considerando-se a taxa de erros somente como os erros de interpretação. No primeiro caso, tivemos o grupo FDT com 94% dos sujeitos (usuários) tendo errado a interpretação de mais de 50% dos sinais. Depois dela tivemos a BFV e a BP, nas partes 2 e 3 da Figura 3.3.3.1.b, com 83% dos sujeitos tendo errado na interpretação de mais de 50% dos sinais. O grupo de sinais da 3DS teve 78% dos sujeitos que erraram mais de 50% das respostas aos interpretantes. Considerando-se a segunda classificação, tivemos o grupo BP com 44% dos sujeitos que erraram mais de 50% dos interpretantes, seguida do grupo PT com 22% dos sujeitos, ambos os grupos localizados na parte 3 da Figura 3.3.3.1.b.

Com relação à taxa de acertos, dos 81 sinais existentes somente 2 deles levaram todos os usuários ao interpretante correto; isso significa apenas 2% de todos os sinais de interface do sistema. Esses sinais são conhecidos pelo uso em outras ferramentas, o que, talvez, explique o resultado. São eles: os ícones para salvar arquivo () e para ajuda ().






Em 12 sinais, nenhum dos usuários chegou aos interpretantes corretos. Por exemplo, o sinal cuja funcionalidade associada é selecionar *features* de tema na *3D scene* (). Os usuários associaram esse sinal a interpretantes como “abrir uma pasta” ou “subir um nível de diretório”. Em 30 sinais, surgiram interpretações muito diversas; alguns exemplos estão ilustrados a seguir.











Considerando-se as mensagens (*hints*) associadas aos sinais, temos 77% deles com mensagem (BF, FDT, BFV, 3DS), 16% não contém mensagem (EL, BP) e 7% possuem rótulo no próprio sinal (PT). No teste realizado não foram apresentadas aos sujeitos as mensagens associadas aos sinais.


Muitos dos sinais geraram interpretações inusitadas em relação ao significado pretendido pelo designer do ArcView GIS 3D Analyst. A seguir comentamos alguns exemplos:

- O caso do sinal que representa a criação de um novo visualizador 3D (). Alguns sujeitos interpretaram o sinal como um “fogão”; mesmo sabendo tratar-se de um SIG;

um outro presumiu o sinal como “encontrar restaurante” (possivelmente em um mapa). Os sujeitos classificaram a relação como icônica-direta.

- Sobre o editor de legenda (): talvez este sinal tenha sido um dos mais críticos, pois mais de 85% dos sujeitos não descreveram um interpretante para ele. Três sujeitos interpretaram esse sinal como uma “decodificação de cadeia de DNA”. Segundo comentários de alguns deles, só foi possível identificar o desenho após apresentarmos o interpretante para o sinal. Somente duas pessoas responderam a relação sinal-referente e elas colocaram icônica-direta.
- Sobre o sinal () que representa a construção de uma consulta, verificamos que na maioria das vezes que as pessoas visualizam uma marca de interrogação (?) impressa no sinal, elas a relacionam ao sistema de ajuda. Muitos sujeitos interpretaram esse sinal como “ajuda de ferramentas” ou “ferramentas de auxílio”. Situação análoga ocorreu com o sinal () que representa a distância entre dois pontos no mapa. Em ambos os casos, os usuários classificaram a relação sinal-referente como indicial, indireta para o primeiro sinal e direta para o segundo.
- Existem dois botões cujo sinal parece ser completamente diferente do significado pretendido pelo designer da interface do sistema. Esses sinais aparecem tanto no grupo BF quanto no 3DS. O primeiro deles () representa o *zoom para extensão completa*. As folhas em branco representam os temas e a seta representa a operação de *zoom*, que é aplicada sobre todas elas. Ao contrário dessa descrição, os sujeitos associaram o sinal a interpretantes como “empilhar” ou “inserir nova camada”. Ocorreu situação parecida com o sinal que representa *zoom para tema selecionado* (). Os sujeitos confundiram os interpretantes desses dois sinais e alguns acharam que eles tinham a mesma funcionalidade associada. Para se ter uma idéia da dificuldade com esses dois sinais, os sujeitos responderam às relações sinal-referente de forma diferente em cada grupo de interface ao qual eles pertencem. Na BF, eles responderam a relação como simbólica-indireta para o sinal de *zoom para extensão completa*, e houve o mesmo número de ocorrências de respostas simbólica-indireta e indicial-indireta para o sinal de *zoom para tema selecionado*. Na 3DS, os sujeitos chegaram a colocar a relação como icônica-direta para os sinais, declarando, desta forma, estarem certos de seus interpretantes.

- No sinal que representa geo-codificação (), alguns sujeitos tiveram como interpretante o envio de mensagens ou e-mails, pois o sinal também é usado em páginas *web* com tal propósito. Eles responderam à relação como indicial-direta.
- No sinal que representa *hotlink* (), os sujeitos descreveram os seguintes interpretantes: execução de alguma tarefa, mapa climático e até alguma relação com energia elétrica. Neste caso, somente cinco pessoas responderam a relação sinal-referente e as respostas foram bem diversificadas, deixando claro a existência de problemas com a interpretação desse sinal.
- No sinal que descreve a inserção de um novo rótulo no mapa (), tivemos uma taxa de acerto de 39% das pessoas, mas um dos sujeitos o achou parecido com um “mouse” (o dispositivo físico). A maioria dos sujeitos achou que a relação é icônica-indireta.
- Em um caso parecido com o anterior, temos o sinal () que representa a abertura da janela de valores nulos, no grupo EL. Um dos sujeitos relacionou o sinal a uma “latinha de refrigerante”. Um detalhe interessante nesse grupo é que a maioria dos sujeitos interpretou as ações referentes aos sinais como aplicadas sobre a legenda como um todo e não sobre os itens de legenda. Por exemplo, o sinal  tem como interpretante adicionar itens de legenda, mas grande parte dos sujeitos interpretaram-no como inserir legenda. Na maioria das vezes, os sujeitos responderam a relação como simbólica-indireta para ambos os sinais.
- Há um caso de redundância com os sinais que representam *zoom in* () e *zoom out* (). Quando o *viewer* (visualizador) de *3D scene* está aberto, esses sinais aparecem tanto no grupo BF como no grupo 3DS. Os sinais de *zoom para extensão completa* (), *zoom para tema ativo* () e *zoom para feature selecionado* () também aparecem nos dois grupos. A repetição dos sinais de *zoom* se explica porque uma *view* não tem uma barra de sinais na própria janela, então, o designer do sistema tinha como opções colocar esses sinais no grupo BFV ou no grupo BF, e ele optou por colocar nesta última (que está aberta sempre que uma *view* ou *3D scene* estão visíveis), gerando, desta forma, a incompatibilidade com os sinais existentes no grupo 3DS. A redundância poderia ser eliminada de 3 formas distintas: (i) retirando os elementos do grupo BF e colocando-os no grupo BFV, (ii) retirando os elementos do grupo 3DS ou (iii) retirando-os do grupo BF, criando um grupo na janela de *view* e colocando-os lá.

- Há um caso interessante de um sinal () existente nos grupos BF e FDT, que representa a retirada da seleção de alguma coisa: no grupo BF, ele representa a retirada da seleção de *features* de tema e, no grupo FDT ele representa a retirada da seleção de registros de tabela. O designer do sistema optou por generalizar as duas ações em um único sinal. Segundo os dados obtidos, em nenhum dos dois casos os sujeitos chegaram ao interpretante correto.

Com relação a mensagens em sinais de interface, verificamos que a existência de rótulos nos sinais do grupo PT não contribuiu para um aumento no número de respostas corretas, contrariamente ao que se esperava.

Com base nos resultados de análise obtidos, verificamos que a interface do ArcView GIS 3D Analyst ainda é um fator crítico e que merece ser tratada com mais cuidado. Considerando-se as premissas para design da interface definidas por Mark e Frank (1992), observamos que os usuários sempre tentam relacionar os sinais com outros existentes em ferramentas de seu domínio de conhecimento. Muitos sujeitos do teste complementavam a descrição do interpretante presumido dizendo que já tinham visto o sinal em outra ferramenta. Isso fica evidente nos dois casos onde todos os sujeitos chegaram ao interpretante esperado, onde os sinais já eram conhecidos. A falta de consistência foi um dos grandes problemas detectados.

O design da interface, por si próprio, não considera a existência de usuários com conhecimento diversificado. O sistema analisado possui opções para customizar a interface do sistema, para tentar adequá-la a diferentes tipos de usuários, mas essa tarefa teria que ser executada por um técnico em SIG.

Considerando a relação estabelecida entre os grupos de sinais, verificamos que um dos caminhos críticos (BF-3DS-EL) nos grupos de sinais de interface contém o grupo de sinais da 3DS, mostrando que a interface do sistema tem problemas exatamente no que se refere a um de seus principais objetivos: a criação de modelos 3D. Os caminhos BF-BFV, BF-BFV-PT e BF-BFV-BP detiveram as maiores taxas de acerto, entretanto, a maior taxa não ultrapassou 40% das respostas, tornando visível as deficiências no design dos elementos de interface. Um fator importante a observar é que os sujeitos deixaram mais de 50% das respostas em branco nos grupos BFV e 3DS, que funcionam como módulos de ligação entre BF e PT, EL, BP dentro da estrutura de classificação.

Mais de 60% das respostas foram agrupadas entre erros e brancos e os acertos não chegaram a 40%. Desses 60% de erros e brancos, 42% foram de respostas em branco, evidenciando que grande parte dos sujeitos nem mesmo conseguiu presumir um interpretante para os sinais.

Um fator a considerar é que sujeitos acharam que alguns sinais serviam para executar uma tarefa e não simplesmente para configurá-la, isso aconteceu em alguns sinais do grupo de PT e BP. Em outro caso, eles acharam que o sinal servia a uma ação mais geral, como por exemplo, o sinal do grupo de EL que pressupõe a inserção de um novo item de legenda, onde a maioria interpretou como inserção de legenda como um todo. A redundância de alguns sinais de interface, como é o caso dos sinais de *zoom*, pode dificultar o entendimento de suas funções.

Poder-se-ia argumentar que esses problemas seriam corrigidos se o sistema tivesse manuais e um sistema de ajuda mais amplo; mas conforme cita Mark e Frank (1992), o aumento no tamanho de manuais não resulta em um progresso em direção à melhor usabilidade do Sistema de Informação Geográfica.

3.4 Considerações Finais

Este capítulo mostra que existe uma problemática inerente ao processo de modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG. Essa problemática envolve desde a forte carga conceitual existente até as inconsistências no próprio design da interface da ferramenta, restringindo o seu uso apenas para os que possuem conhecimento em Sistemas de Informação Geográfica. Isso fica comprovado devido aos resultados de análise obtidos. Como forma de tratar essa situação, estamos considerando o processo de modelagem de acordo com uma metodologia incremental que entende a interface como um Espaço de Comunicação (Oliveira, 2000) entre entidades. Essa metodologia será descrita detalhadamente no Capítulo 4.

Capítulo

4

A Metodologia Espaço de Comunicação no Contexto de Aplicações SIG

Neste capítulo, apresentamos a metodologia Espaço de Comunicação, proposta por Oliveira (2000), para design de interfaces, que consideramos para o processo de modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG. Inicialmente, apontamos algumas metodologias correntes para design e avaliação de interfaces 3D, presentes na literatura. Na sequência, apresentamos a metodologia abordada e, por fim, ilustramos a modelagem de uma interface de aplicação SIG de acordo com o referencial da metodologia.

4.1 Metodologias para Design e Avaliação de Interfaces 3D

Na literatura, existem poucas metodologias para design e avaliação de interfaces 3D. Esta seção descreve algumas delas, selecionadas por representarem diferentes tipos de abordagens. São elas: a metodologia de Robbins (1995), de Bricken (1991), de Hix et al. (1999) e Stuart (1996).

Ambientes virtuais têm sido criados para aplicações específicas com suas próprias instâncias e objetivos, técnicas de interação e aparelhagem. Para a modelagem de aplicações no caso de nosso trabalho, precisamos de uma metodologia típica para

ambientes virtuais *desktop*, pois eles são uma alternativa eficiente e de baixo custo em relação aos ambientes virtuais altamente aparelhados. Para alguns pesquisadores (Kessler, 1999; Wloca e Geenfield, 1995), a inexistência de padrões de design, como os que existem no design de aplicações tipicamente *desktop*, é o que tem impedido o desenvolvimento e a aceitação, em larga escala, dos ambientes virtuais. Nesse contexto, surge a importância de metodologias como a Espaço de Comunicação.

Robbins (1995), do grupo de pesquisa em interface da Microsoft Corporation, propôs uma metodologia para design de interfaces 3D segundo a qual o processo de design pode ser visto como um ciclo, onde *storyboards* e protótipos da interface 3D são constantemente desenvolvidos, usados e avaliados. Esses *storyboards* e protótipos, são consideradas limitações da interface 3D com relação à perspectiva do usuário, observando os seguintes aspectos:

- **Resolução (*resolvability*):** verifica se o usuário pode perceber detalhes de elementos de interface 3D;
- **Compreensão (*graspability*):** verifica se o usuário está habilitado para interagir com a interface 3D;
- **Descoberta (*discoverability*):** verifica se o usuário pode entender o que os controles fazem.

Segundo Robbins, é interessante guardar os protótipos intermediários, mesmo aqueles esboços grosseiros, pois permitem observar aspectos importantes durante o desenvolvimento e ajudam o designer evitar cometer determinados erros novamente. A metodologia de design consiste em observar o que os usuários falam, ao utilizarem a interface 3D e o que fazem com os controles disponíveis. Ela se preocupa, além disso, com quais ações conduzem a relacionamentos temporários entre objetos. Por exemplo, ela registra quando o usuário decide mover ou juntar objetos.

A metodologia de Robbins tem pontos em comum com a metodologia Espaço de Comunicação, principalmente porque ambas são processos cíclicos para criação de interfaces 3D, e ambas valorizam a manutenção dos dados referentes aos ciclos do processo. Para que o designer desenvolva seus *storyboards* e protótipos da interface 3D na metodologia proposta por Robbins, nota-se, entretanto, que não há um padrão para a identificação de problemas e inconsistências ao longo do ciclo de design. O processo é *ad hoc*, considerando aquilo que o autor denomina de “limitações de uso”. Além disso, a análise é realizada apenas observando-

se as ações do usuário sobre a interface 3D e o que eles falam enquanto interagem. Nesse processo, pode existir uma inconsistência entre o que o usuário está fazendo, o que ele está falando e o que ele pretendia fazer. A metodologia Espaço de Comunicação procura captar essas inconsistências analisando o interpretante presumido pelo designer para uma entidade da interface com relação ao interpretante do usuário, obtido pela observação de um usuário imerso na interface, onde “interpretante” é usado no sentido semiótico do termo (Ver definição de Semiótica na Seção 3.3.3).

Segundo Bricken (1991), do laboratório de tecnologia em interface humana da Universidade de Washington, o objetivo dos designers de artefatos computacionais é a criação de mundos virtuais que satisfaçam e atendam às necessidades e intenções do usuário. O autor considera quatro aspectos na tarefa de design desses mundos virtuais:

1. Designers trabalham com engenheiros para criar a tecnologia sob medida, conforme necessidades físicas e psicológicas dos usuários. Essas necessidades são observadas por meio de testes de usabilidade dos sistemas, sugerindo refinamentos.
2. Designers trabalham com usuários para customizar mundos virtuais. Isso requer que ambos estejam cientes das necessidades individuais e preferências do usuário, além das restrições e capacidades da tecnologia.
3. Designers compõem *protoworlds* que contêm o contexto gráfico e possibilidades interativas apropriadas para aplicações particulares. O *protoworld* é composto pelo contexto gráfico *default*, bibliotecas apropriadas de objetos e sons, e um vocabulário de interações disponíveis no mundo virtual.
4. Designers avaliam mundos virtuais observando o aprendizado, acomodação e performance dos usuários. O domínio computacional permite ao usuário construir um modelo cognitivo específico através da experiência. O mundo virtual é rico em informação e, se o *feedback* é explícito, o processo de descoberta é um caminho eficiente para aprender.

A participação do usuário na metodologia de Bricken parece orientada à customização do espaço virtual e ao entendimento de como o usuário se adapta a essa realidade. A metodologia Espaço de Comunicação permite ao designer da aplicação antecipar a interpretação do usuário para a interface sendo construída, colocando-se na figura de um usuário, e presumindo o interpretante que ele teria para uma entidade dessa interface. A observação de usuários pode

fazer parte da análise do designer da aplicação também na metodologia Espaço de Comunicação, em sua fase de avaliação.

Hix et al. (1999) propuseram um método de design e avaliação de ambientes virtuais baseado em uma combinação entre a avaliação heurística e a avaliação de usabilidade formativa. A avaliação heurística, realizada por especialistas, identifica prováveis problemas de usabilidade, através da inspeção da interface 3D existente, com respeito a um certo número de heurísticas de usabilidade. A avaliação de usabilidade formativa identifica problemas de usabilidade através da observação empírica de usuários interagindo com a interface 3D, à medida em que estes realizam um certo conjunto de tarefas previamente definidas. Essa avaliação produz resultados qualitativos e quantitativos. Os dados qualitativos estão na forma de incidentes críticos (problemas) que ocorrem quando o usuário está executando uma tarefa. Os dados quantitativos estão relacionados ao número de erros ocorridos enquanto o usuário está executando uma tarefa. O método de design proposto consiste no desenvolvimento de protótipos de forma iterativa, sendo que em cada ciclo da iteração um protótipo passa por uma avaliação heurística e uma avaliação formativa, antes de ser reformulado.

Hix *et al.* também propõem um processo cíclico para o desenvolvimento de ambientes virtuais. A idéia de se utilizar a avaliação heurística como parte do processo de análise é interessante, mas deve-se verificar o quão relevante um método para avaliação de componentes de diálogo e elementos de interface será com relação a mundos 3D. Além disso, a avaliação formativa gera resultados qualitativos e quantitativos, mas não apresenta nenhum formalismo para análise desses resultados e tomadas de decisão de (re)design. A metodologia Espaço de Comunicação possui o modelo de análise de alternativas, como forma de avaliar as questões geradas a partir das inconsistências detectadas, o que contribui para que o designer da aplicação tome decisões de (re)design informadas por resultados dessa análise.

Para Stuart (1996), o design de ambientes virtuais altamente aparelhados é um processo iterativo com as seguintes fases:

1. **Definição de requisitos:** é a descrição de quem são os usuários, suas habilidades, motivações, capacidades perceptuais, cognitivas e motoras, quais as tarefas a serem realizadas e qual é o contexto no qual o sistema se insere.
2. **(Re)Design:** é a escolha dos dispositivos para entrada e saída, definição de software, interações do ser humano dentro do ambiente e projeto do sistema.

3. **Avaliação:** compreende a verificação da performance (latência, taxa de alteração de *display*, sincronização espacial e temporal), da usabilidade e da utilidade do ambiente virtual.

Segundo Oliveira (2000), Stuart não oferece nenhum formalismo para qualquer das fases que compreendem o seu método e nem revela como fazer. O seu trabalho pode ser entendido como um conjunto de sugestões de natureza geral sobre o processo de design. Além disso, a metodologia de Stuart considera fatores tecnológicos durante o desenvolvimento do ambiente virtual, a exemplo do que acontece em Bricken, e nós estamos interessados em metodologias para design e avaliação de ambientes virtuais desktop.

4.2 A Metodologia Espaço de Comunicação

O Espaço de Comunicação (Oliveira, 2000) é uma metodologia para design e avaliação de interfaces. Ela entende a interface como um mundo habitado por várias entidades, humanas e computacionais, com capacidade comunicativa (Figura 4.2.a). O entendimento da comunicação existente na interface apoia-se em princípios da Semiótica.

O conceito de interface subjacente à metodologia é consistente com aplicações associadas a conceitos de realidade virtual, ou seja, é um ambiente no qual os usuários podem realizar imersão, navegação e interação. Para entender os fenômenos que ocorrem quando seres humanos interagem com computadores, Oliveira (2000) definiu um substrato lógico comum presente em todo tipo de interação do ser humano, seja com o computador ou com outros meios. Para o autor, nosso contato com o mundo se dá através de expressões em certas linguagens. Nesse contexto, entende-se que o computador não é a máquina com a qual nos comunicamos:

“É ingênuo ou cômodo falar em Interação Humano-Computador. Podendo assumir milhares de formas, o computador tem a capacidade de representar milhares de entidades. É com estas entidades representadas pelo computador que nos comunicamos e percebemos que estas entidades comunicam-se também entre si. Assim, entendemos uma interface como um conjunto de entidades que se comunicam, uma ou mais das quais são seres humanos” (Oliveira e Baranauskas, 1999; p. 2).

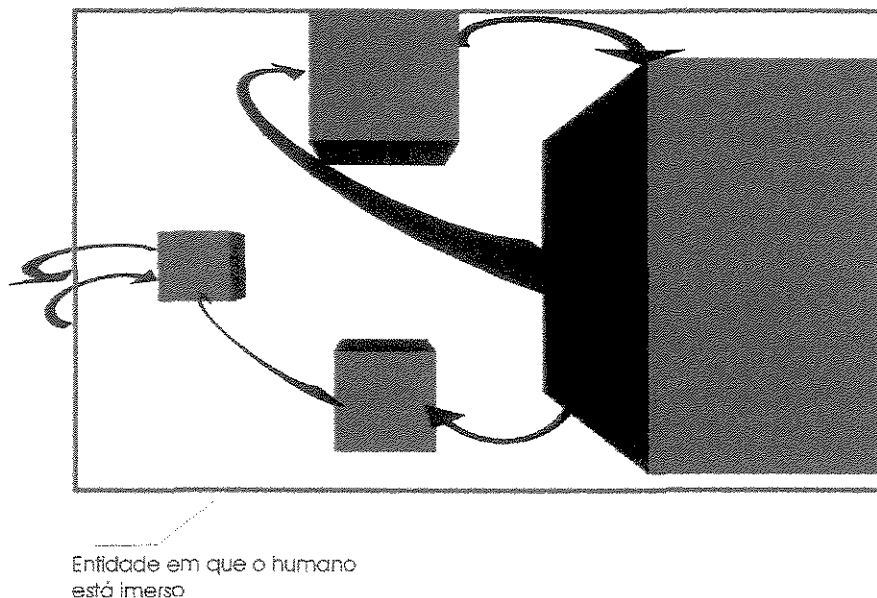


Figura 4.2.a: A interface como um Espaço de Comunicação (Oliveira e Baranauskas, 1999)

Sendo entendida como um espaço para comunicação, os fenômenos que ocorrem nas interfaces são fenômenos de natureza semiótica. A Semiótica é, portanto, o substrato lógico que fundamenta o conceito de interface da metodologia em questão.

A interface é vista não como a superfície de contato entre seres humanos e computador, mas como um sistema que engloba um conjunto de entidades que se comunicam. Entidades podem ser seres humanos ou podem ser algo totalmente computacional, isto é, alguma coisa cuja representação e comportamento são comandados pelo computador.

O conceito de interface é relativo a um observador humano presente na interface. Algo é uma entidade se para uma entidade humana presente na interface este algo tiver uma função comunicativa, isto é, emitir signos para o observador humano. O usuário de um ambiente virtual é um elemento (uma entidade) dentro do ambiente virtual que interage neste ambiente com outros elementos (outras entidades) que lhe comunicam algo, através de emissão de signos: o que são, onde ele (o usuário) está, o que ele tem à sua frente, entre outros (Ver definição de Semiótica na Seção 3.3.3).

O designer de uma interface, segundo a perspectiva semiótica adotada, é considerado uma das entidades participantes desse ambiente, sob o ponto de vista de imersão em alguma entidade da interface. O conceito de imersão é utilizado de forma natural em diversas áreas do conhecimento. Tomando como exemplo os cursos para aprendizado de língua estrangeira,

alguns dos métodos utilizados defendem que um idioma não pode ser aprendido somente dentro da escola, com um professor, mas que é necessário sua prática em situações cotidianas. Isso é obtido com uma total imersão (real ou virtual) no país onde se fala o idioma em questão. Na modelagem de aplicações SIG, a imersão possibilita obter informações que não seriam captadas se visualizássemos o cenário apenas como espectadores. Para cada entidade em que o usuário imerge, há um cenário diferente do ambiente virtual, permitindo captar signos não observados em outros cenários. Winograd (1996) define ambientes virtuais não somente como um meio para usuários interagirem mas, também, como um lugar onde usuários vivem.

Humanos imersos dentro do mundo da interface associam a toda entidade uma capacidade comunicativa. Isto é, toda entidade é percebida pelo ser humano como possuindo uma certa **possibilidade de emissão de signos** e uma certa **capacidade de semiose** relativa ao mundo da interface.

A possibilidade de emissão de signos refere-se à habilidade de produzir expressões para o mundo da interface. Por exemplo, uma entidade *X* comunica algo a uma entidade *Y* através de propriedades como forma, cor, textura, ruído que produz, modo de agir, maneira de se movimentar, entre outros. É especialmente este tipo de comunicação que permite ao usuário de uma interface de aplicação SIG reconhecer e interpretar o significado de entidades tais como construções, estradas, rios, superfícies, entre outros. Capacidade de semiose refere-se à habilidade de perceber e interpretar o mundo da interface. Por exemplo, o designer da interface 3D de aplicação SIG percebe que as entidades de construções estão sobre uma entidade de superfície, e que algumas delas estão em lugares mais altos (montanhas ou elevações) e outras em lugares mais baixos (depressões). A Figura 4.2.b ilustra os conceitos de imersão, emissão de signos e semiose.

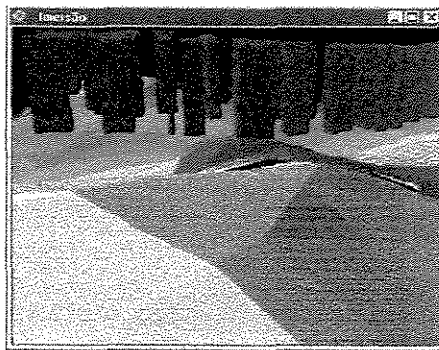


Figura 4.2.b: Imersão do designer em uma entidade de construção da interface 3D de aplicação

Na Figura anterior, temos como exemplo uma interface 3D de uma aplicação contendo entidades de relevo e construções. Nesse cenário, o designer encontra-se imerso em uma entidade de construção e ele pode perceber que as entidades de construções estão sobre uma entidade de relevo específica (semiose) e que as entidades de construções são prédios, devido à sua forma (emissão de signos). A semiose possibilita a percepção da relação entre as entidades que compõem uma interface de aplicação e a emissão de signos é propriedade particular de uma entidade.

Na metodologia Espaço de Comunicação, o design é entendido como um processo cíclico onde protótipos do ambiente virtual são continuamente desenvolvidos, usados, avaliados e redesenhados. Em cada ciclo do processo de design, entidades e comunicações devem ser avaliadas. O designer da aplicação pode alterar as comunicações atuando sobre as capacidades de produção de signos das entidades não-humanas da interface. As entidades humanas fazem isso naturalmente. Essa metodologia tem três etapas: Análise de Domínio ou de Alternativas, Desenvolvimento e Avaliação, que realimentam novas iterações do ciclo, conforme ilustrado na Figura 4.2.c.

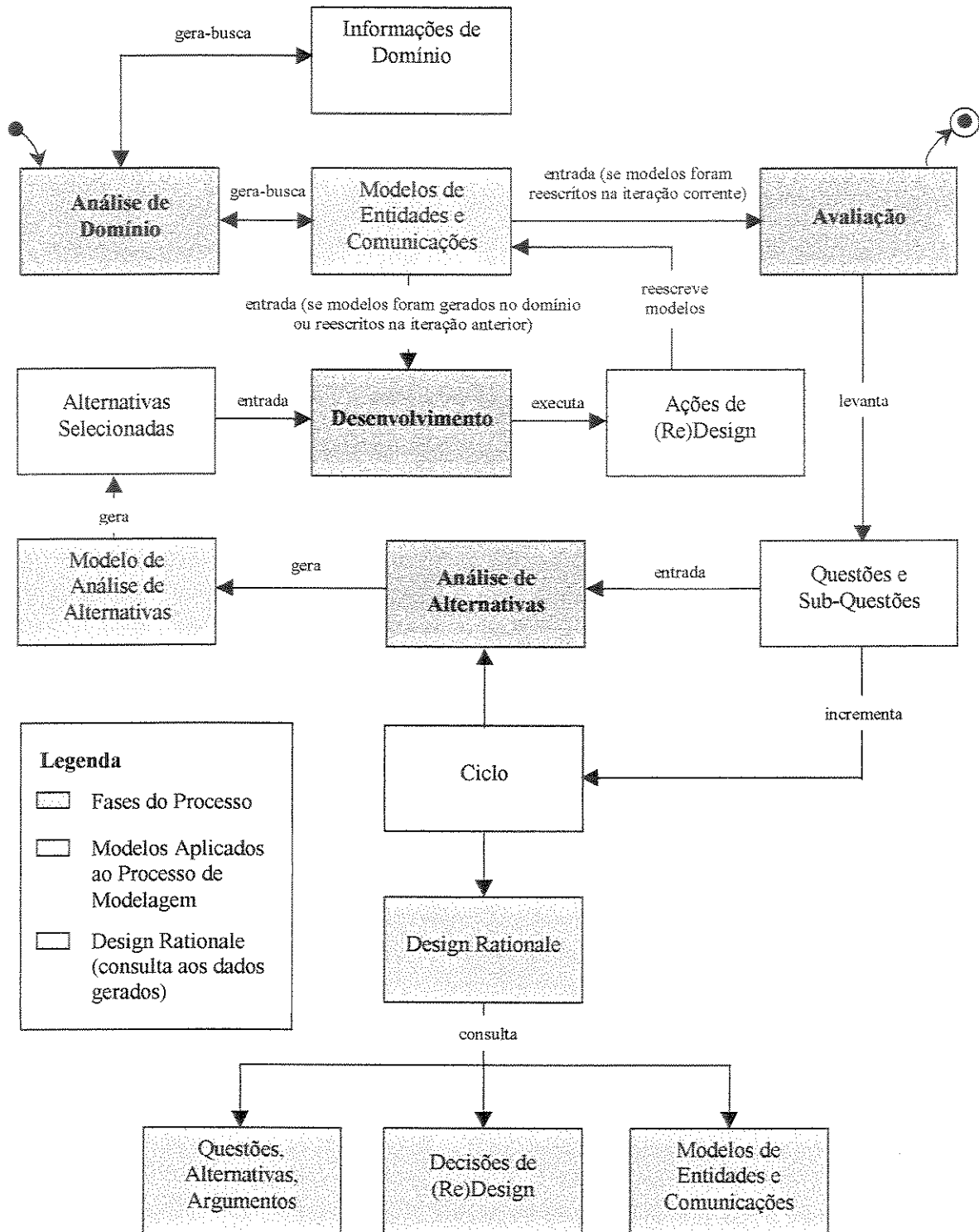


Figura 4.2.c: Fases do processo de modelagem

O ponto de partida do processo é uma análise de domínio da aplicação SIG. Na análise de domínio, o designer da aplicação define o domínio de aplicação, os objetivos do ambiente virtual, bem como as restrições para modelagem. Além disso, são definidos os modelos de entidades e comunicações, que serão descritos na Seção 4.2.1.

A fase de desenvolvimento tem como entrada os modelos de entidades e comunicações da análise de domínio ou da iteração anterior, mais as alternativas selecionadas da fase de análise de alternativas (para o caso de já estarmos em uma iteração posterior à primeira). Com base nessas informações, o designer da aplicação executa ações de (re)design sobre a interface de aplicação e, depois disso, rescreve os modelos de entidades e comunicações.

A fase de avaliação tem como entrada os modelos de entidades e comunicações da fase de desenvolvimento, e nela podem ser levantadas várias questões e sub-questões, sendo que uma mesma questão pode ter várias sub-questões associadas. Uma questão de (re)design é levantada toda vez que houver uma inconsistência entre o interpretante do usuário imerso no ambiente, constatado por observação de uso, e o interpretante presumido pelo designer da aplicação para uma entidade (que tenta antecipar o interpretante do usuário).

A avaliação também pode ser realizada sem a participação direta do usuário. Neste caso, as inconsistências são detectadas analisando-se o interpretante presumido pelo designer da aplicação para uma entidade em relação ao *representamen* da entidade.

As questões levantadas nas fases de desenvolvimento e avaliação de uma determinada iteração são importantes na fase de análise de alternativas da próxima iteração para uma realimentação do processo. Na fase de análise de alternativas, é definido o modelo de análise de alternativas, que será descrito na Seção 4.2.1, onde, para cada questão levantada no ciclo anterior do processo, devem ser propostas alternativas de solução. Depois disso, o ciclo se repete em nova iteração, e versões mais especializadas do ambiente virtual vão sendo geradas, até chegarmos a uma versão final.

4.2.1 Modelos Aplicados ao Processo

A metodologia tem três modelos associados: os modelos de entidades e comunicações e o modelo de análise de alternativas. Esses modelos suportam as três fases da metodologia Espaço de Comunicação. Os modelos de entidades e comunicações atuam como: um plano geral de design para as fases de desenvolvimento; como um roteiro nas fases de avaliação; e uma representação do domínio do ambiente virtual na análise que precede o ciclo de desenvolvimento. Na fase de análise de alternativas, há um modelo de análise de alternativas

para tratar e materializar alternativas para (re)design. Essas alternativas dizem respeito às questões levantadas na fase de avaliação a partir das inconsistências detectadas nos modelos de entidades e comunicações.

Os três modelos estão fortemente conectados entre si. Os modelos de entidades e comunicações se ligam pelas entidades que figuram em ambos, e os três modelos estão conectados entre si pelas questões que são levantadas nas fases de desenvolvimento e especialmente na fase de avaliação.

A vida destes modelos não se reduz a um ciclo na espiral que descreve a evolução do ambiente virtual. Os ciclos de vida dos modelos acompanham o ciclo de vida do ambiente virtual. Neste sentido, os modelos são continuamente reformulados a cada ciclo.

O modelo de entidades tem por objetivo captar os signos de cada entidade e os seus respectivos interpretantes, presumidos pelo designer da aplicação, a partir de cenas do ambiente virtual (ou do domínio). A especificação do modelo de entidades consiste na definição de quatro elementos: um título, a identificação da entidade em que o designer está imerso, um cenário que ilustra o ambiente virtual (representado por uma imagem ou desenho) e o interpretante presumido para cada entidade do cenário.

O modelo de comunicações é um conjunto de modelos de diálogo, que contém um título, a identificação da entidade em que o designer está imerso e a relação das entidades que participam do cenário. Para cada conjunto de entidades que compõe um modelo de comunicações, existe o que se denomina cenário. O cenário permite a descrição da relação entre as entidades da interface, além do seu significado dessa relação. Um cenário é implementado através da especificação de dois campos: o trecho e o interpretante presumido. O trecho é uma descrição da relação entre as entidades que compõem o modelo, e o interpretante presumido é um interpretante atribuído pelo designer da aplicação para essa relação, antecipando um possível interpretante do usuário.

O modelo de análise de alternativas trabalha com questionamentos levantados durante o ciclo de vida anterior do design da interface de aplicação. Um questionamento é constituído por uma questão e possivelmente por sub-questões derivadas e um conjunto de alternativas de solução para esta questão. Cada alternativa de solução é sustentada por um conjunto de argumentos a favor e é contraposta por outros argumentos. No final desta fase, cada questão terá uma alternativa de solução, que pode não ser a melhor no que se refere a usabilidade do ambiente virtual, mas pode ser a mais viável considerando também fatores econômicos e

tecnológicos. Cada alternativa de solução corresponde a uma nova versão de interface a ser implementada, por sua vez dando início a um novo ciclo.

As informações para os modelos de entidades e comunicações são obtidas segundo o ponto de vista do designer imerso em várias entidades da interface SIG. Pode-se dizer que em cada entidade em que o designer imerge há um cenário ou uma “realidade” diferente. Em cada um desses cenários, existem signos que poderiam não ser captados em outras perspectivas (se o designer estivesse imerso em outras entidades), advindo daí a importância da criação de vários modelos. Não existe um número pré-definido de modelos a serem criados. Devemos gerar tantos modelos quanto forem necessários, mas cada um deles deve ser um modelo saliente, ou seja, um modelo que capte aspectos não presentes em outros modelos.

4.3 A Aplicação da Metodologia ao Processo de Desenvolvimento de Interfaces 3D de Aplicações SIG

Para realizar a modelagem da interface 3D de uma aplicação no ArcView GIS 3D Analyst segundo a metodologia apresentada, consideramos o domínio hipotético de planejamento urbano e o seguinte conjunto de temas (pertencente à base de dados do ArcView GIS 3D Analyst): elevação de terreno, estradas, perímetro de região, um prédio em construção, casas e prédios em construção, e partindo-se de uma *view* (mapa – visão de plano).

Normalmente, na fase de avaliação do processo de modelagem, para identificar as inconsistências nos modelos de entidades e comunicações, o designer da aplicação realiza a observação de uso com um usuário imerso no ambiente virtual. Dessa forma, torna-se possível detectar as inconsistências entre o interpretante presumido pelo designer da aplicação e o interpretante do usuário para uma entidade. Entretanto, nesta modelagem, consideramos apenas a figura do designer, que analisa o seu interpretante para uma entidade, com relação ao *representamen* dessa entidade.

Ciclo 1

A) Análise de Domínio:

Definição do ambiente virtual:

Domínio: planejamento urbano.

Objetivos: o objetivo do ambiente virtual é auxiliar técnicos e diretores financeiros de uma prefeitura municipal na análise e avaliação da aplicação de recursos no planejamento de um novo núcleo habitacional.

Restrições: a atividade de modelagem estará restrita apenas a $\frac{1}{4}$ de toda a área disponibilizada pela prefeitura para o desenvolvimento de núcleos habitacionais.

Estabelecimento do Modelo de Entidades (Tabela 4.3.I):

Modelo de Entidades				
Título	Entidade em que o designer está imerso	Cenário	Interpretante presumido para cada entidade	
			Entidade	Interpretante
Modelo de Entidades com o Designer Imerso na Posição de Espectador (ciclo 1)	Posição de Espectador	Figura 4.3.a	Perímetro (retângulo verde)	Perímetro de região?
			Uma construção (retângulo vermelho)	Perímetro de uma construção?
			Construções (retângulos e círculo azuis)	Perímetro de construções?
			Elevação de terreno (pontos verde claro)	Pontos dispersos sobre a superfície?
			Estradas (linhas roxas)	Estradas ou rios?

Tabela 4.3.I: Modelo de Entidades com o Designer Imerso na Posição de Espectador (ciclo 1)

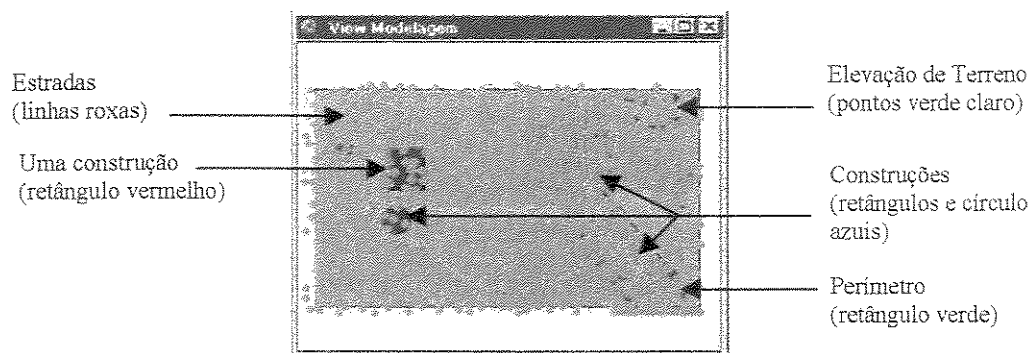


Figura 4.3.a: Interface de aplicação inicial na visão de plano (mapa)

Estabelecimento do Modelo de Comunicações (Tabela 4.3.II):

Modelo de Comunicações				
Título	Entidade em que o designer está imerso	Entidades Participantes	Cenário	
			Trechos	Interpretante Presumido
Modelo de Comunicações com o Designer Imerso na Posição de Espectador (ciclo 1)	Posição de Espectador	Perímetro, Construções, Elevação de terreno e Estradas	Há pontos, linhas e retângulos sobrepostos	Uma superfície com perímetro de construções e rios ou estradas?

Tabela 4.3.II: Modelo de Comunicações com o Designer Imerso na Posição de Espectador (ciclo 1)

B) Fase de Desenvolvimento:

No primeiro ciclo, o designer cria o mapa e insere nele as entidades.

C) Fase de Avaliação:

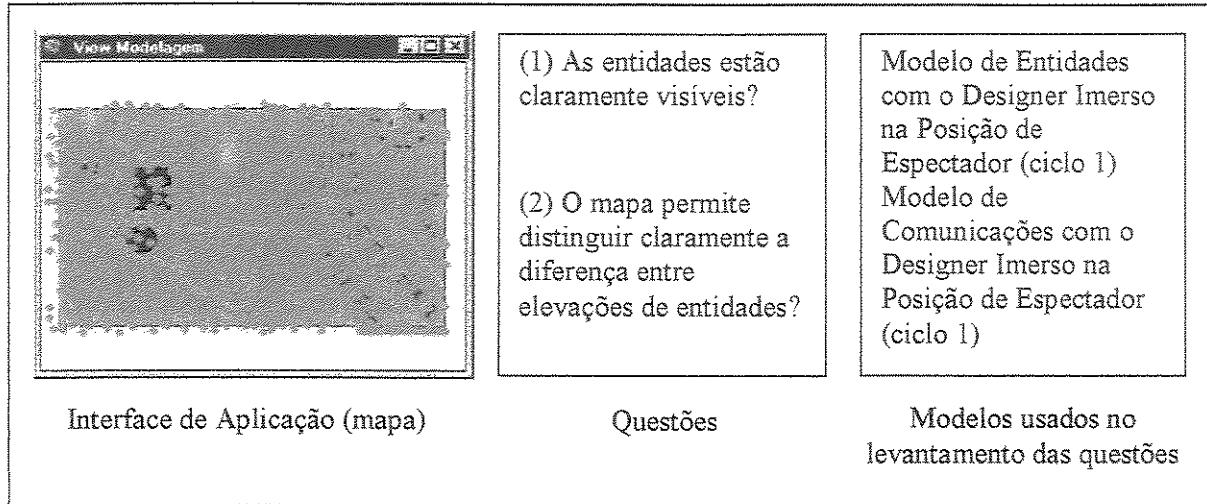


Figura 4.3.b: Questões levantadas na Fase de Avaliação do Ciclo 1

Ciclo 2

A) Fase de Análise de Alternativas

Modelo de Análise de Alternativas			
Questionamentos	Alternativas	Argumentos	
		Contra	A favor
<i>(1) As entidades estão claramente visíveis?</i>	Criar vários mapas, de maneira a distribuir as entidades entre eles	Distribuindo as entidades entre vários mapas, pode-se perder muito tempo ao realizar a modelagem	Por limitações tecnológicas, talvez seja interessante que o designer continue a modelagem em mapas, pois as interfaces 3D são mais “caras” computacionalmente, devido ao tempo despendido para renderização após operações como navegação e <i>zoom</i>
	Criar uma interface 3D	Na modelagem 3D pode-se ter que entrar em contato com conceitos não familiares, como a atribuição de elevação	É uma alternativa interessante, pois permite visualizar as entidades como se estivesse no mundo real
	Restringir o acesso do usuário da interface de aplicação (correntemente o mapa) para seleção de apenas um determinado número de entidades por vez	Não é uma alternativa plausível, pois restringe a liberdade do usuário final	Essa é uma alternativa mais “barata” computacionalmente, e evita que o designer tenha que criar vários mapas para distribuir as entidades entre eles

(2) O mapa permite distinguir claramente a diferença entre elevações de entidades?	Atribuir cores às entidades, de acordo com o valor de elevação	É uma alternativa viável, mas as ferramentas SIG possuem recursos para a criação do efeito de elevação; dessa forma, não é necessário simular a elevação através da atribuição de cores	Atribuindo cores às entidades o usuário conseguirá saber quais são as partes mais altas do mapa
	Criar uma interface 3D	A prática do designer com a modelagem em mapas deve ser modificada para se trabalhar com os conceitos relacionados à modelagem 3D	Parece a solução mais adequada, pois, na modelagem 3D, existem funções específicas para criar o efeito de elevação, como por exemplo, o <i>extrude</i> no 3D Analyst

Tabela 4.3.III: Modelo de Análise de Alternativas do Ciclo 2

Após a análise dos argumentos contra e a favor, suponha que o designer selecione as alternativas “criar uma interface 3D” para as duas questões levantadas.

B) Fase de Desenvolvimento

As entradas para esta fase são os modelos de entidades e de comunicações da iteração anterior (Tabelas 4.3.I e 4.3.II), e as alternativas selecionadas da fase de análise de alternativas (Tabela 4.3.III). Essas alternativas são decisões de (re)design que, então, são usadas para gerar a interface 3D, ilustrada na Figura 4.3.c:

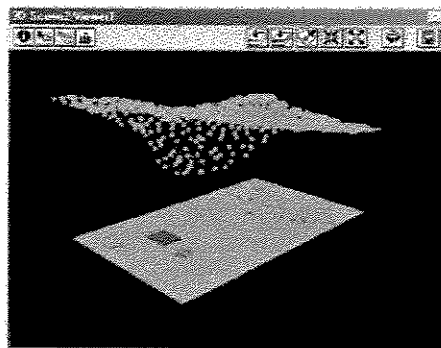


Figura 4.3.c: Interface 3D gerada a partir do mapa

Os modelos de entidades e comunicações da iteração anterior são, então, re-escritos. Com a imersão do designer na entidade de uma construção (Figura 4.3.d), obteve-se os seguintes modelos de entidades e comunicações (Tabelas 4.3.IV e 4.3.V, respectivamente):

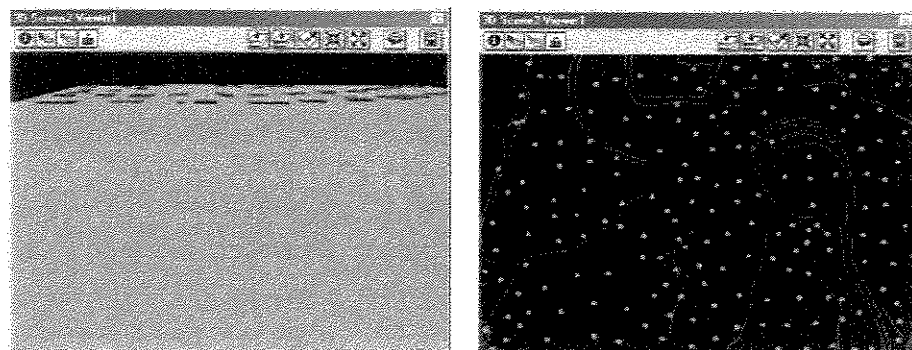


Figura 4.3.d: Designer imerso na entidade de uma construção (olhando para frente e para cima, respectivamente)

Modelo de Entidades				
Título	Entidade em que o designer está imerso	Cenário	Interpretante presumido para cada entidade	
			Entidade	Interpretante
Modelo de Entidades com o Designer Imerso na Entidade de uma Construção (ciclo 2)	Uma construção	Figura 4.3.d	Perímetro	Perímetro de região (com o designer imerso olhando para frente)?
			Uma construção	Ponto Focal do designer?
			Construções	Perímetro de construções (com o designer imerso olhando para frente)?
			Elevação de terreno	Conjunto de pontos dispersos espacialmente (com o designer imerso olhando para cima)?
			Estradas	Conjunto de linhas dispersas espacialmente (com o designer imerso olhando para cima)?

Tabela 4.3.IV: Modelo de Entidades com o Designer Imerso na Entidade de uma Construção (ciclo 2)

Modelo de Comunicações				
Título	Entidade em que o designer está imerso	Entidades Participantes	Cenário	
			Trechos	Interpretante Presumido
Modelo de Comunicações com o Designer Imerso na Entidade de uma Construção (ciclo 2)	Uma construção	Entidade de perímetro e de construções	Em perspectiva visualizamos elementos sobre a superfície	Demarcações ou buracos na superfície?
		Entidade de elevação de terreno e de estradas	Há uma sequência de pontos e linhas dispersos espacialmente	Estrelas e marcas de nuvens?

Tabela 4.3.V: Modelo de Comunicações com o Designer Imerso na Entidade de uma Construção (ciclo 2)

A seguir, a Figura 4.3.e ilustra a interface 3D resultante da fase de desenvolvimento do ciclo 2. Através dela e dos modelos de entidades e de comunicações definidos, o designer levanta algumas questões que serão avaliadas na fase de análise de alternativas da próxima iteração (iteração 3).

C) Fase de Avaliação

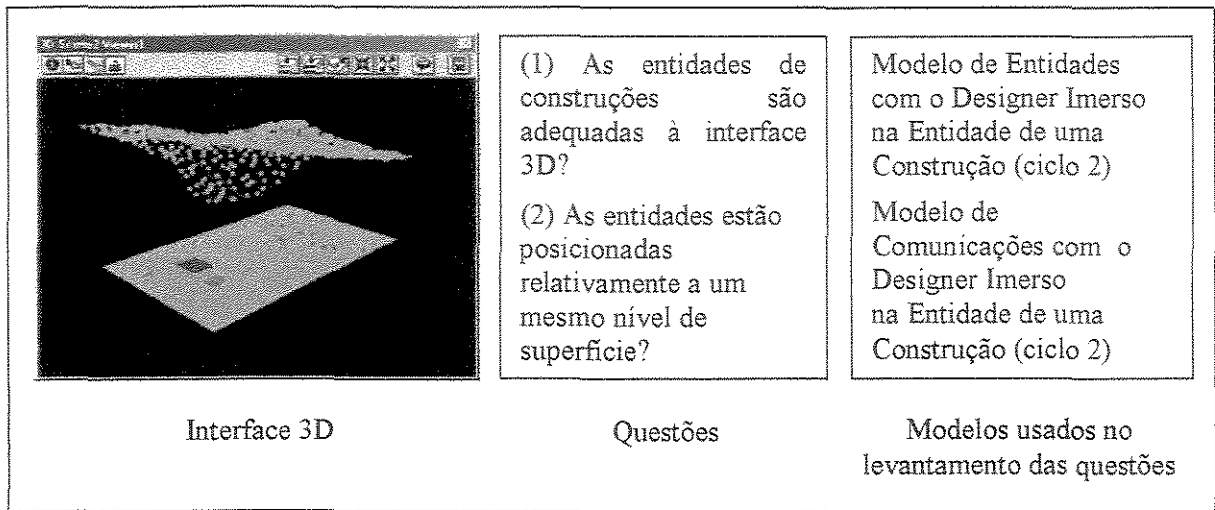


Figura 4.3.e: Questões levantadas na Fase de Avaliação do Ciclo 2

Ciclo 3

A) Fase de Análise de Alternativas

Modelo de Análise de Alternativas			
Questionamentos	Alternativas	Argumentos	
		Contra	A favor
<i>(1) As entidades de construções são adequadas à interface 3D?</i>	Atribuir cores às construções, de acordo com o valor de elevação	É uma alternativa viável, mas os SIG possuem recursos para a criação do efeito de elevação. Assim, não se faz necessário simular a elevação através da atribuição de cores	Atribuindo cores às construções o usuário final conseguirá saber quais são as partes mais altas da interface 3D
	Aplicar o efeito de elevação	O designer pode se confundir ao entrar em contato com funções para modelagem 3D, como é o caso do efeito de elevação	É uma alternativa interessante, pois permite ao usuário final visualizar as entidades de construções como se estivesse no mundo real

(2) <i>As entidades estão posicionadas relativamente a um mesmo nível de superfície?</i>	Colocar as entidades que estão em níveis de superfície diferentes em dois ou mais visualizadores 3D	A divisão das entidades em vários visualizadores 3D pode fazer com que o designer perca muito tempo ao tentar atingir seus objetivos	Separando as entidades que estão em níveis de superfície diferentes o designer conseguirá identificar facilmente quais entidades são de natureza 2D e quais são 3D, caso esse seja um dos objetivos
	Aplicar algum recurso específico de SIG para posicionar as entidades em um mesmo nível de superfície, como é o caso da altura da base no 3D Analyst	O designer pode se confundir ao entrar em contato com conceitos peculiares a ferramentas SIG	Parece a solução mais adequada, pois todas as entidades ficariam em um mesmo nível de superfície e em uma mesma visualização 3D

Tabela 4.3.VI: Modelo de Análise de Alternativas do Ciclo 3

Após a análise dos argumentos contra e a favor, suponhamos que o designer selecione as alternativas “aplicar o efeito de elevação” e “aplicar algum recurso de SIG para posicionar as entidades em um mesmo nível de superfície – altura da base”.

B) Fase de Desenvolvimento

Com base nos modelos de entidades e comunicações da iteração anterior e nas alternativas selecionadas da fase de análise de alternativas imagine que o designer tenha obtido a interface 3D da Figura 4.3.f:

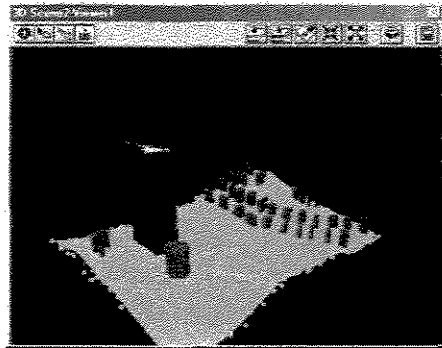


Figura 4.3.f: Interface 3D gerada na Fase de Desenvolvimento do ciclo 3

Com base na nova versão da interface 3D (Figura 4.3.f), e com a imersão do designer na entidade de uma construção (Figura 4.3.g), suponha que se tenha obtido os modelos de entidades e comunicações das Tabelas 4.3.VII e 4.3.VIII, respectivamente:

Modelo de Entidades				
Título	Entidade em que o designer está imerso	Cenário	Interpretante presumido para cada entidade	
			Entidade	Interpretante
Modelo de Entidades com o Designer Imerso na Entidade de uma Construção (ciclo 3)	Uma construção	Figura 4.3g	Perímetro	Perímetro de região?
			Uma construção	Ponto Focal do designer?
			Construções	Construções?
			Elevação de terreno	Elevação do terreno?
			Estradas	Estradas?

Tabela 4.3.VII: Modelo de Entidades com o Designer Imerso na Entidade de uma Construção (ciclo 3)

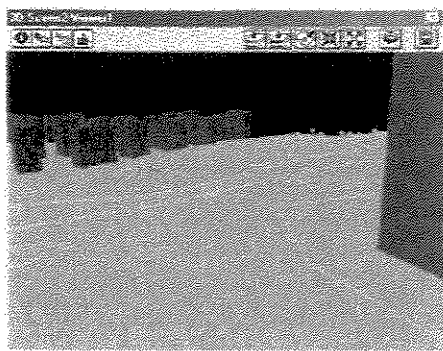


Figura 4.3.g: Designer imerso na entidade de uma construção

Modelo de Comunicações				
Título	Entidade em que o designer está imerso	Entidades Participantes	Cenário	
			Trechos	Interpretante Presumido
Modelo de Comunicações com o Designer Imerso na Entidade de uma Construção (ciclo 3)	Uma construção	Perímetro, Construções, Estradas e Elevação de terreno	Existem vários blocos, pontos e linhas sobre a superfície	Uma região que contém prédios e estradas?

Tabela 4.3.VIII: Modelo de Comunicações com o Designer Imerso na Entidade de uma Construção (ciclo 3)

C) Fase de Avaliação

Aqui, o designer chegou a uma versão mais especializada da interface 3D, que pode ser visualizada na Figura 4.3.h:

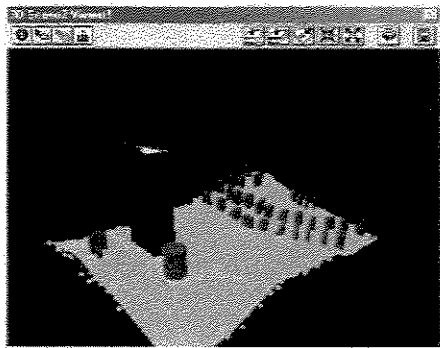


Figura 4.3.h: Interface 3D de aplicação SIG após iteração 3

Como forma de ilustração, descrevemos apenas três iterações do processo de modelagem. Entretanto, ele poderia ser continuado a partir de novas inconsistências detectadas nos modelos de entidades e comunicações.

Todos os dados gerados durante o processo de modelagem: (1) questões, alternativas, argumentos contra e a favor, (2) decisões de (re)design e (3) modelos de entidades e comunicações, podem ser consultados a qualquer momento através do *Design Rationale*. O *Design Rationale* é uma forma de documentação que representa as razões e o processo de raciocínio que estão por trás do projeto e especificação de um objeto. Ele permite registrar suposições feitas durante o processo de projeto, e discussões conduzidas pelas várias equipes de projeto para chegar a uma determinada solução (Moran e Carrol, 1996). No contexto de nosso trabalho, o *Design Rationale* permite uma visão completa dos passos tomados durante o processo de modelagem. Além de serem úteis para documentação, esses dados servem como uma fonte de consulta e análise para o designer da aplicação, evitando que ele cometa um mesmo erro novamente.

4.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a metodologia para design de interfaces de usuário, denominada Espaço de Comunicação, para o processo de modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG. Além disso, identificou aspectos que tornam a metodologia apropriada para modelagem de interfaces 3D (no contexto de ambientes virtuais *desktop*), em relação a outras metodologias existentes na literatura.

Ao contrário do processo *ad hoc* de modelagem, a aplicação da metodologia permite realizar a modelagem de forma sistemática e orientada para os elementos do domínio da aplicação. As

etapas são organizadas de forma cíclica, com as fases de Análise de Alternativas, Desenvolvimento e Avaliação cada iteração gera informações importantes para análise no ciclo seguinte como, por exemplo: informações de domínio, decisões de (re)design, questões de (re)design, documentação dos modelos de entidades e comunicações e *rationale* do design, etc.

Os modelos de entidades e de comunicações são importantes para o levantamento de questões para (re)design. As informações para esses modelos são obtidas segundo o ponto de vista do designer da aplicação SIG imerso em alguma entidade da interface SIG. Pode-se dizer que em cada entidade em que o designer imerge há um cenário ou uma “realidade” diferente. Em cada um desses cenários, existem signos que não seriam captados em outras perspectivas (com o designer imerso em outras entidades), advindo daí a importância da criação de vários modelos. Em nosso exemplo de modelagem, consideramos alguns modelos que captaram aspectos relevantes no domínio da aplicação como, por exemplo, os modelos de entidades e de comunicações com o designer imerso na entidade de uma construção (Tabelas 4.3.IV e 4.3.V). Após a fase de análise de alternativas do terceiro ciclo, através do modelo de entidades com o designer imerso na entidade de uma construção, o designer pôde observar a necessidade de se atribuir elevação à entidade de construções e, através do modelo de comunicações, foi observada a necessidade de todas as entidades estarem relativas a um mesmo nível de superfície.

A fase de análise de alternativas permite abduzir um conjunto de possibilidades para as questões levantadas em cada fase de avaliação. Além disso, contribui com a avaliação dessas possibilidades, para gerar as alternativas de (re)design. A cada iteração desse processo cíclico teremos versões mais especializadas da interface de aplicação SIG e mais próximas da realidade do mundo que percebemos.

No próximo capítulo, apresentamos o EComSIG (Espaço de Comunicação em Sistemas de Informação Geográfica), uma camada de interface sobre o SIG que estamos considerando com base na metodologia apresentada.

Capítulo

5

O Protótipo que Implementa o Referencial da Metodologia: o EComSIG

Neste capítulo, apresentamos a camada de interface que implementa o referencial da metodologia Espaço de Comunicação: o EComSIG – Espaço de Comunicação para Sistemas de Informação Geográfica. O objetivo dessa camada de interface é filtrar parte da complexidade inerente ao processo de modelagem e sistematizar o processo de criação de interfaces 3D de aplicações SIG (Schimiguel et al., 2001a). Além de descrevermos aspectos de design e implementação do EComSIG, ilustramos alguns resultados de análise e teste-piloto aplicados sobre ele. A análise foi realizada sob várias perspectivas, primeiro obtendo-se a descrição GOMS de algumas tarefas realizadas no ArcView GIS 3D Analyst e no EComSIG. Na sequência, destacamos pontos importantes verificados durante o teste-piloto com usuários, envolvendo a modelagem de uma interface de aplicação SIG de acordo com a nova proposta e com o processo convencional. As duas formas de modelagem também estão descritas em Schimiguel et al. (2001b).

5.1 Design e Implementação do EComSIG

O objetivo do EComSIG é esconder parte da complexidade inerente à modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG e, além disso, possibilitar uma sistematização do processo

de modelagem. O EComSIG não restringe o acesso às funcionalidades que são peculiares ao sistema, mas apresenta de uma outra forma o acesso à base conceitual inerente a SIG.

O EComSIG foi desenvolvido na linguagem script Avenue, que é uma linguagem proprietária do sistema ArcView GIS. Essa linguagem possibilita customizações na ferramenta, de forma a torná-la apropriada para determinadas classes de usuários. Devido à complexidade dessa linguagem, entretanto, a atividade de customização acaba ficando restrita a profissionais com conhecimento em SIG. A interface da ferramenta, por si própria, não disponibiliza padrões diferenciados de forma que o usuário possa escolher aquele que é mais adequado para o domínio de aplicação de sua tarefa.

O processo de modelagem de interfaces 3D para aplicações SIG que estamos adotando está apresentado no diagrama da Figura 4.2.c. A Figura 5.1.a, a seguir, representa esse processo de forma simplificada.

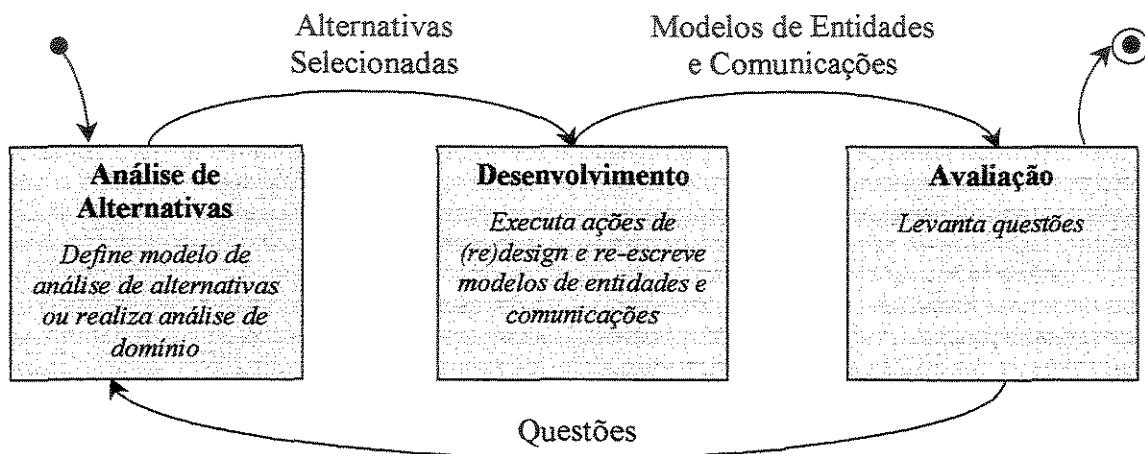


Figura 5.1.a: Fases do Processo de Modelagem no EComSIG

Na própria barra de ferramentas do sistema, nós disponibilizamos o acesso aos recursos do EComSIG, entre eles: a Análise de Domínio, a Análise de Alternativas, a Fase de (Re)Design, a Fase de Avaliação, o *Design Rationale* e as Configurações. O designer deve seguir a sequência definida pela metodologia, pois cada uma das fases gera informações que servem de entrada para a fase seguinte. As quatro primeiras funções equivalem às fases do processo de modelagem, a quinta função é o *Design Rationale*, que permite ao designer visualizar todos os dados gerados durante o processo de modelagem. Por fim, a sexta função permite ao designer realizar determinados tipos de configurações como, por

exemplo, a alteração do ciclo do processo. Neste caso, o designer poderia, por exemplo, mudar do ciclo 4 para o ciclo 2 para consultar ou modificar alguns dados peculiares dessa fase. O designer também pode modificar o visualizador que está sendo utilizado.

Na Figura 5.1.b, ilustramos a janela referente à Análise de Domínio, que permite registrar informações sobre o domínio da aplicação, objetivos e restrições. Nessa fase, também é possível definir os Modelos de Entidades e Comunicações.

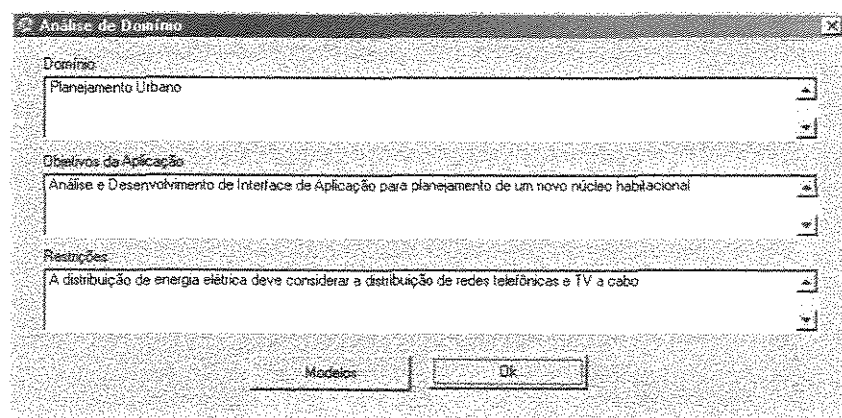


Figura 5.1.b: Análise de Domínio

A partir da análise de domínio, podemos definir os Modelos de Entidades e Comunicações, conforme ilustrado na Figura 5.1.c. Algumas informações são comuns aos dois modelos, como a definição da entidade fonte, a definição de imersões e a especificação de um título para cada modelo. As imersões são realizadas sobre as sub-entidades através da especificação de um tipo e de uma propriedade. O tipo é uma informação que permite a identificação da sub-entidade, por exemplo, o nome da rua, o nome do proprietário, o número do lote, etc. A propriedade é uma instância do tipo, ou seja, é um dos valores que um determinado tipo de informação pode assumir, por exemplo, se nós tivéssemos como tipo “nome da rua”, nós poderíamos ter as seguintes propriedades: “Avenida Anchieta”, “Avenida Brasil”, “Rua Coronel Quirino”, etc.

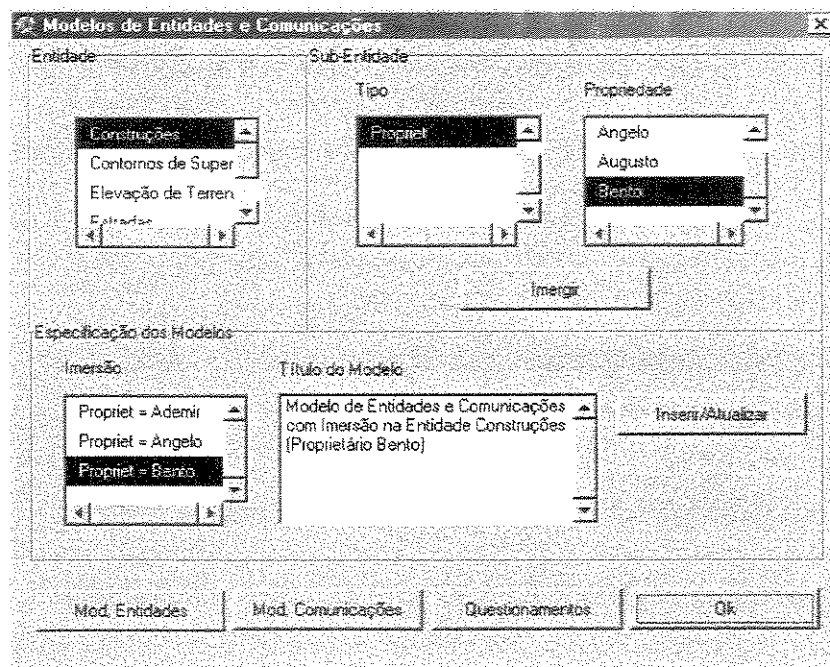


Figura 5.1.c: Modelos de Entidades e Comunicações

Na janela dos Modelos de Entidades e Comunicações, podemos acessar informações peculiares a cada um desses modelos, a partir dos botões “Mod. Entidades” e “Mod. Comunicações”. No Modelo de Entidades, conforme pode ser verificado na Figura 5.1.d, o designer descreve o interpretante presumido para cada uma das entidades visíveis a partir da imersão selecionada.

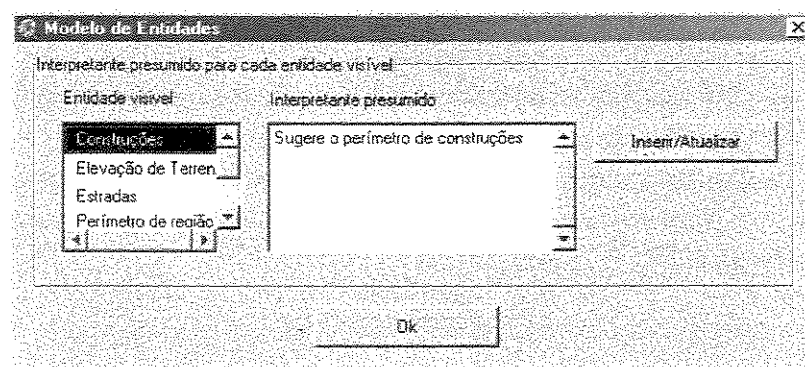


Figura 5.1.d: Modelo de Entidades

No Modelo de Comunicações, conforme está ilustrado na Figura 5.1.e, é descrita a comunicação entre as entidades (e sua inter-relação), além do interpretante presumido para essa comunicação.

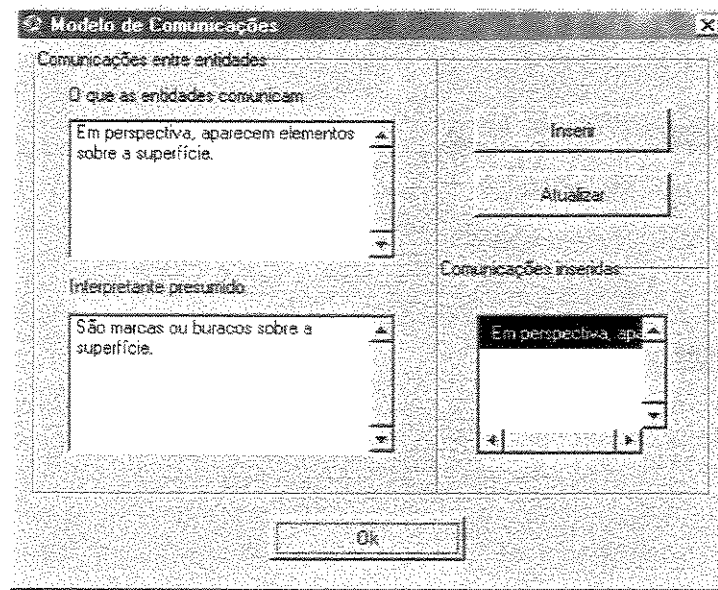


Figura 5.1.e: Modelo de Comunicações

Ainda na janela dos Modelos de Entidades e Comunicações, o designer pode levantar questionamentos, facultativamente, com base nas inconsistências detectadas nesses modelos. A janela questionamentos é acessada a partir do botão “Questionamentos” (Figura 5.1.c) e ela está ilustrada na Figura 5.1.f. Nela, o designer pode levantar questões para (re)design, relacionadas a cada um dos Modelos de Entidades e Comunicações, e a essas questões, podem ser associadas sub-questões.

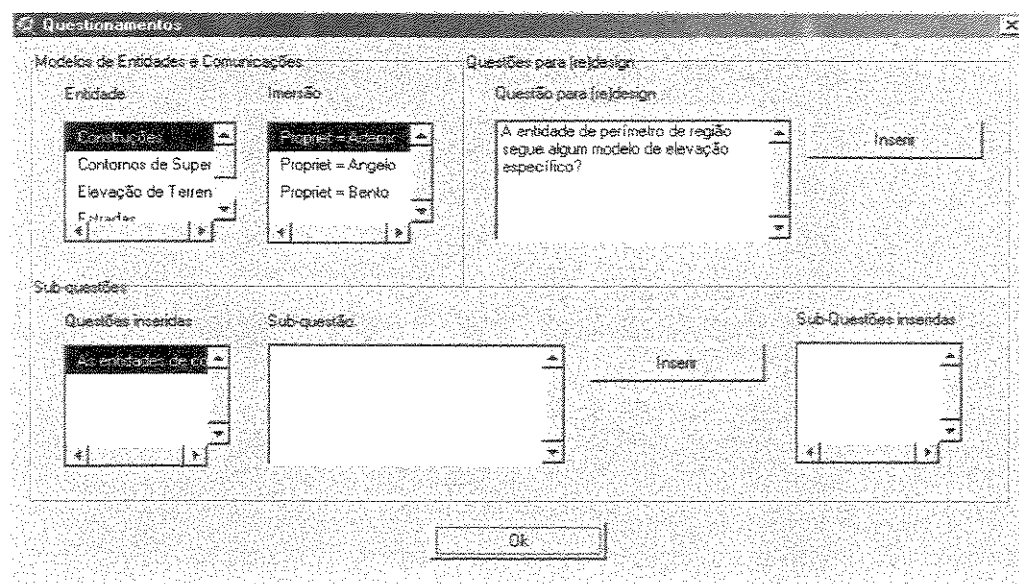


Figura 5.1.f: Questionamentos

A fase de (Re)Design tem como entrada os Modelos de Entidades e Comunicações definidos na Análise de Domínio ou na iteração anterior e também as alternativas selecionadas da fase de Análise de Alternativas, caso estejamos em um ciclo diferente do primeiro. Nessa fase, o designer pode tomar decisões para (re)design da interface de aplicação SIG sendo modelada. O próprio designer pode definir a sua ação ou fazer uso de uma lista com ações já pré-definidas, entre elas: abrir mapa ou visualizador 3D, fazer análise entre superfícies, criar visualizador 3D, criar mapa, criar superfície, definir altura da base, definir efeito de elevação, eliminar entidades, eliminar mapas e/ou visualizadores 3D, gerar estatísticas de área e volume, gerar visualizador 3D a partir de mapa, gerar sombreamento e inserir entidades. As telas referentes a essas ações estão descritas no Apêndice IV. Nesta fase, o designer também pode reescrever os Modelos de Entidades e Comunicações, acessando-os a partir do botão “Editar Modelos”. A janela referente à fase de (Re)Design está ilustrada na Figura 5.1.g.

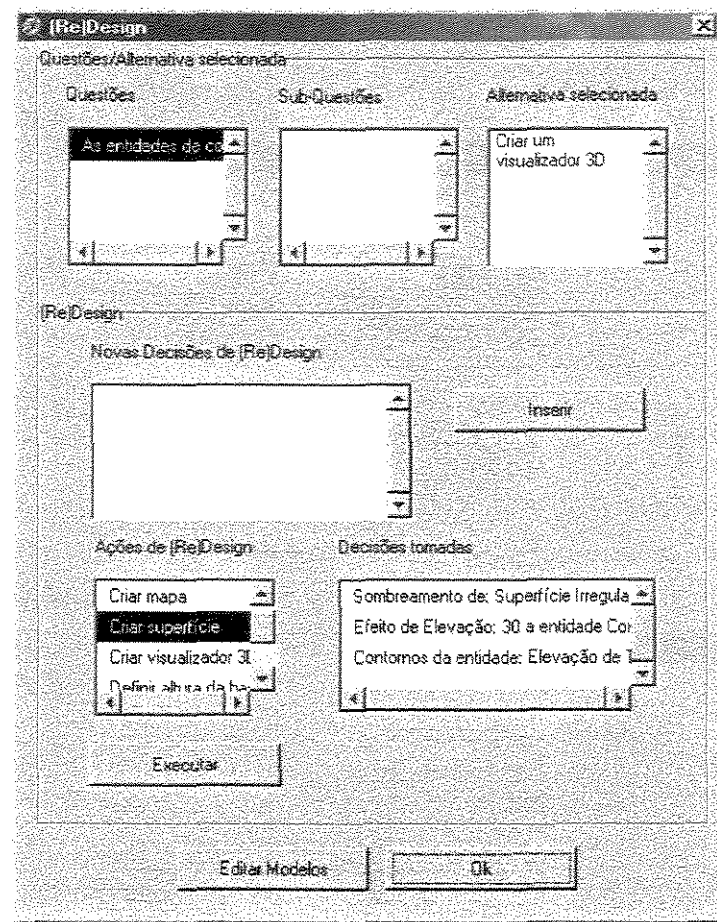


Figura 5.1.g: Fase de (Re)Design

Depois da fase de (Re)Design, temos a fase de Avaliação, onde o designer levanta questionamentos com base nas inconsistências detectadas nos Modelos de Entidades e Comunicações. A janela é a mesma utilizada para o levantamento de questionamentos a partir dos Modelos de Entidades e Comunicações (Figura 5.1.f).

Concluída a fase de Avaliação, ocorre um novo ciclo no processo de modelagem, desde que tenham sido detectadas inconsistências nos Modelos de Entidades e Comunicações. Então, iniciamos uma Análise de Alternativas para as questões levantadas na Fase de Avaliação do ciclo anterior, conforme pode ser verificado na Figura 5.1.h. Nessa fase, são levantadas alternativas de solução aos questionamentos e argumentos contra e a favor a essas alternativas. Com base nesse referencial, o designer pode selecionar alternativas para (re)design, que servirão de entrada para a fase de (Re)Design, juntamente com os Modelos de Entidades e Comunicações.

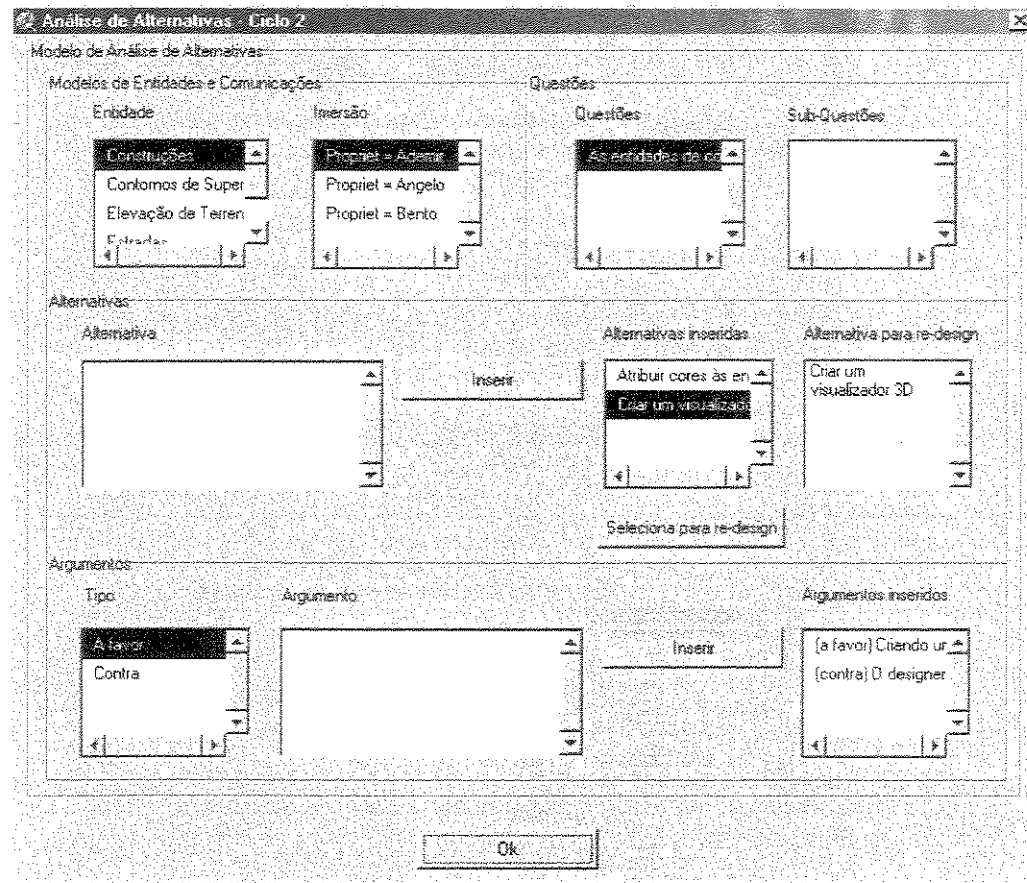


Figura 5.1.h: Análise de Alternativas

Através do *Design Rationale*, o designer pode consultar todos os dados gerados durante o processo de modelagem. Para esse recurso, disponibilizamos três telas: a consulta às decisões de (re)design (Figura 5.1.i), aos Modelos de Entidades e Comunicações (Figura 5.1.j) e às questões, alternativas e argumentos (Figura 5.1.k). Note-se que cada uma dessas janelas tem o campo Ciclo, que permite ao designer consultar os dados de um ciclo específico ou de todos os ciclos simultaneamente.

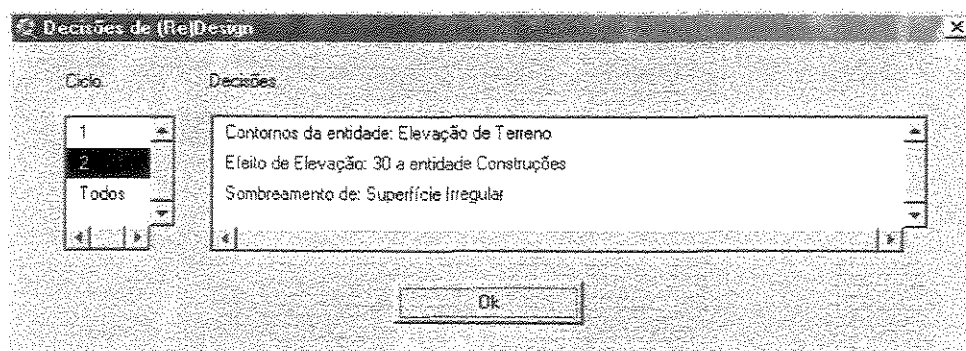


Figura 5.1.i: Consulta às decisões de (re)design do *Design Rationale*

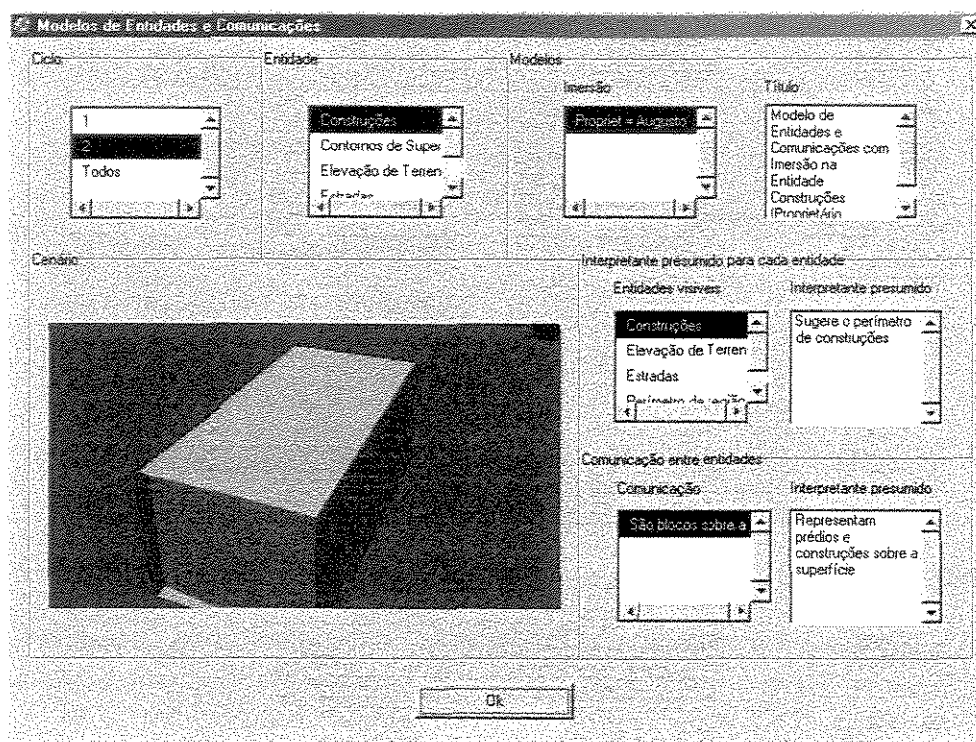


Figura 5.1.j: Consulta aos Modelos de Entidades e Comunicações do *Design Rationale*

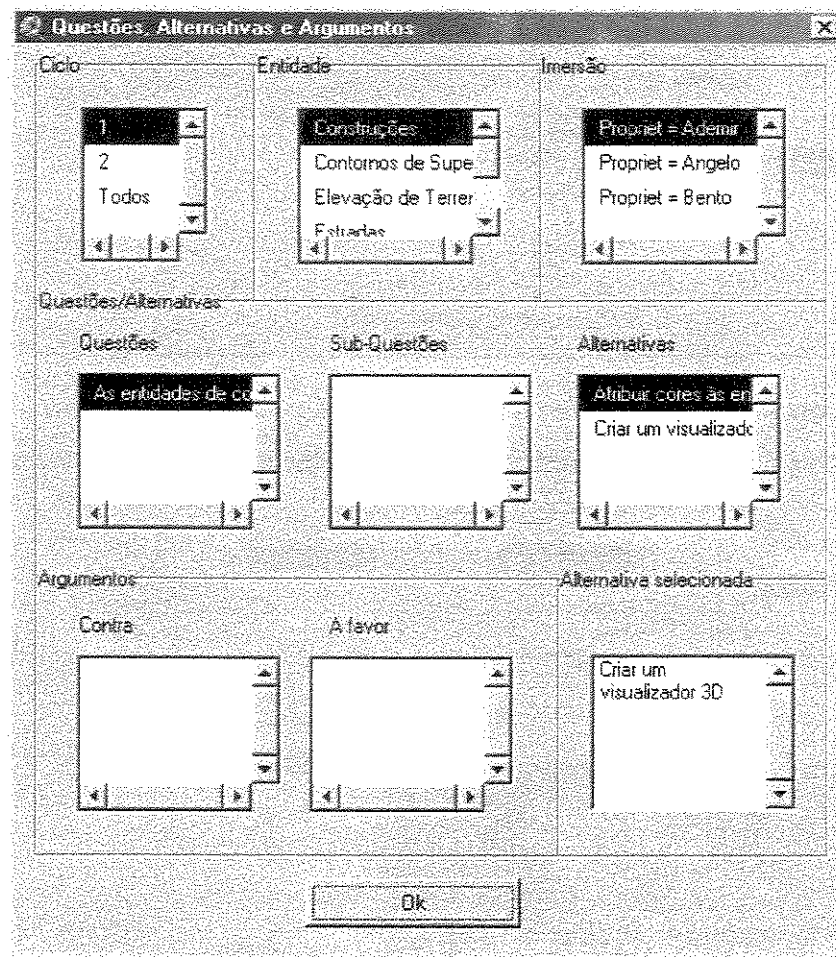


Figura 5.1.k: Consulta às Questões, Alternativas e Argumentos do *Design Rationale*

A qualquer momento do processo de modelagem o designer pode alterar o ciclo de modelagem, bem como modificar o visualizador que está sendo utilizado, conforme pode ser verificado na Figura 5.1.l.

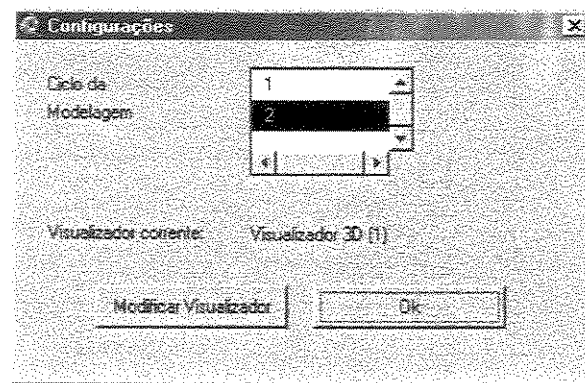


Figura 5.1.l: Configurações do Processo de Modelagem

A seguir, na Figura 5.1.m, nós representamos as ações disponíveis para o (re)design de uma interface 3D no EComSIG.

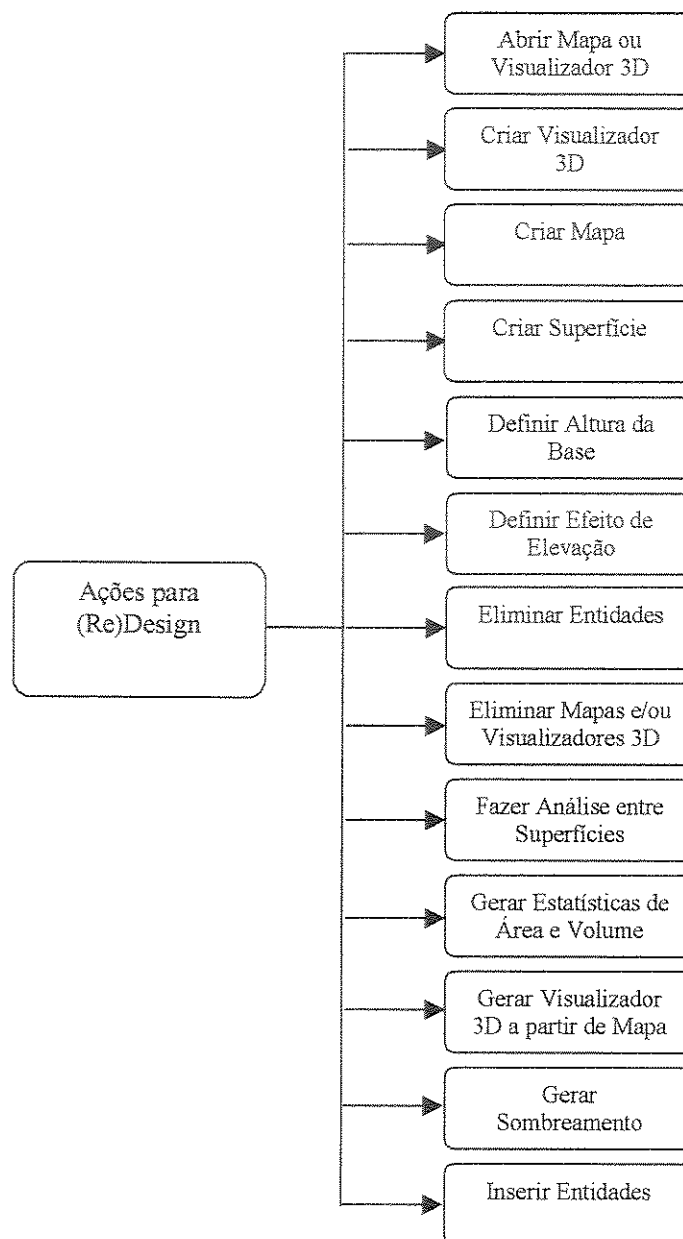


Figura 5.1.m: Ações para (re)design no EComSIG

As ações para (re)design no EComSIG ilustradas na Figura 5.1.m envolvem chamadas de funções do sistema ArcView GIS 3D Analyst. O EComSIG esconde a complexidade inerente à execução dessas ações, por exemplo, ocultando alguns parâmetros de entrada,

padronizando algumas operações e alterando a terminologia. A seguir descrevemos cada uma dessas ações para (re)design:

1. **Abrir Mapa ou Visualizador 3D:** abre uma janela para visualização do mapa ou da representação 3D.
2. **Criar Visualizador 3D:** permite criar um novo visualizador 3D.
3. **Criar Mapa:** possibilita criar um mapa.
4. **Criar Superfície:** permite criar vários tipos de superfície, por exemplo: Contornos, Superfície Regular (Grid), Superfície Irregular (TIN – Rede Irregular de Triângulos), Superfície de Inclinação (representa o grau de inclinação para cada localização da superfície) e de Direção (representa a direção da inclinação de cada localização da superfície).
5. **Definir Altura da Base:** permite alterar a altura da base de uma entidade. A altura da base pode ser definida a partir de uma superfície fonte ou valor numérico.
6. **Definir Efeito de Elevação:** permite atribuir efeito de elevação às entidades. O efeito pode ser criado a partir de um valor numérico.
7. **Eliminar Entidades:** permite eliminar entidades de um mapa ou visualizador 3D.
8. **Eliminar Mapas e/ou Visualizadores 3D:** possibilita eliminar mapas e/ou visualizadores 3D.
9. **Fazer Análise entre Superfícies:** a análise entre superfícies permite comparar duas superfícies para verificar, por exemplo, quanto se tem de ganho ou perda de uma superfície em relação a outra, por exemplo, devido a ação de erosão, clima, etc.
10. **Gerar Estatísticas de Área e Volume:** obtém estatísticas sobre área e volume de uma superfície selecionada.
11. **Gerar Visualizador 3D a partir de Mapa:** permite gerar um visualizador 3D a partir de um mapa.
12. **Gerar Sombreamento:** gera uma superfície com tons de sombreamento nas diversas localizações.
13. **Inserir Entidades:** permite inserir entidades em um mapa ou visualizador 3D.

Durante o processo de modelagem de uma interface 3D de aplicação SIG (Schimiguel et al., 2001b) o designer gera uma série de dados que são armazenados, por exemplo: as alternativas selecionadas para (re)design da Fase de Análise de Alternativas, as decisões de (re)design da Fase de (Re)Design, as questões e sub-questões levantadas na Fase de Análise de Alternativas e também os Modelos de Entidades e Comunicações. Todos esses dados podem ser consultados em qualquer momento do processo através do *Design Rationale*.

Para o desenvolvimento do EComSIG mapeamos alguns conceitos do 3D Analyst para o contexto da metodologia Espaço de Comunicação, conforme ilustra a Tabela 5.1.I.

3D Analyst	Espaço de Comunicação
Atributo de Tabela de Tema	Tipo da Sub-Entidade
<i>3D Scene</i>	Ambiente Virtual ou Interface 3D
<i>Extrude</i>	Efeito de Elevação
<i>Features</i> de Tema	Sub-Entidade
Funcionalidades do sistema	Ações para (Re)Design
Grid	Superfície Regular
Tema	Entidade
<i>TIN</i>	Superfície Irregular
Valor de um Atributo de Tabela de Tema	Propriedade do Tipo da Sub-Entidade
<i>View</i>	Representação 2D ou mapa

Tabela 5.1.I: Mapeamento de conceitos do 3D Analyst para o contexto da metodologia

É importante destacar que cada entidade da interface da aplicação SIG poderá ter sub-entidades. O designer poderá realizar operações tanto sobre a entidade como sobre suas sub-entidades, isoladamente. Entre essas operações, destacam-se: consulta a dados associados, *zoom*, rotação, mudança na forma, cor, textura, entre outros. Para acessar uma dessas sub-entidades basta especificar o seu tipo, bem como a propriedade desse tipo. O tipo é um elemento que descreve a sub-entidade, por exemplo, podemos ter um tipo “nome da rua”, “nome do proprietário”, “número da casa”, “número do lote”, entre outros. Uma propriedade de um tipo (ou uma instância do tipo) de sub-entidade é um dos valores que ele pode assumir, como por exemplo, a entidade com nome de rua “Avenida Anchieta”, a entidade com nome de proprietário “João da Silva”, a entidade com número de casa “794”, a entidade com número de lote “10”, entre outros.

O EComSIG está descrito detalhadamente no Apêndice IV, considerando as janelas referentes às fases do processo de modelagem, as ações para (re)design, o *design rationale* e as configurações do sistema.

Para verificar a relevância da solução adotada, realizamos atividades de teste sobre o EComSIG. Em um primeiro instante, descrevemos em GOMS a interação na interface do ArcView GIS 3D Analyst (Apêndice V) e do EComSIG (Apêndice VI), com o intuito de levantar algumas métricas com relação ao número de ações necessário para executar determinadas tarefas, os tipos de ações que precisam ser realizados, bem como o tempo para concluir essas tarefas. A análise da interface foi feita considerando-se apenas as ações para (re)design, visto que são comuns às duas formas de modelagem. Num segundo instante, realizamos testes com usuários, que executaram tarefas sobre o ArcView GIS 3D Analyst e sobre o EComSIG. Esses testes são importantes para verificar as vantagens e desvantagens no uso do EComSIG, além de direcionar um possível (re)design do sistema.

5.2 Análise GOMS Aplicada ao EComSIG e ao ArcView GIS 3D Analyst

O GOMS é um modelo de engenharia capaz de produzir previsões quantitativas *a priori* ou em um estágio anterior ao desenvolvimento de protótipos e teste com usuários. Ele prevê tempo de execução, tempo de aprendizado, erros, etc.; identificando partes da interface associadas a essas previsões, de forma a orientar o (re)design da interface (Rocha e Baranauskas, 2000). O método baseia-se na premissa de que nosso entendimento sobre o desenvolvimento de sistemas pode ser melhorado se levarmos em conta as atividades cognitivas e de processamento da informação do usuário. Ele baseia-se nos componentes de um modelo de resolução de problemas envolvendo: metas (Goals), operadores, (Operators), métodos (Methods) e regras de seleção (Selection).

Metas constituem uma estrutura simbólica que define o estado de coisas a serem alcançadas e determina o conjunto de métodos possíveis. A função dinâmica da meta é prover um “ponto de memória” para o qual o sujeito pode retornar no caso de falha. Os operadores são atos elementares (perceptuais, cognitivos, motores) cuja execução é necessária para mudar aspectos do estado mental do usuário ou afetar o ambiente da tarefa. Operadores são as ações que o software possibilita ao usuário realizar como pressionar um botão, selecionar um item de menu, entre outros. Métodos são procedimentos necessários para conseguir realizar a meta. Relacionam-se à maneira como o usuário armazena conhecimento sobre a tarefa, e à sequência condicional de submetas e operadores que usa na realização da tarefa. Regras de seleção são requeridas quando há mais de um método disponível para a realização da mesma meta. A seleção refere-se à estrutura de controle usada no processo. Juntos, esses componentes descrevem o conhecimento procedimental requerido de um usuário para realização de determinada tarefa no computador (Rocha e Baranauskas, 2000).

5.2.1 Resultados Comparativos Obtidos com a Análise GOMS

A descrição completa, em GOMS, das interações na interface encontra-se nos Apêndices V (ArcView GIS 3D Analyst) e VI (EComSIG). Obtivemos alguns resultados quantitativos relevantes com relação à descrição das interações da interface em GOMS: o número de ações necessárias para execução de uma determinada tarefa, o tempo de execução das tarefas e algumas informações sobre o tipo dessas ações.

A Tabela 5.2.1.I ilustra o número de ações necessárias para execução de tarefas no EComSIG e no ArcView GIS 3D Analyst:

Tarefas		Número de Ações	
EComSIG	3D Analyst	EComSIG	3D Analyst
Abrir Mapa ou Visualizador 3D	Abrir <i>View</i> ou <i>3D Scene</i>	6	3
Criar Visualizador 3D	Criar <i>3D Scene</i>	4	3
Criar Mapa	Criar <i>View</i>	4	3
Criar Superfície	Criar <i>Grid, TIN, Contours, Slope, Aspect</i>	8 (todas as superfícies: regular, irregular, contornos, inclinação, direção)	16 (<i>Grid</i>) 13 (<i>TIN</i>) 11 (<i>Contours</i>) 14 (<i>Slope</i>) 14 (<i>Aspect</i>)
Definir Altura da Base	Definir <i>Base-heights</i>	11 (altura da base por superfície fonte) 10 (altura da base por valor)	11 (<i>base-heights</i> por superfície fonte) 10 (<i>base-heights</i> por valor)
Definir Efeito de Elevação	Definir <i>Extrude</i>	9	10
Eliminar Entidades	Eliminar <i>Themes</i>	8	6
Eliminar Mapas e/ou Visualizadores 3D	Eliminar <i>Views</i> e/ou <i>3D Scenes</i>	6	4

Fazer Análise entre Superfícies	Análise <i>Cut-fill</i>	8	16
Gerar Estatísticas de Área e Volume	<i>Area and Volume Statistics</i>	8	11
Gerar Visualizador 3D a partir de Mapa	Gerar <i>3D Scene</i> a partir de <i>View</i>	6	7
Gerar Sombreamento	Computar <i>Hillshade</i>	11	19
Inserir Entidades	Inserir <i>Themes</i>	8	7

Tabela 5.2.1.I: Número de ações necessárias para execução de tarefas no EComSIG e no ArcView GIS 3D Analyst

Conforme a Tabela 5.2.1.I, podemos verificar que das 12 tarefas mostradas em 6 delas o EComSIG exigiu menos ações para a sua conclusão são elas: análise entre superfícies, criação de superfície, efeito de elevação, geração de estatísticas de área e volume, geração de visualizador 3D a partir de mapa e geração de sombreamento. Em outras 6 tarefas, o ArcView GIS 3D Analyst exigiu menos ações para a execução das tarefas: abertura de *view* ou *3D scene*, criação de *3D scene*, criação de *view*, eliminação de *themes*, eliminação de *view* ou *3D scene* e inserção de *themes*. Muitas tarefas no 3D Analyst, principalmente aquelas que tiveram um número de ações menores que suas correspondentes no EComSIG, são executadas diretamente sobre a própria janela de projeto de aplicação, enquanto que no EComSIG é necessário acessar algumas janelas para executar as mesmas ações. A sistematização que propomos ao sistema exige que o usuário acesse uma ou duas janelas para concluir a tarefa, aumentando o número de suas ações na interface. Mesmo com o aumento no número de ações, achamos importante concentrar na mesma janela o acesso às ações para (re)design, como forma de manter o usuário informado sobre a localização das mesmas. Posteriormente, os testes com usuários confirmaram a relevância de se manter as funcionalidades acessíveis a partir de um mesmo lugar. Os usuários comentaram que as funções estão muito dispersas no 3D Analyst, prejudicando o processo de modelagem de interfaces 3D para aplicações SIG. Na tarefa de definição da altura da base (tanto por superfície fonte como por valor) o número de ações foi o mesmo para os dois sistemas, pois em ambos os casos existem janelas a serem acessadas.

A seguir, na Tabela 5.2.1.II, descrevemos os tempos que utilizamos para as ações realizadas sobre a interface. Alguns desses tempos foram levantados da literatura e outros foram obtidos através da observação de usuários interagindo com a interface.

Ação	Tempo (em segundos)	Origem do Tempo
Acessar um item de menu	1.1	Literatura
Acessar um menu	1.1	Literatura
Clicar sobre um botão	1.45	Usuários
Digitar algo	3.85	Literatura
Duplo-Clique	1.94	Usuários
Encontrar alguma entidade na estrutura de diretórios	7.93	Usuários
Selecionar em um Lista	3.0	Usuários
Marcar um radio-button	1.51	Usuários
Mover o cursor para algum campo, para digitação	1.1	Literatura
Selecionar em um ComboBox	3.1	Literatura
Selecionar uma entidade na interface 3D	2.3	Usuários
Selecionar uma janela	1.6	Usuários
Selecionar um ícone	1.48	Usuários
Pressionar uma tecla	0.79	Usuários

Tabela 5.2.1.II: Tempos utilizados para as ações sobre elementos de interface

Com base nos tempos descritos para cada ação na Tabela 5.2.1.II, obtivemos os tempos para a realização de cada uma das tarefas, para o EComSIG e para o 3D Analyst, que estão ilustradas na Tabela 5.2.1.III.

Tarefas		Tempo (em segundos)	
EComSIG	3D Analyst	EComSIG	3D Analyst
Abrir Mapa ou Visualizador 3D	Abrir <i>View</i> ou <i>3D Scene</i>	11.8	5.02
Criar Visualizador 3D	Criar <i>3D Scene</i>	7.35	5.02
Criar Mapa	Criar <i>View</i>	7.35	5.02
Criar Superfície	Criar <i>Grid, TIN, Contours, Slope, Aspect</i>	16.25 (todas as superfícies: regular, irregular, contornos, inclinação, direção)	34.22 (<i>Grid</i>) 28.57 (<i>TIN</i>) 20.87 (<i>Contours</i>) 28.92 (<i>Slope</i>) 28.92 (<i>Aspect</i>)

Definir Altura da Base	Definir <i>Base-heights</i>	27.08 (altura da base por superfície fonte) 21.2 (altura da base por valor)	23.31 (<i>base-heights</i> por superfície fonte) 17.43 (<i>base-heights</i> por valor)
Definir Efeito de Elevação	Definir <i>Extrude</i>	18.2	19.02
Eliminar Entidades	Eliminar <i>Themes</i>	16.25	9.52
Eliminar Mapas e/ou Visualizadores 3D	Eliminar <i>Views</i> e/ou <i>3D Scenes</i>	11.8	6.87
Fazer Análise entre Superfícies	Análise <i>Cut-fill</i>	16.25	33.47
Gerar Estatísticas de Área e Volume	<i>Area and Volume Statistics</i>	16.25	20.47
Gerar Visualizador 3D a partir de Mapa	Gerar <i>3D Scene</i> a partir de <i>View</i>	11.8	11.77
Gerar Sombreamento	Computar <i>Hillshade</i>	23.15	40.27
Inserir Entidades	Inserir <i>Themes</i>	21.18	16.6

Tabela 5.2.1.III: Tempos para execução das tarefas no EComSIG e no 3D Analyst

No EComSIG as tarefas que tomaram menos tempo, em relação ao 3D Analyst, foram: análise entre superfícies, criação de superfície, efeito de elevação, geração de estatísticas de área e volume e geração de sombreamento. No 3D Analyst, as tarefas que tomaram menos tempo, em relação ao EComSIG foram: abertura de *view* ou *3D scene*, *base-height* por superfície-fonte e por valor, criação de *3D scene*, eliminação de *themes*, eliminação de *view* ou *3D scene*, geração de *3D scene* a partir de *view* e inserção de *themes*. A exemplo do que ocorreu com o número de ações para execução de tarefas, podemos verificar situação análoga com relação ao tempo para execução das mesmas; ou seja, o fato do EComSIG ter definido uma sistematização fez com que algumas tarefas passassem a ter mais ações, consequentemente sendo necessário mais tempo para a sua execução. Vale observar que a tarefa de geração de visualizador 3D a partir de mapa teve praticamente o mesmo tempo para o 3D Analyst e para o EComSIG. A tarefa de definir altura da base teve menor tempo no 3D Analyst. Isso ocorreu devido aos tipos das ações que são usadas para essa tarefa. No caso do EComSIG, na definição da altura da base por superfície fonte, são necessários 7 clicks em botão (1.45s cada) e 3 seleções em lista (3.0s cada) e no 3D Analyst, 3 clicks em botão e nenhuma seleção em lista. A ação de seleção em lista gasta mais tempo, e o EComSIG usa esse tipo de ação por 3 vezes. Esse é o custo da padronização de todas as tarefas em uma mesma janela. O mesmo pode-se dizer com relação a altura da base por

valor, onde, para o EComSIG são necessários 5 clicks em botão e 3 seleções em lista enquanto que no 3D Analyst, são necessários 1 click em botão e nenhuma seleção em lista.

Uma das grandes vantagens do EComSIG sobre o 3D Analyst aparece com relação à criação de superfícies. Enquanto que no 3D Analyst, os usuários precisam criar superfícies (*Grid, TIN, Contours, Slope, Aspect*) através de caminhos diferentes, além de precisarem especificar uma série de parâmetros, o EComSIG coloca as cinco opções (superfície regular, irregular, contornos, direção, inclinação) para criação de superfície em um mesmo local, apenas solicitando ao usuário a entidade fonte para criação da superfície e o tipo de superfície que ele deseja criar. A estratégia adotada para o EComSIG foi definir valores padrão para uma série de parâmetros que o usuário deveria especificar no 3D Analyst.

No 3D Analyst, em sua maioria, as tarefas que exigem mais tempo são aquelas onde é necessária a especificação de vários parâmetros: análise *cut-fill*, criação de superfícies, geração de *hillshade* e geração de estatísticas de área e volume. A tarefa relacionada a definição da altura da base por superfície-fonte gasta um tempo considerável, tanto no 3D Analyst como no EComSIG, porque o usuário precisa encontrar uma entidade na estrutura de diretórios (ação de 7.93s). O usuário também precisa fazer isso quando ele insere uma entidade no visualizador 3D para os dois sistemas.

5.3 Teste-Piloto com Usuários

O objetivo do teste com usuários foi identificar as vantagens e desvantagens de nossa proposta por observação de usuários interagindo com o 3D Analyst e com o EComSIG. Para o teste, consideramos usuários com e sem conhecimento em Sistemas de Informação Geográfica, mas ambos com conhecimentos em sistemas computacionais, para evitar erros básicos durante sua execução. Tomamos como sujeitos do teste três usuários de cada categoria. Estaremos denotando de U1 a U3 os usuários com algum conhecimento de SIG e U4 a U6 os usuários sem conhecimento em SIG. Uma descrição detalhada sobre os objetivos e requisitos do teste pode ser encontrada no Apêndice VII.

Propusemos aos usuários a tarefa de criar uma interface 3D de aplicação SIG para planejamento urbano, com dados inseridos inicialmente em um mapa. Além da descrição da tarefa, os sujeitos do teste tiveram acesso a alguns conceitos básicos envolvidos no processo de modelagem, são eles os conceitos de: *view*, *3D scene* e *theme* (ver Glossário). Vale notar que o primeiro usuário (U1), mesmo sendo considerado com conhecimentos em SIG, teve extrema dificuldade na realização da tarefa com o 3D Analyst e solicitou mais

informações na sua descrição. A descrição da tarefa inicial e a versão modificada encontram-se no Apêndice VII.

Na sequência desta Seção, descrevemos de forma geral o comportamento e comentários de cada um dos usuários durante o uso do 3D Analyst e do EComSIG. Depois disso, discutimos as respostas dos usuários com relação a análise dos sinais de interface, a avaliação de heurísticas de usabilidade, e um questionário com histórias de sucesso e de fracasso detectados durante a execução do teste.

Usuário 1 (U1)

Uso do 3D Analyst: A interface do sistema não sugere ao usuário como começar a tarefa. Nota-se que não ocorreu ao usuário a possibilidade de começar a modelagem a partir de um mapa. Uma das primeiras coisas que o sujeito fez foi abrir e associar ao projeto corrente as tabelas referentes aos temas. Ele conseguiu criar uma *3D scene*, mas a partir daí, ele começou uma busca mal sucedida por uma função para associar as tabelas de tema à *3D scene*, quando deveria associar os temas diretamente a ela. Na busca por essa função, o sujeito acessou vários elementos de interface, inclusive consultou o sistema de ajuda do SIG. Depois de algum tempo, ele conseguiu inserir os temas à *3D scene* e realizou algumas interações sobre ela. Ele realizou a operação de rotação contínua da *3D scene*, mas não sabia como pará-la, até que conseguiu fazer isso através da tecla ESC. O sujeito fez a seguinte pergunta: *“Eu preciso aplicar alguma operação para modificar a informação?”*, o que sugere que ele estava tentando aplicar as funções diretamente sobre os dados contidos na tabela e não sobre a visualização, que deveria ser o foco. Ele comentou que gostaria de aplicar as funções sobre tabelas que contivessem dados geográficos, mas elas são ocultas no sistema. Apenas as tabelas de dados descritivos são acessíveis. Quando ele tentou eliminar as tabelas na janela de projeto, comentou que seria interessante o sistema permitir ao usuário selecionar os elementos em um projeto e ter operações acessíveis a partir do botão direito do mouse (menu popup), para aplicar operações como inserir, eliminar, recortar, colar, entre outros.

Uso do EComSIG: o sujeito conseguiu rapidamente criar a interface 3D e associar as entidades a ela. Ele encontrou, na janela de (Re)Design, as funcionalidades a serem aplicadas, como a altura da base e o efeito de elevação, gerando um resultado na interface 3D. Entretanto, ele estava tão preocupado em aplicar as funcionalidades sobre tabelas, que não conseguiu concluir a tarefa com êxito. O sujeito comentou que eram necessárias mais informações na descrição da tarefa. O sujeito precisaria detectar quais funções deveriam ser aplicadas analisando a interface 3D. Realmente, seria difícil encontrar essas funções

preocupando-se com tabelas de dados. Depois do teste com este sujeito, foram acrescentadas informações na descrição da tarefa (Apêndice VII).

Usuário 2 (U2)

Uso do 3D Analyst: O sujeito cria a *3D scene* e insere nela todos os temas. Depois disso, ele passa a procurar as funcionalidades a serem aplicadas. O sujeito consegue executar a função de altura da base, mas faz o contrário do que era esperado: em vez de colocar o tema de perímetro de região na mesma altura dos temas de elevação de terreno e de estradas, ele coloca estes dois últimos temas na mesma altura do tema de perímetro. Além disso, o sujeito não realiza essa tarefa de forma precisa, pois não usa a altura da base por superfície-fonte e sim a altura da base por valor. Ele consegue aplicar o efeito de elevação, mas faz isso ao tema de elevação de terreno, que já possui a forma 3D. O sujeito realizou rotação contínua da *3D scene* e não sabia como pará-la. Depois de algum tempo, ele encontrou o botão “Parar”, totalmente fora de seu campo de visão inicial.

Uso do EComSIG: o sujeito inseriu sem problemas as entidades à interface 3D. Ele conseguiu encontrar as ações para (re)design na janela de (Re)Design, mas comentou que elas não estão bem visíveis. Ele deu duplo-clique nas ações de (re)design contidas em uma lista, imaginando que a janela referente a essa funcionalidade seria aberta automaticamente, mas essa característica não está implementada no EComSIG. Outra coisa que ele fez foi selecionar uma ação de (re)design na lista de ações e clicar no botão “Editar Modelos”, em vez do botão “Executar”. O sujeito associou o efeito de elevação adequado a entidade de construções. Além disso, ele tomou o caminho correto para atribuir a altura da base às entidades, inclusive criando uma superfície que serviria como base para as entidades. Entretanto, ele comentou que não sabia “*quem é essa superfície-fonte*”. O sujeito comentou que seria interessante *cortar o passo de escolha de superfície-fonte*, e o próprio sistema poderia facilitar internamente: a única coisa que o usuário precisaria fazer é escolher a entidade cuja altura da base deseja alterar e a entidade que seria referência para a altura da base do primeiro caso. O sujeito comentou que o nome das superfícies a serem criadas “*não é intuitivo*”, por exemplo: superfície regular, superfície irregular, direção e inclinação. Além disso, as listas da janela de criação de superfície (tipo de superfície a ser criada e entidade fonte) deveriam estar invertidas, para manter consistência e padrão com as outras janelas do EComSIG. Este usuário, parece ter sido aquele que mais se aproximou da interface 3D esperada, através do EComSIG.

Usuário 3 (U3)

Uso do 3D Analyst: no início da tarefa, o sujeito criou uma *view*, então, imaginamos que ele iria realizar a tarefa conforme descrito inicialmente, mas não foi isso o que aconteceu. Depois disso, o sujeito criou uma *3D scene*, mas ficou desorientado, porque os botões da barra de ferramentas da *3D scene* estavam desabilitados. Ele conseguiu encontrar a função para inserção de temas, entretanto, comentou que essa função deveria estar na barra de ferramentas da própria *3D scene*, facilitando a inserção. Depois de inserir os temas à *3D scene*, o sujeito não sabia como fazer para visualizá-los. Somente depois de informação do experimentador, o sujeito descobriu que deveria colocar uma marca (*check*) ao lado de cada um dos temas na janela de temas da *3D scene*. Vale a pena comentar que um dos sujeitos sem conhecimento em SIG (U5) achou essa operação *intuitiva* dizendo que todos poderiam descobri-la facilmente, mas não foi isso o que aconteceu com o usuário em questão. Ele começou uma busca por funcionalidades a serem aplicadas, fez uma imersão em uma entidade da *3D scene* e ficou desorientado. O sujeito encontrou a função de altura da base e tentou digitar um valor para ela, além disso, tentou associar uma superfície-fonte qualquer à altura da base do tema de uma construção, mas o resultado não foi o que ele estava esperando. O sujeito descobriu como atribuir o efeito de elevação, fazendo isso para o tema de uma construção. Ele comentou que gostaria de poder aplicar operações a partir da janela de propriedades 3D de tema e visualizar o resultado na *3D scene*, para que, se não fosse o que ele esperava, ele pudesse pressionar o botão *Cancel* para que a *3D scene* voltasse à versão anterior.

Uso do EComSIG: o sujeito conseguiu criar a interface 3D e inserir nela as entidades. Novamente, ele teve dificuldade para marcar as entidades para visualização na interface 3D e só depois de informação do experimentador, ele conseguiu fazer essa operação. Na janela de (Re)Design, notamos que o sujeito associou as listas “Ações de (Re)Design” e “Decisões Tomadas”, esperando que elas tivessem algum item selecionado para execução de uma ação de (re)design. Entretanto, o campo “ações de (re)design” contém as ações possíveis de serem executadas e o campo “decisões tomadas” contém a relação das decisões tomadas no ciclo corrente. O sujeito conseguiu aplicar o efeito de elevação e também a altura da base, mas nesta última funcionalidade, o sujeito comentou que a altura da base por valor não é adequada, pois não sabia se deveria digitar um valor pequeno ou grande.

Usuário 4 (U4)

Uso do 3D Analyst: a primeira coisa que o sujeito fez foi tentar encontrar no diretório os temas a serem inseridos, sem abrir uma *3D scene*. Depois de algum tempo, o usuário criou a *3D scene* e novamente iniciou uma busca pela função de inserção de temas. O sujeito inseriu os temas e, então, começou a interagir com a *3D scene*. Ele comentou: “*Que legal*”,

demonstrando o interesse pela visualização 3D. Depois disso, ele começou uma busca pelas funcionalidades a serem aplicadas. O sujeito encontrou a opção de propriedades 3D de tema, mas ficou desorientado na utilização dos recursos de altura da base e do efeito de elevação. Ele comentou que não sabia ao certo se deveria aplicar valores numéricos grandes ou pequenos para essas duas funcionalidades.

Uso do EComSIG: o sujeito inseriu sem dificuldades as entidades à interface 3D. Entretanto, na janela de (Re)Design, ele não sabia ao certo se deveria pressionar o botão “Executar” ou “Editar Modelos” para executar as ações de (re)design. Ele tentou associar o efeito de elevação às entidades, entretanto pressionava o botão “Aplicar” sem digitar um valor numérico, não gerando o resultado esperado. Depois disso, o usuário também tentou digitar o valor e pressionar diretamente o botão Ok, também não gerando a saída esperada. Este segundo caso mostra que os usuários em geral usam o botão “Ok” para confirmar a tarefa. Entretanto, no EComSIG, a função do Ok é simplesmente fechar a janela. Isso sugere certamente que uma revisão no rótulo desses botões no EComSIG deva ser considerada. Depois disso, o sujeito conseguiu aplicar a altura da base por valor.

Usuário 5 (U5)

Uso do 3D Analyst: o sujeito U5 começou a modelagem criando uma *view*. Depois disso, começou a procurar a opção para inserir temas. Através do menu *File*, ele tentou usar a função *import* para inserir os temas, não tendo sucesso nesse procedimento. Depois de algum tempo, o sujeito conseguiu inserir os temas à *view* e, após uma busca, criou uma *3D scene* a partir da *view*. Na *3D scene*, o usuário realizou várias interações e, a exemplo de outros usuários, realizou a rotação contínua, mas demorou para encontrar a função de parada. O sujeito começou, então, uma busca pelas funcionalidades a serem aplicadas. Ele chegou a comentar: “*Ninguém consegue entender nada sobre os sinais*”. Este sujeito ficou desorientado e não conseguiu encontrar as funcionalidades. Ao contrário do que ocorreu com um dos usuários com conhecimento em SIG (U3), este sujeito achou bem claro que se deva colocar uma marca (*check*) ao lado de cada tema, para que ele possa ser visualizado.

EComSIG: o sujeito inseriu as entidades inicialmente em um mapa e depois criou uma interface 3D. Através da janela de (Re)Design, o usuário encontrou e aplicou as funções de altura da base por valor e atribuição do efeito de elevação. A exemplo do sujeito U4, este sujeito também achou mais apropriado um botão “Fechar” em vez do botão “Ok” nas janelas, pois o botão “Ok” pressupõe confirmação da tarefa, diferentemente do que propusemos para ele no EComSIG. Este sujeito não entendeu o que significa a atribuição de altura da base por superfície-fonte.

Usuário 6 (U6)

Uso do 3D Analyst: no início da tarefa, o sujeito disse que estava *completamente perdido* e por um bom tempo ficou lendo a tarefa. O usuário criou um novo projeto e começou a procurar as funções. Ele acessou o sistema de ajuda e depois concluiu que deveria criar uma *view*. O sujeito ficou impressionado com a criação da *view* e questionou: “*O que que é isso?*”. Voltou para o sistema de ajuda mas não conseguiu definir qual seria o próximo passo. Depois de procurar pela ferramenta, encontrou a opção para inserção de temas. Como no caso do sujeito U3 e contrariamente ao que sugeriu o sujeito U5, este sujeito não conseguiu marcar os temas para visualização. Voltou novamente para o sistema de ajuda, mas somente depois de um auxílio do experimentador, ele descobriu como deveria proceder para visualizar os temas. O sujeito ficou desorientado e, por descuido, acabou fechando a janela do ArcView GIS, sendo obrigado a retomar todos os passos já realizados. O sistema mostrou uma mensagem perguntando se o sujeito queria salvar o projeto, mas ele optou por não salvá-lo. Ao inserir os temas à *view*, um dos temas ficou sobre todos os outros, não permitindo a sua visualização. O sujeito comentou: “*este tema tinha que estar abaixo dos outros*”. Essa é uma das dificuldades quando se trabalha com um mapa. Novamente, o sujeito ficou desorientado e fez uma busca exaustiva pela função que convertesse a *view* para a *3D scene*, mas não teve êxito.

Uso do EComSIG: o sujeito criou a interface 3D e inseriu as entidades a ela comentando: “*agora saiu*”. Na janela de (Re)Design, o usuário conseguiu executar as funções de atribuição de altura da base por valor e atribuição do efeito de elevação. O usuário acabou clicando sobre o botão de rotação contínua da interface 3D por descuido, e demorou algum tempo até encontrar o botão para pará-la. O sujeito comentou que nas funções de altura da base e do efeito de elevação, ele não sabia se deveria atribuir valores inteiros ou reais, e se valores grandes ou pequenos, como os demais usuários.

Notamos que, mesmo acrescentando mais informações na descrição da tarefa, como solicitou U1, os sujeitos subsequentes continuaram tendo dificuldades em sua realização, particularmente no caso do 3D Analyst.

5.3.1 Resultados da Avaliação de Heurísticas de Interface

Entre os questionários que entregamos aos sujeitos do teste, consideramos a avaliação de heurísticas de usabilidade para algumas telas do 3D Analyst e do EComSIG, para o seguinte conjunto de funções: altura da base, efeito de elevação, criação de superfície regular e criação de superfície irregular. Utilizamos três heurísticas principais: compatibilidade do sistema com o mundo real, consistência e padrões e visibilidade do

estado do sistema, consideradas mais relevantes na avaliação heurística que realizamos para o 3D Analyst (Capítulo 3). O questionário em questão encontra-se no Apêndice VII.

Com relação a aplicação da função de altura da base, quanto à compatibilidade do sistema com o mundo real, os usuários mencionaram que a tela no 3D Analyst tem muitas informações, tornando difícil entender o significado dos itens e de encontrar as funções adequadas. Já no caso do EComSIG, eles comentaram que ele parece mais relacionado ao processo natural de criação de representações 3D. Os termos são mais diretos, além disso, a ideia de separar as janelas por funções permite mais facilmente a escolha das entidades. Um dos sujeitos comentou que jamais saberia qual arquivo abrir para a altura da base por superfície-fonte, tanto no 3D Analyst como no EComSIG, porque o designer precisa criar essa superfície a partir da entidade destino para a altura da base de outras entidades. Essa entidade destino geralmente está estruturada segundo um modelo de elevação específico e se o usuário quiser colocar outras entidades na mesma altura da base que ela, deve criar uma superfície fonte a partir dessa entidade destino e associá-la à base das entidades cuja altura deseja modificar.

Quanto à heurística relacionada a consistência e padrões, os usuários comentaram que o EComSIG parece mais consistente que o 3D Analyst ao seguir uma série de padrões que facilitaram o uso, como por exemplo solicitando as entradas do usuário numa ordem mais natural. Um dos sujeitos comentou que o “zero” definido como *default* na altura da base por valor, parece indicar que um valor numérico e não um texto deveria ser digitado. Outro comentou que a função *Apply* da altura da base no 3D Analyst deveria simplesmente testar a aplicação da função e se o usuário em seguida clicasse no botão *Cancel* o sistema voltaria ao estado original, mas não é isso o que acontece, pois a função *Apply* concretiza a tarefa.

Quanto à visibilidade do estado do sistema, os sujeitos acharam que existe um *feedback* apropriado quando a função é executada, entretanto, o usuário deve ter o cuidado de arrastar a janela da interface 3D para que ela fique visível, para observar sobre ela as modificações que foram realizadas (nos dois sistemas).

Com relação à função de efeito de elevação, quanto à compatibilidade do sistema com o mundo real, os sujeitos sugerem preferência pelo uso do EComSIG para a determinação do valor, e pelo fato de ter separadas as funções que no 3D Analyst estão juntas, como é o caso das funções de efeito de elevação e altura da base que estão em uma mesma janela. Segundo os sujeitos, essa preferência vem do fato de o EComSIG “esconder” algumas opções visíveis no 3D Analyst, como a construção de uma expressão. Na construção de uma expressão, o designer precisa entrar em contato com campos de tabela de tema, valores

numéricos, operadores, etc. Um dos sujeitos comentou que não sabia se deveria digitar textos ou valores numéricos (inteiros ou reais) para o efeito de elevação, no caso dos dois sistemas.

Quanto à heurística relacionada a consistência e padrões e visibilidade do estado do sistema, os sujeitos fizeram indicações cujas respostas eram similares às aquelas colocadas para as mesmas heurísticas no caso da função de altura da base.

Com relação à criação de superfície irregular, na heurística de compatibilidade do sistema com o mundo real, os sujeitos comentaram que o 3D Analyst não é compatível com os conceitos que o designer tem do mundo real, devido ao uso de termos técnicos. Além disso, o designer precisa selecionar várias opções para concluir a tarefa. No EComSIG, a tarefa torna-se mais simples entretanto, alguns usuários comentaram que ele ainda usa termos *não intuitivos*, como as superfícies irregular, regular e de direção, que deveriam ser repensados.

Quanto a consistência e padrões, os sujeitos comentaram apenas a respeito do botão “Ok” da criação de superfície irregular no EComSIG, dizendo que ele denota confirmação da tarefa em vez de fechamento da janela, como convencionado. Quanto à visibilidade do estado do sistema, os sujeitos comentaram que era necessário ter a interface 3D visível para se observar a aplicação das funções. A interface 3D geralmente está apresentada, entretanto, ela pode estar oculta por outras janelas.

Na criação de superfície regular, as respostas foram similares ao caso da criação de superfície irregular, considerando-se as mesmas três heurísticas.

5.3.2 Resultados da Avaliação de Expressões da Interface

A seguir, mostramos os resultados de análise de sinais de interface do 3D Analyst e do EComSIG, conduzida com os sujeitos do teste. Essa análise foi realizada com base no interpretante para alguns dos sinais dos dois sistemas, bem como, outros comentários dos sujeitos. O documento relativo a este teste encontra-se no Apêndice VII. Na sequência, descrevemos alguns interpretantes descritos pelos usuários para seis sinais, sendo três do 3D Analyst e três do EComSIG. Resultados de uma análise completa para os sinais do 3D Analyst, está discutida no estudo de caso da Seção 3.3.3.1 e em Schimiguel e Baranauskas (2001).

No 3D Analyst:




Sinal	Significado	Interpretante dos Usuários
	Selecionar <i>features</i> de tema	<i>Subir um nível na estrutura de diretórios, abrir um tema</i>
	Retirar a seleção de <i>features</i> de tema	<i>Anotações, Imprimir, Legenda</i>
	Zoom para tema selecionado	<i>Altera a elevação de objetos 3D, Arquivo, Seleção de um tema, Passar de 3D para 2D (comprimir)</i>

Tabela 5.3.2.I: Interpretantes dos usuários para sinais do 3D Analyst

No EComSIG:




Sinal	Significado	Interpretante dos Usuários
	Levantar questionamentos	<i>Entrar com questões, discutir características ou posicionamento de uma entidade, motivações para uma decisão</i>
	Definir o Modelo de Entidades	<i>Opções para definir o modelo de entidades, modelagem das entidades usadas</i>
	Imergir em uma entidade escolhida	<i>Gerar uma representação 3D específica, permitir “entrar” em uma entidade para vermos as sub-entidades, ver o que foi modificado em um dado ponto da interface 3D, entrar em alguma entidade específica com mais detalhamento</i>

Tabela 5.3.2.II: Interpretantes dos usuários para sinais do EComSIG

Analisando-se o resultado das descrições dos interpretantes para os sinais, verificamos que nenhum dos usuários conseguiu inferir o significado para os sinais do 3D Analyst apresentados. Grande parte deles acertou ou se aproximou do significado para os sinais do

EComSIG, principalmente pelo uso de texto no rótulo dos botões, o que torna a interpretação direta.

A seguir, descrevemos alguns sinais destacados pelos usuários, bem como, alguns sinais que eles comentam como “intuitivos” e “não intuitivos”, para o EComSIG e para o 3D Analyst:

No 3D Analyst:

Sinais destacados pelos usuários:





Sinal	Significado	Comentário dos Usuários
	Adição de temas	<i>É o sinal mais evidente da interface. Ele não comunica o seu significado.</i>
	Navegação na 3D scene	<i>“Simpático” e intuitivo. O sinal só faz sentido porque usamos “navegar” na internet.</i>
	Abrir tabela de tema	<i>O sinal é claro e intuitivo.</i>
	Editor de Legenda	<i>A caneta dá a idéia de edição.</i>

Tabela 5.3.2.III: Sinais destacados pelos usuários no 3D Analyst

Embora um dos usuários tenha achado que o sinal do editor de legenda é claro e a caneta dá a idéia de edição, na análise semiótica que realizamos para os sinais de interface do 3D Analyst, nenhum dos 36 usuários acertou a funcionalidade deste sinal. Já no caso do sinal para adição de temas, um dos usuários comentou que ele é o mais evidente da interface entretanto, os demais sujeitos do teste tiveram dificuldade para encontrá-lo na tarefa de adição de temas à 3D scene.

Sinais que alguns usuários selecionaram como “intuitivos”:








Sinal	Significado no Sistema
	Salvar Projeto
	Adicionar Tema
	Navegação na <i>3D scene</i>
	Rotação Contínua na <i>3D scene</i>
	<i>Zoom in</i> (<i>zoom</i> clicando-se na tela)
	<i>Zoom out</i> (<i>zoom</i> clicando-se na tela)
	Localizar Texto

Tabela 5.3.2.IV: Sinais que os sujeitos do teste indicaram como “intuitivos”

Segundo três usuários, o sinal para salvar projeto é o único mais claro e de interpretação imediata. Um outro comentou que o sinal para rotação contínua sugere exatamente a funcionalidade.

Sinais que os sujeitos do teste selecionaram como “não intuitivos”:









Sinal	Significado no Sistema
	<i>Zoom para extensão completa</i>
	<i>Zoom para tema selecionado</i>
	<i>Zoom para feature selecionado</i>
	Adicionar Tema
	Informações de <i>features</i> de tema
	Selecionar <i>feature</i> de tema
	<i>Zoom in</i> (<i>zoom</i> sem clicar na tela)
	<i>Zoom out</i> (<i>zoom</i> sem clicar na tela)

Tabela 5.3.2.V: Sinais que os sujeitos do teste indicaram como não “intuitivos”

Três usuários acharam “*muito confusos*” os sinais *zoom* para extensão completa, *zoom* para tema selecionado e *zoom* para *feature* selecionado. Um dos usuários disse que “*odiou*” o sinal para adição de temas. Dois usuários acharam “*não intuitivos*” os sinais de *zoom in* e

zoom out (*zoom* sem clicar na tela), pois, segundo eles, o convencional para a função de *zoom* é a lupa.

Pode-se notar que os sinais para os quais os sujeitos inferiram o significado correto, em sua maioria, são conhecidos pelo uso de outras ferramentas. Alguns sujeitos fizeram observações contraditórias, como por exemplo, com relação ao sinal que indica inserção de temas. Entre os sinais que os usuários não entenderam, boa parte diz respeito à função de *zoom*. Isso se explica, em parte, pelo fato de o 3D Analyst possuir sinais de *zoom* com significados diferentes. Vale mencionar que muitos desses sinais compõem a barra de ferramentas da *3D scene*, indicando que a interface do 3D Analyst apresenta problemas de interpretabilidade exatamente no que se refere à manipulação da *3D scene*, que é o principal objetivo da ferramenta.

No EComSIG:

Sinais destacados pelos usuários:


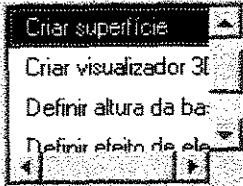
Sinal	Significado	Comentário dos Usuários
	Abre a janela ou executa a função referente à ação de (re)design selecionada	<i>O botão não executa a função imediatamente, mas sim, chama uma janela</i>
	Contém as ações de (re)design que podem ser aplicadas	<i>A lista de ações de (re)design é pequena e está numa tela grande. "A lista não deveria ser o destaque da tela?". Essa lista é importante, pois mostra sugestões e possibilidades para transformar a interface 3D, porque oferece funções e recursos.</i>

Tabela 5.3.2.VI: Sinais destacados pelos usuários no EComSIG

Sinais que alguns sujeitos do teste selecionaram como “intuitivos”:

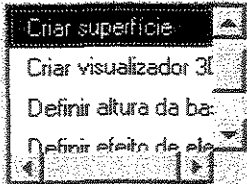
Sinal	Significado
	<p>Contém as ações de (re)design que podem ser aplicadas sobre a interface SIG sendo criada.</p>

Tabela 5.3.2.VII: Sinais que alguns sujeitos indicaram como “intuitivos”

Dois sujeitos do teste comentaram que preferem botões rotulados com texto do que sinais gráficos. Um deles sugeriu texto e o elemento gráfico.

Sinais que alguns sujeitos do teste indicaram como “não intuitivos”:

- Um sujeito disse que a função dos botões “Ok” e “Executar” da janela de (Re)Design não é exatamente o que os rótulos indicam.
- Um sujeito não achou clara a relação entre o botão Executar e a lista de ações de (re)Design da janela de (Re)Design.
- Segundo três sujeitos, “imersão” não é um termo que o usuário entenda imediatamente.

Os dados obtidos com a avaliação dos sinais serão direcionados à atividade de (re)design do EComSIG.

A seguir, citamos algumas histórias de sucesso e de fracasso contadas pelos próprios sujeitos do teste, ao responderem um questionário específico, que se encontra no Apêndice VII.

Histórias de Sucesso:

No 3D Analyst:

- *A barra de ferramentas da 3D scene e o uso da cor para distinguir os temas me ajudaram a realizar interações sobre a 3D scene e a distinguir os temas por cores.*

No EComSIG:

- *Gostei de ter apenas em uma tela tudo o que precisava, sem ser necessário procurar no menu.*
- *O uso do efeito de elevação, na janela de (Re)Design, permitiu a realização de boa parte da tarefa com facilidade.*
- *Consegui observar a mudança na interface 3D após a aplicação do efeito de elevação.*

Histórias de Fracasso:

No 3D Analyst:

- *Os sinais não são claros e a informação não está contextualizada.*
- *O menu de criação de superfície e a janela de propriedades 3D de tema dificultaram a realização da tarefa.*
- *O botão para rotação contínua da 3D scene não permitiu parar a rotação; precisei usar um outro botão, totalmente fora do campo de visão.*
- *Muitas vezes a 3D scene está oculta ou está abaixo de outras janelas, sendo complicado visualizar a mudança da aplicação de funcionalidades.*

No EComSIG:

- *Não sei o significado da altura da base por superfície-fonte.*

5.4 Discussão

De forma geral, pudemos observar que os usuários tiveram muita dificuldade na execução da tarefa no 3D Analyst. Alguns deles até conseguiram executar algumas funcionalidades, entretanto, realizaram uma busca quase seqüencial para chegar a essas funções quando os usuários chegavam a elas, ainda tinham que traduzir conceitos SIG para o seu próprio modelo mental, gastando muito tempo na execução da tarefa e esquecendo, muitas vezes, do objetivo inicial.

Quanto ao EComSIG, embora também tenham mostrado dificuldades na execução da tarefa, verificamos que a sistematização e a organização, possibilitada pelo uso da metodologia Espaço de Comunicação, permitiu que as funções a serem aplicadas fossem encontradas mais facilmente, pois todas elas passaram a ser acessíveis a partir de uma

mesma janela. Muitas das funções do 3D Analyst que tinham uma série de parâmetros a serem definidos, no EComSIG tiveram a maioria desses parâmetros padronizada, sendo solicitados do usuário somente aqueles realmente necessários. Parte da nomenclatura técnica usada pelo 3D Analyst também foi modificada para aproximar-se da realidade do usuário.

A avaliação que realizamos com base em análises e testes-piloto tem o caráter de uma avaliação formativa, isto é, objetivaram levantar problemas a serem tratados em uma próxima versão do protótipo. Dessa forma, sugerimos a seguir sugestões para (re)design do EComSIG, bem como alternativas para (re)design do 3D Analyst.

Alternativas de (Re)Design para a interface do 3D Analyst:

- Colocar o botão para inserção de temas na barra de ferramentas da *3D scene*.
- Quando o usuário inserir os temas à *3D scene*, eles poderiam aparecer automaticamente sem a necessidade da operação de marcação (*check*).
- O botão para parar a rotação contínua da *3D scene* deveria estar na própria barra de ferramentas da *3D scene*. Uma alternativa seria que o próprio botão de início da rotação fosse o botão de parada.
- Permitir que o acesso à lista de funções e opções a serem aplicadas sobre os elementos de um projeto (*views*, tabelas, *3D scenes*, etc) e sobre as entidades de uma *3D scene*, seja realizado através do botão direito do mouse.
- Como, em geral, o usuário não tem idéia do tamanho dos valores possíveis para a altura da base por valor e para o efeito de elevação, poderia ser apresentado um valor *default* em um *widget* que possibilitasse aumentar e diminuir esse valor proporcionalmente.
- Permitir que o usuário possa visualizar o resultado da aplicação das funções de altura da base e do efeito de elevação antes de aplicá-las realmente.
- O próprio 3D Analyst poderia detectar quando um tema oculta os demais em uma mesma *view*, oferecendo tratamento adequado. O sistema poderia ter uma opção do tipo “trazer para frente” ou “trazer para trás”, assim como o editor de textos Microsoft Word possui para o trabalho com elementos gráficos.
- Realizar o (re)design de parte dos sinais de interface do 3D Analyst.

Sugestões para (Re)Design do EComSIG:

- Aumentar o tamanho do campo que mostra a lista de ações de (re)design da janela de (Re)Design, para que ela fique mais visível.
- Permitir que as janelas referentes às ações de (re)design da janela de (Re)Design sejam acessadas dando-se duplo-clique sobre as ações.
- Modificar a altura da base por superfície-fonte de forma que o usuário não precise criar essa superfície e associá-la à altura da base de alguma entidade. A superfície poderia ser criada pelo próprio sistema, bastando que o usuário escolha a entidade que ele deseja como fonte da altura da base de outra entidade.
- Alterar os nomes das superfícies regular, irregular, direção e inclinação para nomes mais próximos da realidade do usuário.
- Os campos “superfície” e “entidade” da janela de criação de superfície deveriam ser invertidos para manter padrão com as demais janelas do EComSIG.
- Modificar o rótulo dos botões “Ok” para “Fechar”, pois esta não é a função convencional para esses botões.
- Rotular os botões com texto e elemento gráfico.
- Dividindo a lista de ações de (re)design em duas listas: uma delas teria as ações onde é necessário abrir uma janela, neste caso poderíamos associar a essa lista um botão “Abrir”; outra lista teria as ações a serem executadas, neste caso, teríamos um botão “Executar” associado.
- Quando uma janela estiver ativa não permitir que outras sejam habilitadas.

5.5 Considerações Finais

Neste capítulo, descrevemos o design e a implementação do EComSIG (Espaço de Comunicação para Sistemas de Informação Geográfica): o protótipo de um sistema que permite a modelagem de interfaces 3D de aplicações SIG, considerando a metodologia Espaço de Comunicação. Pudemos verificar a relevância e abrangência dessa proposta através de atividades de análise e de testes-piloto. A análise comparativa baseou-se na descrição das interações com a interface através do modelo GOMS, no 3D Analyst e no EComSIG. Preocupamo-nos particularmente com as seguintes medidas: o número de ações, o tempo para a conclusão das tarefas e o tipo das ações. No caso de algumas tarefas,

verificamos que o EComSIG apresentou ganhos significativos em relação ao 3D Analyst, já no caso de outras, identificamos o 3D Analyst com melhor desempenho. Parte dos resultados que beneficiam o 3D Analyst pode ser explicada pela sistematização proposta pelo EComSIG para o processo de modelagem, que acabou aumentando o número de ações e o tempo para a conclusão de algumas tarefas. Nos testes com usuários, destacamos que os sujeitos tiveram muita dificuldade para execução da tarefa no 3D Analyst. A forte carga conceitual e a exigência de parâmetros específicos a serem definidos para certas funções contribui para essa complexidade. No caso do EComSIG, verificamos que a organização e sistematização proposta pelo sistema possibilitou um caminho mais suave à realização da tarefa, proporcionando, de maneira geral, maior satisfação aos sujeitos do teste.

Capítulo

6

Conclusões e Trabalhos Futuros

Apesar de serem sistemas funcionalmente poderosos, os SIG pressupõem conhecimento do usuário para 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, propomos um estudo e avaliação de interfaces 3D para Sistemas de Informação Geográfica, para eliciar a problemática inerente ao processo de modelagem de aplicações SIG. Essa complexidade começa com a própria interface do SIG e abrange também os problemas conceituais, que envolvem funções, algoritmos e estruturas de dados específicas desses sistemas. Isso restringe o uso de SIG somente para usuários com conhecimento em tal tecnologia. Como forma de tratar esse problema propusemos aplicar uma metodologia de bases semióticas – Espaço de Comunicação – ao processo de modelagem de aplicações SIG 3D.

Nosso interesse por Sistemas de Informação Geográfica 3D advém da proximidade entre as interfaces de aplicações construídas sobre esses sistemas e o mundo real. Representações de entidades geográficas em três dimensões tornam a tarefa de planejamento urbano, por exemplo, mais próxima da realidade visual de um planejador, podendo auxiliar na tomada de decisões. Muitos problemas complexos de se resolver com a modelagem 2D, restrita à visão de plano, passam a ser mais simples com a modelagem 3D, que permite visão em perspectiva, navegação e imersão em uma determinada cena.

Em nosso estudo de caso, identificamos uma série de problemas, que restringem o uso da tecnologia SIG apenas para usuários especializados em tais sistemas. Usuários com conhecimento apenas no domínio da tarefa pretendida, certamente terão dificuldades na utilização desses sistemas. Esses usuários dependerão de um longo tempo em treinamento para se adequarem a essa tecnologia e terão que fazer uso intensivo de consultas a manuais e sistemas de ajuda. É natural o uso de manuais e sistemas de ajuda em sistemas computacionais, mas esses meios devem ser entendidos como formas secundárias de se buscar ajuda sobre o uso do sistema; a própria interface do sistema com o usuário poderia facilitar sua utilização e conseqüentemente seu aprendizado.

Através das análises de interface realizadas, identificamos alguns problemas que podem dificultar a execução de uma tarefa. A falta de consistência com sistemas de uso cotidiano do usuário, faz com ele precise criar um modelo mental diferente daquele que já possui, adquirido pelo uso de sistemas convencionais. A falta de compatibilidade do sistema com o mundo real faz com que o usuário entre em contato com uma terminologia técnica, não adequada aos conceitos relacionados ao seu domínio de aplicação. Em outras situações, o usuário realiza tarefas no SIG, mas não tem um *feedback* apropriado em um tempo razoável, ou seja, existe um problema com relação à visibilidade do estado do sistema. Verificamos que várias funcionalidades estão em locais inadequados, por exemplo, uma função que deveria ser acessível através de um determinado menu mas está em outro. Isso faz com que o usuário perca um tempo significativo na busca por essa função, desviando a atenção e dificultando a execução da tarefa.

Quando olhamos mais de perto a expressão dos sinais em elementos da interface, novamente notamos um problema muito recorrente: a falta de consistência desses sinais com aqueles pertencentes a ferramentas de uso cotidiano do usuário. Detectamos, em alguns casos, a redundância de sinais de interface, que dificultam a sua interpretabilidade e conseqüente uso das funções associadas a eles.

Os problemas detectados mostram que existe uma complexidade inerente ao processo de modelagem de interfaces para aplicações SIG, sejam problemas conceituais ou com o próprio design da interface de SIG. Como forma de lidar com essa complexidade buscamos sistematizar o processo, considerando uma metodologia de modelagem de bases semióticas – Espaço de Comunicação (Oliveira, 2000) – que entende a interface como um mundo habitado por várias entidades, humanas e computacionais, com capacidade comunicativa.

Uma das grandes contribuições do uso da metodologia é possibilitar ao próprio designer da interface de aplicação SIG considerar a experiência da imersão. Com a imersão em alguma

entidade da interface, o designer pode captar signos não observados em outras imersões, podendo identificar as inconsistências entre o seu interpretante presumido para as entidades e o interpretante do usuário, verificado por observação de uso. Isso é importante para o levantamento de questões de (re)design, que são analisadas para a tomada de decisões de (re)design. Segundo Darken e Sibert (1996), um dos componentes da realidade virtual é a inserção de humanos dentro desses ambientes. A imersão do próprio designer de aplicações SIG no Espaço de Comunicação entre entidades que habitam a interface sendo desenvolvida é uma das possibilidades criadas com a metodologia em questão.

Com base na metodologia desenvolvemos uma camada de interface sobre o ArcView GIS 3D Analyst, denominada EComSIG (Espaço de Comunicação para Sistemas de Informação Geográfica), objetivando filtrar a complexidade inerente ao processo de modelagem e como forma de sistematizar o processo.

O EComSIG foi submetido à atividade de testes. Num primeiro instante, descrevemos as interações na interface do EComSIG e no 3D Analyst, através do modelo GOMS, considerando apenas as tarefas para (re)design (definição do efeito de elevação, definição da altura da base, criação de superfície, etc). Com isso, pudemos realizar avaliações com base no tempo e no número de ações necessárias para a execução dessas tarefas, bem como o tipo dessas ações. Também realizamos um teste-piloto com usuários, onde atribuímos a alguns sujeitos a tarefa de modelagem de uma interface de aplicação SIG, no EComSIG e no 3D Analyst. Analisamos a performance desses sujeitos interagindo com os dois sistemas e suas respostas à avaliação de algumas heurísticas de interface, suas análises de sinais e histórias de sucesso e de fracasso no uso das interfaces, descritas pelos sujeitos.

Comparando, através da descrição GOMS, a modelagem no ArcView GIS 3D Analyst com a modelagem proposta, verificamos que o EComSIG teve ganhos significativos com relação ao tempo e ao número de ações para a execução de boa parte das tarefas de (re)design; entretanto, algumas delas passaram a exigir um número maior de ações. Isso ocorreu devido à sistematização proposta pelo EComSIG, que contribui para o aumento de algumas ações para algumas tarefas. A vantagem da sistematização do processo é que todas as tarefas necessárias no (re)design passaram a ser acessíveis a partir de uma mesma janela. No 3D Analyst, o usuário precisa buscar essas tarefas através de diferentes caminhos, dificultando o processo de modelagem. Não obstante a isso, graças a estruturação e sistematização possibilitada por essa camada de interface, a definição de vários parâmetros, que era necessária no 3D Analyst, não foi mais necessária no EComSIG, que solicita do usuário apenas o necessário.

Enquanto no ArcView GIS 3D Analyst, os sujeitos do teste-piloto ficaram desorientados, sem saber qual sequência de ações definir para a execução das tarefas, além da dificuldade na definição de parâmetros que exigem conhecimento em SIG; no EComSIG, a sistematização permitiu a execução da tarefa de forma mais clara e organizada, e os conceitos pareceram mais próximos do senso comum do usuário.

A avaliação de heurísticas de usabilidade pelos sujeitos mostrou que o excesso de parâmetros a serem preenchidos por boa parte das funções no 3D Analyst dificultou a execução da tarefa, entretanto, essas mesmas funções foram padronizadas no EComSIG, de forma que somente o necessário fosse solicitado ao usuário. As funções passaram a ser executadas de forma automática.

A análise de sinais de interface por esses mesmos sujeitos mostrou que os sinais do 3D Analyst não comunicam o seu significado, consistentemente com resultados do estudo de caso reportado no Capítulo 3. Quase em sua totalidade, os sinais da barra de ferramentas do visualizador de *3D scene* apresentaram problemas com relação à identificação de seu significado, mostrando que a interface do 3D Analyst tem deficiências exatamente no que se refere à manipulação da interface 3D. Os usuários sugeriram preferência por rótulos nos botões (sinais textuais), a exemplo do que ocorre com o EComSIG.

Boa parte das histórias de fracasso com relação ao uso do 3D Analyst dizem respeito à dificuldade de encontrar as funcionalidades, bem como, a necessidade de definição de vários parâmetros para as funções. As histórias de sucesso foram diferentes para diferentes usuários. Já com relação ao EComSIG, as histórias de sucesso foram principalmente relacionadas à facilidade de acesso às funções a partir da janela de (Re)Design. As histórias de fracasso foram relacionadas à dificuldade de trabalhar com a função de altura da base por superfície fonte, isso porque o designer dificilmente sabe qual entidade selecionar para a altura da base. Nesse processo, o designer precisa criar uma superfície fonte a partir da entidade que ele quer como destino, e isso não fica claro na interface do sistema.

Um aspecto que mostrou-se relevante aos sujeitos no uso da metodologia, foi a possibilidade de ter acesso ao histórico do desenvolvimento da interface de aplicação. Todo o processo de criação da interface de aplicação SIG é documentado e o designer pode consultá-lo através do *Design Rationale*, disponibilizado pela nova abordagem. Além disso, o designer pode voltar a qualquer ciclo do processo de modelagem, em qualquer momento. Essas informações são importantes porque servem de memória do processo ao designer e informam outros eventuais participantes desse processo sobre o raciocínio subjacente às decisões de design tomadas.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem o potencial da metodologia proposta para a tarefa de modelagem de interfaces 3D para aplicações SIG e apontam caminhos para uma fase de (re)design do próprio EComSIG. Além disso, apontam também sugestões para (re)design do 3D Analyst, que seriam valiosas para o fabricante desse sistema.

Neste trabalho, desenvolvemos um protótipo-teste (EComSIG) para um estudo de caso – o ArcView GIS 3D Analyst, com o objetivo de estudar e avaliar a relevância da metodologia abordada sobre o processo de modelagem de interfaces de aplicações SIG 3D. Uma proposta de extensão deste trabalho seria a implementação de um protótipo genérico, que não funcionasse sobre um SIG em particular, mas que pudesse “conversar” com vários SIG, permitindo importação e exportação de dados e conseqüente visualização da interface de aplicação através da *Web*, usando a VRML (*Virtual Reality Modeling Language*), a Linguagem de Modelagem para Realidade Virtual.

Quando realizamos a atividade de testes com sujeitos, para avaliar a relevância da solução adotada através do EComSIG, não consideramos usuários reais, profissionais do domínio de informações geográficas. Os sujeitos do teste-piloto não estão diretamente envolvidos com as áreas de planejamento urbano e ambiental. Uma avaliação formal com usuários reais seria interessante, mas, certamente, nos conduziria a um novo trabalho acadêmico, devido à complexidade envolvida, ao tempo necessário para a observação e à quantidade de informações que seria gerada. De qualquer modo, a realização de testes com profissionais do domínio de planejamento é uma das atividades possibilitadas pelo trabalho para pesquisa futura.

Na área de Sistemas de Informação Geográfica, há uma vasta quantidade de aplicações, em diferentes domínios do conhecimento que incluem, por exemplo, biodiversidade, aplicações militares, planejamento urbano, planejamento ambiental, entre outras. Um grande problema nessas aplicações é a falta de consistência e de padrões para o design da interface em tais sistemas. Ainda não existe um padrão (do tipo ISO) que delimite regras e possibilite avaliar a qualidade da interface para SIG. Como trabalhos futuros, pensamos no estudo de diferentes domínios de aplicação, bem como organizações usuárias, para definição de diretrizes e métricas de qualidade para o design de interfaces para Sistemas de Informação Geográfica. Como referencial teórico pode-se considerar o uso de fundamentos da Semiótica Organizacional.

Poderíamos ir um pouco mais longe e imaginar o desenvolvimento de um novo SIG, que considerasse o processo de design da interface de aplicações como parte importante em sua criação. Esse sistema poderia considerar diferentes classes de usuários, manter consistência

com outros *softwares* de uso cotidiano, fornecer um *feedback* adequado em um tempo apropriado, tornar os conceitos mais próximos da realidade de uso e conhecimento do usuário.

Referências

- Baranauskas, M.C.C.; Rossler, F.; Oliveira, O.L. de (1998). "Uma Abordagem Semiótica à Análise de Interfaces: um Estudo de Caso". Anais do I Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Rio de Janeiro, RJ.
- Benyon, D. (1990). "Information and Data Modelling". Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Bricken, M. (1991). "Virtual Worlds: no interface to design". Technical Report R-90-2. Washington Technology Center, University of Washington, Seattle, WA. [on line]. Disponível em: <http://hitl.washington.edu/publications/papers/interface.html>. Último acesso: 28/09/2001.
- Câmara, G.; Casanova, M.A.; Hemerly, A.S.; Magalhães, G.C.; Medeiros, C.M.B. (1996). "Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica". Livro da 10ª Escola de Computação. Realizado no Instituto de Computação da Unicamp. Campinas, SP.
- 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". Anais do I Workshop Brasileiro de GeoInformática. Campinas, SP.
- Card, S.K.; Moran, T.P.; Newell, A. (1983). "The psychology of human-computer interaction". Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. 469p..
- Carter, J.R. (1989). "On defining the geographic information system". In: Ripple W.J. (ed) Fundamentals of Geographic Information Systems: a compendium. ASPRS/ACSM, Falls Church Virginia, pp. 3-7.
- Cheyland, J.P.; Libourel, T.; Mende, C. (1999). "Graphical Modelling for Geographic Explanation". CNRS-UMP, Montpellier, France.
- Collins, S.H.; Moon, G.H.; Leham, T.H. (1983). "Advances in Geographic Information Systems". Proceedings of the Sixth International Symposium on Automated Cartography, Steering Committee of the Canadian National Committee for the Sixth International Symposium on Automated Cartography. Vol 1 pp. 324-334.
- Collinson, A. (1997). "Virtual Worlds". The Cartographic Journal. Vol. 34, pp. 117-124.
- Coors, V.; Flick, S. (1998). "Integrating Levels of Detail in a Web-based 3D-GIS". ACM GIS'98, pp. 40-45.

- Cowen, D.J. (1988). "GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54: 1551-4.
- Craig, W.J. (1992). "URISA Perspectives on the GIS User Interface. Center for Urban and Regional Affairs". University of Minnesota, Minneapolis, MN 55455.
- Darken, R.P.; Sibert, J.L. (1996). "Wayfinding strategies and behaviors in large virtual environments". In *Human Factors in Computing Systems, CHI '96 Conference Proceedings*, pages 142-149.
- Dodge M.; Smith, A.; Doyle, S. (1997). "Visualising Urban Environments for Planning and Design". Centre for Advanced Spatial Analysis. University College London. [on line]. Disponível em: <http://www.geog.ucl.ac.uk/casa/>. Último acesso: 05/10/2001.
- Dueker, K.J. (1979). "Land resource information systems: a review of fifteen years experience". *Geo-Processing* 1: 105-28.
- Easson, G.L. (1999). "What is a GIS and What Does It Do?". Department of Geology and Geological Engineering, University of Mississippi, Mississippi US. [on line]. Disponível em: http://www.olemiss.edu/depts/geology/courses/ge470/gistop_2.htm. Último acesso: 13/11/2001.
- Eco, U. (1976). "Tratado Geral de Semiótica". Ed. Perspectiva.
- Egenhofer, M.J.; Frank, A.U. (1988). "Designing Object-Oriented Query Languages for GIS: Human Interface Aspects". *Proceedings of the Third International Symposium on Spatial Data Handling, International Geographical Union Commission on Geographical Data Sensing and Processing*. Williamsville, NY, pp. 79-96.
- Especificação VRML (1997). "We3D Consortium Specifications". [on line]. Disponível em: http://www.vrml.org/fs_specifications.htm. Último acesso: 28/09/2001.
- Esri, (1995). "Understanding GIS – The ArcInfo Method". Lesson 1: Why GIS?, 3rd Edition, New York, NY, Wiley & Sons, Inc.
- Esri (2001). "Environmental Systems Research Institute, Inc". [on line]. Disponível em: <http://www.esri.com/>. Último acesso: 07/11/2001.
- Familant, M.E.; Detweiler, M.C. (1993). "Iconic reference: evolving perspectives and an organizing framework". Academic Press Limits.

- Fidalgo, A. (1999). "Da Semiótica e seu objecto". Publicado em Comunicação e Sociedade 1. Cadernos do Noroeste, Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho, Portugal. [on line]. Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/fidalgo-antonio-objecto-da-semiotica.html>. Último acesso: 26/10/2001.
- Frank, A.U. (1988). "Requirements for a database management system for a GIS". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54: 1557-64.
- Gabbard, J.L. (1997). "A Taxonomy of Usability Characteristics in Virtual Environments". Master of Science in Computer Science and Applications. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia.
- Goodchild, M.F. (1991). "The technological setting of GIS". In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F., Rhind, D.W. (eds.). *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 45-54, vol. 1.
- Gould, M. (1993). "Human Factors In Geographical Information System". Belhaven Press.
- Hix, D., Swan, J.E., Gabbard, J.L., McGee, M., Durbin, J., King, T. (1999). "User-Centered Design and Evaluation of a Real-Time Battlefield Visualization Virtual Environment". *Proceedings IEEE Virtual Reality '99*, pages 96-103. [on line]. Disponível em: http://www.ait.nrl.navy.mil/people/swan/papers/cp_VR99.pdf. Último acesso: 28/09/2001.
- Hjelmslev, L. (1943). "Prolégomènes a Une Théorie du Language. Trad. Una Canger" (Omkring Sprogteoriens Grundlaeggelse. Copenhagen: Université Copenhagen, 1943). Paris: Les Éditions de Minuit.
- Hoinkes, R.; Lange, E. (1995). "Animating our minds – the expansion of visual dimensions in GIS". Centre for Landscape Research, University of Toronto and Institute for Local, Regional and National Planning, Swiss Federal Institute of Technology Zürich. [on line]. Disponível em: <http://www.clr.toronto.edu:1080/LINKS/GISW/origarticle.html>. Último acesso: 05/10/2001.
- Ianko's (2001). "Triangulated Irregular Network". Ianko's GIS Page. [on line]. Disponível em: http://www.ian-ko.com/triangulated_irregular_network.htm. Último acesso: 13/11/2001.
- Inpe (2001). "Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais". [on line]. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring>. Último acesso: 20/12/2001.

- John, B. E.; Kieras, D. E. (1994). "The GOMS family of analysis techniques: Tools for design and evaluation". Carnegie Mellon University School of Computer Science Technical Report No. CMU-CS-94-181. [on line]. Disponível em: <ftp://ftp.eecs.umich.edu/people/kieras/GOMS/John-Kieras-TR94.pdf>. Último acesso: 22/11/2001.
- John, B.E.; Kieras, D.E. (1996a). "Using GOMS for User Interface Design and Evaluation: Which Technique?". *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. [on line]. Disponível em: <http://citeseer.nj.nec.com/127976.html>. Último acesso: 22/11/2001.
- John, B.E.; Kieras, D.E. (1996b). "The GOMS Family of User Interface Analysis Techniques: Comparison and Contrast". *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 3(4):320-351. [on line]. Disponível em: <http://citeseer.nj.nec.com/250697.html>. Último acesso: 22/11/2001.
- Kessler, D. (1999). "A Framework for Interactions in Immersive Virtual Environments". In: *Proceedings of the IEEE Virtual Reality '99*, Houston. p. 190-197.
- Kidner, D.B.; Eynon, C.; Smith, D.H. (2001). "Multiscale Terrain Databases". Extended Abstract. *Proceedings of the GIS Research UK 9th Annual Conference (GISRUK)*, ed. D.B. Kidner and G. Higgs, pp151-153.
- Koshkarirov, A.V.; Tikunov, V.S.; Trofimov, A.M. (1989). "The current state and the main trends in the development of geographical information systems in the USSR". *International Journal of Geographical Information Systems* 3 (3): 257-72.
- Ladner, R.; Abdelguerfi, M.; Shaw, K. (2000). "3D Mapping of an Interactive Synthetic Environment". pp. 35-39.
- Lanter, D.P.; Essinger, R. (1991). "User-centered graphical user interface design for GIS". Report 91-6, NCGIA, Santa Barbara, CA.
- Lewis, C. (1982). "Using the 'thinking-aloud' method in cognitive interface design". IBM Research Report RC9265 (#40713), IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY.
- Maguire, D.J.; Dangermond, E. (1991). "Geographical Information Systems". Volume I – Principles. John Wiley and Sons.
- Maguire, D.J.; Goodchild, M.F.; Rhind, D.W. (1991). "Geographical Information Systems: Principles and Applications". Harlow: Longman Sci. & Techn., volume 2.

- Man, E. de (1988). "Establishing a geographical information system in relation to its use: a process of strategic choice". *International Journal of Geographical Information Systems* 2: 245-61.
- Manual (1997a). *Manual ArcView Dialog Designer: "Using the ArcView Dialog Designer"*. ESRI Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Manual (1997b). *Manual ArcView GIS 3D Analyst: "ArcView 3D Analyst. 3D Surface Creation, Visualization, and Analysis"*. ESRI Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Manual (1996a). *Manual ArcView GIS: "The Geographic Information System for Everyone"*. ESRI Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Manual (1996b). *Manual Avenue: "Customization and Application Development for ArcView"*. ESRI Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Maren, G.v.; Germs, R. (1999). "Karma VI: A Virtual Reality Interface for the Spatial Database Engine". 3D GIS & Virtual Reality Project. Asset Forestry Limited in New Zealand and Delft University of Technology in Netherlands.
- Mark, D.M.; Frank, A.U. (1992). "User Interfaces for Geographic Information Systems: Report On The Specialist Meeting". NCGIA Report 92-3.
- Microprose (1996). "Manual do Usuário do Grand Prix II". World Circuit Racing.
- Mills, M. (2001). "Geographic Information Systems (GIS) Definition". [on line]. Disponível em: <http://www.tumtum.com/mmills/work/gisdefn.html>. Último acesso: 13/11/2001.
- Miller, C.L.; Laflamme, R.A. (1958). "The digital terrain model – theory and application". *Photogrammetric Engineering* 24 (3): 433-42.
- Moran, T.P.; Carrol, J.M. (1996). "Design Rationale: Concepts, Techniques and Use". Laurence Erlbaum Associates.
- Multigen (2001). "SiteBuilder3D: Multigen Paradigms". [on line]. Disponível em: <http://www.multigen-paradigm.com/>. Último acesso: 07/11/2001.
- Nielsen, J. (1989). "Usability engineering at a discount". Em G. Salvendy et al. (eds.). *Designing and Using Human-Computer Interfaces and Knowledge Based Systems*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.

- Nielsen, J. (1993). "Usability Engineering". Academic Press, Cambridge, MA.
- Nielsen, J. (1994). "Heuristic Evaluation". Em J. Nielsen (ed.) Usability Inspection Methods. John Wiley, New York.
- Oliveira, J.L. de (1997). "Projeto e Implementação de Interfaces para Sistemas de Aplicações Geográficas". Tese de Doutorado. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.
- Oliveira, J.L. (1994). "On the Development of User Interface Systems for Object-Oriented Databases". In Proc. ACM Workshop on Advanced Visual Interfaces, pp. 237-239.
- Oliveira, J.L. de; Pires, F.; Medeiros, C.M.B. (1997). "An environment for modeling and design of geographic applications". GeoInformática, 1(1):29-58.
- Oliveira, O.L. (2000). "Design da Interação em Ambientes Virtuais: uma abordagem semiótica". Tese de Doutorado. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.
- Oliveira, O.L. de; Baranauskas, M.C.C. (1998). "Análise Glossemática da Estrutura das Linguagens de Interface Humano-Computador". Anais do I Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Rio de Janeiro, RJ.
- Oliveira, O.L. de; Baranauskas, M.C.C. (1999). "Interface Entendida Como um Espaço de Comunicação". Anais do II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Campinas, SP.
- Openshaw, S.; Goddard, J. (1987). "Some implications of the commodification of information and the emerging information economy for applied geographical analysis in the United Kingdom". Environment and Planning A 19: 1423-39.
- Ormsby, T.; Alvi, J. (1999). "Extending ArcView GIS. Network Analyst, Spatial Analyst and 3D Analyst". Published by ESRI Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Ozemoy, V.M.; Smith, D.R.; Sicherman, A. (1981). "Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis". Interfaces 11: 92-8.
- Peirce, C.S. (1990). "Semiótica". Ed. Contexto. Tradução de Collected Papers of Charles Sanders Peirce.
- Pires, A.A. de O.; Barbassa, A.P. (1999). "Mapeamento de Áreas Urbanas de Inundação". Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). [on line]. Disponível em:

- <http://www.fatorgis.com.br/artigos/gis/inundacao/inundacao.htm>. Último acesso: 06/12/2001.
- Prado, A.B. (2001). "Semiótica e Interfaces de Sistemas de Informação Geográfica". Tese de Mestrado. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.
- Prado, A.B.; Baranauskas, M.C.C. (2000). "Avaliando a meta-comunicação designer-usuário de interface". Anais do III Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Gramado, RS.
- Prado, A.B.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2000a). "Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica como Sistemas Semióticos: Uma Análise Comparativa". Anais do II Workshop Brasileiro de GeoInformática. São Paulo, SP.
- Prado, A.B.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2000b). "Cartography and Geographic Information Systems as Semiotic Systems". In Proc. 8th ACM GIS International Symposium, Washington D.C., USA.
- Prates, E. (1999). "Semiótica: uma suave introdução". TEIA: Revista Eletrônica da Associação Brasileira de Comunicação e Semiótica. [on line]. Disponível em: <http://www.geocities.com/absbsemiotica/teia.htm>. Último acesso: 26/10/2001.
- Polson, P.; Lewis, C.; Rieman, J.; Wharton, C. (1992). "Cognitive Walkthroughs: A method for theory-based evaluation of user interfaces". International Journal of Man-Machine Studies 36:741-773.
- Raper, J.F. (1989). "Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems". Taylor & Francis, London.
- Raper, J.F.; Maguire, D.J. (1992). "Design Models and Functionality in GIS". Computer & Geosciences: An International Journal, 18(4):387-400.
- Robbins, D.C. (1995). "Practical 3D User-Interface Design". Siggraph '95, '96. Microsoft Corporation. [on line]. Disponível em: http://research.microsoft.com/~dcr/talks/3dui_primer_holder.htm. Último acesso: 28/09/2001.
- Rocha, H.V. da; Baranauskas, M.C.C. (2000). "Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador". Escola de Computação 2000. São Paulo, IME-USP.
- Santaella, L. (1996). "O que é Semiótica". 12.ed.. São Paulo: Editora Brasiliense.

- Saussurre, F. de (1916). "Cours de linguistique générale". Payout, Paris.
- Schimiguel, J.; Baranauskas, M.C.C. (2001). "Avaliando Sinais em Interfaces para Sistemas de Informação Geográfica". Relatório Técnico do Instituto de Computação da Unicamp. Rel-Tec IC-01-10. [on line]. Disponível em: <http://www.ic.unicamp.br/ic-tr-ftp/2001/Titles.html>. Último acesso: 06/12/2001.
- Schimiguel, J.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2001a). "Espaço de Comunicação como Metáfora no Design de Aplicações SIG 3D". Anais do IV Simpósio Brasileiro em Realidade Virtual. Florianópolis, SC.
- Schimiguel, J.; Baranauskas, M.C.C.; Medeiros, C.M.B. (2001b). "Modelando a Interface de Aplicações em Sistemas de Informação Geográfica como Espaços de Comunicação". Anais do IV Workshop Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Florianópolis, SC (Entre os 5 Melhores Artigos do Evento).
- Sidjanin, P. (1995). "A Computer Simulation Model of the Tu District of Delft with use of the GIS and VR". The short report of the integration of GIS and VR. Delft University of Technology Faculty of Architecture – OPB Department of Building Technology. [on line]. Disponível em: <http://www.bk.tudelft.nl/users/sidjanin/internet/c.htm>. Último acesso: 05/10/2001.
- Singh, R.R. (1996). "Exploiting GIS for Sketch Planning". ESRI International User Conference. [on line]. Disponível em: <http://www.esri.com/library/userconf/proc96/TO300/PAP260/P260.HTM>. Último acesso: 05/10/2001.
- Steinitz, C. (1993). "GIS: A personal historical perspective". GIS Europe, pp. 19-22.
- Stuart, R. (1996). "The Design of Virtual Environments". New York: McGraw-Hill.
- Swanson, J. (1999). "The Three Dimensional Visualization & Analysis of Geographic Data". [on line]. Disponível em: http://maps.unomaha.edu/Peterson/gis/Final_Projects/1996/Swanson/GIS_Paper.html. Último acesso: 05/10/2001.
- Toole, B.E.; Fletcher, M.B.; Banks, R. (1999). "The Integration of ArcView/3D Analyst and 3D Simulation Technologies for Interactive Visualization of Urban Environments". Itspatial LLC and Arlington County GIS Mapping Center. [on line]. Disponível em: <http://www.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/PAP969/p969.htm>. Último acesso: 05/10/2001.

- Tomlin, D. (1990). "Sistemas de Informação Geográfica e Modelagem Cartográfica". Englewood Cliffs, NJ, ed. Prentice-Hall.
- USGS (2001). "Geographic Information Systems". U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Reston, VA, USA. [on line]. Disponível em: <http://www.usgs.gov/research/gis/title.html>. Último acesso: 13/11/2001.
- Van Driel, J.N. (1989). "Three Dimensional Display of Geologic Data". In: Three-Dimensional Applications in Geographical Information Systems. Raper, J. (ed.), Taylor and Francis, London, England, pp. 1-9.
- Verbree, E.; Maren, G.v.; Germs, R.; Jansen, F. (1999). "Interaction in virtual world views – Linking 3D GIS with VR". International Journal of Geographic Information Science. Volume 13. Number 4. Delft University of Technology, Netherlands. [on line]. Disponível em: http://www.gdmc.nl/Karma/ijgis_main.html. Último acesso: 06/12/2001.
- Walker, D. (1996). "Definition of GIS". The Stile Project. [on line]. Disponível em: <http://www.stile.lboro.ac.uk/~gydrw/STILE/t0050001.html>. Último acesso: 13/11/2001.
- Weldom, J. (1988). "Database Interfaces". Journal of Information Systems Management, pp. 80-82.
- Winograd, T. (1996). "Bringing Design to Software". New York: Addison-Wesley Publishing Company.
- Wloca, M.M., Greenfield, E. (1995). "The virtual Tricorder: a uniform interface for virtual reality". In: Proceedings of the 8th ACM symposium on User Interface and Software Technology, Pittsburgh. p. 39-40.
- Worboys, M. (1995). "GIS: A Computing Perspective". Taylor & Francis.

Glossário

1. Conceitos de SIG

SIG (Sistema de Informação Geográfica): um SIG é um sistema voltado para manipulação, gerenciamento e visualização de dados geo-referenciados.

Dado Geo-Referenciado: denota dados que possuem representação em um sistema de coordenadas geográficas. Um dado geo-referenciado é mapeado segundo dois componentes: Posição Geográfica e Atributos não espaciais.

Posição Geográfica: Define a localização física, na Terra, da entidade geográfica descrita. A posição permite inferir relacionamentos espaciais geométricos e topológicos entre entidades.

Atributo não espacial: Estabelece características e propriedades descritivas de cada entidade geográfica.

Atributo Temporal: pode ser um dos componentes de um dado geo-referenciado. O tempo é a data ou período a que se refere o dado geo-referenciado.

Aplicação Geográfica: software que usa dados geo-referenciados, desenvolvido usando um SIG.

2. Funcionalidades de SIG

Entrada e Conversão: compreende o conjunto de funções que precisam ser aplicadas sobre dados antes de seu armazenamento e uso no SIG.

Modelagem: são as funções que definem os conceitos e abstrações importantes para cada tipo de aplicação.

Recuperação e Análise: são as funções que tratam da consulta, manipulação e transformação integrada de dados em um SIG.

Apresentação: neste grupo estão as funções que transformam a saída dos resultados de consultas e funções de análise para formatos de visualização que podem ser mais facilmente interpretados pelo usuário.

3. Formas de Apresentação de Dados

Mapa: é a representação planar (bidimensional) dos dados geográficos.

Ambiente ou Interface 3D: é a representação tridimensional dos dados geográficos de uma aplicação.

Gráfico: forma de apresentar dados utilizando diferentes tipos de diagrama e convenções, facilitando análise comparativa destes dados, por exemplo, os diagramas de barra.

Tabela: forma de visualizar/apresentar dados descritivos/atributos não espaciais em um SIG. Pode também ser usada para apresentação de dados espaciais, sob a forma de tabelas de coordenadas.

4. Estruturas de Dados em SIG

TIN (Triangulated Irregular Network): a Rede Irregular de Triângulos representa a superfície usando faces de triângulos não sobrepostas e adjacentes.

Grid: a Rede Regular de Quadrados representa a superfície usando uma malha de células quadradas espaçadas regularmente, onde cada célula representa um valor de elevação.

5. Técnicas para Visualização de Relevo

Contornos: são usadas para extração de informação quantitativa de visualizações de relevo, por exemplo, em geologia, mapeamento topográfico e engenharia civil.

Hillshading: provêm uma forma conveniente para ilustração de relevo cartográfico de forma qualitativa. O método é baseado no modelo de iluminação.

Interpolação: serve ao propósito de estimar elevações em regiões onde não existam dados.

6. Conceitos do ArcView GIS

View: é a representação planar dos dados geográficos.

Theme (tema): descreve uma parte específica do mapa ou ambiente 3D, por exemplo, podemos ter themes de relevo, hidrografia, construções, estradas, vegetação, entre outros.

Feature: é uma especificação ou parte de um theme, por exemplo, podemos ter um theme “construções” com o feature de theme “a construção X”.

Charts: são representações visuais de dados de tabela, que podem facilitar a visualização de informações.

7. Conceitos do ArcView GIS 3D Analyst

3D Scene (cena 3D): realiza o gerenciamento dos themes de um viewer.

Viewer (visualizador): é um ambiente 3D que representa os themes de uma 3D Scene.

8. Funcionalidades do ArcView GIS 3D Analyst (provenientes de ferramentas para modelagem 3D)

Extrude (extrusão): é uma forma de criar objetos tridimensionais a partir de formas bidimensionais, por adição de altura ou atribuindo elevação; neste segundo caso, tem-se como base uma linha (reta ou não), com origem no centro do polígono para o qual se quer atribuir a elevação e com destino em algum ponto no espaço, e a elevação é criada ao longo do caminho referente a essa linha.

Base-Height (altura da base): descreve como a base de um theme pode ser definida espacialmente.

Offset-Height: é uma “altura de compensação” que pode ser aplicada quando for necessário distinguir themes com mesma Base-Height.

9. Interações que podem ser realizadas sobre um Viewer no 3D Analyst

Navegação: permite ao usuário “caminhar” pelo viewer.

Zoom in: aumenta a escala do viewer.

Zoom out: diminui a escala do viewer.

Zoom para feature selecionado: realiza zoom sobre o feature de theme selecionado.

Zoom para theme ativo: realiza zoom sobre o theme selecionado na 3D Scene.

Zoom para extensão completa: mostra todos os themes do viewer.

Seleção de features: permite selecionar features de theme.

Rotação Contínua: realiza rotação contínua do viewer.

Busca a dados: permite busca a dados associados aos features de theme.

10. Conceitos envolvidos na modelagem de uma aplicação SIG

Aplicação: é um software desenvolvido a partir de requisitos dos usuários.

Aplicação SIG: usa dados geográficos e é desenvolvida usando um SIG e utilizando as funções de análise, armazenamento e visualização do SIG.

Interface de Aplicação SIG: são os elementos que possibilitam a visualização da aplicação. Uma interface de aplicação pode ser desde uma tabela, um gráfico, um mapa ou ambiente 3D que represente a aplicação visualmente.

Designer: é quem cria a interface de aplicação SIG. Eles podem ser profissionais não habituados à complexidade inerente ao processo de modelagem.

Usuário: é quem usa a interface da aplicação criada pelo designer para algum fim. O usuário também pode ser o designer.

11. Conceitos envolvidos em um SIG

Designer da interface SIG: é o modelador ou projetista da interface do Sistema de Informação Geográfica, ou seja, dos *widgets* da interface: botões, menus, listas, painéis, caixas de diálogo, entre outros. Aqui também se enquadram os sinais de interface.

Interface SIG: é a interface do SIG propriamente dita. Ela é criada pelo designer da interface SIG.

Apêndice

I

Avaliação Heurística do ArcView GIS 3D Analyst

1. Janela de *3D Scene* (Figura I.a)

A Janela de *3D Scene* possibilita o gerenciamento dos temas existentes na *3D Scene*.

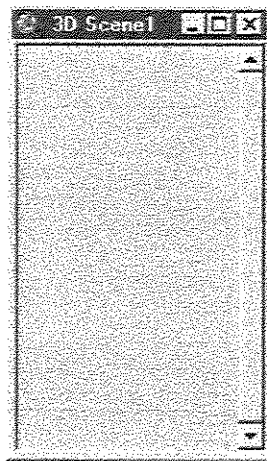


Figura I.a: Janela de *3D Scene*

Visibilidade do estado do sistema: poderia ser mostrado no rótulo da janela o texto “Sem temas...”, para informar ao designer que não existem temas inseridos na *3D Scene*, em vez da janela que não mostra nada.

Compatibilidade do sistema com o mundo real: quando o designer tenta inserir à *3D Scene* um tema que não é compatível com sua própria tabela de tema, o sistema mostra a mensagem de erro: “*Number of shapes does not match number of table records*” (Figura I.b) com termos orientados ao sistema, que podem deixar o designer confuso.

Flexibilidade e eficiência de uso: não disponibiliza *shortcuts* para as opções: recortar, copiar e apagar temas.

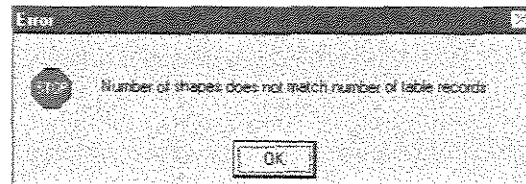


Figura I.b: Janela de Mensagem de Erro mostrada quando o tema não é compatível com sua respectiva tabela de tema

2. Janela de Propriedades de Tema (Figuras I.c, I.e a I.i)

Item Definição (Figura I.c)

Permite definir quais *features* de tema estarão visíveis no visualizador 3D.

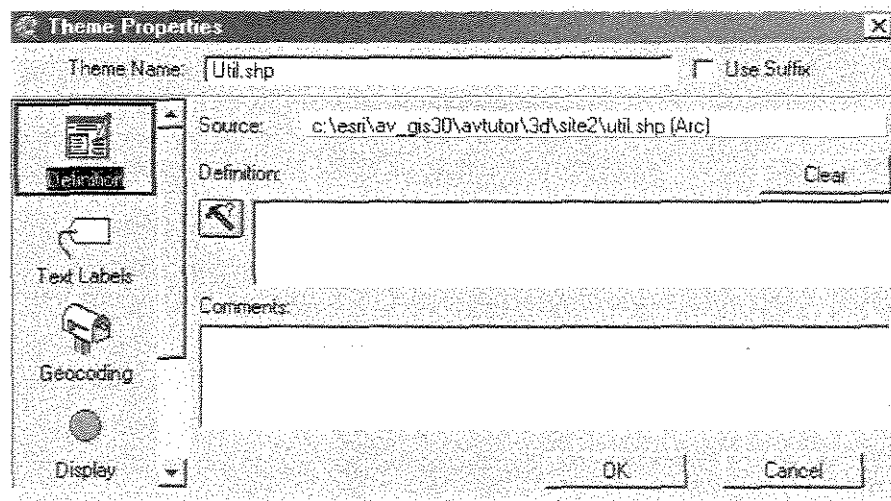



Figura I.c: Janela de Propriedades de Tema (Item Definição)

Visibilidade do estado do sistema: quando o designer marca a opção “*Use Suffix*”, o sistema mostra o nome do campo usado para classificar o tema, na janela de edição de legenda, entretanto, não mostra nenhuma informação na janela corrente.

Compatibilidade do sistema com o mundo real: o termo *Use Suffix* é muito técnico e não explica a sua funcionalidade.

Ao pressionar o botão do construtor de expressões (), é aberta a janela ilustrada na Figura I.d:

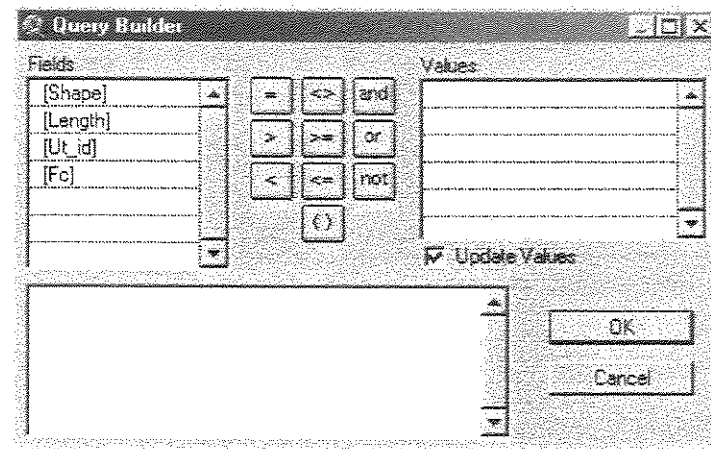


Figura I.d: Janela do Construtor de Expressões

Compatibilidade do sistema com o mundo real: os nomes de campos e seus respectivos valores podem não ser de interpretação imediata para determinadas classes de designers.

Prevenção de Erros: o sistema não realiza a prevenção de erros de forma adequada. Ao contrário, permite ao designer montar a expressão aleatoriamente, só realizando a sua validação após o designer solicitar a saída dessa janela (pressionando o botão *Ok*). A validade da expressão deveria ser verificada enquanto ela é construída.

Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e corrigir erros: quando o designer tenta fechar a Janela de Propriedades de Tema e existe algum erro na expressão construída, o sistema não mostra onde está o erro. No mínimo, o sistema deveria colocar o cursor sob a parte da expressão que está com o erro.

Item Rótulos de Texto (Figura I.e)

Permite ao designer configurar as propriedades de rótulos de texto que podem ser atribuídos a *features* de tema.

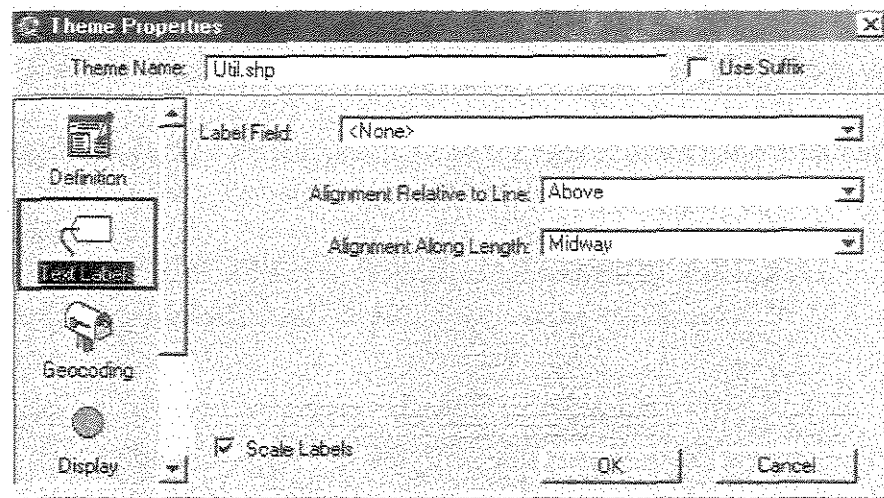


Figura I.e: Janela de Propriedades de Tema (Item Rótulos de Texto)

Compatibilidade do sistema com o mundo real: a opção “*Scale Labels*”, além de técnica não explica claramente a sua finalidade: aumentar/diminuir texto durante a operação de *zoom*.

Item GeoCodificação (Figura I.f)

Através da GeoCodificação, atribui-se aos temas informações sobre localização espacial.

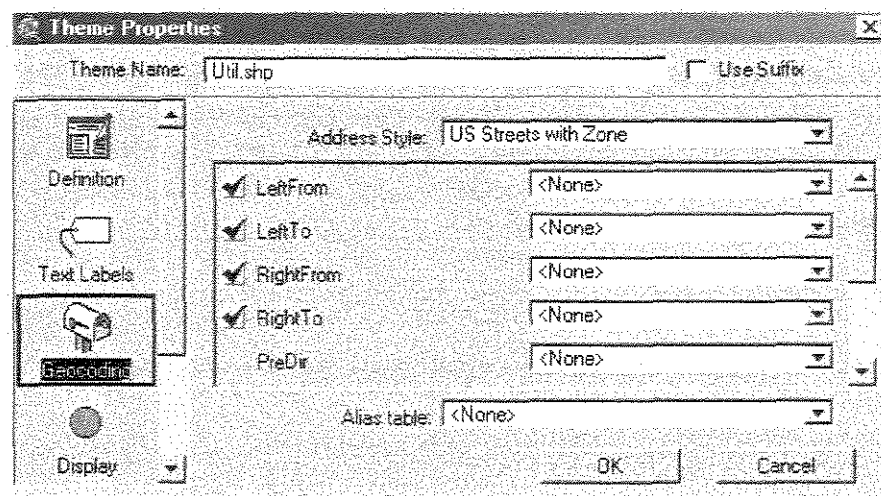


Figura I.f: Janela de Propriedades de Tema (Item GeoCodificação)

Compatibilidade do sistema com o mundo real: novamente, o sistema falha no sentido de descrever a sua funcionalidade. O *Geocoding* é uma forma de criar arquivos de índice para um tema específico, facilitando a consulta a informações, entretanto, o designer pode ficar confuso ao precisar marcar tantas opções.

Reconhecimento ao invés de relembração: para o designer gerar um endereço de *geocoding*, pelo menos um dos temas existentes no visualizador 3D deve poder ser usado para localizar endereços em seus dados. Segundo o sistema de ajuda do ArcView GIS 3D Analyst, o designer consegue saber se existe esse tema através de um botão na interface da ferramenta, entretanto, esse botão não aparece.

Item Exibição (Figura I.g)

Controla as escalas mínima e máxima do tema.

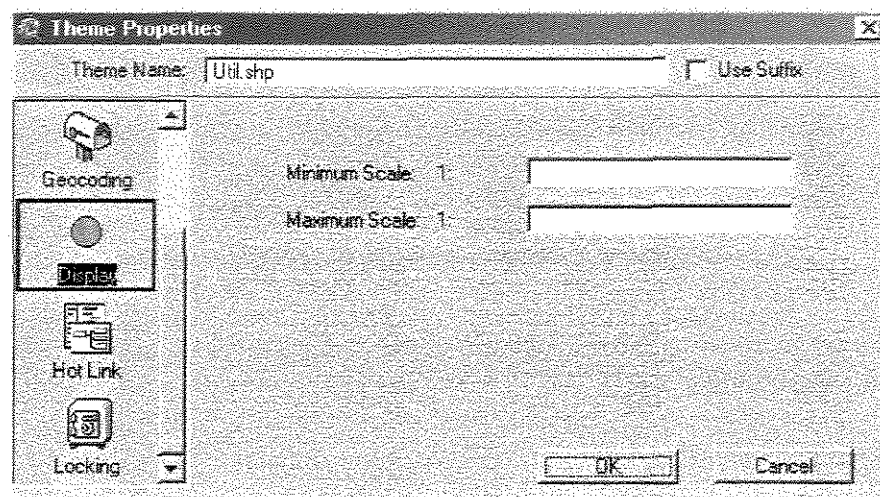


Figura I.g: Janela de Propriedades de Tema (Item Exibição)

Visibilidade do estado do sistema: o sistema deveria mostrar os valores de escala mínimo e máximo padrão do tema.

Compatibilidade do sistema com o mundo real: novamente, o sistema peca ao expressar sua funcionalidade. O valor de escala mínimo deve ser digitado quando a escala do tema é menor que a escala do mapa ou visualizador 3D. O valor de escala máximo deve ser digitado quando a escala do tema é maior que a escala do mapa ou visualizador 3D. O próprio sistema poderia identificar que é necessário entrar com um valor de escala, e sugerir-lo ao designer. Ao contrário, os designers terão que testar valores aleatoriamente, até o tema aparecer no mapa ou visualizador 3D.

Item *HotLink* (Figura I.h)

Permite ao designer especificar o que acontece quando uma ferramenta de *HotLink* é utilizada sobre o tema.

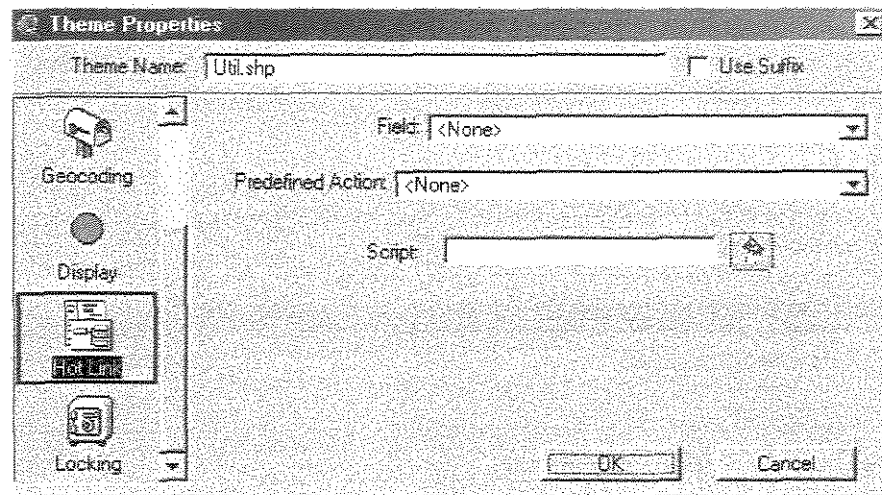


Figura I.h: Janela de Propriedades de Tema (Item *HotLink*)

Compatibilidade do sistema com o mundo real: o designer tem que entrar em contato com campos de tabela de tema.

Item Proteção (Figura I.i)

Permite proteger um tema contra modificação.

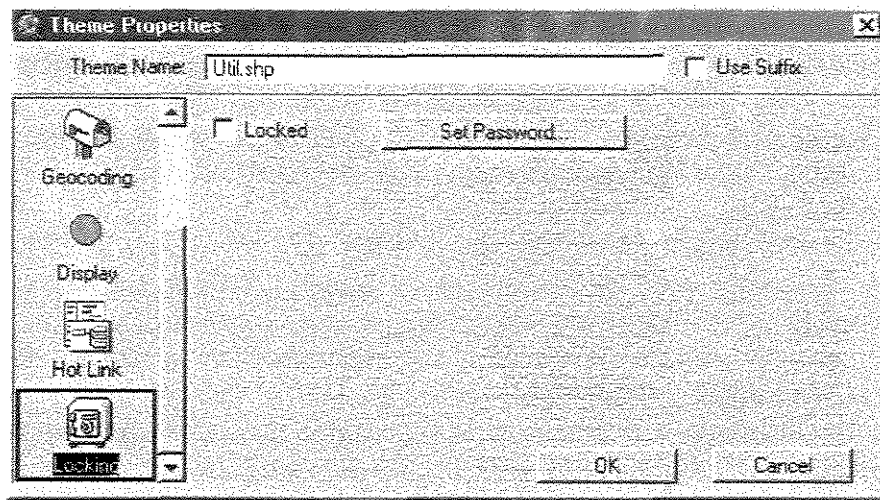


Figura I.i: Janela de Propriedades de Tema (Item Proteção)

Visibilidade do estado do sistema: a janela deveria mostrar ao designer se o tema correntemente selecionado está protegido ou não contra modificação.

1. Janela do Construtor de Consultas (Figura I.j)

Permite ao designer selecionar partes de um tema na interface de aplicação sendo modelada.

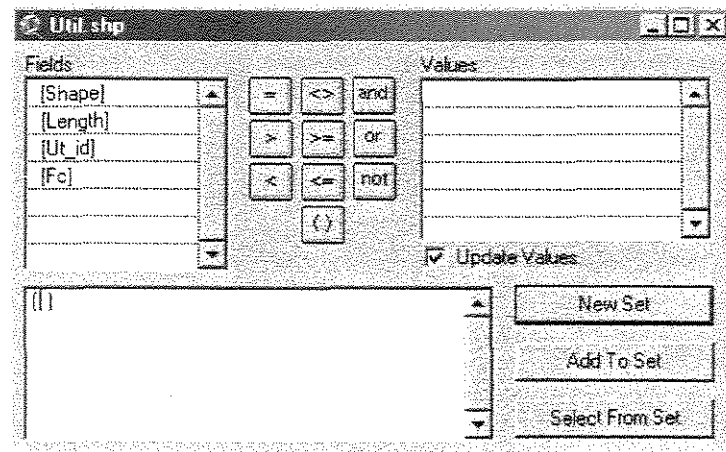


Figura I.j: Janela do Construtor de Consultas

Compatibilidade do sistema com o mundo real: as mensagens dos botões não são claras, por exemplo, o botão com a mensagem “New Set” dá a entender que o designer precisa

pressioná-lo para digitar uma nova expressão, mas não é isso que acontece. Se o designer pressionar esse botão sem digitar nenhuma expressão, o sistema apresenta uma mensagem de erro. O botão “Add To Set” sugere que depois que o designer digitar uma expressão, ela será adicionada a uma lista ou conjunto; entretanto, se, depois de realizada essa operação, o designer tentar buscar uma expressão de uma lista através do botão “Select From Set”, o sistema não retorna nada.

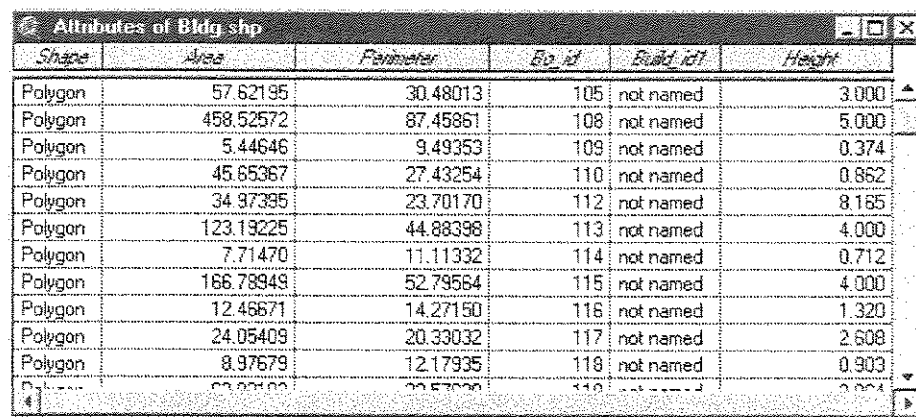
Prevenção de Erros: os três botões existentes na interface (*New Set*, *Add To Set* e *Select From Set*) só deveriam estar habilitados se o designer tivesse entrado com alguma expressão, evitando a ocorrência de erros. Novamente, o sistema poderia verificar a validade da expressão enquanto o designer está realizando a digitação e não somente quando algum dos botões for pressionado.

Estética e design minimalista: a Janela do Construtor de Expressões (Figura I.d) e a Janela para Construção de Consultas (Figura I.j) são parecidas. O que elas tem de diferente são os botões da interface. Na janela da Figura I.d, há somente os botões *Ok* e *Cancel*. Nesta última (Figura I.j), existem os botões “*New Set*”, “*Add To Set*” e “*Select From Set*”. O designer pode ficar confuso entre usar uma ou outra janela.

Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e corrigir erros: assim como na janela de construção de expressões (Figura I.d), esta última (Figura I.j), ao detectar um erro em uma expressão, o sistema poderia mostrar onde está o erro, colocando o cursor sobre a parte errônea da expressão.

2. Janela de Tabela de Tema (Figura I.k)

Uma tabela permite trabalhar com dados tabulares. Pode-se adicionar os dados dessas tabelas para mapas e simbolizar, consultar e analisar esses dados geograficamente.



Shape	Area	Perimeter	Eo_id	Bldg_id	Height
Polygon	57.62195	30.48013	105	not named	3.000
Polygon	458.52572	87.45861	108	not named	5.000
Polygon	5.44646	9.49353	109	not named	0.374
Polygon	45.65367	27.43254	110	not named	0.852
Polygon	34.97395	23.70170	112	not named	8.165
Polygon	123.19225	44.88398	113	not named	4.000
Polygon	7.71470	11.11332	114	not named	0.712
Polygon	166.78949	52.79564	115	not named	4.000
Polygon	12.46671	14.27150	116	not named	1.320
Polygon	24.05409	20.33032	117	not named	2.608
Polygon	8.97679	12.17935	118	not named	0.903
Polygon	22.22100	22.57000	119	not named	2.000

Figura I.k: Janela de Tabela de Tema

Compatibilidade do sistema com o mundo real: os campos de tabela de tema possuem nomes técnicos e podem dificultar a sua interpretação. Há um conjunto de funções

aplicáveis à tabela, por exemplo o *Promote* (faz com que um ou um conjunto de registros seja movido para o início da tabela). Essa função só estará habilitada quando o designer selecionar um ou mais registros de tabela. O designer até pode conseguir relacionar o *Promote* a registros, mas como ele saberá em que contexto é aplicada essa função.

3. Janela de Propriedades de *Chart* (Figura I.1)

Permite ao designer configurar as propriedades do gráfico ativo.

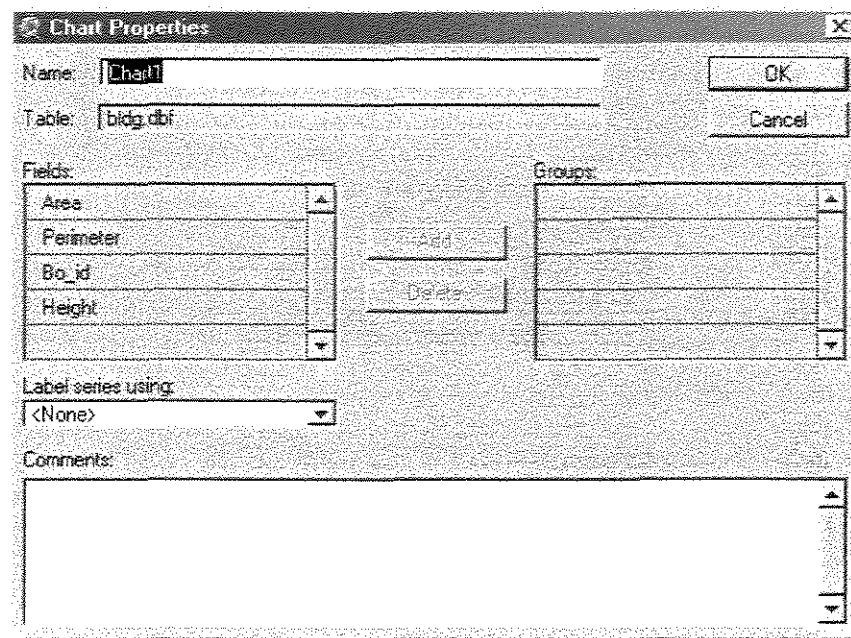


Figura I.1: Janela de Propriedades de *Chart*

Compatibilidade do sistema com o mundo real: novamente, existe o problema dos campos de tabela de tema terem nomes técnicos, podendo dificultar a sua interpretação.

Consistência e Padrões: a opção “*Label series using*” pode confundir o designer. O objetivo dessa opção é a utilização de um campo para nomear o grupo selecionado na lista “*Groups*”. O ideal seria usar o termo “*Label groups using*”, mantendo o padrão com a lista “*Groups*”.

Prevenção de Erros: antes do designer abrir essa janela, é necessário ele selecionar um registro ou um conjunto deles para criar um gráfico. Se o designer não selecionar nenhum registro, o sistema considera que todos os registros serão entrada para a criação do gráfico. Em outro caso, se o designer selecionar muitos registros, o gráfico não será criado pelo sistema, dessa forma, antes de entrar na Janela de Propriedades de *Chart*, o próprio sistema poderia alertar o designer que não é possível criar o gráfico, fazendo com que ele não gaste

tempo configurando as opções da janela e só depois de pressionar o botão *Ok*, ficar sabendo que não é possível criar o gráfico.

4. Janela de Propriedades 3D de Tema (Figura I.m)

Permite ao designer atribuir um efeito de elevação e alterar a altura da base para um tema selecionado.

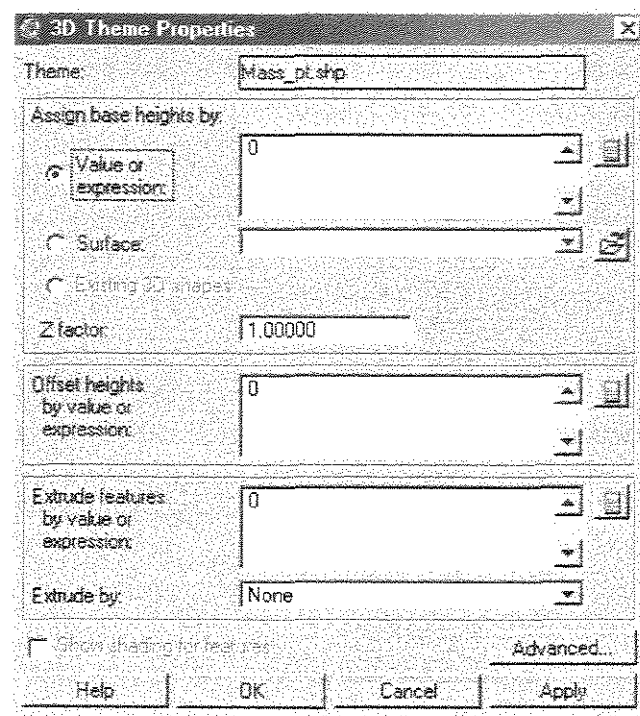



Figura I.m: Janela de Propriedades de Tema 3D

Compatibilidade do sistema com o mundo real: no construtor de expressões, acessado pelo botão com a calculadora (), são usados campos de tabela de tema com nomes técnicos, podendo dificultar a sua utilização.

Consistência e Padrões: a organização dos botões localizados na parte inferior da janela está fora de padrão, pois o botão de *Help*, costuma ficar em posição de menor destaque.

Prevenção de Erros: a janela do construtor de expressões (acessada pelo botão com a calculadora) possibilita ao designer digitar a expressão de forma desordenada. O sistema não indica erros, independente da expressão que o designer digitou. A mensagem de erro só é apresentada quando o designer pressiona os botões *Ok* ou *Apply* na Janela de Propriedades de Tema 3D.

Flexibilidade e eficiência de uso: se o designer quiser realizar alguma operação sobre vários temas simultaneamente, isso não será possível. Cada tema deve ser processado

separadamente. Se o designer selecionar vários temas e acessar essa janela, o sistema abrirá tantas janelas quanto for o número de temas selecionados, uma após a outra.

5. Janela de Propriedades 3D Avançadas (Figura I.n)

Provêm acesso a propriedades de controle como: velocidade de renderização de temas e sua transparência.

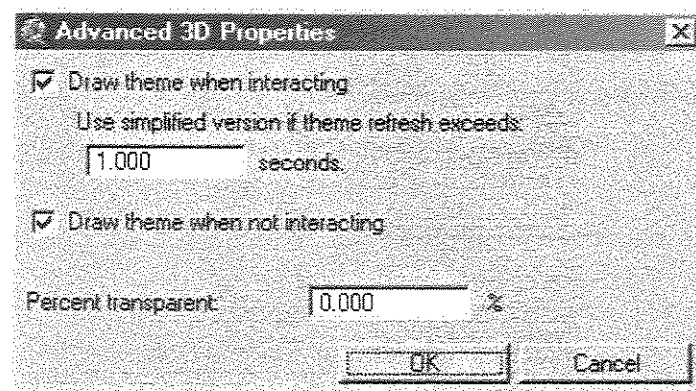


Figura I.n: Janela de Propriedades 3D Avançadas

Consistência e Padrões: há duas opções que se contrariam e podem estar marcadas ao mesmo tempo: “*Draw theme when interacting*” e “*Draw theme when not interacting*”.

Help e documentação: não há descrição da funcionalidade desta janela na documentação do sistema.

6. Janela *Create new TIN* (Figura I.o)

Permite criar uma superfície *TIN* (Rede Irregular de Triângulos).

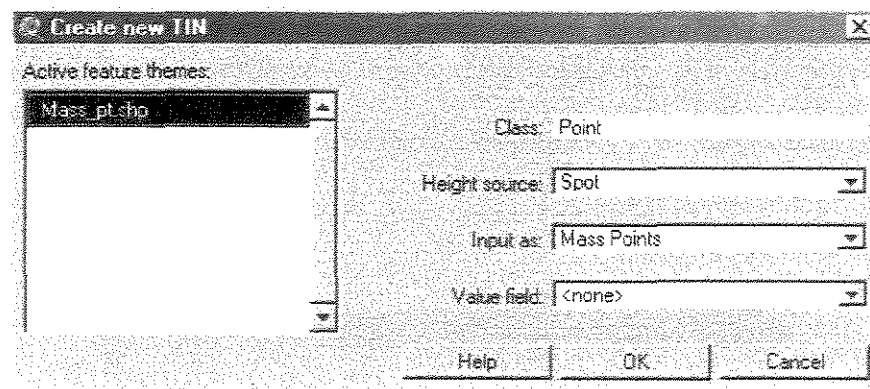


Figura I.o: Janela *Create new TIN*

Compatibilidade do sistema com o mundo real: nos campos “*Height source*” e “*Input as*”, são utilizados termos técnicos da área de SIG.

Consistência e Padrões: assim como em outras janelas, o botão de Ajuda deveria seguir convenções de plataforma.

7. Janela do Editor de Legenda – campo *Legend Type: Single Symbol* (Figura I.p)

O editor de legenda permite configurar as cores e símbolos utilizados para a legenda de um mapa ou interface 3D de aplicação. Essa informação inclui classificações, valores nulos e símbolos, normalizações, opções de visualização avançada e detalhes de ordenação que afetam como a legenda pode ser visualizada. A Janela do Editor de Legenda da Figura I.p está com o campo “*Legend Type*” selecionado com a opção “*Single Symbol*”.

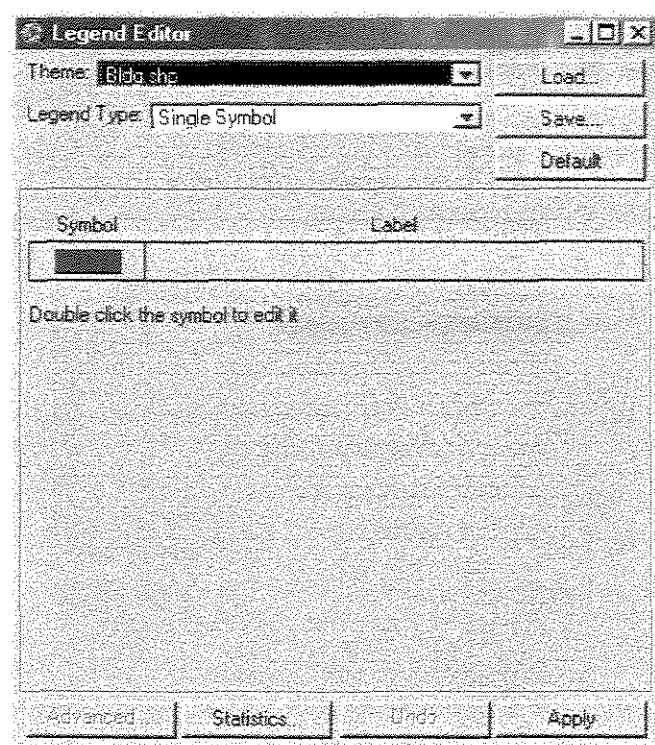


Figura I.p: Janela do Editor de Legenda (campo *Legend Type*: *Single Symbol*)

Help e documentação: não há descrição da funcionalidade desta janela na documentação do sistema.

8. Janela *Advanced Options* (Figura I.q)

Configura as opções avançadas do editor de legendas.

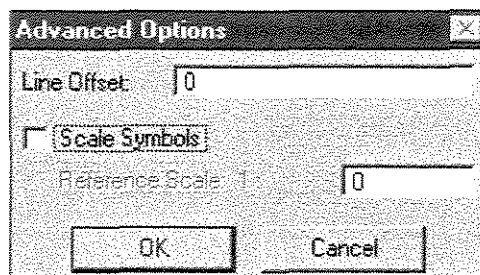


Figura I.q: Janela *Advanced Options*

Compatibilidade do sistema com o mundo real: a janela não esclarece sobre sua funcionalidade; por exemplo, a opção “*Line Offset*” serve para atribuir um valor de

distância entre os símbolos de legenda, que será utilizado em visualização e impressão. É difícil para o designer inexperiente descobrir isso.

9. Janela *Statistics* (Figura I.r)

Provê sumários estatísticos sobre os dados utilizados no editor de legendas.

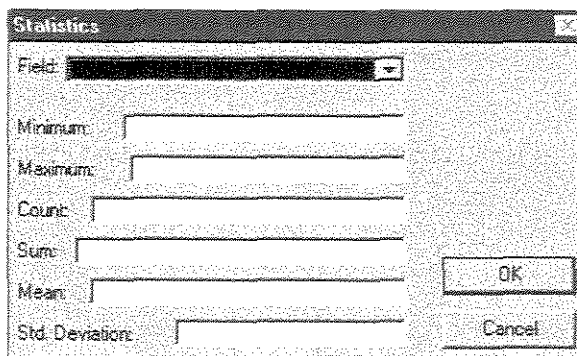


Figura I.r: Janela *Statistics*

Visibilidade do estado do sistema: existem temas que não possuem legenda associada a eles, ou seja, o botão “*Advanced*” da Janela do Editor de Legenda (Figura I.p), que dá acesso à Janela *Statistics* (Figura I.r), não deveria estar habilitado para esses temas nessa situação. Ao contrário disso, o botão mantém-se habilitado e dá acesso à Janela *Statistics*, que aparece com os campos todos vazios.

Consistência e Padrões: quando a Janela *Statistics* está aberta e não existem informações nos campos, o sistema permite ao designer digitar valores nesses campos, desnecessariamente. Quando um tema possui uma legenda associada a ele, as informações dos campos não podem ser editadas, são apenas para leitura, dessa forma, deveriam estar em campos do tipo *label* em vez de *edit*.

10. Janela do Editor de Legenda – campo *Legend Type: Graduated Color* (Figura I.s)

É a Janela do Editor de Legenda com o campo *Legend Type* selecionado com a opção *Graduated Color*.

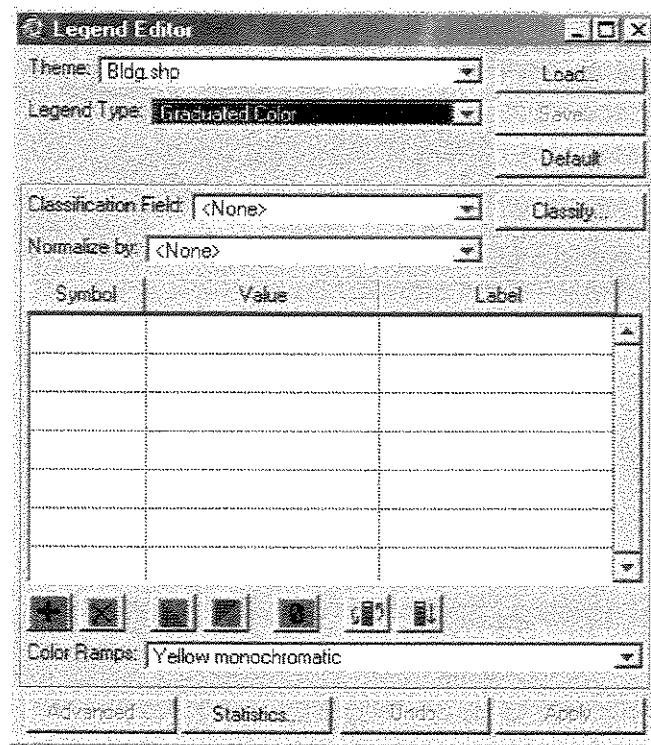


Figura I.s: Janela do Editor de Legenda (campo *Legend Type*: *Graduated Color*)

Compatibilidade do sistema com o mundo real: terminologia técnica é usada nos nomes de campos de tabela.

Reconhecimento ao invés de relembração: se o designer não tiver alguma experiência em SIG, será complicado para ele entender a funcionalidade dos botões localizados na parte inferior da tela (logo abaixo à lista *Symbol*, *Value* e *Label*), pois esses botões se quer possuem um *hint* (mensagem) explicativo de suas funções.

11. Janela de Especificação da *Grid* de Saída (Figura I.t)

Permite criar uma superfície *Grid* (Rede Regular de Quadrados).

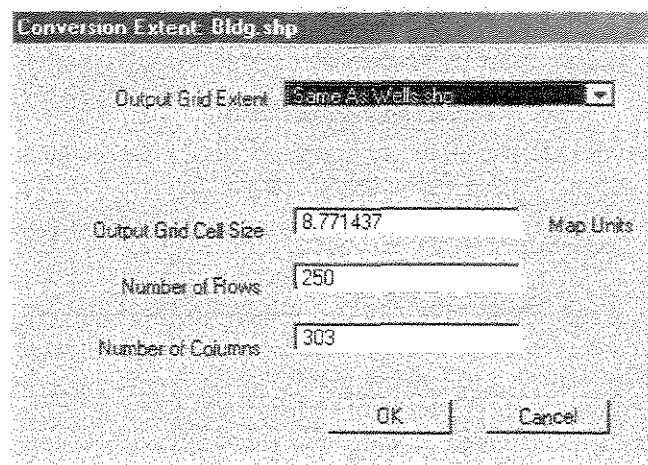


Figura I.t: Janela de Especificação da *Grid* de Saída

Prevenção de Erros: o sistema não previne a ocorrência de erros, pois permite ao designer digitar valores diferentes dos numéricos nos campos *CellSize*, “*Number of Rows*” e “*Number of Columns*”.

Help e documentação: não há descrição da funcionalidade desta janela na documentação do sistema.

Apêndice

II

Teste do Percurso Cognitivo para o ArcView GIS 3D Analyst

Fase Preparatória

Quem serão os usuários do sistema?

Designers com conhecimento e sem conhecimento (mas com alguma experiência na utilização de sistemas computacionais) em Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Qual tarefa ou tarefas devem ser analisadas?

1ª Tarefa:

- Criar um novo mapa.
- Adicionar o tema “States” da base de dados do ArcView GIS.
- Criar um visualizador 3D a partir do mapa.
- Atribuir efeito de elevação (*extrude*) ao tema inserido.

2ª Tarefa:

- Criar um novo visualizador 3D.
- Inserir os temas de “limites de países” e “globo terrestre” da base de dados do ArcView GIS.
- Mudar a cor dos temas, respectivamente, para branco e azul.

- Definir o conteúdo do tema “globo terrestre”, de forma que somente o país de nome Brasil apareça.
- Dar “*Zoom in*” no visualizador 3D por três vezes.
- Mudar o *Zoom para extensão completa*.
- Dar rotação contínua no visualizador 3D e após algum tempo parar.
- Verificar qual é a sigla do país Brasil na identificação do *feature* de tema.
- Atribuir uma senha ao tema “limites de países”.
- Selecionar o *feature* de tema “Brasil”.
- No visualizador 3D, dar *Zoom sobre o feature selecionado*.
- Salvar o visualizador 3D como uma imagem *JPEG*.
- Retirar a definição do tema “globo terrestre”.

3ª Tarefa:

- Criar um novo visualizador 3D.
- Inserir os temas do diretório 3d\site1 (tema de perímetro de região, tema de construções, tema de uma construção, tema de elevação de terreno, tema de estradas) da base de dados do ArcView GIS.
- Criar uma efeito de elevação (*extrude*) para o tema de construções, através da expressão *[stories]*30*.
- Colocar o tema de construções, de perímetro de região e de uma construção na mesma altura do tema de elevação de terreno.
- Criar uma efeito de elevação (*extrude*) para o tema de uma construção, através da expressão *[height]*.
- Criar uma *TIN* a partir dos temas de elevação de terreno e estradas.
- Criar uma *Grid* a partir da *TIN* criada.
- Fazer uma análise *cut-fill* a partir dos temas de *Grid* e *TIN*.
- Criar contornos a partir da *Grid*.

Qual é a correta sequência de ações para cada tarefa e como pode ser descrita?

1ª Tarefa:

- Seleciona-se a janela de projeto.
- Dá-se duplo-clique no ícone *Views* (da janela de projeto) para criar um novo mapa.
- Através do menu *View*, na opção “*Add Theme*” ou através do botão da barra de ferramentas com um sinal de soma, adiciona-se o tema.
- No menu *View*, na opção “*3D Scene*”, cria-se um visualizador 3D a partir do mapa.
- Tendo-se o tema selecionado (no visualizador 3D), acessa-se a opção “*3D Properties*” no menu *Theme*, e no painel de *extrude*, atribui-se um valor para criá-la. O valor

atribuído pode ser digitado diretamente no campo de edição ou através do construtor de expressões, acessado pelo botão com o ícone de uma calculadora.

2ª Tarefa:

- Seleciona-se a janela de projeto.
- Dá-se duplo-clique no ícone “3D Scenes” (na janela de projeto) para criar um novo visualizador 3D.
- Através do menu *3D Scene*, na opção “Add Theme” ou através do botão da barra de ferramentas com um sinal de soma, adiciona-se os dois temas.
- Acessa-se o editor de legenda através da barra de ferramentas ou através da opção “Edit Legend” no menu *Theme* e, dá-se duplo-clique sobre o retângulo que mostra a cor corrente, para modificá-la.
- Acessa-se o item *Properties* no menu *Theme*, e a opção *Definition*, depois disso, clica-se no botão com o ícone de um martelo para criar uma expressão que selecione apenas o *feature* de tema de nome Brasil; a expressão é criada dando-se duplo-clique no campo nome, clicando-se no sinal de igualdade e por fim dando-se duplo-clique no valor de campo Brasil.
- Clica-se 3 vezes no botão de “Zoom in” no visualizador 3D.
- Clica-se uma vez no botão “Zoom to Full Extent” no visualizador 3D.
- Clica-se no botão “Rotate Viewer”.
- Pressiona-se a tecla *Esc* para parar ou o botão *Stop*, localizado na parte inferior direita da tela.
- Pressiona-se o botão *Identify* no visualizador 3D e clica-se sobre o *feature* de tema do país Brasil.
- Acessa-se o item *Properties* no menu *Theme* e a opção *Locking*, coloca-se uma marca no item *Locked* e digita-se uma senha.
- Acessa-se o botão “Query Builder” na barra de ferramentas, cria-se uma expressão para selecionar apenas o *feature* de tema de nome Brasil.
- No visualizador 3D, clica-se sobre o botão “Zoom to Selected”.
- No visualizador 3D, clica-se no botão “Save as Image” ou através do menu “3D Scene” no item “Save as Image”.
- Acessar o item *Properties* no menu *Theme* e depois o item *Definition*, então, clicar no botão *Clear* para limpar a definição.

3ª Tarefa:

- Seleciona-se a janela de projeto.
- Dá-se duplo-clique no ícone “3D Scenes” (na janela de projeto) para criar um novo visualizador 3D.

- Através do menu “3D Scene” e na opção “Add Theme”, ou através do botão da barra de ferramentas com um sinal de soma, adiciona-se os temas de perímetro de região, de construções, de uma construção, de elevação de terreno e de estradas.
- Seleciona-se o tema de construções, acessa-se a opção “3D Properties” no menu *Theme*, depois, no painel de *extrude*, clica-se no botão com a calculadora e cria-se a expressão. A expressão é criada dando-se duplo-clique sobre o campo de nome “*Stories*”, depois disso, através dos botões numéricos, multiplica o campo “*Stories*” por 30.
- Para cada um dos temas: de construções, de uma construção e de perímetro de região, acessa-se a opção “3D Properties” no menu *Theme*, e no painel de *base-height*, marca-se a opção *Surface* e clica-se no botão com o ícone de abertura de arquivo, depois disso, escolhe-se a *TIN* de nome “*dtm_tin*”.
- Seleciona-se o tema de uma construção, acessa-se a opção “3D Properties” no menu *Theme*, depois, no painel de *extrude*, clica-se no botão com a calculadora e cria-se a expressão [*height*].
- Seleciona-se os temas de elevação de terreno e de estradas, acessa-se a opção “Create *TIN from features*” no menu *Surface*; na próxima janela clica-se no botão *Ok* e depois, digita-se um nome de arquivo de saída para a *TIN*.
- Seleciona-se a *TIN* criada, acessa-se a opção “Convert to *Grid*” no menu *Theme*, digita-se um nome de saída para a *Grid*, na próxima janela clica-se no botão *Ok*, e por fim, adiciona-se a *Grid* ao visualizador 3D.
- Para realizar a análise *cut-fill*, seleciona-se a *Grid* e a *TIN* criadas, acessa-se a opção *cut-fill* no menu *Surface*, na próxima janela escolhe-se qual dos temas deve ser considerado como superfície inicial na comparação.

Qual a interface definida?

1ª Tarefa:

- Seleciona-se a janela de projeto (antes: a própria janela de projeto ou qualquer outro elemento de interface pode estar selecionado, depois: a janela de projeto passa a ter seu *caption* com a cor azul, indicando que está selecionada).
- Dá-se duplo-clique no ícone *Views* (da janela de projeto) para criar um novo mapa (antes: a janela de projeto está selecionada, depois: é aberta a janela do mapa).
- Através do menu *View*, na opção “Add Theme” ou através do botão da barra de ferramentas com um sinal de soma, adiciona-se o tema (antes: não há temas inseridos no mapa, depois: há um tema inserido no mapa).
- No menu *View*, na opção “3D Scene”, cria-se um visualizador 3D a partir do mapa (antes: o designer somente pode realizar a modelagem 2D, através do mapa, depois: o designer pode realizar a modelagem 2D e 3D, respectivamente, através do mapa e do visualizador 3D. É criada uma nova janela para o visualizador 3D e uma outra para a inserção de seus respectivos temas).

- Tendo-se o tema selecionado (no visualizador 3D), acessa-se a opção “*3D Properties*” no menu *Theme*, e no painel de *extrude*, atribui-se um valor para criá-la. O valor atribuído pode ser digitado diretamente no campo de edição ou através do construtor de expressões, acessado pelo botão com o ícone de uma calculadora (antes: o tema está representado no visualizador 3D, na forma planar, depois: o tema está representado no visualizador 3D e recebeu uma elevação).

2ª Tarefa:

- Seleciona-se a janela de projeto (antes: a própria janela de projeto ou qualquer outro elemento de interface pode estar selecionado, depois: a janela de projeto passa a ter seu *caption* com a cor azul, indicando que está selecionada).
- Dá-se duplo-clique no ícone “*3D Scenes*” (na janela de projeto) para criar um novo visualizador 3D (antes: a janela de projeto está selecionada, depois: é aberta uma nova janela para o visualizador 3D e uma outra para inserção de seus respectivos temas).
- Através do menu *3D Scene*, na opção “*Add Theme*” ou através do botão da barra de ferramentas com um sinal de soma, adiciona-se os dois temas (antes: não há temas inseridos no visualizador 3D, depois: há dois temas inseridos no visualizador 3D).
- Acessa-se o editor de legenda através da barra de ferramentas ou através da opção “*Edit Legend*” no menu *Theme* e, dá-se duplo-clique sobre o retângulo que mostra a cor corrente, afim de modificá-la (antes: um ou os dois temas devem estar selecionados; se somente um dos temas estiver selecionado, o designer precisa repetir o procedimento com o outro tema, depois: a cor dos temas é modificada).
- Acessa-se o item *Properties* no menu *Theme*, e a opção *Definition*, depois disso, clica-se no botão com o ícone de um martelo para criar uma expressão que selecione apenas o *feature* de tema de nome Brasil; a expressão é criada dando-se duplo-clique no campo “*Nome*”, clicando-se no sinal de igualdade e por fim dando-se duplo-clique no valor de campo Brasil (antes: todos os *features* do tema “limites de países” estão visíveis, depois: apenas o *feature* referente ao país Brasil estará visível no visualizador 3D).
- Clica-se 3 vezes no botão de “*Zoom in*” no visualizador 3D (antes: o visualizador 3D está em sua escala original, depois: o visualizador 3D é aumentado três vezes em seu tamanho).
- Clica-se uma vez no botão “*Zoom to Full Extent*” no visualizador 3D (antes: o visualizador 3D está em uma escala diferente da original, depois: o visualizador 3D volta à sua escala original).
- Clica-se no botão “*Rotate Viewer*” (antes: o visualizador 3D encontra-se estático, depois: o visualizador 3D encontra-se em movimento).
- Pressiona-se a tecla *Esc* para parar ou o botão *Stop*, localizado na parte inferior direita da tela (antes: o visualizador 3D está em movimento, depois: o movimento é cessado).
- Pressiona-se o botão *Identify* no visualizador 3D e clica-se sobre o *feature* de tema do país Brasil (antes: o visualizador 3D está selecionado e o sistema está esperando uma

entrada do designer, depois: é mostrada uma caixa com informações sobre o *feature* de tema que recebeu o clique).

- Acessa-se o item *Properties* no menu *Theme* e a opção *Locking*; coloca-se uma marca no item *Locked* e digita-se uma senha (antes: o tema não estava protegido por senha, depois: o tema está protegido por senha).
- Acessa-se o botão “*Query Builder*” na barra de ferramentas, cria-se uma expressão para selecionar apenas o *feature* de tema de nome Brasil (antes: nenhum *feature* de tema estava selecionado, depois: o *feature* de nome “Brasil” está selecionado).
- No visualizador 3D, clica-se sobre o botão “*Zoom to Selected*” (antes: o visualizador 3D está em seu tamanho de escala original, depois: o visualizador 3D recebeu uma operação de *Zoom no feature de tema selecionado*).
- No visualizador 3D, clica-se no botão “*Save as Image*” ou através do menu “*3D Scene*” no item “*Save as Image*” (antes: o sistema está ocioso e esperando uma entrada do designer, depois: o visualizador 3D foi salvo em um arquivo de imagem).
- Acessar o item *Properties* no menu *Theme* e depois o item *Definition*, então, clicar no botão *Clear* para limpar a definição (antes: apenas o *feature* referente ao país “Brasil” está visível, depois: todos os *features* do tema estão visíveis).

3ª Tarefa:

- Seleciona-se a janela de projeto (antes: a própria janela de projeto ou qualquer outro elemento de interface pode estar selecionado, depois: a janela de projeto passa a ter seu *caption* com a cor azul, indicando que está selecionada).
- Dá-se duplo-clique no ícone “*3D Scenes*” (na janela de projeto) para criar um novo visualizador 3D (antes: a janela de projeto está selecionada, depois: é aberta uma nova janela para o visualizador 3D e uma outra para a inserção de seus respectivos temas).
- Através do menu “*3D Scene*” e na opção “*Add Theme*”, ou através do botão da barra de ferramentas com um sinal de soma, adiciona-se os temas de perímetro de região, de construções, de uma construção, de elevação de terreno e de estradas (antes: não há temas inseridos no visualizador 3D, depois: há cinco temas inseridos no visualizador 3D).
- Seleciona-se o tema de construções, acessa-se a opção “*3D Properties*” no menu *Theme*, depois, no painel de *extrude*, clica-se no botão com o sinal de uma calculadora e cria-se a expressão (antes: o tema de construções não possui efeito de elevação associado a ele, depois: o tema de construções possui efeito de elevação, de acordo com a expressão definida).
- Para cada um dos temas: de construções, de uma construção e de perímetro de região, acessa-se a opção “*3D Properties*” no menu *Theme*, e no painel de *base-height*, marca-se a opção *Surface* e clica-se no botão com o ícone de abertura de arquivo, depois disso, escolhe-se a *TIN* de nome “*dtm_tin*” (antes: os temas de construções, de uma construção e perímetro de região estão localizados abaixo do tema de elevação de terreno, depois: os três temas ficam na mesma altura do tema de elevação de terreno).

- Seleciona-se o tema de uma construção, acessa-se a opção “*3D Properties*” no menu *Theme*, depois, no painel de *extrude*, clica-se no botão com a calculadora e cria-se a expressão [*height*] (antes: o tema de uma construção não possui altura associada, depois: o tema possui informação de altura de acordo com a expressão construída).
- Seleciona-se os temas de elevação de terreno e de estradas, acessa-se a opção “*Create TIN from features*” no menu *Surface*; na próxima janela clica-se no botão *Ok* e depois, digita-se um nome de arquivo de saída para a *TIN* (antes: não há temas de superfície no visualizador 3D e o sistema está esperando uma entrada do designer, depois: há um tema de superfície inserido).
- Seleciona-se a *TIN* criada, acessa-se a opção “*Convert to Grid*” no menu *Theme*, digita-se um nome de saída para a *Grid*, na próxima janela clica-se no botão *Ok*, e por fim, adiciona-se a *Grid* ao visualizador 3D (antes: a *TIN* foi criada e está selecionada, depois: a *Grid* foi gerada a partir da *TIN*).
- Para realizar a análise *cut-fill*, seleciona-se a *Grid* e a *TIN* criadas, acessa-se a opção *cut-fill* no menu *Surface*, na próxima janela escolhe-se qual dos temas deve ser considerado como superfície inicial na comparação (antes: a *TIN* e a *Grid* estavam criadas, depois: é gerado um tema com base na análise *cut-fill*).

Fase de Análise

Estórias de Sucesso

1. O designer cria um novo mapa.
 - O designer sabe, por experiência, que deve criar um mapa para utilizá-lo.
 - Ele dá duplo-clique sobre o ícone da *View* para criar o mapa.
 - O designer sabe que o duplo-clique é a ação correta a ser usada.
 - A saída do sistema é gerada porque um novo mapa é criado.
2. O designer cria um novo visualizador 3D.
 - Ele sabe que deve criar um novo visualizador 3D para utilizá-lo.
 - Por experiência, o designer dá duplo-clique sobre o ícone do visualizador 3D para criá-lo.
 - O designer sabe que o duplo-clique é a ação correta a ser usada.
 - A criação do novo visualizador 3D fica clara porque uma nova janela é aberta.
3. Inserir temas a um visualizador 3D.
 - Designers procuram a opção para inserção de temas, pois essa é a tarefa.
 - Na interface, o designer encontra um botão com o sinal de soma e cuja mensagem associada é a inserção de temas. O botão é relacionado ao que ele quer fazer.

- O designer sabe que a ação a ser feita é clicar sobre esse botão.
 - O designer sabe que a tarefa foi concluída com sucesso, pois um novo tema aparece no visualizador 3D.
4. Designer dá “*Zoom in*” no visualizador 3D.
- O designer procura o botão de “*Zoom in*”, pois é seu objetivo.
 - Ele encontra o botão apropriado na barra de ferramentas do visualizador 3D.
 - O designer sabe que a ação correta é clicar sobre esse botão.
 - Uma saída é gerada porque o visualizador 3D tem sua escala aumentada.
5. O designer quer consultar *features* de tema.
- O designer quer realizar uma consulta, pois essa é a tarefa.
 - Na barra de ferramentas, ele encontra o botão do construtor de consultas.
 - O designer clica sobre o botão e monta a expressão apropriada para a consulta.
 - No visualizador 3D, os *features* de tema resultantes do processo de consulta aparecerão com a cor amarela.

Estórias de Fracasso

Os usuários farão a ação correta para atingir o resultado desejado?

1. Depois que designers tiverem criado o mapa, podem ter dificuldades ao inserir temas a ele. Isso acontece por que a ação lógica para inserir um tema seria dirigir-se ao menu *Theme*, mas a opção não está lá, e sim no menu *View*.
2. Quando o designer inexperiente inicializar o sistema ArcView GIS, se o módulo 3D Analyst não estiver ativado, o designer não poderá fazer tarefa alguma enquanto não encontrar essa opção. Talvez, o designer não tome alguns caminhos que imaginamos para atingir seus objetivos, por exemplo, para alterar a cor de temas, será mais fácil para o designer descobrir o editor de legenda na barra de ferramentas do que clicando sobre o tema. A janela para definição dos *features* de temas e a janela do construtor de consultas são parecidas e podem confundir o designer com suas funcionalidades. No construtor de consultas, os botões “*New Set*”, “*Add to Set*” e “*Select from Set*” poderão gerar alguns erros. O botão “*New Set*” sugere que o designer precisa pressioná-lo antes de montar uma expressão, mas se ele fizer isso, o sistema dará uma mensagem de erro. O botão “*Add to Set*” sugere que o designer precisa montar uma expressão e, depois, pode adicioná-la a uma lista. Quando o designer realiza tal operação, aparentemente, o sistema insere a expressão em uma lista, mas isso não acontece. O botão “*Select from Set*” sugere que o designer pode buscar uma expressão em uma lista, mas quando o designer pressiona esse botão, o sistema dá uma mensagem de erro. Talvez fosse

interessante a existência de um botão ou opção para limpar o campo onde é construída a expressão.

3. No momento de atribuir valores de altura para os temas, os designers podem se confundir com as opções: *base-height*, *base-offset* e *extrude*, e podem escolher uma opção em vez de outra. Antes de realizar tais operações, os designers também podem esquecer de selecionar os temas. A análise *cut-fill* exige que sejam selecionados dois temas de superfície. Designers podem fazer a seleção de forma errônea, nesse caso, a opção de análise não estará habilitada.

Os usuários perceberão que a ação correta está disponível?

1. Designers poderão ter dificuldades para encontrar a função para *extrude*, pois ela está localizada juntamente com outras funções para modelagem 3D.
2. O designer pode não encontrar o ícone referente ao visualizador 3D, na janela de projeto, pois ele não está visível. É preciso movimentar a barra de rolagem para visualizá-lo. Ao acessar o editor de legenda, para modificar a cor dos temas, o designer pode nunca conseguir realizar tal tarefa, pois o único caminho possível é clicando-se sobre o retângulo que representa a cor do tema. Quando o designer faz rotação contínua do visualizador 3D, pode não conseguir finalizá-la. A interface deveria disponibilizar um botão com o rótulo “Parar Rotação” no próprio visualizador 3D, ao contrário disso, as únicas formas de se parar a rotação são: através da tecla “Esc” ou através de um botão com o rótulo “Stop”, localizado na parte inferior direita da tela (totalmente fora do campo de visão do designer).
3. Quando designers tentarem colocar temas na mesma altura de outros, podem não encontrar a ação correta. Para realizar tal operação, é necessário escolher um tema de superfície, que servirá como modelo para outros temas. Na tarefa proposta neste Percurso Cognitivo, estamos considerando um tema de superfície já criado, que pode ser encontrado e selecionado em um diretório da base de dados do ArcView GIS. Entretanto, digamos que o tema de superfície não estivesse disponível. Em nosso caso, como a tarefa é colocar os temas de construções, de uma construção e de perímetro de região na mesma altura do tema de elevação de terreno, o designer deveria primeiro criar uma superfície a partir do tema de elevação de terreno, para depois colocar os outros temas na mesma altura que ele, tendo como base a superfície criada.

Os usuários irão responder a ação correta com o efeito desejado?

1. Definir o conteúdo de um tema pode ser complicado, pois a expressão é montada com base em campos, cujo rótulo, muitas vezes, está abreviado ou é terminologia técnica. O construtor de consultas usa uma janela parecida com a existente na definição de *features* de tema, o que pode confundir o designer.

2. O designer pode se confundir no momento de criar a expressão para o efeito de elevação, pelo mesmo motivo do item anterior, ou seja, rótulos técnicos para campos. Esse problema também pode ocorrer na janela de criação da superfície *TIN*.

Se a ação correta for executada os usuários perceberão que foi feito um progresso em relação à tarefa desejada?


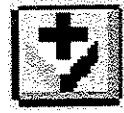

1. Em geral, houve *feedback*, entretanto, o designer precisa verificar as modificações geradas pela aplicação das funções no visualizador 3D.
2. Idem a 1.
3. Idem a 1.









Apêndice


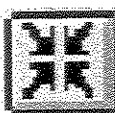

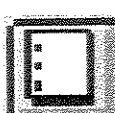

III

Documento utilizado na Análise Semiótica dos Sinais de Interface do ArcView GIS 3D Analyst


Barra de Ferramentas






Signo	Interpretante Presumido	Relação
	Salvar Projeto	
	Adicionar tema a uma <i>view</i> ou <i>3D Scene</i>	
	Criar novo visualizador 3D	

	Abre janela de Propriedades de Tema	
	Editor de Legenda	
	Abrir tabela de tema	
	Encontrar texto em tabela	
	Localizar endereço no mapa	
	Construtor de consultas em <i>features</i> de tema	
	<i>Zoom para extensão completa</i>	
	<i>Zoom para tema ativo</i>	

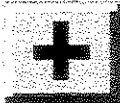

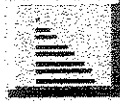




	<i>Zoom para feature selecionado</i>	
	<i>Zoom in</i> (zoom sem clicar na tela)	
	<i>Zoom out</i> (zoom sem clicar na tela)	
	Limpa <i>features</i> selecionados	
	Ajuda sensível ao caso	

Propriedades de Tema







Signo	Interpretante Presumido	Relação
 Definition	Define o conteúdo de tema	

 Text Labels	Configurações do posicionamento de <i>labels</i> em temas	
 Geocoding	GeoCodificação	
 Display	Define as escalas do tema	
 Hot Link	Define <i>HotLinks</i> em temas	
 Locking	Protege o tema contra modificações (atraves de senha)	


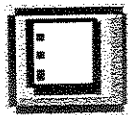

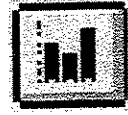



Editor de Legenda






Signo	Interpretante Presumido	Relação
	Adiciona uma nova classe à legenda de tema	
	Elimina uma classe da legenda de tema	
	Ordena os elementos da legenda em ordem ascendente	
	Ordena os elementos da legenda em ordem descendente	
	Abre a janela de valores nulos	
	Inverte a ordem dos símbolos que aparecem na legenda	
	Faz uma sequência de cores entre a primeira e a última cor da legenda	

Marcador de Paleta



Signo	Interpretante Presumido	Relação
	Apresenta uma variedade de padrões que podem ser usados no preenchimento de polígonos	
	Apresenta uma variedade de estilos de caneta com o qual se pode desenhar linhas	
	Apresenta uma variedade de marcadores com o qual se pode representar pontos	
	Permite escolher a fonte com o qual se quer mostrar textos e <i>labels</i>	
	Contém paletas de cores que podem ser associadas aos símbolos de preenchimento, caneta, marcadores e texto.	
	Permite carregar, salvar, limpar ou criar uma paleta default ou recarregar a paleta do sistema	

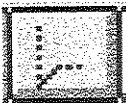
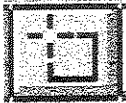



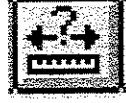


Formatação de Dados de Tabela



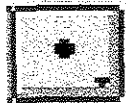
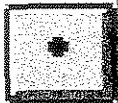
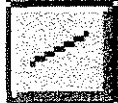

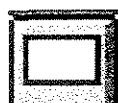

Signo	Interpretante Presumido	Relação
	Seleciona todos os registros da tabela	
	Retira a seleção de registros de tabela	
	Troca ou inverte a seleção	
	Criar gráfico	
	Encontrar textos em tabela de tema	
	Construtor de consultas em tabela de tema	
	Faz com que um registro ou conjunto deles seja promovido para o início da tabela	



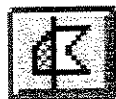



	Faz uma junção entre duas tabelas	
	Realiza operações sobre dados de tabela, por exemplo, obter a média ou a somatória.	
	Ordena os elementos da legenda em ordem ascendente	
	Ordena os elementos da legenda em ordem descendente	
	Ajuda sensível ao caso	

Barra de Ferramentas de *View*


Signo	Interpretante Presumido	Relação
	Informações sobre <i>features</i> de tema	
	Seleciona, move e redimensiona gráficos	







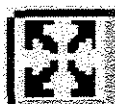

	Adiciona, move e elimina vértices de gráficos	
	Seleciona <i>features</i>	
	<i>Zoom in</i> (<i>zoom</i> clicando-se na tela)	
	<i>Zoom out</i> (<i>zoom</i> clicando-se na tela)	
	Arrastar mapa	
	Medida da distância entre dois pontos	
	<i>HotLink</i>	
	Modifica a área de interesse para temas baseados em biblioteca	


	Insere rótulos na <i>view</i>	
	Insere textos na <i>view</i>	
	Desenho de ponto (abre outras opções para desenho)	
	Desenho de ponto	
	Desenho de linha regular	
	Desenho de linha irregular	
	Desenho de polígono regular	
	Desenho de círculo	

	Desenho de polígono irregular	
	Cria uma linha que divide <i>features</i> de linha	
	Cria uma linha que divide <i>features</i> de polígono	
	Associa um novo polígono adjacente a outros polígonos	
	Cria contornos	
	Interpolar linhas	

3D Scene

Signo	Interpretante Presumido	Relação
	Informações sobre <i>features</i> de tema	

	Seleciona <i>features</i> de tema	
	Navega na visualização 3D	
	<i>Zoom para extensão completa</i>	
	<i>Zoom para tema ativo</i>	
	<i>Zoom para feature Selecionado</i>	
	<i>Zoom in</i> (zoom sem clicar na tela)	
	<i>Zoom out</i> (zoom sem clicar na tela)	
	Rotação contínua da visualização 3D	

	Salvar visualização 3D como imagem	
---	---------------------------------------	--

Apêndice IV

Descrição das Telas do EComSIG

As janelas ilustradas a seguir são acessadas a partir da barra de ferramentas do próprio ArcView GIS 3D Analyst.

A) Janelas do Processo de Modelagem

1. Janela de Análise de Domínio (Figura IV.a)

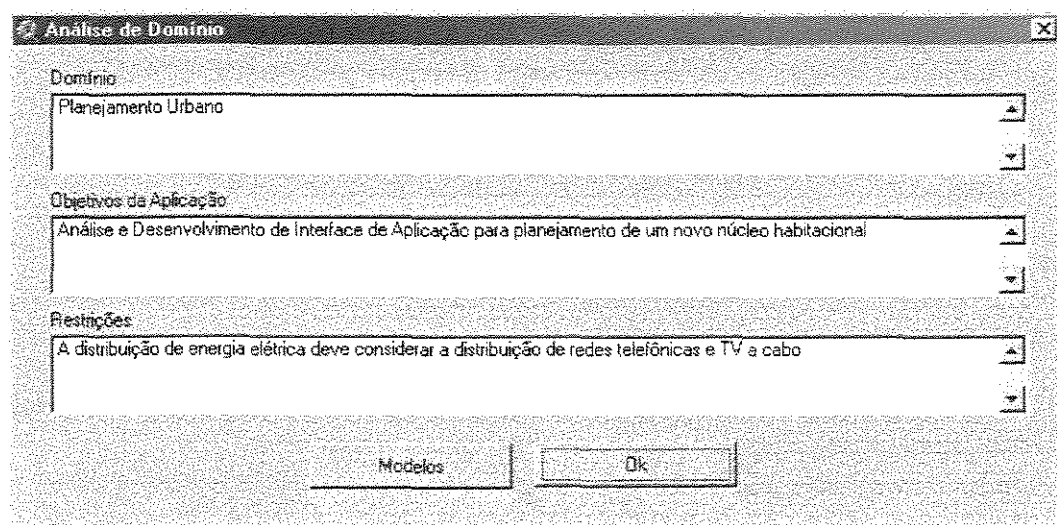


Figura IV.a: Janela de Análise de Domínio

Domínio: é o domínio de aplicação do ambiente virtual.

Objetivos: são os objetivos da aplicação.

Restrições: são as restrições a que essa aplicação esta sujeita.

Botão Modelos: chama a janela dos Modelos de Entidades e Comunicações.

Botão Ok: fecha a janela de Análise de Domínio.

2. Janela dos Modelos de Entidades e Comunicações (Figura IV.b)

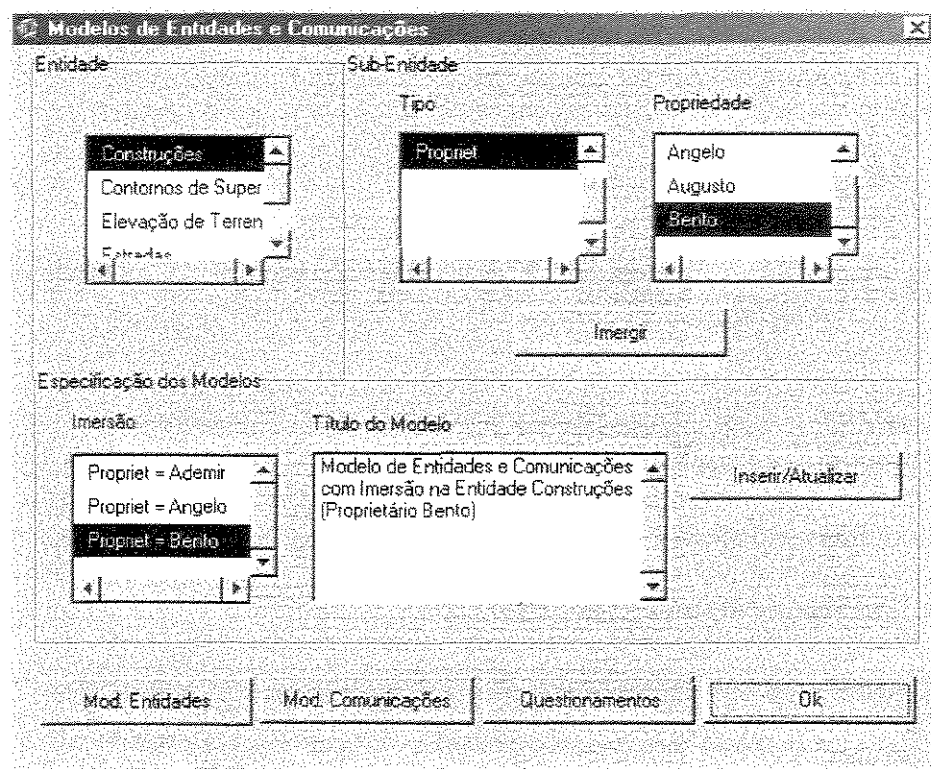


Figura IV.b: Janela dos Modelos de Entidades e Comunicações

Entidade: são as entidades existentes na interface de aplicação SIG sendo modelada.

Sub-Entidade: são as entidades que compõem a entidade principal. É necessário selecionar uma opção nos campos Tipo e Propriedade.

Tipo: permite selecionar uma sub-entidade a partir de um dos tipos de informação que descrevem a entidade, por exemplo, nós podemos ter os tipos: nome da rua, nome do proprietário, número do lote, etc.

Propriedade: permite selecionar uma propriedade para um tipo (uma instância de um tipo), por exemplo, se no campo Tipo, nós tivéssemos selecionado a opção “Nome da Rua”, no

campo Propriedade, nós poderíamos ter as seguintes opções: Avenida Anchieta, Rua das Flores, Rua Coronel Quirino, etc.

Botão Imergir: o usuário imerge na sub-entidade selecionada e essa imersão é inserida na Lista Imersão, caso não tenha sido inserida ainda.

Especificação dos Modelos: contém as imersões realizadas pelo designer, mais o título para cada uma dessas imersões.

Imersão: são as imersões realizadas pelo designer, geradas a partir das sub-entidades.

Título: é um título do modelo referente à imersão selecionada.

Botão Inserir/Atualizar: insere ou atualiza o título do modelo.

Botão Mod. Entidades: abre a Janela do Modelo de Entidades

Botão Mod. Comunicações: abre a Janela do Modelo de Comunicações

Botão Questionamentos: abre a Janela de Questionamentos

Botão Ok: fecha a Janela dos Modelos de Entidades e Comunicações

3. Janela do Modelo de Entidades (Figura IV.c)

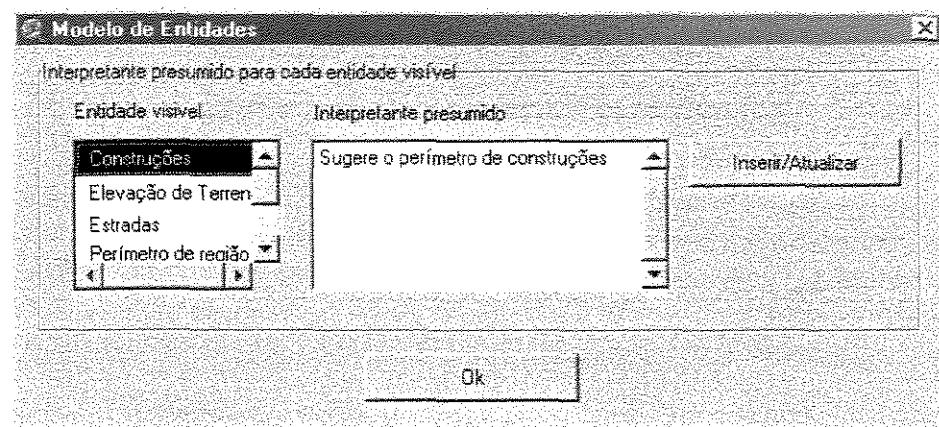


Figura IV.c: Janela do Modelo de Entidades

Interpretante presumido para cada entidade visível: o designer dá o seu interpretante presumido para cada uma das entidades visíveis.

Entidade Visível: são as entidades visíveis a partir da imersão selecionada na Janela dos Modelos de Entidades e Comunicações (Figura IV.b).

Interpretante presumido: é o interpretante presumido para as entidades visíveis

Botão Inserir/Atualizar: insere ou atualiza o interpretante presumido para a entidade visível selecionada.

Botão Ok: fecha a Janela do Modelo de Entidades.

4. Janela do Modelo de Comunicações (Figura IV.d)

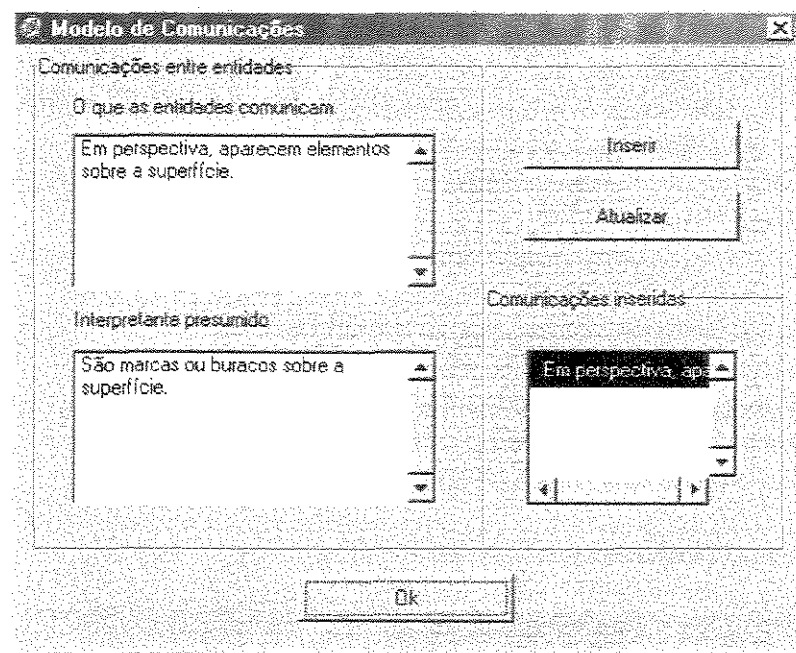


Figura IV.d: Janela do Modelo de Comunicações

Comunicações entre entidades: descreve a comunicação entre as entidades e o interpretante presumido para essa comunicação.

O que as entidades comunicam: é a descrição da comunicação entre as entidades na interface de aplicação SIG.

Interpretante presumido: é o interpretante presumido para a comunicação entre as entidades.

Comunicações inseridas: são os conjuntos comunicação/interpretante presumido inseridos. Se o designer selecionar uma das comunicações inseridas, a comunicação aparecerá no campo “O que as entidades comunicam” e o interpretante presumido aparecerá no campo “Interpretante presumido”, para que o designer possa modificá-los.

Botão Inserir: insere um novo conjunto comunicação/interpretante presumido na lista “Comunicações inseridas”.

Botão Atualizar: atualiza um conjunto comunicação/interpretante presumido já inserido.

Botão Ok: fecha a Janela do Modelo de Comunicações.

5. Janela de Questionamentos e da Fase de Avaliação (Figura IV.e)

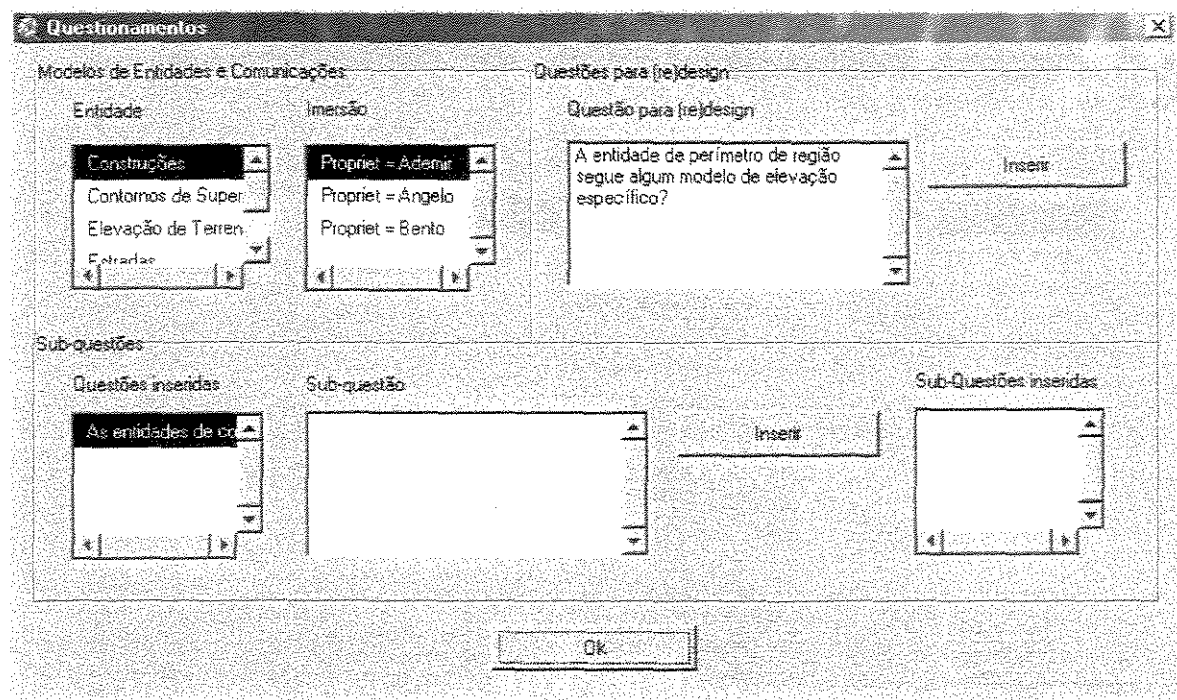


Figura IV.e: Janela de Questionamentos e da Fase de Avaliação

Modelos de Entidades e Comunicações: são os Modelos de Entidades e Comunicações inseridos pelo designer.

Entidade: são as entidades existentes na interface de aplicação SIG sendo modelada.

Imersão: são as imersões realizadas para cada uma das entidades que compõem a interface de aplicação SIG.

Questões para (re)design: permite o levantamento de questões para (re)design.

Questão para (re)design: possibilita ao designer entrar com uma nova questão, relacionada a uma das imersões selecionadas.

Botão Inserir: insere uma nova questão. A questão inserida aparecerá na lista “Questões inseridas”.

Sub-questões: permite a inserção de sub-questões relacionadas às questões.

Questões inseridas: mostra as questões inseridas para a imersão selecionada.

Sub-questão: permite a entrada de uma nova sub-questão.

Botão Inserir: insere a nova sub-questão. A sub-questão inserida aparecerá no campo “Sub-Questões inseridas”.

Sub-Questões inseridas: mostra as sub-questões inseridas, relacionadas à questão selecionada na lista “Questões inseridas”.

Botão Ok: fecha a Janela de Questionamentos.

6. Janela de Análise de Alternativas (Figura IV.f)

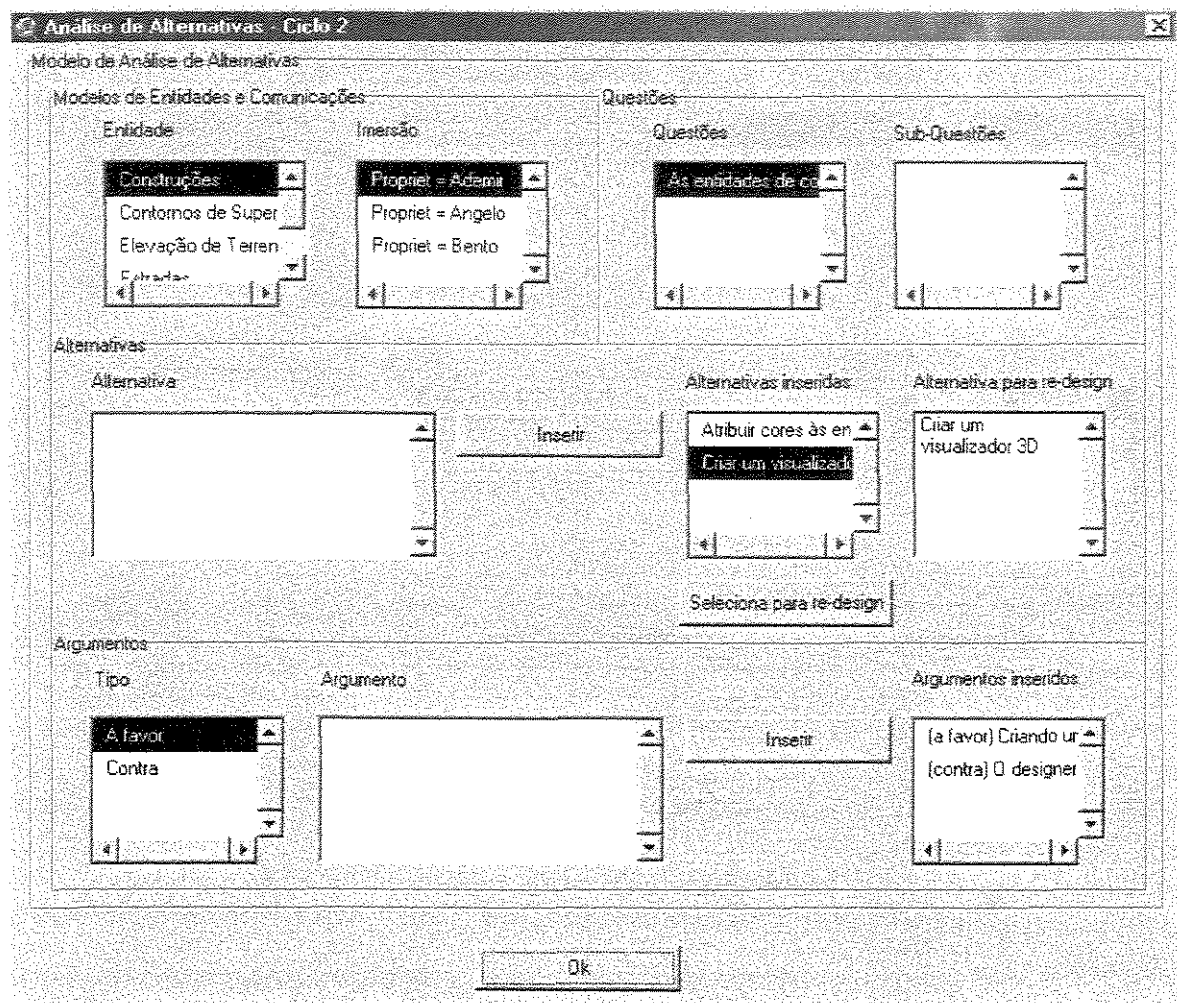


Figura IV.f: Janela de Análise de Alternativas

Modelo de Análise de Alternativas: permite a criação do Modelo de Análise de Alternativas. Esse processo envolve a definição de alternativas para as questões levantadas na Fase de Avaliação do ciclo anterior (Figura IV.e), além do levantamento de argumentos contra e a favor a essas alternativas.

Modelos de Entidades e Comunicações: são os Modelos de Entidades e Comunicações definidos durante a modelagem da interface de aplicação SIG.

Entidade: são as entidades existentes na interface de aplicação SIG sendo modelada.

Imersão: são as imersões realizadas para cada uma das entidades que compõem a interface de aplicação SIG.

Questões: são as questões e sub-questões relacionadas aos Modelos de Entidades e Comunicações.

Questões: são as questões relacionadas aos Modelos de Entidades e Comunicações.

Sub-Questões: são as sub-questões relacionadas as questões.

Alternativas: é o levantamento de alternativas de solução para as questões e sub-questões selecionadas, além de permitir a seleção de alternativas para (re)design.

Alternativa: permite ao designer a entrada de uma nova alternativa.

Botão Inserir: insere uma nova alternativa, que aparecerá na lista “Alternativas Inseridas”.

Alternativas Inseridas: permite a visualização das alternativas inseridas, relacionadas a uma questão ou sub-questão selecionada.

Botão Seleciona para re-design: permite selecionar, para a Fase de (Re)Design, uma das alternativas existentes na lista “Alternativas inseridas”.

Alternativa para re-design: mostra a alternativa selecionada para a Fase de (Re)Design, que estará relacionada a uma questão ou sub-questão.

Argumentos: permite ao designer inserir argumentos contra e a favor, relacionados às alternativas.

Tipo: possibilita a escolha do tipo de argumento a ser inserido: contra ou a favor.

Argumento: permite a entrada do novo argumento.

Botão Inserir: insere o novo argumento, que aparecerá na lista “Argumentos inseridos”.

Argumentos inseridos: mostra os argumentos inseridos, relacionados a uma alternativa selecionada na lista “Alternativas inseridas”.

Botão Ok: fecha a Janela de Análise de Alternativas.

7. Janela de (Re)Design (Figura IV.g)

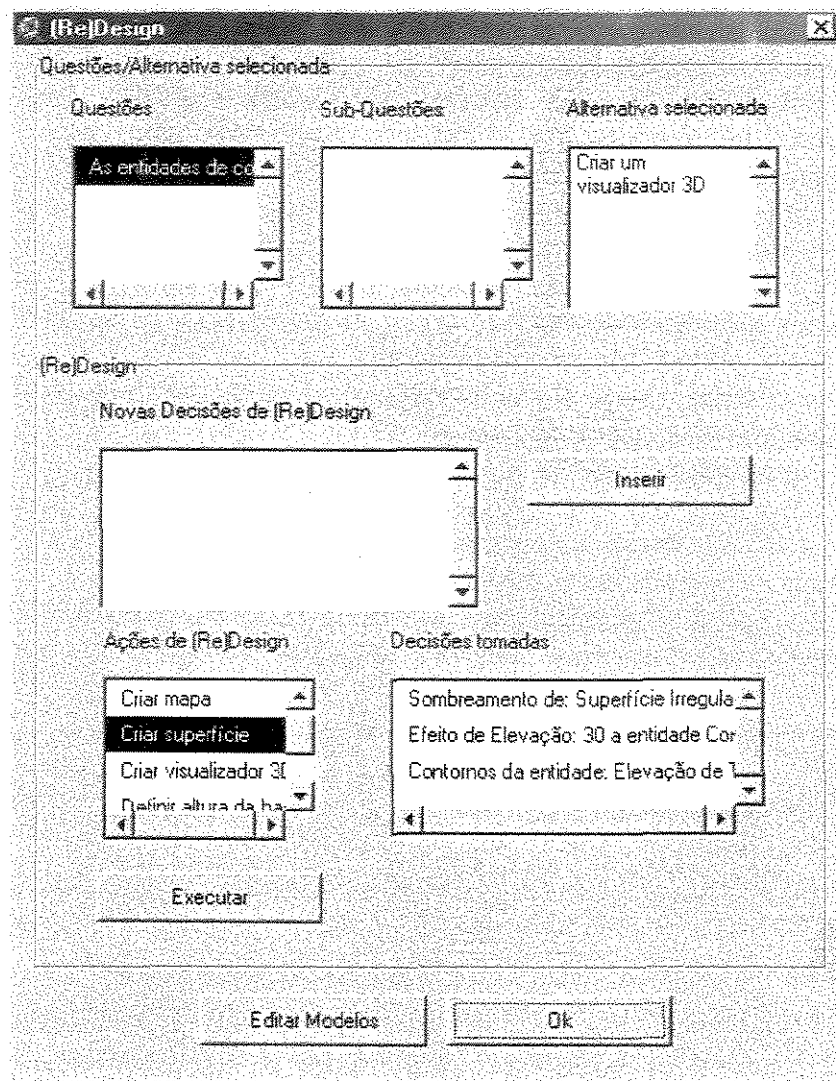


Figura IV.g: Janela de (Re)Design

Questões/Alternativa selecionada: mostra as questões/sub-questões e a alternativa selecionada para cada uma delas.

Questões: são as questões inseridas na Fase de Avaliação do ciclo anterior.

Sub-Questões: são as sub-questões associadas às questões.

Alternativa selecionada: é a alternativa selecionada para (re)design, associada a uma questão ou sub-questão selecionada.

(Re)Design: permite definir ações para (re)design

Novas Decisões de (Re)Design: esse campo permite ao designer entrar com novas decisões de (re)design, não definidas na lista “Ações de (Re)Design”.

Botão Inserir: insere a nova decisão de (re)design na lista “Decisões Tomadas”.

Ações de (Re)Design: são as ações de (re)design pré-definidas, que podem ser aplicadas sobre a interface de aplicação SIG. Elas foram descritas na sequência deste Apêndice.

Botão Executar: abre a janela referente à ação de (re)design selecionada na lista “Ações de (Re)Design”. Esse botão só estará habilitado quando uma das ações de (re)design estiver selecionada.

Decisões tomadas: é a lista das decisões de (re)design tomadas. As decisões são provenientes do campo “Novas Decisões de (Re)Design” e da lista “Ações de (Re)Design”.

Botão Editar Modelos: abre a janela dos Modelos de Entidades e Comunicações.

Botão Ok: fecha a Janela de (Re)Design.

B) Janelas das Ações de (Re)Design

1. Janela de Definição da Altura da Base (Figuras IV.h e IV.i)

Define como a altura da base de uma entidade pode ser definida. A seguir, estão ilustradas duas janelas, em uma delas a altura da base é definida a partir de uma superfície fonte (Figura IV.h), em outra, a partir de um valor numérico (Figura IV.i). Na verdade elas são a mesma janela, o detalhe é que quando o designer seleciona uma das opções na lista “Altura da Base por”, a janela é modificada automaticamente.

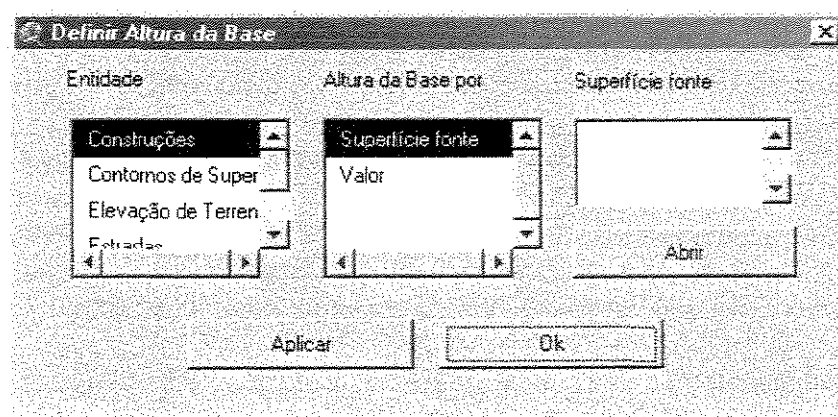


Figura IV.h: Definição da Altura da Base por Superfície Fonte

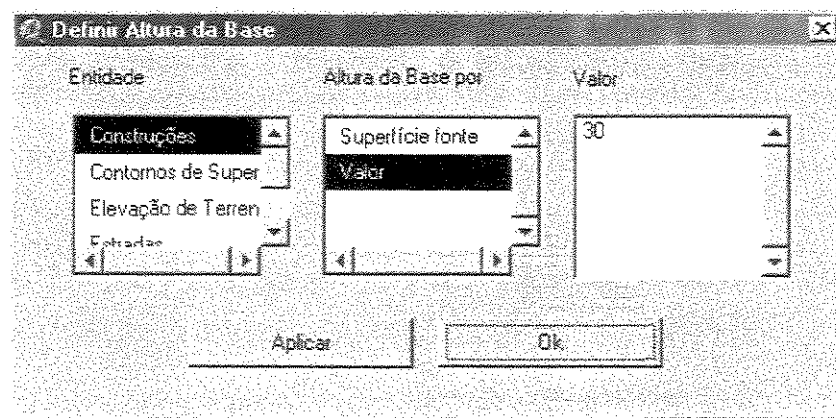


Figura IV.i: Definição da Altura da Base por Valor Numérico

Entidade: são as entidades existentes na interface de aplicação SIG.

Altura da Base por: o designer pode escolher entre realizar a operação de Altura da Base a partir de uma superfície fonte ou a partir de um valor numérico.

Superfície fonte (Figura IV.h): nesse campo, aparecerá uma superfície fonte, que será usada para a aplicação da altura da base. Essa superfície é escolhida através do botão Abrir (Figura IV.h). No caso do exemplo da Figura IV.h, o nome da superfície é “dtm_tin”, entretanto também aparece a localização dessa superfície na estrutura de diretórios. Para entender o que é uma superfície fonte, considere o seguinte exemplo: nós temos uma entidade de construções, que está representada na interface 3D de aplicação SIG, mas ela não segue um modelo de superfície ou elevação específico, ou seja, é como se todas as construções estivessem sobre um plano. Associar uma superfície fonte a uma entidade é fazer com que ela siga um modelo de elevação específico: após a aplicação dessa operação, algumas entidades podem estar em um lugar mais alto (um morro), algumas podem estar em um lugar mais baixo (depressão), etc, de acordo com a superfície fonte que for associada à entidade.

Botão Abrir (Figura IV.h): abre uma superfície fonte para realização da operação de Altura da Base a partir da estrutura de diretórios.

Valor (Figura IV.i): permite ao designer entrar com um valor numérico para aplicação da Altura da Base.

Botão Aplicar: aplica a operação de Altura da Base, com base na superfície fonte selecionada ou no valor numérico digitado.

Botão Ok: fecha a Janela de Altura da Base.

2. Janela de Análise entre Superfícies (Figura IV.j)

A Análise entre Superfícies é utilizada para comparação do volume entre duas superfícies, por exemplo, quando quisermos calcular as perdas e ganhos de uma superfície em relação a outra. Isso é interessante para estudar fenômenos como a erosão.

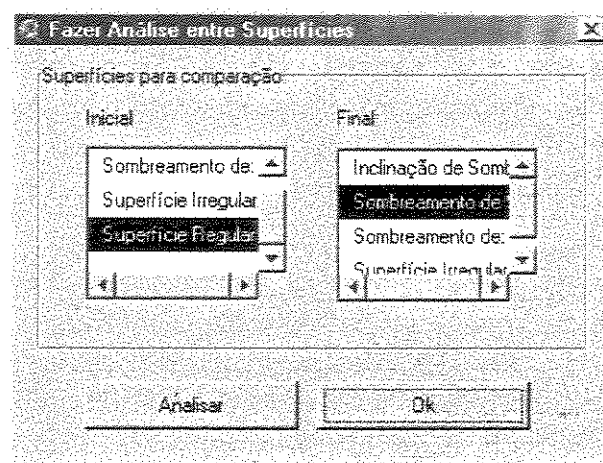


Figura IV.j: Análise entre Superfícies

Superfícies para comparação: permite a escolha de duas superfícies para a aplicação da análise.

Inicial: é a entidade de superfície considerada como inicial para a análise.

Final: é a entidade de superfície considerada como secundária na análise.

Botão Analisar: realiza a Análise de Superfície.

Botão Ok: fecha a Janela de Análise entre Superfícies.

3. Janela Gerar Sombreamento (Figura IV.k)

É usada para determinar a iluminação de uma superfície, além do tempo e intensidade do sol em uma dada localização.

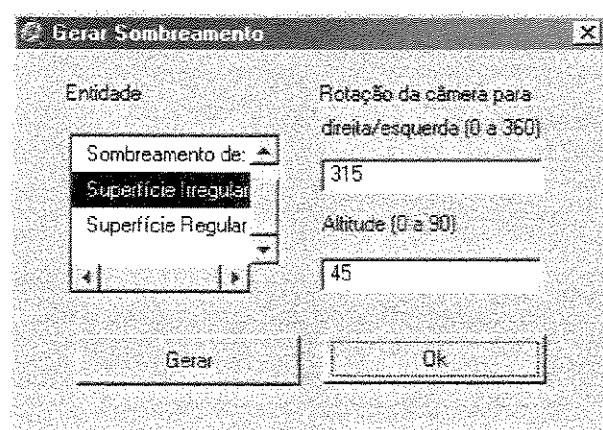


Figura IV.k: Gerar Sombreamento

Entidade: é uma entidade fonte sobre a qual o sombreamento é calculado.

Rotação da câmera: é um valor de rotação da câmera, ele pode estar entre 0 e 360 graus.

Altitude: é um valor de altura da câmera, ele pode estar entre 0 e 90 graus.

Botão Gerar: gera a superfície de sombreamento.

Botão Ok: fecha a Janela Gerar Sombreamento.

4. Janela Criar Superfície (Figura IV.l)

Permite criar um dos seguintes tipos de superfície: Contornos, Superfície Regular (*Grid*), Superfície Irregular (*TIN* – Rede Irregular de Triângulos), Superfície de Inclinação (representa o grau de inclinação para cada localização da superfície) e de Direção (representa a direção da inclinação de cada localização da superfície).

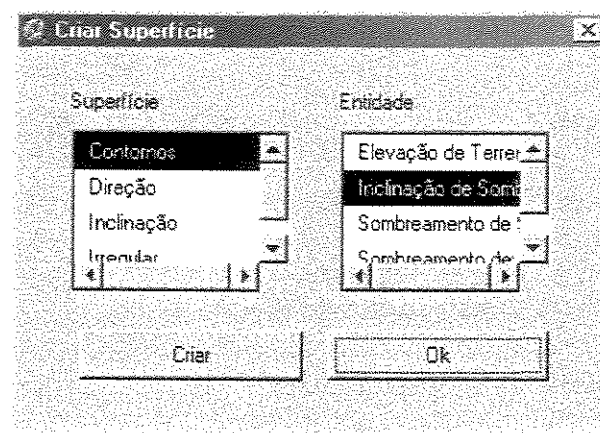


Figura IV.l: Criar Superfície

Superfície: é o tipo de superfície a ser criada.

Entidade: é a entidade fonte para a criação da superfície.

Botão Criar: cria a superfície.

Botão Ok: fecha a Janela Criar Superfície.

5. Janela de Definição do Efeito de Elevação (Figura IV.m)

Define as propriedades de elevação para uma entidade selecionada. O efeito de elevação muda a forma da entidade: pontos se transformam em linhas, linhas se transformam em planos, polígonos se transformam em poliedros.

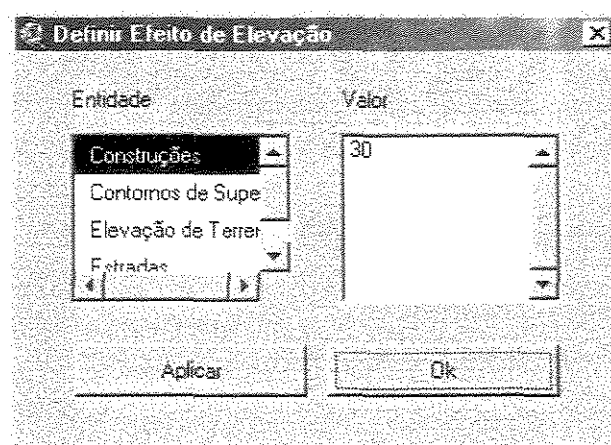


Figura IV.m: Definição do Efeito de Elevação

Entidade: é a entidade que receberá o efeito de elevação.

Valor: permite ao designer entrar com um valor numérico para a aplicação do efeito de elevação.

Botão Aplicar: aplica o efeito de elevação à entidade selecionada.

Botão Ok: fecha a Janela do Efeito de Elevação.

6. Janela de Geração de Estatísticas de Área e Volume (Figuras IV.n e IV.o)

Obtêm estatísticas de área e volume de uma entidade de superfície selecionada (Figura IV.n). Ao pressionar o botão Calcular, o designer poderá visualizar as estatísticas na janela da Figura IV.o.

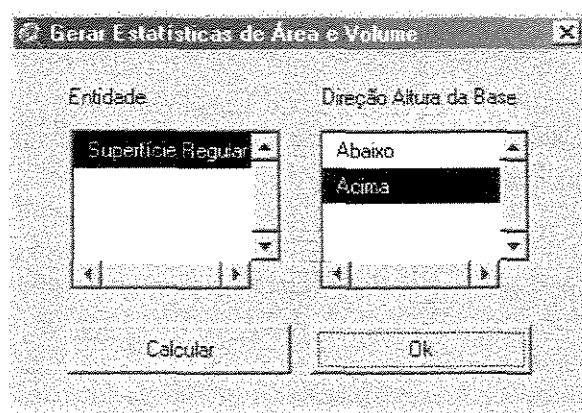


Figura IV.n: Geração de Estatísticas de Área e Volume

Entidade: é a entidade fonte utilizada para obtenção de estatísticas de área e volume.

Direção Altura da Base: o designer precisa especificar se quer obter estatísticas abaixo ou acima da base da entidade selecionada.

Botão Calcular: mostra estatísticas de área e volume (Figura IV.o).

Botão Ok: fecha a Janela de Estatísticas de Área e Volume.

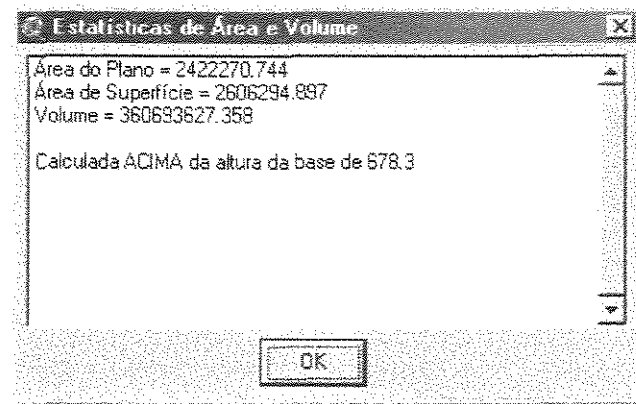


Figura IV.o: Resultados da Operação de Geração de Estatísticas de Área e Volume

7. Janela de Abertura de Mapa ou Visualizador 3D (Figura IV.p)

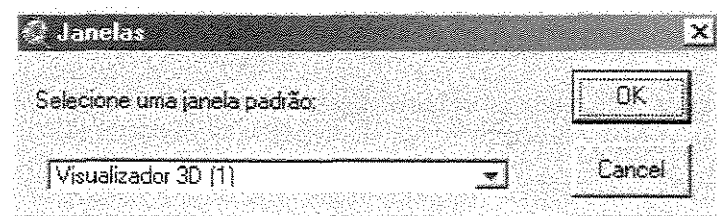


Figura IV.p: Janela de Abertura de Mapa ou Visualizador 3D

Selecione uma janela padrão: permite ao designer escolher um mapa ou visualizador 3D para abertura.

Botão Ok: fecha a Janela de Abertura de Mapa ou Visualizador 3D, confirmando a abertura.

Botão Cancel: fecha a Janela de Abertura de Mapa ou Visualizador 3D, cancelando a abertura.

8. Janela de Seleção de Mapa ou Visualizador 3D para Eliminação de Entidades (Figuras IV.q e IV.r)

Na eliminação de entidades, primeiramente o designer precisa escolher um mapa ou visualizador 3D (Figura IV.q), depois ele seleciona as entidades a serem eliminadas (Figura IV.r).

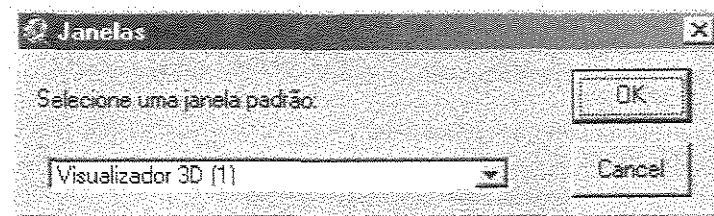


Figura IV.q: Janela de Seleção de Mapa ou Visualizador 3D para Eliminação de Entidades

Selecione uma janela padrão: permite ao designer escolher um mapa ou visualizador 3D para eliminação de entidades.

Botão Ok: fecha a Janela de Seleção de Mapa ou Visualizador 3D, confirmando a seleção. Depois de concluída esta operação, será aberta a Janela de Seleção de Entidades para Eliminação (Figura IV.r).

Botão Cancel: fecha a Janela de Seleção de Mapa ou Visualizador 3D, cancelando a seleção.

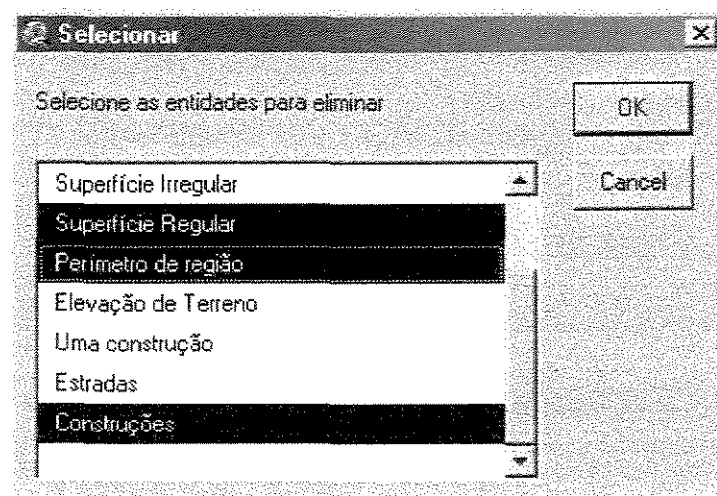


Figura IV.r: Janela de Seleção de Entidades para Eliminação

Selecione as entidades para eliminar: permite ao designer selecionar uma ou mais entidades para eliminação.

Botão Ok: fecha a Janela de Seleção de Entidades para Eliminação, confirmando a eliminação.

Botão Cancel: fecha a Janela de Seleção de Entidades para Eliminação, cancelando a eliminação.

9. Janela de Eliminação de Mapas e Visualizadores 3D (Figura IV.s)

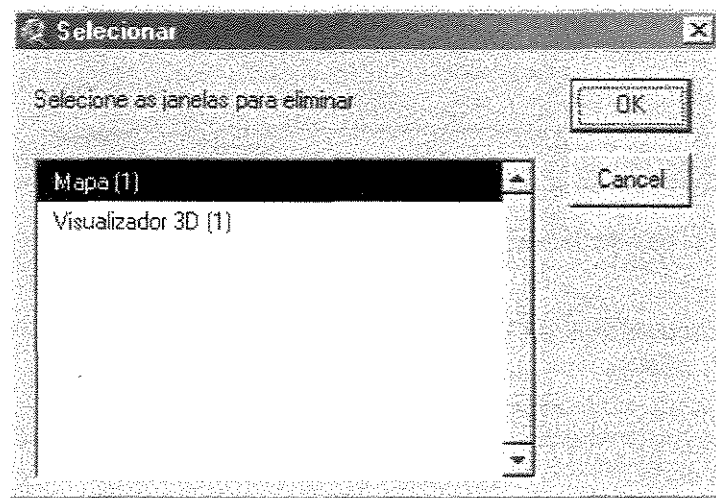


Figura IV.s: Janela de Eliminação de Mapas e Visualizadores 3D

Selecione as janelas para eliminar: permite ao designer selecionar um ou mais mapas e/ou visualizadores 3D para eliminação.

Botão Ok: fecha a Janela de Seleção de Mapas e/ou Visualizadores 3D para Eliminação, confirmando a eliminação.

Botão Cancel: fecha a Janela de Seleção de Mapas e/ou Visualizadores 3D para Eliminação, cancelando a eliminação.

10. Janela de Criação de Visualizador 3D a partir de Mapa (Figura IV.t)

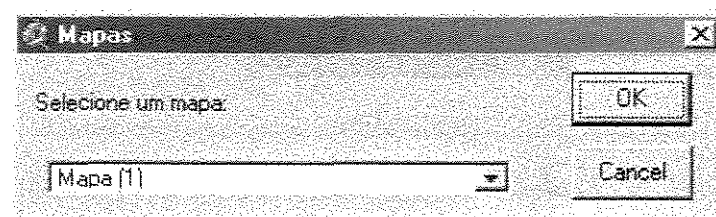


Figura IV.t: Janela de Criação de Visualizador 3D a partir de Mapa

Selecione um Mapa: permite ao designer escolher um mapa para a criação do visualizador 3D.

Botão Ok: fecha a Janela de Criação de Visualizador 3D a partir de Mapa, confirmando a criação.

Botão Cancel: fecha a Janela de Criação de Visualizador 3D a partir de Mapa, cancelando a criação.

11. Janela de Seleção de Mapa ou Visualizador 3D para Inserção de Entidades (Figura IV.u)

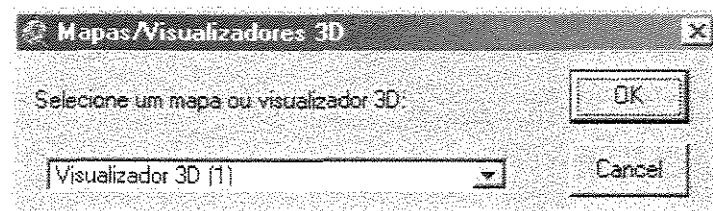


Figura IV.u: Janela de Seleção de Mapa ou Visualizador 3D para Inserção de Entidades

Selecione um mapa ou visualizador 3D: permite ao designer selecionar um mapa ou visualizador 3D para inserção de entidades.

Botão Ok: fecha a janela de seleção de um mapa ou visualizador 3D e abre uma janela para que o designer possa inserir as entidades, escolhendo-as na estrutura de diretórios.

Botão Cancel: fecha a Janela de Seleção de um Mapa ou Visualizador 3D para Inserção de Entidades, cancelando a inserção.

C) Janelas do Design Rationale

1. Janela do Design Rationale (Figura IV.v)

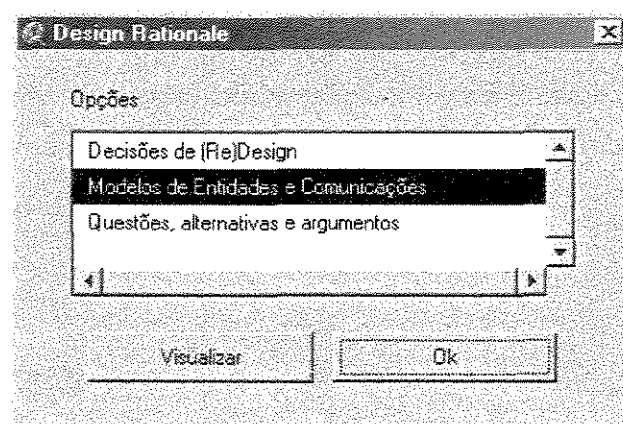


Figura IV.v: Janela do Design Rationale

Opções: mostra as opções existentes para *Design Rationale*.

Botão Visualizar: abre a janela referente a uma das opções selecionadas na lista “Opções”. Esse botão só estará habilitado se um dos itens estiver selecionado.

Botão Ok: fecha a Janela do *Design Rationale*.

2. Janela de Decisões de (Re)Design – Design Rationale (Figura IV.w)

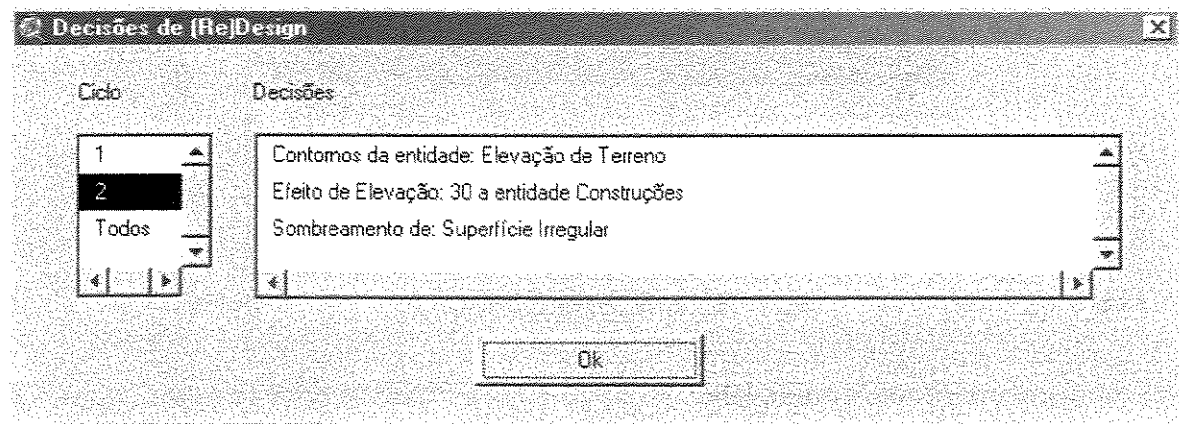


Figura IV.w: Janela de Decisões de (Re)Design (Design Rationale)

Ciclo: mostra as iterações já realizadas no processo de modelagem. A lista também mostra o item “Todos”, para que o designer possa visualizar todas as decisões de (re)design tomadas; que aparecerão na lista “Decisões”.

Decisões: são as decisões de (re)design tomadas em uma das iterações selecionadas na lista “Ciclo”. O designer também pode visualizar todas as decisões, selecionando o item “Todos”.

Botão Ok: fecha a Janela de Decisões de (Re)Design.

3. Janela dos Modelos de Entidades e Comunicações – Design Rationale (Figura IV.x)

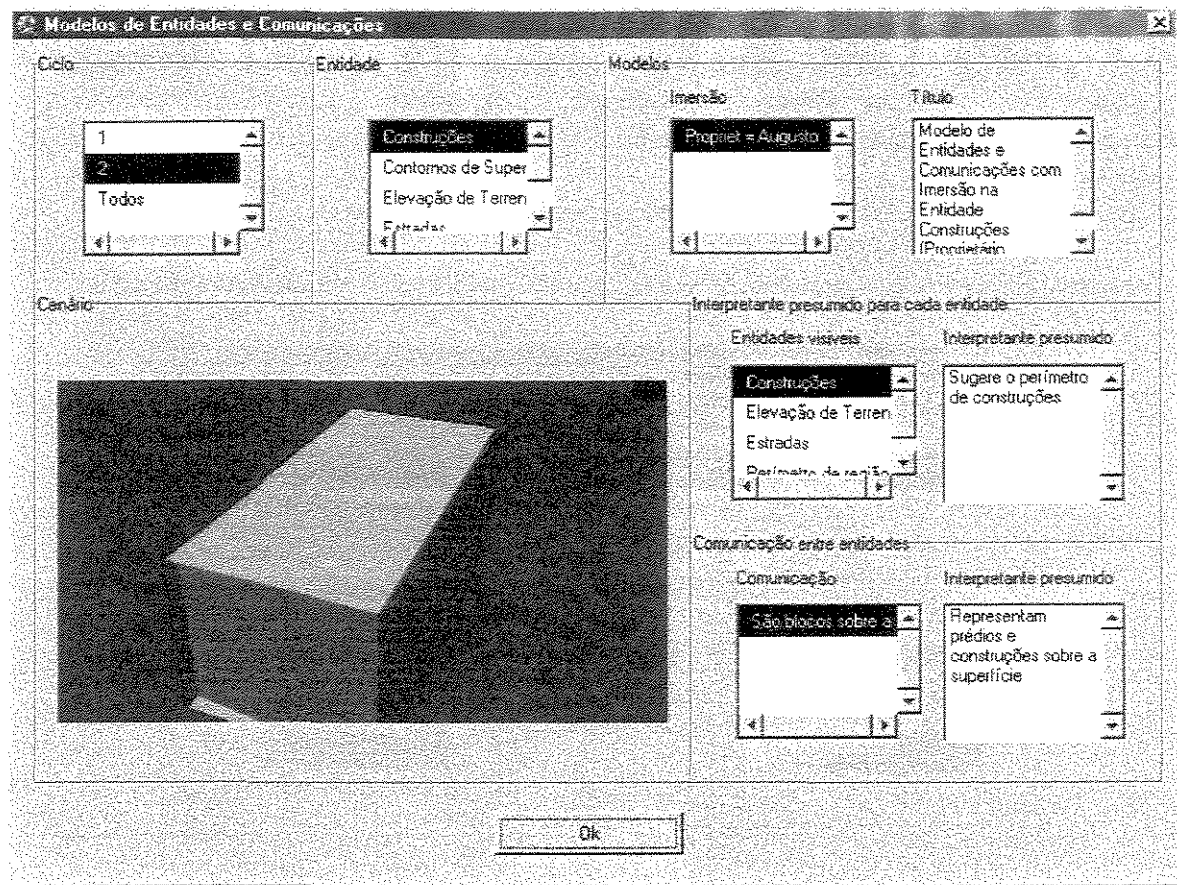


Figura IV.x: Janela dos Modelos de Entidades e Comunicações (Design Rationale)

Ciclo: mostra as iterações já realizadas no processo de modelagem. A lista também mostra o item “Todos”, para que o designer possa visualizar todos os Modelos de Entidades e Comunicações inseridos.

Entidade: são as entidades existentes na interface de aplicação SIG.

Modelos: são os Modelos de Entidades e Comunicações inseridos.

Imersão: são as imersões realizadas pelo designer.

Título: é o título do Modelo de Entidades e Comunicações; que é relacionado a uma das imersões.

Cenário: é a visualização da interface de aplicação quando o designer estava na imersão selecionada.

Interpretante presumido para cada entidade: é a descrição do interpretante presumido para cada uma das entidades visíveis quando o designer estava na imersão selecionada.

Entidades visíveis: são as entidades visíveis a partir da imersão selecionada.

Interpretante presumido: é o interpretante presumido para cada uma das entidades visíveis.

Comunicação entre entidades: é a descrição do interpretante presumido para a comunicação das entidades da interface quando o designer estava na imersão selecionada.

Comunicação: é a comunicação entre as entidades da interface.

Interpretante presumido: é o interpretante presumido para a comunicação entre as entidades.

Botão Ok: fecha a Janela dos Modelos de Entidades e Comunicações.

4. Janela de Questões, Alternativas e Argumentos – Design Rationale (Figura IV.y)

Figura IV.y: Janela de Questões, Alternativas e Argumentos (Design Rationale)

Ciclo: mostra as iterações já realizadas no processo de modelagem. A lista também mostra o item “Todos”, para que o designer possa visualizar todas as questões/alternativas/argumentos inseridos.

Entidade: são as entidades existentes na interface de aplicação SIG.

Imersão: são as imersões realizadas pelo designer.

Questões/Alternativas: permite a visualização das Questões, Sub-Questões e Alternativas relacionadas à imersão selecionada.

Questões: mostra as Questões inseridas, relacionadas à imersão selecionada.

Sub-Questões: mostra as Sub-Questões relacionadas à questão selecionada.

Alternativas: são as alternativas associadas a uma questão ou sub-questão selecionada.

Argumentos: são os argumentos contra e a favor com relação as alternativas.

Contra: são os argumentos contra à alternativa selecionada.

A favor: são os argumentos a favor à alternativa selecionada.

Alternativa selecionada: entre as alternativas de solução para uma questão ou sub-questão, este campo mostra a alternativa selecionada para (re)design.

Botão Ok: fecha a Janela Questões, Alternativas e Argumentos.

Quando o designer realiza determinadas ações de (re)design (Análise entre Superfícies, Criação de Superfície, Geração de Sombreamento), temos como resultado a inserção de uma nova entidade na interface 3D de aplicação SIG. As ações também são descritas textualmente na lista “Decisões Tomadas” na Janela de (Re)Design.

Apêndice

V

Descrição em GOMS das Interações na Interface do ArcView GIS 3D Analyst

GOAL: ABRIR-VIEW-3DSCENE	
. GOAL: APPLY-ABRIR-VIEW-3DSCENE	
. . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . SELECT-ICON-VIEW-3DSCENE	1.48
. . DOUBLE-CLICK-VIEW-3DSCENE	1.94
GOAL: CRIAR-3DSCENE	
. GOAL: APPLY-CRIAR-3DSCENE	
. . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . SELECT-ICON-3DSCENE	1.48
. . DOUBLE-CLICK-ICON-3DSCENE	1.94
GOAL: CRIAR-SURFACE	
. GOAL: SELECT-THEME	
. . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . SELECT-ICON-3DSCENE	1.48
. . DOUBLE-CLICK-3DSCENE	1.94
. . SELECT-THEME	2.3
. GOAL: APPLY-CRIAR-SURFACE	
. . [select*****: GOAL: CRIAR-GRID	
. . . SELECT-MENU-THEME	1.1

. SELECT-ITEM-MENU-CONVERT-TO-GRID	1.1
. GOAL: WRITE-NAME-GRID	
. . WRITE-NAME-GRID	3.85
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: DEFINE-EXTENSAO-CONVERSAO	
. . SELECT-COMBO-EXTENT	3.1
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-CELL-SIZE	1.1
. . WRITE-CELL-SIZE	3.85
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-ROWS	1.1
. . WRITE-NUMBER-ROWS	3.85
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-COLUMNS	1.1
. . WRITE-NUMBER-COLUMNS	3.85
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: CRIAR-TIN	
. SELECT-MENU-SURFACE	1.1
. SELECT-ITEM-MENU-CREATE-TIN-FROM-FEATURES	1.1
. GOAL: DEFINE-TIN	
. . SELECT-UM-DOS-THEMES-ATIVOS	3.0
. . SELECT-COMBO-FIELD-PARA-BASE-HEIGHT	3.1
. . SELECT-COMBO-INPUT-TYPE	3.1
. . SELECT-COMBO-VALUE-FIELD	3.1
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: WRITE-NAME-TIN	
. . WRITE-NAME-TIN	3.85
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: CRIAR-CONTOURS	
. SELECT-MENU-SURFACE	1.1
. SELECT-ITEM-MENU-CREATE-CONTOURS	1.1
. GOAL: DEFINE-PARAMETROS-CONTOURS	
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-INTERVAL-CONTOURS	1.1
. . WRITE-INTERVAL-CONTOURS	3.85
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-BASE-CONTOURS	1.1
. . WRITE-BASE-CONTOURS	3.85
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: DEFINE-SLOPE	
. SELECT-MENU-SURFACE	1.1
. SELECT-ITEM-MENU-DERIVE-SLOPE	1.1
. GOAL: ESPECIFICA-OUTPUT-GRID	
. . SELECT-COMBO-EXTENT	3.1
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-CELL-SIZE	1.1
. . WRITE-CELL-SIZE	3.85
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-ROWS	1.1
. . WRITE-NUMBER-ROWS	3.85

. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-COLUMNS	1.1
. . WRITE-NUMBER-COLUMNS	3.85
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: DEFINE-ASPECT	
. SELECT-MENU-SURFACE	1.1
. SELECT-ITEM-MENU-DERIVE-ASPECT	1.1
GOAL: ESPECIFICA-OUTPUT-GRID	
. . SELECT-COMBO-EXTENT	3.1
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-CELL-SIZE	1.1
. . WRITE-CELL-SIZE	3.85
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-ROWS	1.1
. . WRITE-NUMBER-ROWS	3.85
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-COLUMNS	1.1
. . WRITE-NUMBER-COLUMNS	3.85
. . CLICK-BUTTON-OK]	1.45
GOAL: CRIAR-VIEW	
. GOAL: APPLY-CRIAR-VIEW	
. . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . SELECT-ICON-VIEW	1.48
. . DOUBLE-CLICK-ICON-VIEW	1.94
GOAL: DEFINIR-ANALISE-CUTFILL	
. GOAL: SELECT-THEME	
. . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . SELECT-ICON-3DSCENE	1.48
. . DOUBLE-CLICK-3DSCENE	1.94
. . SELECT-THEME	2.3
GOAL: APPLY-ANALISE-CUTFILL	
. . SELECT-MENU-SURFACE	1.1
. . SELECT-ITEM-MENU-CUT-FILL	1.1
. . . GOAL: SELECT-BEFORE-SURFACE	
. . . . SELECT-COMBO-BEFORE-SURFACE	3.1
. . . . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. . . GOAL: ESPECIFICA-OUTPUT-GRID	
. . . . SELECT-COMBO-EXTENT	3.1
. . . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-CELL-SIZE	1.1
. . . . WRITE-CELL-SIZE	3.85
. . . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-ROWS	1.1
. . . . WRITE-NUMBER-ROWS	3.85
. . . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-COLUMNS	1.1
. . . . WRITE-NUMBER- COLUMNS	3.85
. . . . CLICK-BUTTON-OK	1.45

GOAL: DEFINIR-BASE-HEIGHT	
. GOAL: SELECT-THEME	
. . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . SELECT-ICON-3DSCENE	1.48
. . DOUBLE-CLICK-3DSCENE	1.94
. . SELECT-THEME	2.3
. GOAL: APPLY-BASE-HEIGHT	
. . SELECT-MENU-THEME	1.1
. . SELECT-ITEM-MENU-3DPROPERTIES	1.1
. . [select*: GOAL: BASE-HEIGHT-POR-SURFACE	
. . . CHECK-RADIO-BUTTON-SURFACE	1.51
. . . CLICK-BUTTON-OPEN-SURFACE	1.45
. . . FIND-SURFACE	7.93
. . . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. . . GOAL: BASE-HEIGHT-POR-VALUE	
. . . . CHECK-RADIO-BUTTON-VALUE	1.51
. . . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-VALUE	1.1
. . . . WRITE-NUMBER]	3.85
. GOAL: CLOSE-WINDOW-3DPROPERTIES	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: DEFINIR-EXTRUDE	
. GOAL: SELECT-THEME	
. . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . SELECT-ICON-3DSCENE	1.48
. . DOUBLE-CLICK-3DSCENE	1.94
. . SELECT-THEME	2.3
. GOAL: APPLY-EXTRUDE	
. . SELECT-MENU-THEME	1.1
. . SELECT-ITEM-MENU-3DPROPERTIES	1.1
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-EXTRUDE-VALUE	1.1
. . WRITE-EXTRUDE-VALUE	3.85
. . SELECT-COMBO-EXTRUDE-TYPE	3.1
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: ELIMINA-THEME	
. GOAL: SELECT-THEME	
. . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . SELECT-ICON-VIEW-3DSCENE	1.48
. . DOUBLE-CLICK-VIEW-3DSCENE	1.94
. . SELECT-THEME	2.3
. GOAL: ELIMINA-THEME	

. . . SELECT-MENU-EDIT	1.1
. . . SELECT-ITEM-MENU-DELETE-THEMES	1.1
GOAL: ELIMINA-VIEW-3DSCENE	
. . . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . . SELECT-ICON-VIEW-3DSCENE	1.48
. . . SELECT-VIEW-3DSCENE	3.0
. . . PRESS-KEY-DEL	0.79
GOAL: GERAR-3DSCENE-APARTIR-VIEW	
. . . GOAL: SELECT-VIEW	
. . . . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . . . SELECT-ICON-VIEW	1.48
. . . . DOUBLE-CLICK-VIEW	1.94
. . . GOAL: GERA-3DSCENE-APARTIR-VIEW	
. . . . SELECT-MENU-VIEW	1.1
. . . . SELECT-ITEM-MENU-3DSCENE	1.1
. . . . GOAL: DEFINE-MODO-CRIACAO-3DSCENE	
. SELECT-COMBO-FORMA-ADICAO-VIEW-A-3DSCENE	3.1
. CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: GERAR-AREA-VOLUME-STATISTICS	
. . . GOAL: SELECT-THEME	
. . . . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . . . SELECT-ICON-3DSCENE	1.48
. . . . DOUBLE-CLICK-3DSCENE	1.94
. . . . SELECT-THEME	2.3
. . . GOAL: QUERY-AREA-VOLUME-STATISTICS	
. . . . SELECT-MENU-SURFACE	1.1
. . . . SELECT-ITEM-MENU-AREA-VOLUME-STATISTICS	1.1
. . . GOAL: DEFINE-BASE-HEIGHT	
. . . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-BASE-HEIGHT	1.1
. . . . WRITE-BASE-HEIGHT	3.85
. . . . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. . . GOAL: DEFINE-DIRECTION-BASE-HEIGHT	
. . . . SELECT-COMBO-DIRECTION-BASE-HEIGHT	3.1
. . . . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: GERAR-HILLSHADE	
. . . GOAL: SELECT-THEME	
. . . . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . . . SELECT-ICON-3DSCENE	1.48
. . . . DOUBLE-CLICK-3DSCENE	1.94

. . . SELECT-THEME	2.3
. GOAL: GERA-HILLSHADE	
. . . SELECT-MENU-SURFACE	1.1
. . . SELECT-ITEM-MENU-COMPUTE-HILLSHADE	1.1
. GOAL: DEFINE-PARAMETROS-HILLSHADE	
. . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-AZIMUTH	1.1
. . . WRITE-AZIMUTH	3.85
. . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-ALTITUDE	1.1
. . . WRITE-ALTITUDE	3.85
. . . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: ESPECIFICA-GRID-OUTPUT	
. . . SELECT-COMBO-EXTENT	3.1
. . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-CELL-SIZE	1.1
. . . WRITE-CELL-SIZE	3.85
. . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-ROWS	1.1
. . . WRITE-NUMBER-ROWS	3.85
. . . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-NUMBER-COLUMNS	1.1
. . . WRITE-NUMBER-COLUMNS	3.85
. . . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: INSERIR-THEME	
. GOAL: OPEN-VIEW-3DSCENE	
. . . SELECT-WINDOW-PROJECT	1.6
. . . SELECT-ICON-VIEW-3DSCENE	1.48
. . . DOUBLE-CLICK-VIEW-3DSCENE	1.94
. GOAL: ADICIONA-THEME	
. . . SELECT-MENU-VIEW	1.1
. . . SELECT-ITEM-MENU-ADD-THEME	1.1
. . . FIND-ENTIDADE-TO-INSERT	7.93
. . . CLICK-BUTTON-OK	1.45

Apêndice

VI

Descrição em GOMS das Interações na Interface do EComSIG

GOAL: ABRIR-MAPA-VISUALIZADOR3D

. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-ABRIR-MAPA-VISUALIZADOR3D	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-ABRIR-MAPA-VISUALIZADOR3D	
. . SELECT-ITEM-FIELD-MAPA-VISUALIZADOR3D	3.0
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45

GOAL: CRIAR-MAPA

. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-CRIAR-MAPA	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45

GOAL: CRIAR-SUPERFICIE	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-CRIAR-SUPERFICIE	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-CRIAR-SUPERFICIE	
. . SELECT-ITEM-FIELD-SUPERFICIE	3.0
. . SELECT-ITEM-FIELD-ENTIDADE	3.0
. . CLICK-BUTTON-CRIAR	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-CRIAR-SUPERFICIE	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: CRIAR-VISUALIZADOR3D	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-CRIAR-VISUALIZADOR3D	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: DEFINIR-ALTURA-DA-BASE	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-ALTURA-DA-BASE	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-ALTURA-DA-BASE	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ENTIDADE	3.0
. . SELECT-ITEM-FIELD-ALTURA-DA-BASE-POR	3.0
. . [select**:	
GOAL: ALTURA-DA-BASE-POR-SUPERFICIE-FONTE	
CLICK-BUTTON-ABRIR	1.45
FIND-SUPERFICIE-FONTE	7.93
CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: ALTURA-DA-BASE-POR-VALOR	
MOVE-CURSOR-TO-FIELD-VALOR	1.1
WRITE-NUMBER]	3.85
. . CLICK-BUTTON-APLICAR	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-ALTURA-DA-BASE	

. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: DEFINIR-ANALISE-ENTRE-SUPERFICIES	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-ANALISE-ENTRE-SUPERFICIES	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-ANALISE-ENTRE-SUPERFICIES	
. . SELECT-ITEM-FIELD-INICIAL	3.0
. . SELECT-ITEM-FIELD-FINAL	3.0
. . CLICK-BUTTON-ANALISAR	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-ANALISE-ENTRE-SUPERFICIES	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: DEFINIR-EFEITO-ELEVACAO	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-EFEITO-ELEVACAO	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-EFEITO-ELEVACAO	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ENTIDADE	3.0
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-VALOR	1.1
. . WRITE-NUMBER	3.85
. . CLICK-BUTTON-APLICAR	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-EFEITO-ELEVACAO	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: ELIMINAR-ENTIDADE	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-ELIMINAR-ENTIDADE	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-ELIMINAR-ENTIDADE	
. . SELECT-ITEM-FIELD-MAPA-VISUALIZADOR3D	3.0

. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. . SELECT-ITEM-FIELD-ENTIDADES	3.0
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: ELIMINAR-MAPA-VISUALIZADOR3D	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-ELIMINAR-MAPA-VISUALIZADOR3D	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-ELIMINAR-ENTIDADES	
. . SELECT-ITEM-FIELD-VIEW-VISUALIZADOR3D	3.0
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: GERAR-ESTATISTICAS-AREA-VOLUME	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW- ESTATISTICAS-AREA-VOLUME	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-ESTATISTICAS-AREA-VOLUME	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ENTIDADE	3.0
. . SELECT-ITEM-FIELD-DIRECAO-ALTURA-DA-BASE	3.0
. . CLICK-BUTTON-CALCULAR	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-EFEITO-ELEVACAO	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: GERAR-SOMBREAMENTO	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-GERAR-SOMBREAMENTO	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-GERAR-SOMBREAMENTO	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ENTIDADE	3.0
. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-ROTACAO-CAMERA	1.1
. . WRITE-NUMBER	3.85

. . MOVE-CURSOR-TO-FIELD-ALTITUDE	1.1
. . WRITE-NUMBER	3.85
. . CLICK-BUTTON-GERAR	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-GERAR-SOMBREAMENTO	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: GERAR-VISUALIZADOR3D-APARTIR-MAPA	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-GERAR-VISUALIZADOR3D-APARTIR-MAPA	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-GERAR-VISUALIZADOR3D-APARTIR-MAPA	
. . SELECT-ITEM-FIELD-MAPA	3.0
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
GOAL: INSERIR-ENTIDADE	
. GOAL: OPEN-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-REDESIGN	1.45
. GOAL: OPEN-WINDOW-INSERIR-ENTIDADE	
. . SELECT-ITEM-FIELD-ACOES-REDESIGN	3.0
. . CLICK-BUTTON-EXECUTAR	1.45
. GOAL: APPLY-INSERIR-ENTIDADE	
. . SELECT-ITEM-FIELD-MAPA-VISUALIZADOR3D	3.0
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. . FIND-ENTIDADE-TO-INSERT	7.93
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45
. GOAL: CLOSE-WINDOW-REDESIGN	
. . CLICK-BUTTON-OK	1.45

Apêndice VII

Teste-Piloto com Usuários

Informações sobre o Teste de Usabilidade

- **O objetivo do teste: o que se deseja obter?**

Deseja-se avaliar a relevância da nova proposta de modelagem, em termos de facilidade de uso, nível de complexidade na execução de tarefas e compreensão do processo de modelagem.

- **Quando e onde o teste irá acontecer?**

Os testes acontecerão nos dias 17 e 18 de dezembro de 2001 no Laboratório de Sistemas de Informação (LIS) do Instituto de Computação (IC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

- **Qual a duração prevista de cada sessão de teste?**

Estamos prevendo o tempo de quarenta minutos para a conclusão da tarefa.

- **Qual o suporte computacional necessário?**

A máquina usada será um PentiumIII 800Mhz com 128MB de RAM.

- **Qual software precisa estar a disposição?**

O Sistema Operacional Windows95 ou 98, o sistema ArcView GIS e módulo ArcView GIS 3D Analyst.

- **Qual deverá ser o estado do sistema no início do teste?**

Sistema ArcView GIS aberto e módulo ArcView GIS 3D Analyst habilitado.

- **Quem serão os usuários e como serão conseguidos?**

São 6 usuários voluntários.

- **Quantos usuários são necessários?**

São necessários 6 usuários, 3 com conhecimento e 3 sem conhecimento em SIG, mas todos com algum conhecimento em sistemas computacionais.

- **Quais as tarefas que serão solicitadas aos usuários?**

Tarefa:

Criar uma interface de aplicação 3D para planejamento urbano com dados inseridos inicialmente em um mapa.

- **Qual critério será utilizado para definir que os usuários terminaram cada tarefa corretamente?**

O sujeito do teste terá terminado a tarefa se conseguir aproximar a interface 3D de aplicação SIG da realidade visual do usuário final.

- **Quanto o experimentador poderá ajudar o usuário durante o teste?**

A ajuda poderá ser dada desde que não informe de maneira direta como deve ser realizada a ação para aquela tarefa.

- **Quais dados serão coletados e como serão analisados, uma vez que tenham sido coletados?**

Os dados coletados envolvem: registro em vídeo e em fita cassete da forma de realização das tarefas pelos sujeitos, respostas escritas aos questionários e observações dos sujeitos anotadas pelo avaliador. Os dados serão gerados e avaliados segundo os testes: percurso cognitivo, avaliação heurística e análise semiótica. A análise dos dados será qualificada de acordo com as duas formas de modelagem.

- **Qual o critério para determinar que a interface é um sucesso?**

Se o usuário conseguir concluir a tarefa no tempo determinado e sem a ocorrência de erros críticos com relação a interpretabilidade de sinais de interface, bem como, suas funcionalidades.

Modelagem de Aplicações SIG: Tarefa (Versão 1)

Informações Gerais:

View: permite a visualização de dados geográficos em 2D.

3D scene: permite a visualização de dados geográficos em 3D.

Theme: é um elemento que descreve uma parte específica da interface de aplicação SIG. Entenda-se por interface de aplicação SIG uma *view* ou *3D scene* sendo modelada. Podemos ter temas de hidrografia, relevo, construções, estradas, entre outros. Para nós, um tema também será denominado entidade.

Tarefa:

Criar uma interface 3D de aplicação SIG para planejamento urbano com dados inseridos inicialmente em um mapa.

Temas “bldg, brklinz, cut, masspntz e perim” do diretório “c:\esri\av_gis30\avtutor\3d\site1” da base de dados do ArcView GIS 3D Analyst.

Modelagem de Aplicações SIG: Tarefa (Versão 2)

Informações Gerais:

View: permite a visualização de dados geográficos em 2D.

3D Scene: permite a visualização de dados geográficos em 3D.

Theme: é um elemento que descreve uma parte específica da interface de aplicação SIG. Entenda-se por interface de aplicação SIG uma *view* ou *3D scene* sendo modelada. Podemos ter temas de hidrografia, relevo, construções, estradas, entre outros. Para nós, um tema também será denominado entidade. A cada tema, estão associadas duas tabelas, uma com dados descritivos, que está visível; e outra com dados espaciais, que não está visível.

Tarefa:

Criar uma interface de aplicação 3D para planejamento urbano com dados inseridos inicialmente em um mapa.

Temas a serem inseridos: “bldg, brklinz, cut, masspntz e perim” do diretório “c:\esri\av_gis30\avtutor\3d\site1” da base de dados do ArcView GIS 3D Analyst. Onde: bldg (tema de construções), brklinz (temas de estradas), cut (tema de uma construção), masspntz (tema de elevação de terreno) e perim (tema de perímetro de região).

Durante a execução da tarefa, poderão ser executadas algumas operações, como a atribuição do efeito de elevação e a altura da base. A altura da base permite modificar a localização de um tema no espaço colocando-o mais acima ou mais abaixo, em relação à sua posição original.

Ao usar o nosso protótipo-teste, o usuário não deverá se preocupar em preencher os campos das janelas, pois eles servem para documentação das ações realizadas e inconsistências detectadas. O usuário deve se preocupar apenas em executar ações de (re)design. O módulo ações de (re)design permite executar as mesmas funcionalidades do 3D Analyst de forma simplificada.

Processo de Modelagem de Aplicações SIG: Questionário

Dica: se precisar, use o verso da folha.

1. Conte uma história de sucesso: um uso bem sucedido de elementos de interface, que o ajudaram na realização da tarefa.

R.:

2. Conte uma história de fracasso: um uso de elementos de interface que não corresponderam ao que você imaginava, ou que o confundiram na realização da tarefa.

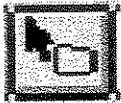
R.:

3. Você tem algum comentário, sugestão ou dúvida a destacar?

R.:

Avaliando Sinais da Interface

Escreva a sua interpretação para os seguintes sinais da interface do 3D Analyst:







Algum sinal em especial chamou sua atenção? Qual ou quais? Por que?

Dê um exemplo de algum sinal que você gostou e que não gostou e por que?

Sinais no EComSIG:

Questionamentos

Mod. Entidades

Imergir

Algum sinal em especial chamou sua atenção? Qual ou quais? Por que?

Dê um exemplo de algum sinal que você gostou e que não gostou e por que?

Avaliação Heurística de Elementos da Interface

1. Atribuição de Altura da Base

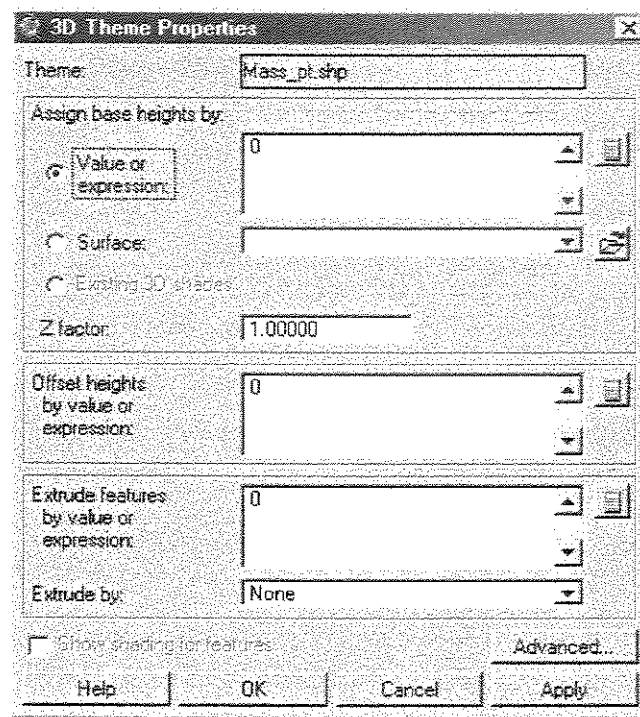


Figura VII.a: Função de Altura da Base no 3D Analyst (primeiro painel)

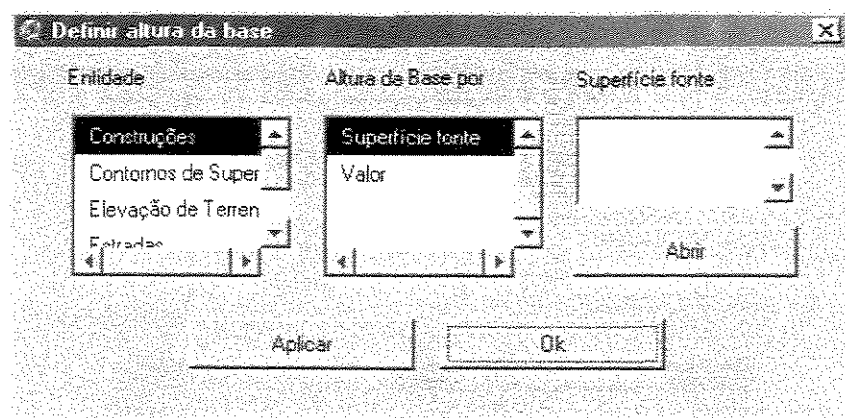


Figura VII.b: Função de Altura da Base no EComSIG

Compatibilidade do sistema com o mundo real:

Consistência e padrões:

Visibilidade do estado do sistema:

2. Atribuição do Efeito de Elevação

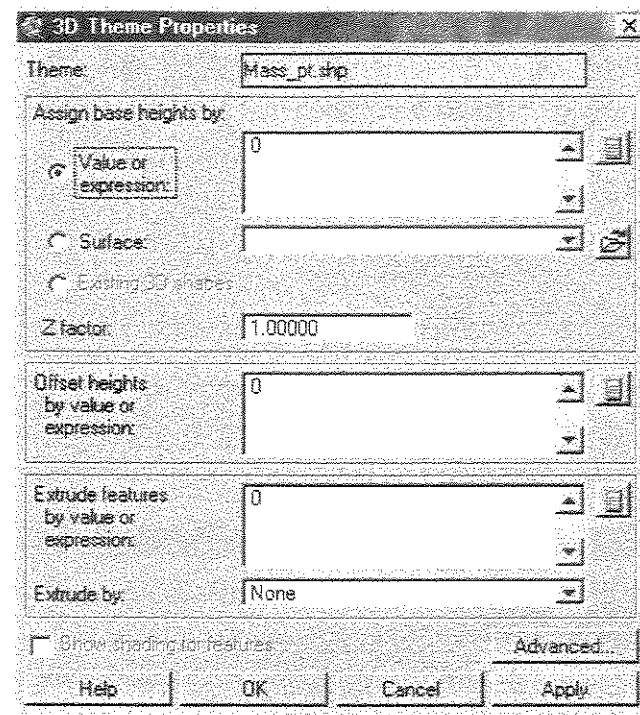


Figura VII.c: Função do Efeito de Elevação no 3D Analyst (terceiro painel)

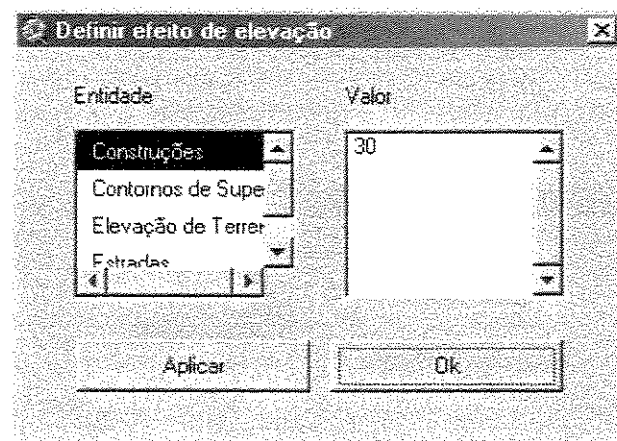


Figura VII.d: Função do Efeito de Elevação no EComSIG

Compatibilidade do sistema com o mundo real:

Consistência e padrões:

Visibilidade do estado do sistema:

3. Criação de Superfície Irregular

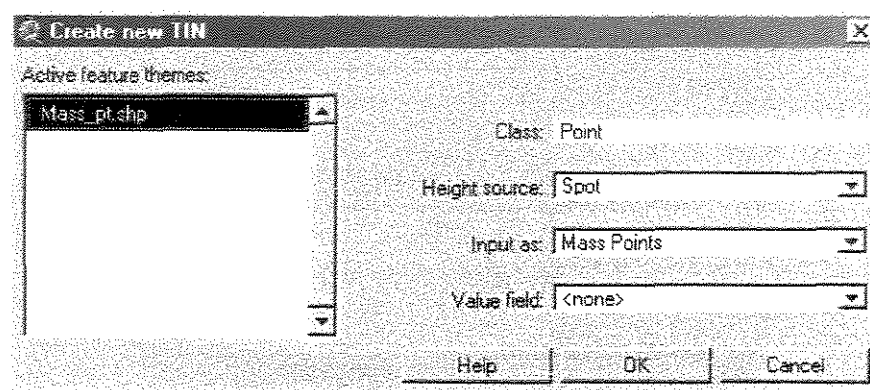


Figura VII.e: Criação de Superfície Irregular no 3D Analyst

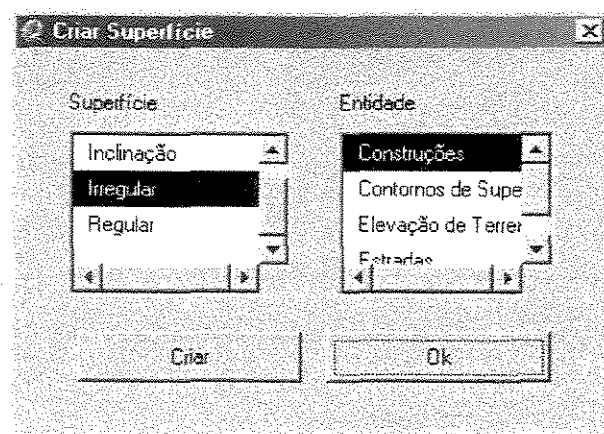


Figura VII.f: Criação de Superfície Irregular no EComSIG

Compatibilidade do sistema com o mundo real:

Consistência e padrões:

Visibilidade do estado do sistema:

4. Criação de Superfície Regular

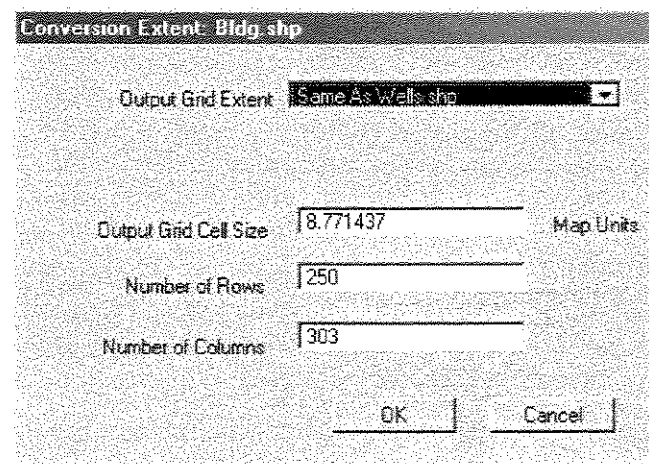


Figura VII.g: Criação de Superfície Regular no 3D Analyst

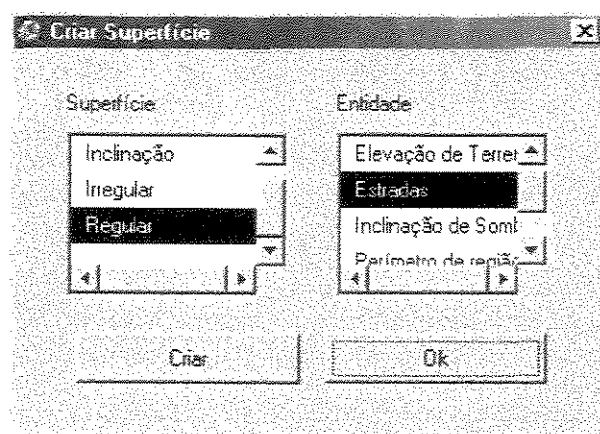


Figura VII.h: Criação de Superfície Regular no EComSIG

Compatibilidade do sistema com o mundo real:

Consistência e padrões:

Visibilidade do estado do sistema: