

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT

**AUTOMAÇÃO DE DECISÕES PARA CLASSIFICAÇÃO DE
INFORMAÇÕES EM ATLAS ELETRÔNICO UTILIZANDO SISTEMA
ESPECIALISTA BASEADO EM REGRAS**

Curitiba
2008

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT

**AUTOMAÇÃO DE DECISÕES PARA CLASSIFICAÇÃO DE
INFORMAÇÕES EM ATLAS ELETRÔNICO UTILIZANDO SISTEMA
ESPECIALISTA BASEADO EM REGRAS**

Dissertação apresentada em Seminário do
Curso de Pós-Graduação em Ciências
Geodésicas da Universidade Federal do
Paraná, como requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre em Ciências Geodésicas.

Orientador(es):
Prof. Dra. Luciene Stamato Delazari

Curitiba
2008

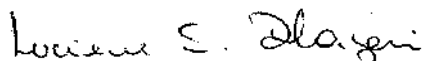
TERMO DE APROVAÇÃO

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT

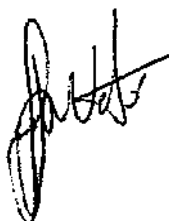
"AUTOMAÇÃO DE DECISÕES PARA CLASSIFICAÇÃO DE INFORMAÇÕES EM
ATLAS ELETRÔNICO UTILIZANDO SISTEMA ESPECIALISTA BASEADO EM
REGRAS"

Dissertação n° 218 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

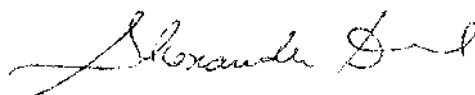
Orientadora:



Prof.^a. Dr.^a. Luciene Stamato Delazari
Departamento de Geomática, UFPR



Prof. Dr. Sílvio Luiz Rafaeli Neto
Universidade Estadual de Santa Catarina, UDESC



Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne
Departamento de Informática, UFPR



Prof. Dr. Hideo Araki
Departamento de Geomática, UFPR

Curitiba, 22 de fevereiro de 2008.

“ Amplo é o horizonte para aquele que atinge o alto da montanha “
Fr. Lewis (R+C)

Dedico esse trabalho aos meus pais, irmã e esposa.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que direta ou indiretamente ajudaram na realização deste trabalho, em especial:

- À minha orientadora, Prof. Dra. Luciene Stamato Delazari, pelo incentivo na pesquisa, pela confiança, apoio e paciência durante a realização deste trabalho;

-Aos membros da banca, Profa Dra. Claudia Robbi (UFPR), Prof. Dr. Alexandre Direne (UFPR), Prof. Hideo Araki (UFPR) e Prof. Silvio Luís Rafaeli Neto (UDESC) pelas sugestões oferecidas e avaliação desse trabalho;

- A todos os professores e alunos do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, pela amizade e colaboração.

RESUMO

Com a popularização dos computadores e programas nos últimos anos, sistemas de mapeamento digitais se tornaram bastante acessíveis para uma grande comunidade de usuários inapta nos conceitos cartográficos de visualização de dados. Percebe-se, com cada vez mais frequência, a criação de mapas temáticos com problemas em conceitos básicos de linguagem cartográfica. Mapas mal estruturados são produzidos, transmitindo erroneamente as informações a que se destinam. Isso ocorre porque os programas de mapeamento permitem ao usuário diversas possibilidades para a seleção de símbolos e construção de mapas sem orientação ao usuário. É utópico esperar que todos os possíveis usuários desses sistemas sejam totalmente treinados e habilitados na operação de tais ferramentas, bem como esperar que o crescimento dos custos de implantação sejam absorvidos se esses treinamentos fossem desenvolvidos. Em face disso, esse trabalho propõe assegurar as escolhas do usuário na criação de mapas temáticos através em um sistema cartográfico especialista baseado em regras para classificação das informações inseridas em banco de dados e seleção das opções na criação de visualizações. O sistema especialista baseado em regras foi o método escolhido em face de sua simplicidade de implementação computacional e de processamento. A implementação desse protótipo será realizada sobre um Atlas eletrônico e em função da classificação da informação as seleções de cores do projeto cartográfico temático serão selecionadas.

Palavras Chaves: Sistemas Especialistas, Visualização Cartográfica

ABSTRACT

With the popularization of computers and programs in the last years, digital mapping systems became easily accessible for a wide community of lay users in the cartographic concepts. It is perceived, each time more often, the creation of thematic maps with problems in basic concepts of the cartographic language. Maps not well structured are produced, transmitting wrongly the information which is suppose to. This occurs because the mapping programs allows to the user diverse possibilities for the election of symbols and construction of maps without any kind of orientation. It is utopic to expect that all the possible users of these systems would be trained and qualified in the operation of such tools, as well expect that the growing costs of the implantation could be absorbed if these training were developed. In face of this, this work considers to assure the user choices in the creation of thematic maps through a cartographic system specialist based on rules. This ES run the classification on data base and election of the options in the creation of visualizations, when the information is inserted on database. The system specialist based on rules was chosen because its simplicity of implementation and processing. The implementation of this prototype will be carried through on electronic Atlas and by the resulting information classification the elections of colors of the thematic cartographic project will be selected.

Key Words: Expert System, Cartographic Visualization

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	EXEMPLO DE USO EQUIVOCADO DAS FERRAMENTAS DISPONÍVEIS EM SIG.....	12
FIGURA 2	MODELO SIMPLIFICADO DE COMUNICAÇÃO DE MAPAS.....	18
FIGURA 3	MODELO CARTOGRAFIA ³	19
FIGURA 4	PROGRAMA ESTAD, VISUALIZAÇÃO MULTI-JANELAS..	22
FIGURA 5	ALTERAÇÃO DINÂMICA DE VARIÁVEL VISUAL.....	23
FIGURA 6	CUBO DE USO DE MAPAS.....	27
FIGURA 7	ESQUEMA GRÁFICO DO PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA.....	28
FIGURA 8	ESTRUTURA BÁSICA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA.....	37
FIGURA 9	EXEMPLO DE CONSULTA REALIZADA NO PROGRAMA.....	44
FIGURA 10	SELEÇÃO DO TEMA	45
FIGURA 11	(a) SELEÇÃO DE UMA INFORMAÇÃO NOMINAL, (b) SELEÇÃO DE UMA INFORMAÇÃO ORDINAL	45
FIGURA 12	ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ESPECIALISTA.....	47
FIGURA 13	RELACIONAMENTO DAS INFORMAÇÕES DENTRO DO ATLAS SOCIAL.....	48
FIGURA 14	FLUXOGRAMA DE AÇÕES DO USUÁRIO.....	50
FIGURA 15	FLUXOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SE.....	53
FIGURA 16	ORGANIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO NA BASE DE CONHECIMENTO.....	67
FIGURA 17	MENU DE EDIÇÃO E CHAMADA DO SE.....	70
FIGURA 18	TELA PRINCIPAL DO SE.....	71
FIGURA 19	MENSAGEM DE AVISO DO SE.....	72
FIGURA 20	CONFIRMAÇÃO DE CRIAÇÃO DE INCLUSÃO DE INFORMAÇÕES.....	72
FIGURA 21	TELA DE ASSOCIAÇÃO DE CLASSES AOS OBJETOS....	72
FIGURA 22	TELA DE EDIÇÃO DE INFORMAÇÕES.....	73
FIGURA 23	ATLAS SOCIAL: MAPA DE APLICAÇÃO DE FUNDO MUNICIPAL.....	74
FIGURA 24	ATLAS SOCIAL: MAPA DE DATA DE CRIAÇÃO DE CONSELHOS MUNICIPAIS.....	74
FIGURA 25	ATLAS SOCIAL: MAPA DE PREVISÃO DE ELABORAÇÃO DE PLANO DE ASSISTÊNCIA SOCIAL.....	75
FIGURA 26	TELA CAPTURADA DA INTERNET DEMONSTRANDO O APLICATIVO COLORBREWER E DETALHE.....	90

FIGURA 27	EXEMPLO DE USO DO PROGRAMA APT.....	94
FIGURA 28	EXEMPLO DE USO DO SAGE – CAMPANHA DE NAPOLEÃO, 1812.....	98
FIGURA 29	TECNICAS PRIMITIVAS DE VISUALIZAÇÃO.....	101
FIGURA 30	REGRAS DE COMPOSIÇÃO DO PROGRAMA VISTA.....	102
FIGURA 31	TELA DO PROGRAMA ARCCATALOG DEMONSTRANDO A GEODATABASE E A MANIPULAÇÃO DE ARQUIVOS INSERIDOS.....	105
FIGURA 32	TELA DO PROGRAMA ARCMAP DEMONSTRANDO A ESCOLHA DE PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS.....	106
FIGURA 33	TELAS DO PROGRAMA ARCVIEW 9.1 DEMONSTRANDO AS OPÇÕES DO USUÁRIO PARA TIPOS DE REPRESENTAÇÃO E ESCOLHAS DE ESQUEMAS DE CORES.....	108
FIGURA 34	TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO A CRIAÇÃO DE UM NOVO PROJETO E ESCOLHA DE PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA	113
FIGURA 35	TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO A CRIAÇÃO DE UM NOVO PROJETO E ESCOLHA DE PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA.....	114
FIGURA 36	TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO A CRIAÇÃO DE CLASSES DENTRO DAS CATEGORIAS (A) E A IMPORTAÇÃO DAS INFORMAÇÕES PARA DENTRO DOS PLANOS DE INFORMAÇÃO (B).....	115
FIGURA 37	TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO A BARRA DE MENU	116
FIGURA 38	TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO OPÇÕES DE CLASSIFICAÇÃO DE DADOS.....	117

LISTA DE TABELAS

QUADRO 1	COMPARAÇÃO ENTRE CONHECIMENTO ESPECIALIZADO HUMANO E ARTIFICIAL	34
QUADRO 2	DIFERENÇAS IMPORTANTES ENTRE A PROGRAMAÇÃO CONVENCIONAL E A SIMBÓLICA	36
QUADRO 3	QUADRO COMPARATIVO ENTRE AS PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS ACADÊMICAS DE VISUALIZAÇÃO CIENTIFICA.....	56
QUADRO 4	QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS PRINCIPAIS PROGRAMAS DE SIG DISPONÍVEIS	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. CONTEXTO – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	10
1.2. HIPÓTESE E JUSTIFICATIVA.....	14
1.3. OBJETIVOS PROPOSTOS.....	15
1.3.1. Geral.....	15
1.3.2. Específicos.....	15
2. CONSIDERAÇÕES SOBRE GEOVISUALIZAÇÃO	16
2.1. VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA E VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA.....	16
2.1.1. Integração Visualização Cartográfica, SIG e ViSC.....	20
2.2 PROJETO CARTOGRÁFICO.....	27
2.2.1 Conceitos de Projeto Cartográfico Temático.....	28
2.3. ATLAS ELETRÔNICOS.....	30
2.4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	33
2.4.1. Estrutura básica de um sistema especialista.....	37
2.4.2 Sistema de regras.....	38
3. METODOLOGIA	41
3.1. ETAPAS DA METODOLOGIA.....	41
3.2. PROPOSTA DE SISTEMA ESPECIALISTA.....	42
3.2.1. O protótipo do Atlas Social do Estado do Paraná.....	42
3.2.2. Regras Para o Sistema Especialista e Base de Conhecimento.....	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
4.1. ANÁLISE DE PROGRAMAS DE MAPEAMENTO.....	55
4.1.1. Resumo comparativo dos métodos científicos.....	55
4.1.2. Resumo comparativo dos métodos comerciais.....	62
4.2. O SISTEMA ESPECIALISTA.....	66
4.2.1 Base de Conhecimento.....	66
4.2.2. Regras para o Sistema Especialista.....	68
4.2.2.1. Definição dos testes.....	68
4.2.2.2. Definição das regras de classificação.....	69
4.2.2.3. Definição das regras em linguagem de programação.....	70
4.2.3. Interface do SE no Atlas Social.....	70
4.3. Mapas gerados no Atlas Social através do SE.....	73
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	76

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
6.1. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	85
ANEXO A.....	88
ANEXO B.....	118

1. INTRODUÇÃO:

1.1. CONTEXTO – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

A Cartografia sempre fez uso da simbolização, mas até Bertin apresentar as diretrizes sistemáticas para simbolização na década de 1960, as regras seguidas pelos cartógrafos eram baseadas em convenções e experiência. Nos últimos anos, sistemas de mapeamento computadorizados se tornaram amplamente disponíveis e facilmente acessíveis para uma grande comunidade de usuários leigos. Conseqüentemente, segundo Wang & Ormeling (1996), se percebe mapas mal estruturados, em revistas, jornais, e até em literatura científica. Isto porque os programas existentes permitem ao usuário diversas possibilidades para a seleção de símbolos e construção de mapas.

Assim como a criação de símbolos, “a geração de mapas digitais por usuários não cartógrafos de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) ou sistemas de processamento digital de imagens, tem resultado na produção de mapas com erros básicos de projeto cartográfico” (Robbi, 2000). Isso ocorre devido à evolução da tecnologia que se expandiu rapidamente nos últimos anos. Uma marca dessa evolução foi o surgimento do usuário-produtor, ou seja, um usuário de uma estação de trabalho munido de pacotes gráficos, mas com limitado ou mesmo sem qualquer conhecimento sobre as técnicas usadas em cartografia.

Para se construir um mapa, além de tempo e esforço, é necessário conhecimento dos princípios de representação gráfica. Por outro lado, a construção de um mapa é um pré-requisito para o trabalho de exploração e análise dos dados.

Para Van Elsakker (1999), atualmente, são os usuários que geram seus próprios mapas em computadores pessoais. Como exemplo, o autor cita geocientistas que exploram um conjunto desconhecido de dados geográficos com programas de visualização como o ArcView. O problema para esses geocientistas é a obtenção de conhecimento sobre os dados. Para obter esse conhecimento através do reconhecimento de padrões e relações em seu contexto espacial, van Elsakker (1999) afirma que geocientistas podem usar vários tipos de mapas temáticos e topográficos que possam ser mais ou menos ajustados às suas necessidades específicas. Estes mapas podem ser gerados com ajuda de programas computacionais de visualização cartográfica. Nesse contexto, van Elsakker (1999) afirma ter havido duas inovações na cartografia durante os últimos anos:

- Cada vez mais são os usuários, ao invés dos cartógrafos, que produzem visualizações a partir de banco de dados geográficos, e;
- Os mapas não são mais apenas produtos estáticos.

Essa idéia concorda com Pantaleão (2003) que afirma que para realizar a tomada de decisões os profissionais de planejamento têm de ter acesso às informações claras e precisas, sendo os mapas importantes ferramentas. Por mostrarem como um fenômeno se distribui e sua localização, é comum que o mapa seja gerado pelo próprio usuário a partir de dados em um SIG e, em geral, esse usuário possui poucos conhecimentos em cartografia temática.

Nos estudos realizados por Weibel e Buttenfield (1992, p.224, apud Robbi¹), os erros comuns encontrados nos mapas gerados com SIG, pacotes de análises estatísticas ou pacotes para mapeamento temático são: “desigualdades entre as escalas estatísticas e gráficas; simbolização incompreensível e ilógica; mapas sobrecarregados e enigmáticos; ausência de padronização de valores de dados para mapas coropléticos; sobreposição de mapas detalhados”.

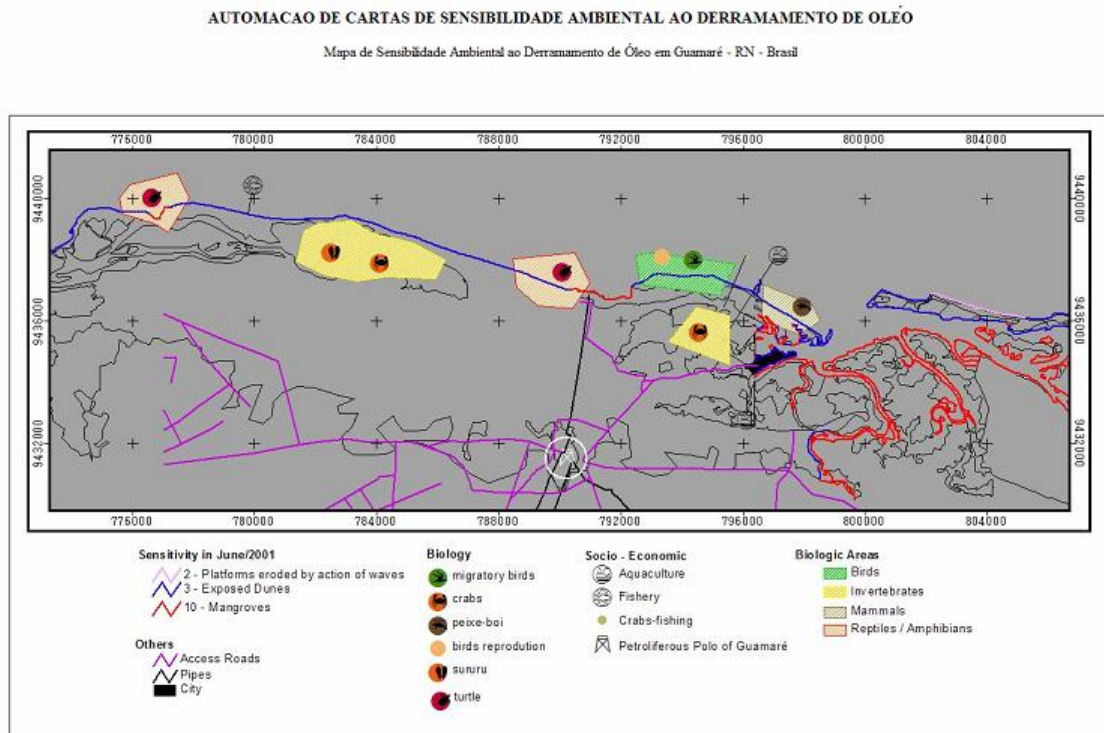
A Figura 1 apresenta um mapa onde se destaca uma série de equívocos provenientes do uso sem orientação das ferramentas disponíveis nos programas de mapeamento. São eles:

- o mapa é bilíngüe, isto é, a legenda é em inglês enquanto o resto do mapa é em português;
- há elementos representados que não são contemplados na legenda;
- a simbologia adotada é pobre, as linhas utilizadas da forma como aparecem não possibilitam a distinção das feições naturais (dunas e água);
- os símbolos pictográficos são confusos e não permitem saber de forma clara e objetiva qual a real área de ocorrência do fenômeno;
- os símbolos da classe sócio-economia estão em um tamanho que não permitem sua leitura, sendo que o símbolo da plataforma está com a cor trocada e há um círculo não existente na legenda, ou seja, é um símbolo diverso ao apresentado na legenda;

¹ WEIBEL, R.; BUTTENFIELD, B.P. Map design for geographic information systems. International Journal of Geographic Information Systems, vol. 6, p. 233-245, 1992

- o fundo cinza não permite grandes contrastes de modo que todo o conjunto fica prejudicado na visualização;
- há indicação de coordenadas, mas não há qualquer menção ao Datum ou ao sistema projetivo utilizado.

FIGURA 1: EXEMPLO DE USO EQUIVOCADO DAS FERRAMENTAS DISPONÍVEIS EM SIG



FONTE: Castro et al.(2005).

Como solução a esse tipo de problema, Weibel e Buttenfield (1992, apud Robbi, 2000²) indicam dois caminhos possíveis: ou os usuários adquirem conhecimento sobre projeto cartográfico, ou os sistemas para geração de mapas incorporam conhecimento sobre princípios de projeto cartográfico.

É uma utopia esperar que todos os possíveis usuários de programas de mapeamento sejam totalmente treinados e habilitados na operação desses sistemas, bem como esperar que o crescimento dos custos de implantação seja absorvido se esses treinamentos fossem desenvolvidos. Por isso, segundo Andrienko e Andrienko (1999), um sistema que automatiza a construção de mapas de acordo com os princípios do projeto cartográfico seria de grande auxílio para o especialista, visto

² WEIBEL, R.; BUTTENFIELD, B.P. Map design for geographic information systems. International Journal of Geographic Information Systems, vol. 6, p. 233-245, 1992

que eliminaria a necessidade de aprendizado dos princípios de representação gráfica, de modo que o analista possa dedicar mais tempo à análise dos dados.

No contexto de todos os possíveis usuários de programas de mapeamento podem-se conceber três possíveis classes. A primeira classe são os cartógrafos, que são os especialistas em representação cartográfica. A segunda classe são os especialistas em outras áreas que não são cartógrafos e que têm pouco conhecimento de cartografia, mas geram mapas através de sistemas de mapeamento. A terceira classe é composta pelos usuários denominados utilizadores de mapas, que são usuários que realizarão a leitura do mapa e sua utilização para tomada de decisões. Neste trabalho os usuários que geram seus próprios mapas são definidos como autores de mapas. Essas três classes de usuários podem, eventualmente, se combinar em uma mesma pessoa de modo que o autor do mapa seja o próprio utilizador ou o cartógrafo seja o autor do mapa.

Para a diminuição do uso equivocado de ferramentas para representação em programas de mapeamento pelos autores de mapas não cartógrafos, sistemas especialistas devem ser desenvolvidos. Esses sistemas englobam o conhecimento de representação cartográfica necessário, provendo orientação e controle durante a escolha da projeção, da classificação dos dados, da criação do símbolo e escolha das variáveis visuais, de modo a atender aos princípios de representação em cartografia temática.

Algumas alternativas vêm sendo desenvolvidas nos últimos anos como, por exemplo, o Atlas Social desenvolvido por Delazari (2004) dentro do Projeto de Implantação da Lei Orgânica de Assistência Social (LOAS) no Paraná. Atlas eletrônicos são programas mais simples que os SIG e menos exigentes em relação a treinamento de usuário. Porém esse tipo de programa tem menores potencialidades para a realização de análises espaciais, pois a informação é previamente filtrada pelo criador do Atlas. Por Atlas eletrônico se entende toda coleção de mapas digitais selecionados e organizados em um layout padrão cuja principal vantagem, segundo Delazari (2004), é permitir ao usuário manipular os mapas e a base de dados de uma forma que não é possível nos Atlas tradicionais.

O Atlas Social se destaca por combinar funcionalidades inerentes a um Atlas, porém traz implementado em sua programação uma série de considerações que garantem o desenvolvimento do projeto cartográfico temático conforme as teorias de

representação para o contexto do projeto de implantação da LOAS. Nesse programa, o usuário gerador é também o utilizador do mapa. Essas implementações foram realizadas no corpo do programa de modo a assegurar a qualidade do produto final do Atlas. Porém, essa opção não permite ao usuário fazer modificações na classificação ou nas opções da linguagem cartográfica, como número de classes e esquema de cores, por exemplo, tampouco alterações no número ou definições dos tipos de dados dos campos do banco de dados. Por isso essa dissertação versa sobre a criação e implementação de um sistema especialista que trata as questões de linguagem cartográfica no Atlas Social do Paraná.

1.2. HIPÓTESE E JUSTIFICATIVA

Percebe-se a necessidade de orientação do usuário não cartógrafo na utilização dos programas de mapeamento na seleção, classificação e representação de informações dentro dos princípios de linguagem cartográfica. Durante a concepção desse trabalho se percebeu, também, que a criação do protótipo proposto nesse estudo deve ser restrita a aplicações de Atlas eletrônicos, pois a sua aplicação a um SIG expande muito a complexidade do sistema especialista. Essa complexidade surge da diferença de estruturação de Atlas e SIG. Atlas são programas cujo objetivo principal é a representação de informações pré-selecionadas e armazenadas em um Banco de Dados Geográfico (BDG). SIG são programas de exploração e análises de dados geográficos que permitem a geração de dados derivados e análises através de representações visuais.

A proposta dessa dissertação é partir das implementações iniciais realizadas no Atlas Social. Deste modo, se for desenvolvido um sistema especialista que assume o papel do cartógrafo no momento da definição dos elementos da linguagem cartográfica, então haverá um incremento na capacidade de análise e exploração dos dados. Como auxílio ao autor do mapa na criação de visualizações de dados geográficos, esse sistema especialista terá o papel de orientar o usuário não cartógrafo em relação ao conhecimento técnico-científico em cartografia para definição da simbologia na representação dos dados contidos no BDG do Atlas Social. Esta implantação, através de sistemas especialistas, tem capacidade de manipular uma grande quantidade de informações e permite a tomada de decisões coerentes, pois se baseia em conhecimento prévio do especialista humano. O

desenvolvimento desse sistema especialista de acordo com estes princípios e embutimento nos programas de mapeamento, evitará equívocos na produção de mapas que decorrem da quantidade de opções disponíveis nos programas comerciais por usuários não cartógrafos.

1.3. OBJETIVOS PROPOSTOS

1.3.1. Geral:

Desenvolver um sistema especialista como um módulo computacional embutido num Atlas eletrônico que permite que usuários não cartógrafos produzam mapas temáticos que atendem ao conhecimento técnico-científico para definição de simbologia em cartografia temática.

1.3.2. Específicos:

a) Estudar o uso de conceitos de visualização científica e visualização cartográfica para a geração de mapas temáticos em ambiente digital quanto às funções de auxílio ao usuário e abordagens de execução;

b) Avaliar as principais estratégias adotadas por programas computacionais comerciais e científicos para a geração de mapas temáticos existentes quanto às funções de auxílio ao usuário;

c) Estudar o uso de conceitos de sistemas especialistas baseados em regras para solucionar a inserção de informações geográficas em banco de dados geográfico e escolha de simbologia por usuários não cartógrafos em Sistemas de Informação em Atlas (AIS);

d) Realizar a modelagem e implementação no Atlas Social do Paraná de um sistema especialista baseado em regras para inserção de informações em banco de dados geográfico e escolha de simbologia, através de elementos de linguagem cartográfica.

Para atingir esses objetivos essa dissertação está estruturada da seguinte forma. No capítulo 2 são apresentadas considerações sobre visualização científica e visualização cartográfica e programas existentes para execução de projeto cartográfico temático, SIG, Atlas eletrônicos e sistemas especialistas. O capítulo 3 apresenta a metodologia de criação e implantação do SE para o Atlas Social do Paraná. No capítulo 4 são apresentados resultados e discussões e no capítulo 5 as conclusões desse trabalho.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE GEOVISUALIZAÇÃO

2.1. VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA E VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

A análise de dados e informações espacializadas é realizada pela criação de visualizações através de mapas. Keates (1988) afirma que como um processo de comunicação visual a utilização de um mapa consiste em um processo de percepção visual, que envolve um estímulo, um receptor e uma resposta, que é o significado percebido pelo usuário a respeito das informações representadas no mapa. Apesar de utilizarem diferentes abordagens para a exploração de dados, muitas vezes a visualização científica e visualização cartográfica se utilizam de um mesmo conjunto de elementos visuais como meio de explorarem dados e gerar “insight”, logo se justifica a comparação das duas técnicas.

Segundo Wood e Brodlie (1994), o termo visualização científica apareceu pela primeira vez na publicação da *National Science Foundation*, em um relatório intitulado *Visualization in Scientific Computing*. A partir daí estudos sobre técnicas de visualização e aplicação de textura a imagens computacionais passaram a constituir um segmento de pesquisa chamado *Visualization in Scientific Computing*, ou simplesmente ViSC.

Mas como conceituar ViSC? Segundo Visvaligam (1994), existem duas conotações em relação à ViSC. Primeira, o termo visualização representa o uso de informática para explorar dados de forma visual e para experimentar mundos virtuais usando os caminhos sensoriais dos humanos. Nessa conotação estão inseridas todas as possibilidades de exploração de ambientes virtuais, sons e animações, além de imagens bi e tridimensionais. Na segunda conotação, a atenção é focada no uso de gráficos computacionais como meio para adquirir um profundo entendimento sobre os dados. Apesar de restrita ao uso de imagens essa tem se mostrado a principal linha de pesquisa segundo esse autor.

Para Wood e Brodlie (1994), em ciência e engenharia, a importância de representações gráficas de dados pode ser desde “plotagem científica de dados” até os domínios do que é agora conhecido como visualização científica. Dentro desse contexto o que é chamado de ViSC, pode ser entendido como um conjunto de ferramentas, técnicas e sistemas especificamente desenvolvidos para gerar profundo conhecimento dos dados através da análise visual dos mesmos.

Visvaligam (1994) salienta os diferentes conceitos envolvidos no estudo de visualização:

- “Visualização”³: é o processo mental que serve a vários propósitos incluindo a análise visual, ou seja, é parte do processo cognitivo;
- Visualização: é o processo que através das ferramentas converte dados brutos em uma imagem;
- ViSC: é a disciplina que desenvolve ferramentas, técnicas e sistemas para visualização assistida por computador;
- Representações visuais: se refere aos produtos, descrições pictóricas de imagens mentais, incluindo mapas, cartogramas, gráficos, etc.

Segundo Peterson (1995), visualização é a criação de imagens gráficas computacionais que mostram dados para interpretação humana, particularmente de dados científicos multidimensionais, e é baseada na habilidade humana de impor ordem e identificar padrões. Essa definição, segundo esse autor, tem sido interpretada como um método computacional que incorpora a coleta de dados, organização, modelagem e representação.

Por outro lado, na cartografia há muito tempo se busca sistematizar o processo de comunicação cartográfica, de modo a entender o seu funcionamento. Inicialmente, o objetivo do processo da ênfase em comunicação cartográfica era determinar a resposta do usuário aos elementos de um mapa individual para se modificar o processo de desenho do mapa (Robinson⁴, 1952 apud Peterson, 1995). Mais tarde houve a mudança do conceito de mapa como um instrumento de comunicação. Ao invés de se ater somente às técnicas de construção de mapas e ser uma adaptação às inovações tecnológicas, os cartógrafos puderam legitimamente examinar a função e propósito do mapa. Os mapas em si se tornaram objeto de pesquisa científica e filosófica.

Segundo Peterson (1995), a pesquisa em comunicação cartográfica teve duas fases principais:

³ do inglês “Visualisation” segundo Visvaligam (1994), traduzido pelo autor.

⁴ ROBINSON, A. H. The look of maps. Madison, WI: The University of Wisconsin Press. 1952.

a) inicialmente preocupada com a relação estímulo–resposta de símbolos individuais, a cartografia incorporou a pesquisa de métodos psicofísicos e tentou determinar como variações perceptivas ajustam escalas de símbolos, e;

b) a partir do final dos anos 1970, as pesquisas em cartografia foram dirigidas à psicologia cognitiva e focaram em como os mapas são processados e lembrados.

Entretanto, o objetivo permanece o de encontrar um meio de melhorar os mapas de modo que eles possam comunicar mais, ou mais acuradamente, informações para o usuário. Pesquisas em comunicação cartografia têm sido guiadas por modelos de comunicação. A Figura 2 apresenta o modelo simplificado de comunicação cartográfica.

FIGURA 2: MODELO SIMPLIFICADO DE COMUNICAÇÃO DE MAPAS



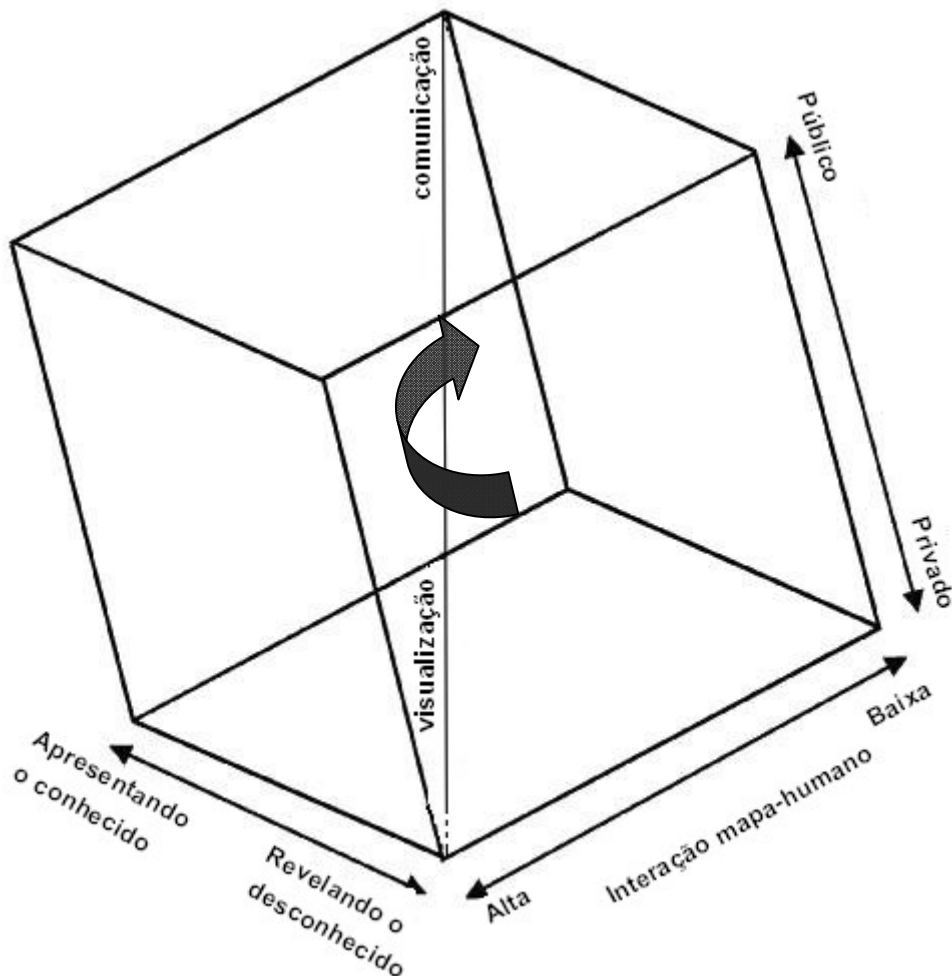
FONTE: Dorling e Fairbairn, 1997 , adaptado pelo autor

Esse modelo simplificado coloca o mapa como um produto acabado, isolado em tempo e espaço. O objetivo do cartógrafo era conseguir uma descrição fiel da realidade através de abstrações próprias. Além disso, a produção cartográfica seguia convenções do desenho de mapas que foram desenvolvidas através do tempo, muitas vezes por tentativa e erro, e, às vezes, apoiada pela pesquisa científica em processos cognitivos humanos. Em 1969 Kolacny propôs um modelo de comunicação que integrava o processo de construção do mapa e o processo de extração e interpretação da informação do mundo real. Segundo Peterson (1995), esse modelo obriga ao usuário do mapa a se ajustar a representação do mundo

criada pelo cartógrafo. Esse modelo é discutido em maiores detalhes mais adiante na sessão 2.2.1.

Entretanto, mais recentemente os cartógrafos mudaram a ênfase do modelo de comunicação de mapas para o conceito de visualização cartográfica. Essa alteração de ênfase no modelo começou em 1992 quando MacEachren, Di Biase, Monmonier, e outros, definiram visualização como análise de mapas em forma analógica ou digital. Porém, em 1994, MacEachren revisou seu conceito de modo a estabelecer um modelo que hoje é bastante conhecido em cartografia analítica como cubo de uso de mapas ou cartografia ao cubo (Figura 3).

FIGURA 3: MODELO CARTOGRAFIA³



FONTE: MacEachren e Kraak, 1997, adaptado pelo autor.

Nesse modelo existem três *continua*, ou domínios:

- o *continuum* da publicidade dos dados variando de privado, onde indivíduos exploram dados espaciais, a público, onde uma grande quantidade de usuários pode usar o dado publicado;

- o *continuum* da exploração dos dados, no qual o foco é revelar o desconhecido, ao uso do mapa no qual o conhecido é apresentado; e
- o *continuum* do mapa variando de alta a baixa interação humana.

Por esse modelo apresentado por MacEachren, a visualização cartográfica é enfatizada quando mapas de alta interatividade humana ocorrem no domínio privado com objetivo de revelar o desconhecido (na Figura 3 essa situação é um vértice do cubo) embora haja comunicação em menor grau.

A consideração de que a comunicação possa acontecer quando o foco é visualização se deve ao fato que, apesar de se tratar de um cubo estático, o processo do uso de mapas é dinâmico. No momento que a visualização sobre dados privados e desconhecidos é realizada, o usuário está tomando conhecimento dos padrões e relações internas dos dados. Então o processo deixa de ser somente visualização e passa a se deslocar para outro ponto do cubo onde visualização e comunicação ocorrem conjuntamente. Ainda, se o usuário passa a gerar produtos como, por exemplo, imagens estáticas para vinculação em periódicos ou internet então o uso se volta para a comunicação. E todo processo acontece repetidas vezes, de acordo com o tipo de abordagem que o usuário define. Essa idéia concorda com MacEachren e Kraak (1997), que afirmam que:

“todo uso de mapas envolve visualização (definido livremente como encadeamento do pensamento visual e construção do conhecimento) e comunicação (definido livremente como transferência de informação), mas o uso de mapas pode diferir consideravelmente de acordo com a ênfase que é dada a essas atividades”.

2.1.1. Integração Visualização Cartográfica, SIG e ViSC

O objetivo da integração da visualização científica com SIG é identificar aspectos de ViSC que possam aumentar a funcionalidade e eficiência do SIG de modo a satisfazer os diferentes tipos de análises para os quais estes vêm sendo aplicados. Por isso, a criação de visualizações é um aspecto crítico em SIG, especialmente quando essas imagens são criadas para serem empregadas em sistemas de suporte à decisão.

Turk (1994) ressalta que a “cartografia é comumente identificada como uma aplicação da visualização científica quando, na verdade, a cartografia é a técnica fundamental de visualização que de modo particular é usada em muitas áreas da

ciência”. O poder da cartografia abrange desde a apresentação do conhecido à descoberta do desconhecido, através de análises. Portanto, pode-se entender que a cartografia não apenas previu a moderna ViSC mas também originou muitas das suas técnicas gráficas.

Tradicionalmente no campo de SIG, a visualização apresenta uma tendência de uso restrito, geralmente associada com mapas convencionais e perspectivas tridimensionais do terreno ou superfícies estatísticas. Entretanto, visualizações cartográficas em Sistemas de Informação Geográfica têm se tornado mais sofisticadas, bem como a tendência em se obter visualizações mais realísticas, através do aumento do uso de gráficos abstratos para representar a distribuição de fenômenos não visuais e para descrever processos.

Van Elzakker (1999) afirma que para cada tipo de uso do mapa há uma visualização mais eficiente. Essa afirmação concorda com Turk (1994) que propõe a necessidade de estratégias de escolha dos métodos de visualização. Van Elzakker (1999) propõe ainda um número mínimo de requisitos para um programa eficientemente realizar a visualização de dados:

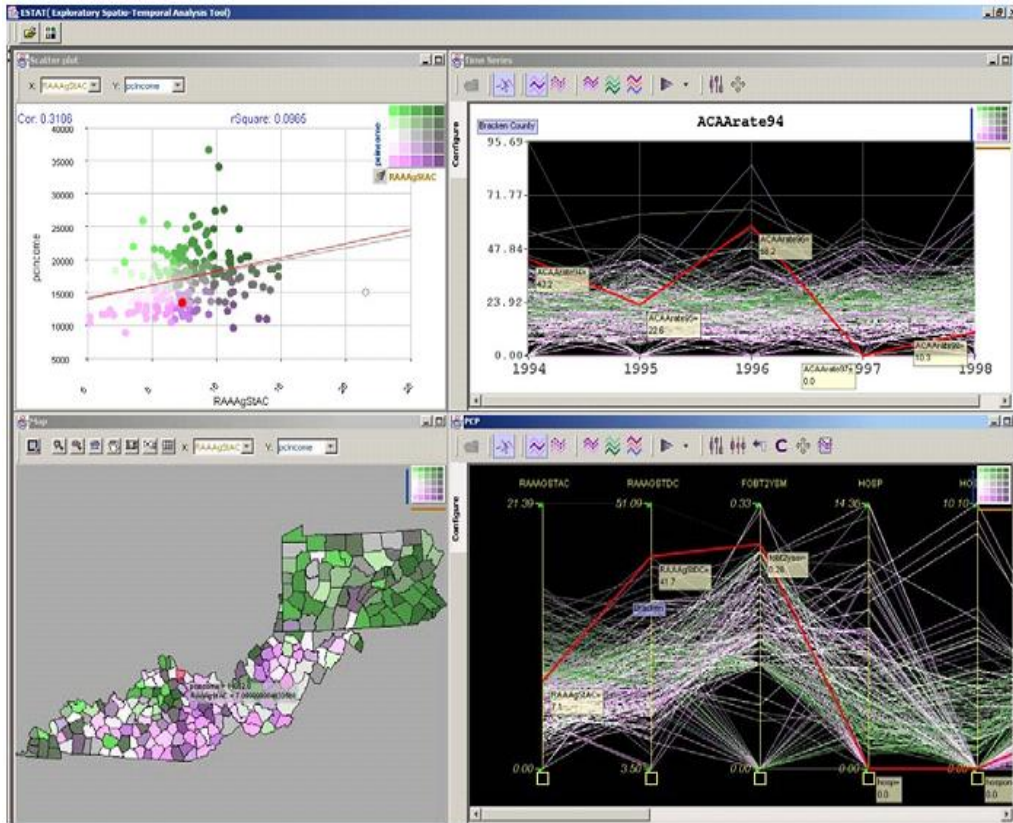
- a) Funcionalidades multi-janelas
- b) Variáveis visuais dinâmicas
- c) Sistema cartográfico especialista
- d) Comparações espaciais
- e) Funcionalidades de SIG
- f) Generalização
- g) Meta dados
- h) Modelagem espacial
- i) Interface gráfica interativa
- j) Capacidade de edição via imagem

Em relação a esses requisitos algumas considerações podem ser feitas:

- a) Funcionalidades multi-janelas: Basicamente se trata da existência de várias janelas representando vários atributos do mesmo conjunto de dados. Tipicamente, nas abordagens construídas até o momento nos meios acadêmicos, essas janelas são divididas em dois grupos. O primeiro grupo é o da representação cartográfica tradicional, como mapas coropléticos ou de

pontos proporcionais, e o segundo grupo é o de janelas com visualização estatística como *data mining*, gráficos de regressão linear e histogramas (Figura 4).

FIGURA 4: PROGRAMA ESTAD, VISUALIZAÇÃO MULTI-JANELAS



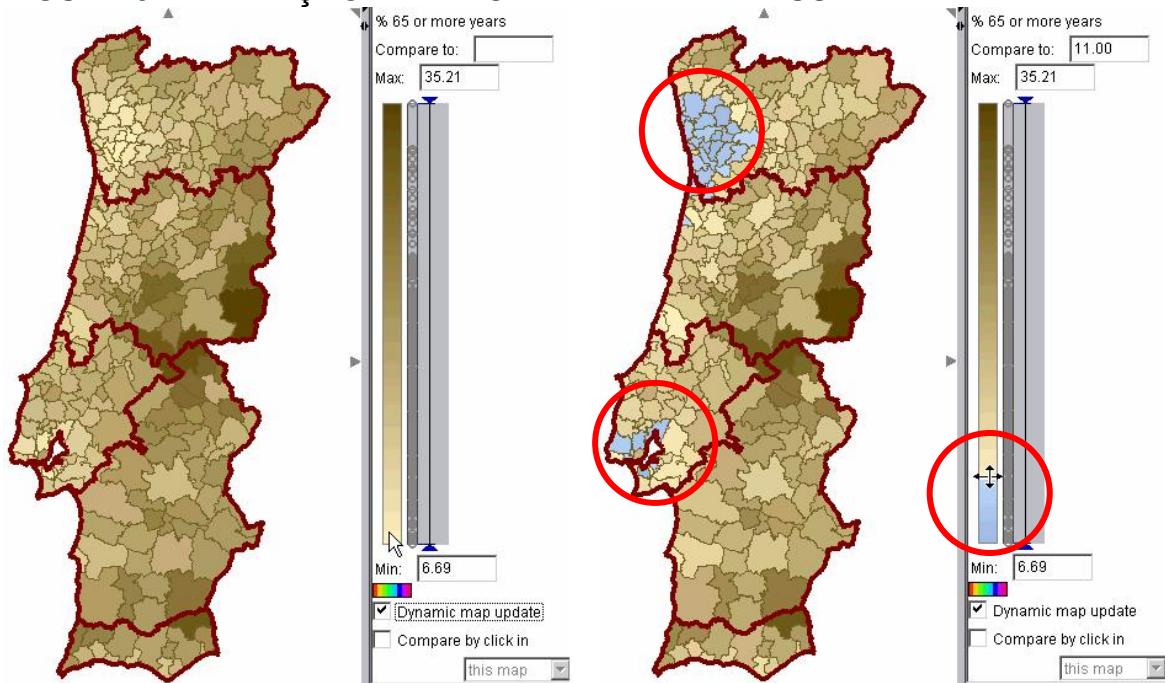
FONTE: Robinson (2005).

Entretanto, mesmo com a capacidade tecnológica, não se encontrou, durante o desenvolvimento deste estudo, um sistema multi-janelas capaz de oferecer ao usuário a possibilidade de usar diferentes tipos de representação cartográfica em um mesmo momento de análise, como por exemplo uma janela com uma representação por pontos proporcionais e outra janela interconectada com uma representação coroplética;

- b) Variáveis visuais dinâmicas: Esse tópico é bastante relacionado à interatividade. Pode-se entender variáveis visuais dinâmicas como sendo a adaptação do comportamento das variáveis visuais presentes na representação às condições alteradas pelo usuário durante o processo de análise. Por exemplo, se o usuário alterar o valor mínimo de uma escala

gráfica em uma representação coroplética, como a Figura 5 demonstra, todos os símbolos relativos à área da mudança se alteram na representação;

FIGURA 5: ALTERAÇÃO DINÂMICA DE VARIÁVEL VISUAL



FONTE: Andrienko e Andrienko (2005).

- c) Sistema cartográfico especialista: Esse é um ponto crítico na criação de programas de visualização cartográfica. A cartografia para mapas topográficos é bem definida e segue as diretrizes definidas pelo agente nacional de cartografia de cada país. Entretanto, criar um sistema especialista para criação de mapas temáticos é tarefa bastante complicada. O foco do mapa e o público a que se destina esse mapa definem quais elementos e como serão representados. Ainda que exista a teoria de linguagem cartográfica e projeto cartográfico temático, a implementação de um sistema especialista não é tarefa trivial face a subjetividade inerente ao processo;
- d) Comparações espaciais: As comparações espaciais ocorrem com possibilidade de comparar padrões e distribuições espaciais de diferentes fenômenos, ou seja, visualizar diferentes mapas justapostos ou próximos identificando elementos comuns, distribuições e diferenças nos elementos de comparação;

- e) Funcionalidades de SIG: São as funcionalidades comuns a todos os sistemas de informação geográfica. Entre elas estão ferramentas de pesquisas a banco de dados e pesquisa posicional entre feições, medições de áreas e distâncias, áreas de influência (“buffer”) e projeções cartográficas, ainda que esse último exija algum conhecimento técnico por parte do operador;
- f) Generalização: Para o caso de programas de visualização científica, a generalização difere um pouco da visão tradicional no que se refere à área a ser generalizada. Na visão tradicional os mapas são generalizados a partir de um mapa base para o mapa final, ou destino, criando-se mapas em escalas intermediárias e, eventualmente, sendo todos armazenados em bancos de dados. No caso de programas de visualização cartográfica, a generalização cartográfica, como entendido nesta dissertação, deve acontecer somente na área da janela de pesquisa (“extend”) que o usuário trabalha no momento da pesquisa. A generalização deve ocorrer de forma dinâmica, ou seja, a generalização somente na visualização e não nos dados ou banco de dados. Dessa forma, quando usuário utilizasse uma vista afastada (“zoom”) para visualizar uma escala menor, a generalização resultaria em um mapa com elementos generalizados (menor número de elementos e elementos mais simples). Quando o usuário utilizasse uma vista mais próxima para ampliar a escala, os elementos da representação teriam mais detalhes e um número maior deles estaria presente na representação dentro da janela de pesquisa.
- g) Meta dados: São dados não espaciais relacionados à informação contida no arquivo. Por exemplo, pode-se citar escala, data de aquisição dos dados, Datum, executor e quaisquer outras informações sobre os dados asseguram qualidade das informações. O programa especialista deve ser capaz de permitir a edição e consulta, se necessário, das informações dos metadados;
- h) Modelagem espacial: Esse aspecto se relaciona com os modelos conceituais a serem aplicados sobre os dados. Geralmente os programas têm algoritmos bem desenvolvidos para garantir qualidade e rapidez na aplicação e análise destes dados dentro dos modelos. Programas com algoritmos modeladores

de terreno, de volume, de atmosfera, e de superfícies matemáticas, são exemplos de programas que realizam a modelagem espacial. Entretanto, se um usuário desenvolve alguma análise bastante específica, o programa deve ser capaz de permitir a inserção de parâmetros que permitam a realização de testes com o modelo do usuário.

- i) Interface gráfica interativa: Um ponto importante é a criação de interfaces que priorizem a interação humano computador (IHC), de modo a potencializar a imersão do usuário no processo de pesquisa. Essa interface compreende botões e acesso a ferramentas de modo mnemônico, possibilitando ao usuário fácil aprendizado do uso do programa e evitando desviar a atenção da pesquisa;
- j) Capacidade de edição via imagem: Alguns dos programas de SIG atualmente já oferecem essa possibilidade. É possível ao usuário manipular a representação de uma feição, alterando o valor da área de um polígono, por exemplo, e essa alteração automaticamente se reflete no banco de dados.

Desenvolver um sistema cartográfico que envolva todos esses aspectos ainda é um desafio, pois cada um dos temas apontados é em si mesmo uma linha de pesquisa em desenvolvimento com maior ou menor grau de complexidade. Van Elzakker (1999) questiona se existe algum programa que aborde todos os tópicos citados acima.

Para Visvaligam (1994) SIG, cartografia e ViSC são disciplinas complementares. Na medida em que SIG e ViSC se tornaram focos de pesquisa e desenvolvimentos pela informática, a cartografia tem mantido seu escopo não limitado pela compatibilidade com informática, pois sua premissa de exploração é a visão humana, assistida ou não por computador.

Turk (1994) afirma que ViSC pode oferecer um salto quântico em sofisticação de ferramentas mas, mapas tradicionais podem prover conhecimento científico de grande valor, pois antes da era computacional esses mapas era o que havia de mais sofisticado. Mais importante, entretanto, é o desenvolvimento de bancos de dados geográficos integrados à multimídia e ViSC. Ambos se dirigem para expandir mais e

mais o poder da cartografia. No domínio das aplicações SIG o potencial para sistemas produzirem gráficos melhorados tem forçado a habilidade dos projetistas de sistema e usuários a entender quais visualizações são mais apropriadas para os objetivos particulares. A visualização não deve ser selecionada meramente baseada em tradição, mas criteriosamente de modo a potencializar o resultado da análise. Conseqüentemente, uma metodologia racional é exigida para desenho de visualizações em SIG (Turk, 1994).

Abordando essa consideração de Turk (1994), MacEachren e Kraak (1997) afirmam que as estratégias de visualização devem ser diferentes para display visuais e displays de sistemas de suporte ao uso de mapas em vários aspectos no espaço de uso do mapa chamado de Cartografia³. Esses autores afirmam que podem ser reconhecidos quatro objetivos de uso de mapas. Cada um requer seu próprio enfoque e tem características dos quais implicam a posição do objetivo no cubo de uso, conforme Figura 6.

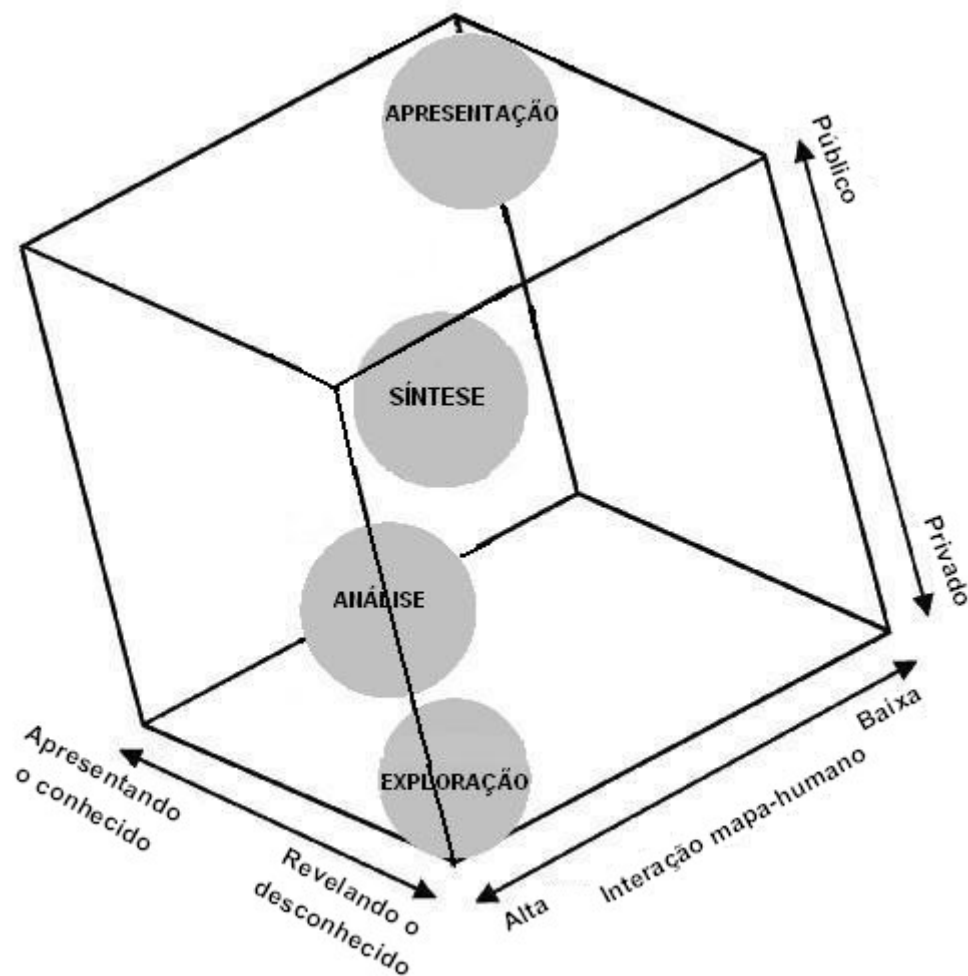
Um mapa particular, sendo estático ou dinâmico, deve ser usado para alcançar todos os objetivos citados na figura, exploração, análise, síntese e apresentação. A distinção entre os objetivos é baseada não no tipo de mapa, mas no público a que se destina, relações entre os dados e nível de interação típicos de cada objetivo (MacEachren e Kraak, 1997). Neste cubo, pode-se observar os seguintes objetivos:

- Exploração: Visualização para explorar, para examinar o desconhecido e freqüentemente dados brutos, é a estratégia dominante no canto do cubo de uso de exploração privada de dados desconhecidos;
- Análise: Visualização aplicada a análise geralmente envolve manipulação de dados conhecidos na procura por relações desconhecidas e respostas a questões. O uso de estratégias aqui é relativamente o uso privado que é facilitado por sistemas interativos;
- Síntese: Visualização aplicada à síntese de informação move a ênfase para longe da simples investigação e da atividade de revelar o desconhecido para apresentar o conhecido. Com a síntese, entretanto, há ainda consideráveis possibilidades de “insight”;
- Apresentação: Apresentação é comumente comparada a comunicação cartográfica (no sentido cartográfico do modelo de comunicação).

Apresentação pode, entretanto, incluir tanto transferência de uma mensagem pré-determinada e fazer o encadeamento de novos “insight” na pessoa que acessa a representação. Visualização aplicada à apresentação enfatiza o uso público e a apresentação da informação é amplamente conhecida para o desenvolvedor do mapa mas não ao usuário da informação.

A criação da visualização envolve os conceitos discutidos acima e se desenvolve na elaboração consistente do Projeto Cartográfico.

FIGURA 6: CUBO DE USO DE MAPAS



FONTE: MacEachren e Kraak (1997), adaptado pelo autor.

2.2 PROJETO CARTOGRÁFICO

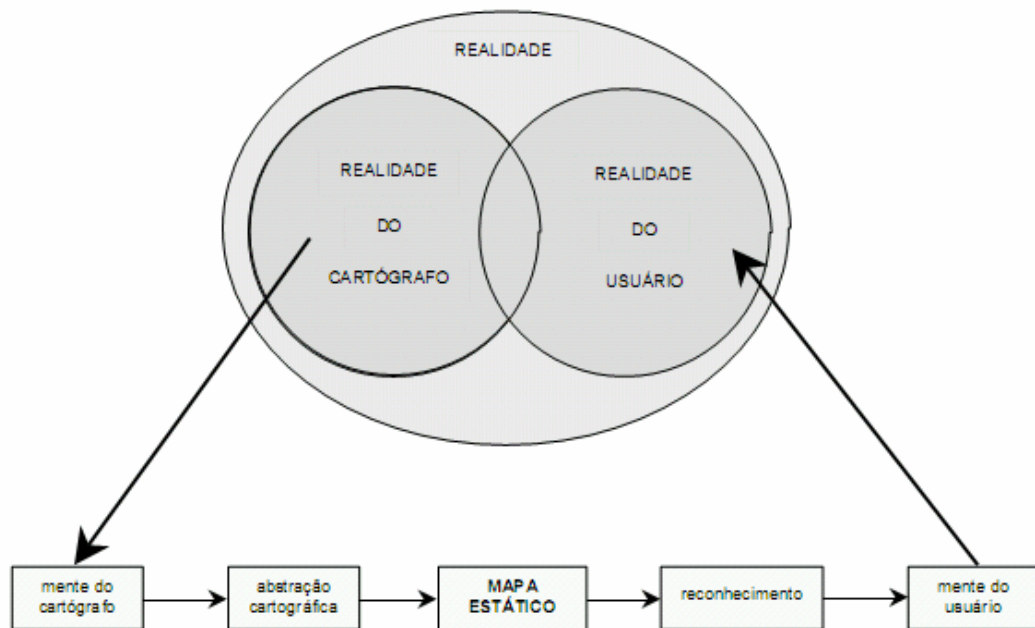
O tipo de mapa que tem mais influência no nosso entendimento da distribuição do mundo é o que enfatiza um fenômeno particular. Os mapas temáticos são usados para representar estas distribuições de fenômenos no espaço. Em

contraste com mapas de referência geral que enfatizam localização e são usados para navegação, mapas temáticos concentram na representação de um ou múltiplos fenômenos relacionados (Peterson,1995). Nessa dissertação serão abordados somente os tópicos relacionados à produção de mapas temáticos.

2.2.1 Conceitos de Projeto Cartográfico Temático:

O projeto cartográfico temático está inserido no processo de comunicação cartográfica, mas separado do projeto topográfico pelo fim a que se destina. A comunicação cartográfica é o processo de criação do mapa pelo cartógrafo e de entendimento do mapa por parte do usuário. A Figura 7 mostra um esquema do processo de comunicação cartográfica, segundo o modelo de Kolacny de 1969.

FIGURA 7: ESQUEMA GRÁFICO DO PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA



FONTE: Modelo de Kolacny (1969), adaptado por Robbi (2000).

Este modelo assume existência de uma sobreposição entre a realidade do cartógrafo e a realidade do usuário, ou seja, devem existir elementos comuns (linguagem e objetivos) nas duas realidades para que seja possível o reconhecimento da representação da informação pelo utilizador. Neste processo, o modelo de Kolacny de comunicação cartográfica considera níveis diferenciados

entre o cartógrafo e o utilizador do mapa. O papel do cartógrafo é criar uma representação do mundo que coincida com alguma parte da realidade do usuário (Peterson, 1995). Ele realiza essa representação através da observação da realidade segundo o seu ponto de vista e traduz essa observação, através da incidência de todo o conhecimento e experiência do cartógrafo em categorizar, organizar e abstrair a informação a ser representada, numa representação em forma de mapa. O mapa é o produto que vai permitir ao usuário, utilizador do mapa, extrair do mapa uma mensagem de forma a ter uma idéia sobre as informações coletadas a partir da realidade e permitir inferências sobre essas informações.

A comunicação ocorre quando a informação representada é apropriadamente entendida pelo usuário. Entretanto esse entendimento ocorre sob a influência de diversos fatores que fazem com que diferentes pessoas percebam o mesmo mapa sob diferentes enfoques. Por isso pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de se determinar quais os principais fatores que ocorrem no processo de entendimento. Cartwright (1999) coloca que os mapas em papel representam a realidade dinâmica e complexa de forma estática e simplificada e as representações mentais que são retiradas a partir dos mapas limitam as interações do utilizador com a realidade.

Os mapas temáticos, por outro lado, visam a transmissão de uma informação específica para um usuário bem definido. As informações constantes nesse tipo de mapa passam por classificações e abstrações, e suas representações são realizadas através do uso de simbologias de modo a realizar a comunicação de forma clara e precisa sobre um determinado tema.

Esses mapas são utilizados de três maneiras básicas: para fornecer informação específica sobre localizações particulares, para fornecer informações gerais sobre padrões espaciais e para comparar padrões em dois ou mais mapas. Existem diferentes tipos de mapas temáticos, que são projetados em função das variáveis que estão sendo representadas, como por exemplo, mapas coropléticos representando taxas de natalidade (Slocum, 1999). MacEachren (1994) afirma que:

“mapas consistem em marcas abstratas no papel, tela de computador ou algum outro tipo de mídia. Nós somos capazes de dar senso a estas marcas se conhecermos a linguagem gráfica, assim como somos capazes de interpretar grupos de letras do alfabeto se conhecemos a linguagem escrita”.

Esse mesmo autor afirma ainda que no desenvolvimento da linguagem cartográfica através da qual qualquer mapa se comunica, para se projetar e construir um mapa inteligível existem três aspectos correlacionados que devem ser considerados. Esses aspectos são: a dimensão espacial das feições representadas (se pontual, linear, de área ou volumétrico), os níveis de medida nos quais essas feições são coletadas, e a primitiva gráfica (e suas variações) que serão usadas para representar as feições, fazendo-se a equiparação do tipo de contraste entre os símbolos, com o tipo de contraste dos elementos representados. Com esses aspectos se cria o símbolo cartográfico. O símbolo é definido por uma marca gráfica e um significado atribuído a esta marca capaz é de transmitir informação ao usuário através da legenda. Alguns cuidados básicos devem nortear a escolha dos símbolos cartográficos, já que o objetivo do cartógrafo é transmitir informação através do mapa. Por isso a escolha dos símbolos deve facilitar a percepção e entendimento desta mensagem por parte do usuário (Robbi, 2000).

No projeto cartográfico de mapas temáticos, Bertin no final da década de 1960 propôs uma sistematização para representações analógicas. Essa proposição foi sendo complementada por outros pesquisadores como Morrison e DiBiase de modo que é bem conhecida para mapas analógicos. Atualmente a estrutura do projeto cartográfico desenvolvida para representação em mapas em papel é utilizada em meios digitais, pois não se desenvolveu ainda uma estrutura diferente e não existem estudos aprofundados sobre a aplicação dessa proposição para mapas em telas de computador – terminal e Internet. Entretanto algumas pesquisas vêm sendo conduzidas nessa área, como por exemplo, ColorBrewer (BREWER, 2006, apêndice A). Essa autora pesquisou sobre como a percepção de cores pode variar em ambientes digitais se comparada ao mapa impresso e desenvolveu um aplicativo para internet nos quais os resultados podem ser visualizados.

2.3. ATLAS ELETRÔNICOS

Paralelo aos SIGs que são programas de utilização complexa e com maior potencial para realização de análises, existem os Atlas eletrônicos. Esses programas são mais simples e menos exigentes em relação a treinamento de usuário e potencialidades de análise, já que a informação é previamente filtrada pelo criador do Atlas.

Segundo Borchert (1999), o termo Atlas designa genericamente toda “coleção de mapas sistematicamente selecionados e organizados em papel de tamanho uniforme usando um layout padrão e projeto uniforme, geralmente em forma de livro”. Mais recentemente, o termo foi expandido para designar coleções de mapas também em meio digital.

Delazari (2004) coloca que “a vantagem principal de um Atlas Eletrônico é permitir ao usuário manipular os mapas e a base de dados de uma forma que não é possível nos Atlas tradicionais”. A autora coloca ainda a classificação dos Atlas eletrônicos de acordo com Kraak e Ormeling (1998) em 3 categorias:

- a) Atlas Eletrônicos “simples-vista” (view-only): podem ser considerados como versões eletrônicas dos Atlas em papel, sem funcionalidade extra, mas possibilitando o acesso de forma aleatória. Possui a vantagem do menor custo de produção e distribuição, pois podem ser gravados em CD-ROM;
- b) Atlas Eletrônicos interativos: permitem ao usuário manipular conjuntos de dados. Em um ambiente interativo o usuário pode mudar o esquema de cores, ajustar o método de classificação ou modificar o número de classes, gerando novos mapas, sem alterar os dados originais. São dirigidos para um público com mais experiência computacional;
- c) Atlas Eletrônicos analíticos: possibilitam explorar melhor o ambiente digital. Neste tipo de Atlas, conjuntos de dados podem ser combinados, e o usuário não fica restrito somente aos temas selecionados pelo projetista do Atlas. Podem ser efetuados cálculos e manipulações sobre áreas, sobre temas, além de algumas funcionalidades específicas de um SIG. A ênfase está no acesso à informação espacial e na visualização do resultado.

Semelhantes aos Sistemas de Informação Geográfica, os Atlas eletrônicos mais complexos são classificados como Sistema de Informação em Atlas (AIS – *Atlas Information System*). Comparando-se SIG ao AIS se percebe que enquanto o SIG possui módulos de modelagem, manipulação, análise e apresentação de informações geográficas, um Atlas Eletrônico tem sua funcionalidade baseada principalmente na apresentação dos dados considerando o conhecimento e experiência do usuário sobre o tema a que se refere o Atlas.

Delazari (2004) analisou os resultados da comparação de Schneider (1999) entre SIG e AIS. Entre os resultados dessa análise, alguns pontos merecem destaque neste trabalho:

- a) Com relação aos usuários, Schneider (1999) afirma que os usuários de um SIG são especialistas enquanto os usuários de Atlas são não especialistas. Um Atlas pode ser utilizado por usuários leigos, mas também por usuários especialistas nos temas que estão sendo apresentados. No entanto, existe uma tendência de que o AIS deve conter potencialidades computacionais para usuários não especialistas;
- b) Com relação ao controle das operações, em um SIG o usuário deverá ter conhecimento sobre o assunto para poder realizar os procedimentos, que necessitam de informações de entrada. Além disso, vários softwares de SIG possuem linguagens de programação que permitem criar funções específicas que não estejam implementadas (por exemplo, a linguagem Visual Basic, do software ArcGis). No caso de um Atlas, os seus autores controlam as definições e ações possíveis de serem realizadas de modo a evitar que o usuário crie mapas ineficazes, não existindo a possibilidade do usuário expandir ou combinar as funções disponíveis; ou seja, no Atlas existe a possibilidade de gerar um mapa, mas apenas a partir do conteúdo já definido, não sendo possível incorporar uma base de dados diferente para realizar um processamento;
- c) A ênfase ou objetivo principal de um Atlas consiste na visualização dos dados, permitindo que o usuário, a partir do seu conhecimento, faça as análises necessárias. Neste caso, os dados são previamente editados. Em um SIG, a ênfase está no manuseio e processamento dos dados para futura análise. Entretanto alguns casos exigem um tratamento prévio das informações, como por exemplo, a entrada de dados por meio de arquivos em formato específico de cada software;

Essa entrada de dados em banco de dados geográficos tem complexidade semelhante em SIG e AIS e é o primeiro passo na criação de mapas temáticos. A complexidade se baseia na necessidade do usuário de saber classificar e categorizar corretamente a informação, pois o resultado dessa organização terá influência direta na simbolização dentro do projeto cartográfico temático.

Delazari (2004) cita que, segundo Yufen (1999b), isso pode ser feito por meio de tutoriais que orientem o usuário em cada etapa da geração de mapas. Outro modo é através de sistemas especialistas que automatizem as decisões básicas sobre projeto cartográfico (ZHAN e BUTTENFIELD, 1995). Entretanto, durante a realização desta pesquisa não se encontrou um Atlas que trabalhasse como um SE ou que tivesse funções de SE.

2.4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SISTEMAS ESPECIALISTAS

Segundo Bittencourt (2006), o conceito de Inteligência Artificial surgiu logo após a segunda guerra mundial quando o neuropsicólogo Warren McCulloch e o teórico lógico Walter Pitts propuseram um primeiro modelo matemático que simulava um neurônio humano. Nessa proposta cada neurônio indicaria estar "ligado" ou "desligado" em resposta à estimulação por neurônios vizinhos. Em função dessa experiência, essa linha da inteligência artificial foi chamada de linha conexionista (Inteligência Artificial Conexionista – IAC). Nessa linha de pesquisa, se procura a modelagem da inteligência humana por meio de simulações dos componentes e conexões do cérebro.

Alguns anos depois surge a expressão Inteligência Artificial durante conferência realizada na Universidade de New Hampshire, EUA. Essa denominação foi usada para designar um determinado tipo de inteligência elaborada pela mente humana com o objetivo de dotar as máquinas de habilidades ao mesmo tempo sensoriais (cognitiva) e de ação (conotativa) (Bittencourt, 2006). Nesse período surge a segunda linha de pesquisa chamada linha simbólica (Inteligência Artificial Simbólica – IAS). Na IAS, a inteligência é considerada como a capacidade de manipular símbolos, e essa linha se concentrou no desenvolvimento de formalismos gerais capazes de resolver qualquer tipo de problema. Desde as primeiras abordagens da IAS se procurava emular o raciocínio, e essa emulação se sedimentou, principalmente, em Sistemas Especialistas. Mendes (1997) afirma que a expressão inteligência artificial está associada, em sua maioria, ao desenvolvimento de sistemas especialistas e às redes neurais. Alguns autores classificam as linhas da inteligência artificial em função da implementação, como:

- IAS – Inteligência Artificial Simbólica – com manipulação simbólica;

- IAC – Inteligência Artificial Conexionista – a implementação é feita sob o paradigma das redes neurais artificiais;
- Sistemas híbridos: podem utilizar os paradigmas simbólico, conexionista e evolutivo.

Genaro (1986) define sistemas especialistas como programas que manipulam conhecimento para resolução de problemas em áreas restritas de um dado domínio. Da mesma forma que peritos humanos, tais sistemas se utilizam de lógica simbólica e regras para encontrar as soluções, podendo errar, mas aprendendo com os erros. Esse autor afirma ainda que as maiores diferenças entre sistemas convencionais e especialistas residem na habilidade dos SE simularem raciocínio humano, inferirem e julgarem, enquanto que os sistemas convencionais efetuam tarefas puramente mecânicas e processam dados. Além disso, os SE derivam suas conclusões e soluções heurísticas baseadas em um domínio específico do conhecimento, enquanto que os programas convencionais geram seus conhecimentos através de algoritmos manipulando números e caracteres. Um programa simbólico de computadores opera com objetos (símbolos), e relações entre objetos, ao invés de focar números, funções numerais e aplicações (Chee e Power, 1990).

O Quadro 01 compara o conhecimento humano e artificial segundo Genaro (1986):

QUADRO 1: COMPARAÇÃO ENTRE CONHECIMENTO ESPECIALIZADO HUMANO E ARTIFICIAL

CONHECIMENTO HUMANO	CONHECIMENTO ARTIFICIAL
Percível	Permanente
Difícil de transferir	Fácil de transferir
Difícil de documentar	Fácil de documentar
Imprevisível	Consistente
Discriminatório	Imparcial
Criativo	Sem inspiração
Adaptável	Inflexível
Enfoque amplo	Enfoque restrito

FONTE: Genaro (1986, adaptado pelo autor).

Mendes (1997), ainda cita que dentre outras vantagens, os sistemas especialistas:

- a) São capazes de estender as facilidades de tomada de decisão para muitas pessoas. O conhecimento dos especialistas pode ser distribuído, de forma que possa ser utilizado por um grande número de pessoas;
- b) Podem melhorar a produtividade e desempenho de seus usuários, considerando que o provê com um vasto conhecimento, que, certamente, em condições normais, demandaria mais tempo para assimilá-lo e, conseqüentemente, utilizá-lo em suas tomadas de decisão;
- c) Reduzem o grau de dependência que as organizações mantêm quando se vêm em situações críticas, inevitáveis, como, por exemplo, a falta de um especialista. Ao registrar o conhecimento de empregados nos sistemas especialistas, promove-se uma significativa redução no grau de dependência entre empresa e presença física do empregado;
- d) São ferramentas adequadas para serem utilizadas em treinamentos de grupos de pessoas, podendo servir, após o treinamento, como instrumento para coleta de informações sobre o desempenho dos usuários, obtendo subsídios para a obtenção de melhor desempenho, além de prestar suporte imediato aos usuários durante a utilização dos conhecimentos na realização de suas tarefas diárias.

Segundo Hemingway et al. (1997), a estrutura de um sistema especialista tem uma significativa vantagem sobre a programação convencional, porque uma vez que a informação é inserida na base de conhecimento, esta pode ser facilmente atualizada, modificada e complementada. Do ponto de vista computacional, Harmon e King (1988) compararam a programação convencional e a simbólica e apontaram as diferenças entre um SE e um programa convencional:

- a tarefa desempenhada por um sistema especialista foi antes desempenhada por um especialista humano instruído;
- os engenheiros do conhecimento e os especialistas mantêm os sistemas cognitivos. Os programas convencionais são mantidos por programadores;
- o banco de conhecimento de um sistema especialista é legível e fácil de modificar;
- os programas convencionais tendem a se apoiar em algoritmos para formar sua estrutura geral, ao passo que os sistemas cognitivos tendem a apoiar-se em heurísticas para sua estrutura.

Esses autores apontam ainda outras diferenças, como mostra o Quadro 02:

QUADRO 2: DIFERENÇAS IMPORTANTES ENTRE A PROGRAMAÇÃO CONVENCIONAL E A SIMBÓLICA

PROGRAMAÇÃO CONVENCIONAL	PROGRAMAÇÃO SIMBÓLICA
Algoritmos	Heurísticas
Banco de dados numericamente endereçados	Banco de conhecimento estruturado simbolicamente em uma memória de trabalho global
Orientada para processamento numérico	Orientada para processamento simbólico
Processamento seqüencial por lotes	Processamento altamente interativo

FONTE: Harmon e King (1988), adaptado pelo autor.

Sobre a capacidade de manutenção desses sistemas, Chee e Power (1990) afirmam que existem atributos válidos tanto para programas convencionais como para sistemas especialistas. Estes atributos incluem clareza, modularidade, boa documentação interna e externa ao código fonte, baixo nível de mudança do programa, o que aumenta a confiabilidade do programa, e medidas indiretas como testabilidade e transportabilidade. Essas autoras ressaltam que devido ao SE ter uma base de conhecimento separada, documentação extra é necessária para descrever as suposições e heurísticas codificadas no programa.

Ainda segundo essas autoras, por ser relativamente simples alterar a base de conhecimento é fácil introduzir erros em sistemas especialistas. Esses erros provêm de dados incorretos e também de erros na definição das regras. Comumente esses erros são gerados por regras acionadas juntas por condições similares mas que num primeiro momento não parecem interagir. Esses erros geralmente ocorrem em regras com muitas condições negativas. Erros como estes são relativamente mais fáceis de serem corrigidos que em programas convencionais porque a base de conhecimento explicita estados, heurística e suposições usadas (Chee e Power, 1990).

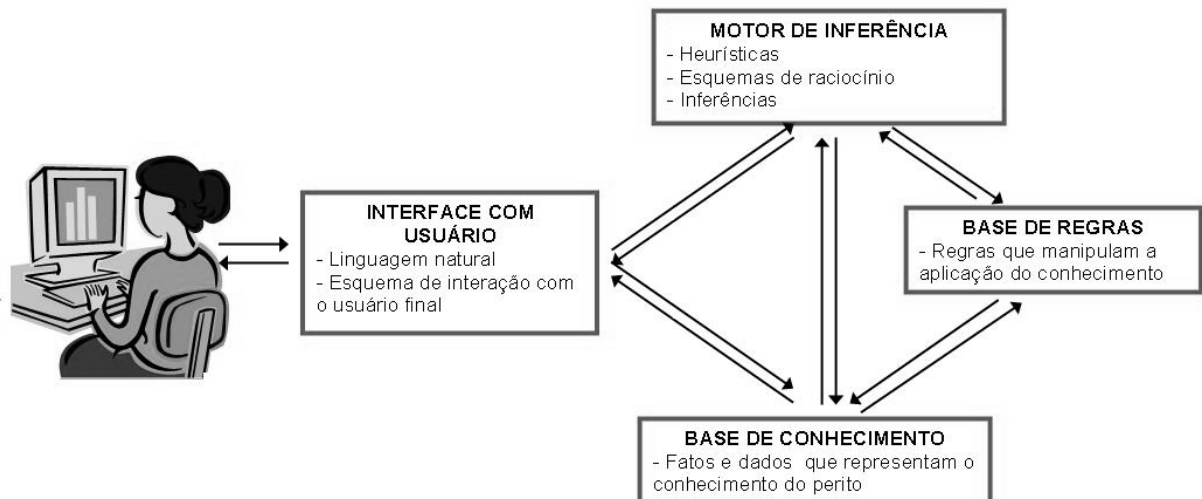
É fato que, quanto mais alimentado com informações for um sistema, mais lento ele se torna, pois terá que procurar em um banco de conhecimento maior. Entretanto, é quase impossível criar um conjunto de regras que diga a um SE exatamente o que fazer em qualquer circunstância. Este é um fato importante e ilustra quão diferentes são os modelos que simulam a inteligência. Alguns autores colocam que é impossível representar o mundo real, ou mesmo uma parte dele, em

sua completa riqueza de detalhes. Para representar certo fenômeno ou uma porção do mundo, a que chamamos domínio, é necessário concentrar a atenção em um número limitado de conceitos, suficientes e relevantes para se criar uma abstração do fenômeno em estudo.

2.4.1. Estrutura básica de Um Sistema Especialista

Um Sistema Especialista atualmente apresenta uma arquitetura com quatro módulos: interface com o usuário, base de regras, base de conhecimento e motor de inferência (Figura 8).

FIGURA 8: ESTRUTURA BÁSICA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA



FONTE: Mendes (1997), adaptado pelo autor.

A base de regras e a memória de trabalho formam a chamada base de conhecimento do SE, onde está representado o conhecimento captado do especialista sobre o domínio do problema. Esta base de regras interage com o usuário e com o motor de inferência, permitindo identificação do problema, as possibilidades de solução e o processo de raciocínio e inferência que levam à conclusões sobre o problema submetido ao sistema. Na interação com a base de conhecimento e com o usuário, obtêm-se as informações necessárias para a resolução do problema. Grande parte do esforço de desenvolver um sistema especialista se encontra na eliciação do conhecimento, ou seja, como capturar e utilizar o conhecimento de um ser humano em uma aplicação computacional.

Sistemas especialistas podem ser providos de mecanismos de aprendizagem interna, como no caso de redes neurais ou algoritmos genéticos, sendo capazes de analisar e gerar novas regras na base conhecimento e ou armazenar informações sobre novos fatos, ampliando a capacidade do sistema em resolver problemas. Portanto é importante que o sistema seja cuidadosamente projetado de forma que seja capaz de analisar novas situações, extrair novas regras e analisar e eliminar regras redundantes, complementar regras conflitantes, permitindo uma depuração constante da base de conhecimento.

O motor de inferência é um elemento essencial para a existência de um sistema especialista, pois é o mecanismo de controle do sistema que avalia e aplica as regras de acordo com as informações da memória de trabalho no processo de resolução do problema (Araki,2005). A capacidade do motor de inferência é baseada em uma combinação de procedimentos de raciocínios que se processam de forma regressiva ou progressiva.

Na forma de raciocínio progressivo, as informações são fornecidas ao sistema pelo usuário através de respostas que estimulam o desencadeamento do processo de busca procurando pelos fatos, regras e heurísticas que melhor se aplicam a cada situação. O sistema continua nesta interação com o usuário, até encontrar a solução para o problema a ele submetido (Mendes,1997).

No modelo de raciocínio regressivo, o comportamento do sistema é controlado por uma lista de objetivos. Um objetivo pode ser satisfeito diretamente por um elemento da memória de trabalho, ou podem existir regras que permitam inferir algum dos objetivos correntes, isto é, que contenham uma descrição deste objetivo em suas partes direitas (Araki,2005).

2.4.2. Sistemas baseados em regras

Existem diversos tipos de sistemas especialistas. Estes sistemas podem ser classificados em abertos e fechados. Sistemas abertos são aqueles cujos processos de classificação podem ser acompanhados ou analisados. Esse é o caso dos sistemas baseados em regras, árvores de decisão e outros. Sistemas ditos fechados são aqueles cujos processos de classificação não podem ser conhecidos inteiramente sendo muito baseados em modelos próprios e estatística. São exemplos de sistemas fechados os algoritmos genéticos e redes neurais.

Segundo Russell e Norvig (1995 apud Pantaleão, 2003⁵), os sistemas de raciocínio automático podem ser agrupados em quatro categorias: provadores de teorema e linguagens de programação lógicas; sistemas de produção; sistemas de “frame” ou redes semânticas; sistemas de lógica descritiva. Aqui se destaca os sistemas de produção, por terem sido utilizados nessa dissertação. Nesses sistemas, os procedimentos são seqüências de ações necessárias à solução de determinado problema. O mecanismo de inferência utiliza o encadeamento para frente (“forward chaining”) buscando validar as premissas das regras e concluir a as ações (conseqüências), e não apenas como uma conclusão lógica. Os resultados intermediários, que são as premissas validadas e conclusões deduzidas, são armazenados em uma memória de trabalho (Russell e Norvig, 1995).

Sistemas baseados em regras são viáveis para problemas para os quais o conhecimento na área do problema pode ser escrito na forma de regras SE-ENTÃO e para as quais a área do problema não tem difícil solução. Araki (2005) coloca que para se criar um sistema com base em regras, deve-se ter:

1. Um conjunto de fatos para representar a memória de trabalho inicial. Isto pode ser qualquer informação relevante relacionado ao estado inicial do sistema;
2. Um conjunto de regras. Isto deve incluir toda e qualquer ação que deve haver no escopo do problema;
3. Uma condição que determine que uma solução foi encontrada ou que nenhuma solução existe.

Segundo Harmon e King (1988) essas regras têm estruturas do tipo:

SE <condição> ENTÃO <ação> , onde:

- <condição>, chamada de proposição condicional. Essa condição estabelece um teste cujo resultado depende do estado atual da base de conhecimento. Tipicamente o teste verifica a presença ou ausência de certas informações na base;
- <ação>, executa determinada ação definida na regra, podendo, inclusive, alterar o estado atual da base de conhecimento, adicionando, modificando ou removendo unidades de conhecimento presentes na base.

⁵ RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. Artificial intelligence: a modern approach. New Jersey: Prentice-Hall, 1995.

O sistema examina a condição SE de todas as regras e determina um subconjunto, o conjunto de conflito, de regras cujas condições são satisfeitas com base na memória de trabalho. Deste conjunto de conflito, uma das regras é acionada. A escolha da regra a ser disparada é baseada na estratégia de resolução de conflito.

Quando a regra é acionada, as ações especificadas na cláusula ENTÃO são realizadas (Araki, 2005). Estas ações podem modificar a memória de trabalho, a própria base de regras, ou outra especificação incluída pelo programador do sistema. O *loop* de disparar regras e realizar ações continua até que não existam mais condições a serem satisfeitas ou ocorre uma ação para encerrar o programa.

Computacionalmente esse sistema possibilita aproximar a linguagem com o entendimento do especialista, uma vez que as linguagens de programação atendem a comandos *If-Then*. As regras se encaixam nos comandos *If* das linguagens e as ações a serem executadas caso a regra seja atendida se encaixam no comando *Then*.

Alguns programas emulam a linguagem computacional através de uma interface onde o usuário escreve as regras e ações a serem tomadas e o programa toma a parte de atender as determinações. Se por um lado esses programas facilitam a definição de regras baseadas em situações por meio de testes que podem ser realizados com relativa facilidade, por outro lado esses programas são geralmente textuais, não havendo interligação com outros programas. Como exemplo pode-se citar o programa *Expert Sinta* desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará com o objetivo de testar regras e possibilitar a um usuário leigo a inserção das mesmas no sistema.

3. METODOLOGIA

3.1. ETAPAS DA METODOLOGIA:

As etapas da metodologia se baseiam nos objetivos específicos previamente estabelecidos para esse trabalho.

O primeiro objetivo (1.3.1.) desta dissertação foi estudar o uso de conceitos de visualização científica e visualização cartográfica para a geração de mapas temáticos em ambiente digital quanto às funções de auxílio ao usuário. Esse estudo foi objeto do capítulo 2, revisão bibliográfica.

O objetivo seguinte (1.3.2.b) foi avaliar as principais estratégias adotadas por programas computacionais comerciais e científicos existentes quanto às funções de auxílio ao usuário. A análise foi dividida em programas computacionais comerciais e programas computacionais científicos e está apresentada no Apêndice A deste trabalho. As conclusões derivadas destas análises estão nos Capítulos 4 e 5.

O objetivo 1.3.2.c foi estudar o uso de conceitos de sistemas especialistas baseados em regras para solucionar a inserção de informações geográficas em banco de dados geográfico e escolha de simbologia por usuários não cartógrafos em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Sistemas de Informação em Atlas (AIS). Esse estudo fez parte do capítulo 2 como revisão bibliográfica e os conceitos apreendidos farão parte da metodologia em conjunto com a modelagem de um protótipo para auxílio ao usuário. Esse protótipo será realizado sobre o Atlas Social construído por Delazari (2004). A escolha desse Atlas como plataforma para modelagem do protótipo se justifica em razão:

- dos dados já terem sido coletados, classificados e armazenados em um banco de dados Access;
- do usuário já estar definido;
- do Atlas, da forma como foi construído, apresentar as limitações semelhantes às descritas na análise realizada no objetivo 1.3.2.a e 1.3.2.b. A análise do Atlas está descrita no item 2.3.

Foi escolhida a criação de um sistema especialista baseado em regras porque esse é um sistema de fácil construção, possibilita ao usuário acompanhar o processamento da informação a qualquer tempo e o programa reflete um conhecimento consolidado.

O último objetivo (1.3.2.d) é realizar a modelagem e implementação no Atlas Social do Paraná de um sistema especialista baseado em regras para inserção de informações em banco de dados geográfico e escolha de simbologia. Esse objetivo foi cumprido pela parte prática dessa dissertação. No item 3.2.2. estão descritas as regras implementadas no Atlas Social.

3.2. PROPOSTA DE SISTEMA ESPECIALISTA

A metodologia proposta nessa dissertação foi a criação de um sistema cartográfico especialista desenvolvido em linguagem Visual Basic 6 em conjunto com o MapObjects 2.0a sobre uma plataforma de BD Microsoft Access. As regras estão definidas no corpo do programa e a base de conhecimento foi colocada em arquivo anexo ao programa de modo que possa ser modificada pelo usuário a qualquer tempo em função das suas necessidades. Esse protótipo tem como plataforma o Atlas Social do Paraná, desenvolvido por Delazari (2004), descrito a seguir.

3.2.1. O protótipo do Atlas Social do Estado do Paraná

O Protótipo do Atlas Social do Estado do Paraná surgiu através da necessidade de espacialização dos dados da pesquisa realizada nos anos de 1996 e 1998 para implantação da Lei Orgânica de Assistência Social no Paraná – LOAS. O objetivo era apresentar os dados relativos à assistência social de todos os municípios do estado do Paraná e como estes estavam organizados através dos Conselhos e Fundos Municipais.

Para a pesquisa foram coletadas 26 diferentes informações relacionadas à adequação legislativa e suas distorções. A espacialização dessas informações foi alvo de estudo de Delazari (2004) em sua tese de onde se originou o protótipo do Atlas Social do Estado do Paraná.

Nesse protótipo, as informações coletadas em 1998 foram agrupadas em 3 grandes grupos de modo a produzir mapas que permitam identificar o tema geral que está sendo representado. A divisão das informações ficou estabelecida da seguinte maneira: informações relacionadas aos Conselhos Municipais de Assistência Social (11 itens), informações relacionadas aos Fundos Municipais de Assistência Social (8 itens) e informações sobre a Assistência Social (7 itens).

No desenvolvimento original, as informações divididas nesses três grupos foram analisadas para se decidir a respeito das classificações dos dados de cada grupo, definição dos esquemas de cores, o nível de medida de cada uma das informações e o número de classes, originando 26 mapas constantes do Atlas.

Delazari (2004) cita que o “objetivo principal do protótipo era possibilitar a representação espacial de informações relativas à Assistência Social no Estado do Paraná, de modo a subsidiar o entendimento da variação espacial de fatores associados à Assistência Social”. A partir deste objetivo outros foram propostos como análise e comparação de padrões espaciais, análise espacial e de tendências, métodos de representação e a combinação de diferentes tipos de informações.

O protótipo original foi desenvolvido em linguagem de programação Visual Basic 6.0, juntamente com o MapObjects 2.0a, desenvolvido pela empresa ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). O MapObjects 2.0a é uma biblioteca de classes desenvolvida para fornecer ferramentas para criação de aplicativos que possam ter funcionalidades de visualização cartográfica, permitindo trabalhar com projeções cartográficas, acessar bancos de dados, entre outras operações.

Este programa compreende um controle ActiveX chamado *Map* e um conjunto de 46 objetos de automação ActiveX, que podem ser utilizados em ambientes de programação tais como Visual Basic, Visual C++, Delphi e Visual Basic for Applications (VBA). Entre suas principais funções que podem ser implementadas com MapObjects 2.0, estão :

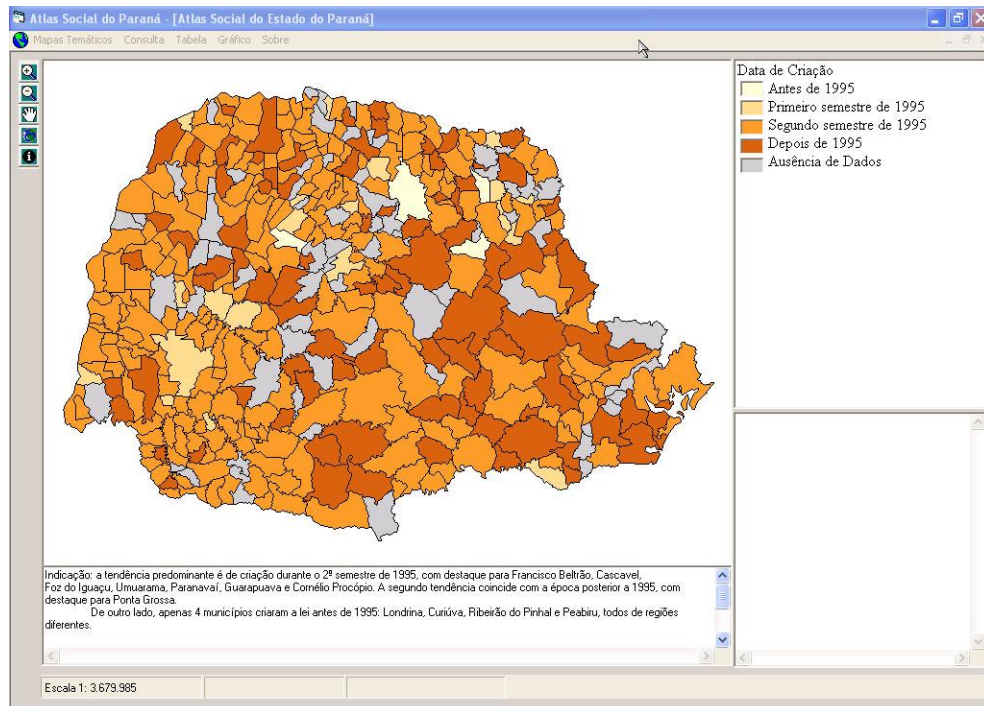
- a) visualizar um mapa com vários níveis de informação;
- b) “zoom” e “pan”;
- c) desenhar feições gráficas, tais como pontos, linhas, círculos e polígonos;
- d) identificar feições, apontando para elas;
- e) selecionar feições ao longo de linhas e dentro de polígonos e círculos;
- f) realizar cálculos estatísticos de feições selecionadas;
- g) consultar e atualizar dados associados com feições selecionadas;
- h) representar feições em mapas temáticos;

Como forma de armazenar e recuperar as informações de maneira rápida e associada a coordenadas geográficas, na referida tese optou-se por utilizar o formato *shapefile* – formato proprietário do programa ArcView e do MapObjects, que armazena tanto a geometria quanto os atributos das feições geográficas. Os

shapefiles são compostos por três arquivos: o primeiro arquivo contém os dados geométricos, o segundo arquivo contém índices para os dados do primeiro e o terceiro contém os atributos dos dados do primeiro.

O protótipo original vem sendo continuamente desenvolvido através do projeto de pesquisa “Modelagem e Implementação de um Atlas Eletrônico Interativo Utilizando Conceitos de Visualização Cartográfica” com bolsa de iniciação científica CNPq pela Universidade Federal do Paraná. Atualmente o banco de dados utilizado está em formato Access combinando informações textuais e numéricas. A interface básica continua sendo usada (Figura 9), mas o armazenamento e recuperação da informação foram melhorados com a troca do gerenciador do banco de dados.

FIGURA 9 – EXEMPLO DE CONSULTA REALIZADA NO PROGRAMA

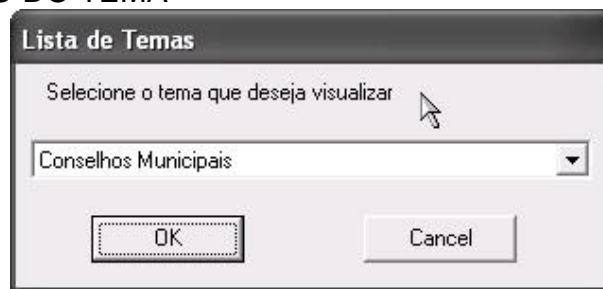


FONTE: Delazari (2004).

Na implementação atual, as combinações de classificação, nível de medida, e escala de cores estão fixas no corpo do programa, ou seja, definidas pela autora do Atlas. O usuário tem opções na barra de menus na parte superior da interface, podendo acessar o menu *Mapa Temático* com as opções *Consultar*, *Esquema de Cores* e *Sair*. Ao ativar a opção *Consultar*, o usuário deve escolher um dos temas, como mostrado na Figura 10, e em seguida uma informação contida nesse tema para ser representada. O programa habilita as opções de esquemas de cores pré-

definidas para a informação escolhida, ou seja, se a informação escolhida for nominal são mostrados dois esquemas de cores (Figura 11a), com o respectivo número de classes. Caso a informação seja ordinal, são disponibilizados quatro esquemas de cores (Figura 11b), também com o respectivo número de classes da informação. Deste modo, não há possibilidade de que o usuário possa efetuar uma escolha incorreta, do ponto de vista cartográfico, para representação das informações, mas restringe a potencialidade do usuário no uso e criação de simbologias para mapas.

FIGURA 10 – SELEÇÃO DO TEMA



FONTE: Delazari (2004).

FIGURA 11 – (A) SELEÇÃO DE UMA INFORMAÇÃO NOMINAL, (B) SELEÇÃO DE UMA INFORMAÇÃO ORDINAL



FONTE: Delazari (2004).

O usuário tem a opção de alterar o esquema de cores escolhido a qualquer momento, bastando selecionar a opção *Esquemas de Cores* no Menu *Mapa Temático*. Neste caso, é habilitada a janela mostrada na Figura 11, com os mesmos esquemas de cores disponíveis na opção de consulta.

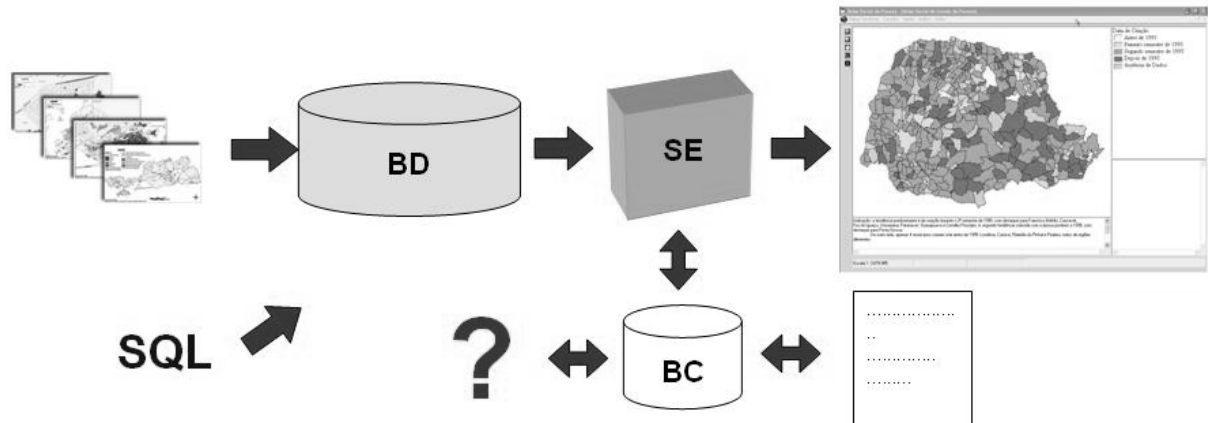
Na implementação atual, o Atlas tem algumas limitações. A classificação dos dados é fixa, ou seja, o número de classes não pode ser alterado e a inserção de novas informações não é possível, pois o banco de dados não pode ser editado pelo Atlas. Essas limitações restringem a potencialidade do usuário no uso do Atlas e, principalmente, na atualização da informação sem realizar a completa substituição do banco de dados.

3.2.2. Regras para o Sistema Especialista e Base de Conhecimento

O SE foi construído dentro do Atlas Social por meio de regras para gerenciamento de informações. Essas regras, inclusas em uma função computacional, fazem o controle de inserção de novas informações e edição das já existentes no banco de dados. A base de conhecimento e o dicionário de conversão criado para atender o SE ficarão alocados no programa em forma de tabelas. Essa distribuição em tabelas se dá em função da estrutura desenvolvida no Atlas e deste modo as informações poderão ser atualizadas automaticamente pelo SE quando houver alterações no BD.

Conforme mostrado na Figura 12, o objetivo do sistema especialista proposto foi fazer a ligação do banco de dados e a representação no programa através da linguagem cartográfica. Essa ligação é válida para a inserção de novas informações e para pesquisas ao BD através de SQL, conforme Figura 14 abaixo. Para a classificação dessas informações, o sistema especialista consulta uma base de conhecimento (BC) onde procura parâmetros suficientes para realizar a classificação da informação. Esses parâmetros são associados a regras que indicam ao SE como classificar cada tipo de informação. Caso não encontre uma classificação nesses parâmetros, uma pergunta é apresentada ao usuário para que este faça uma intervenção. Essa intervenção deve indicar como o sistema deve proceder a classificação.

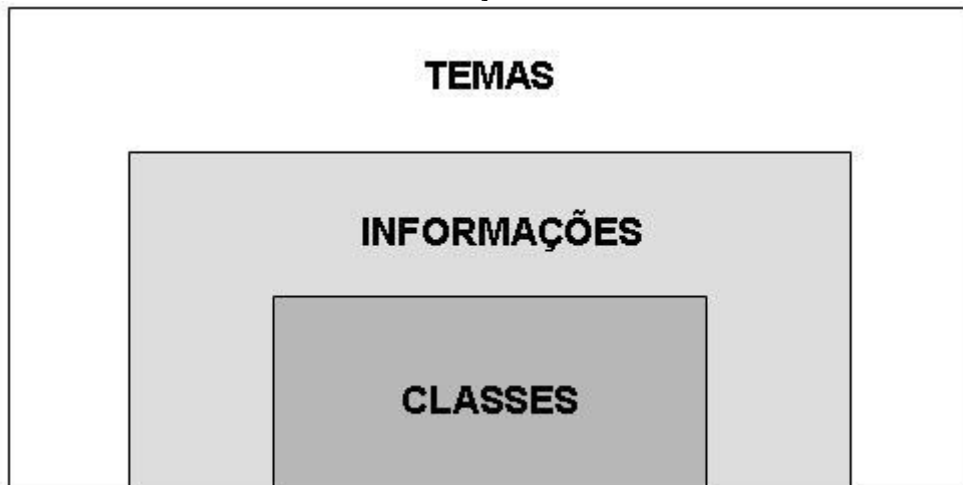
FIGURA 12 – ESQUEMA DO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ESPECIALISTA



FONTE: pelo autor

Desde sua criação foram realizadas melhorias no código do Atlas e algumas alterações importantes foram implementadas. A mais importante delas foi a alteração do banco de dados em formato DBF para um banco de dados MDB (formato nativo do Microsoft Access). Como uma vantagem dessa alteração está a possibilidade de criar relacionamentos entre as tabelas do tipo um-para-um, um-para-muitos e muitos-para-muitos. A Figura 13 mostra como a informação está agrupada no projeto do Atlas Social. As tabelas do banco de dados são associadas em sua maioria no relacionamento do tipo “um para muitos”. Esses relacionamentos se dão em função de chaves de pesquisa que atendem a construção do BD. Essa estrutura está organizada em Temas compostos por Informações, que são compostos por Classes. A tabela TCores não está associada às demais por trazer definições das cores definidas originalmente no projeto cartográfico temático desenvolvido durante a criação do Atlas e essas informações têm sido mantidas nas atuais implementações. A tabela TCores funciona somente para consulta e, por isso, não é relacionada a nenhuma outra dentro do programa diretamente.

FIGURA 13: Relacionamento das informações dentro do Atlas Social.



FONTE: o autor.

O SE tratará as informações através de regras descritas por meio de funções inseridas no Atlas. As regras definidas para esse sistema especialista consideram a definição dos elementos da linguagem cartográfica no fluxo de execução do projeto cartográfico temático conforme descrito no capítulo 2. Essas regras ficam armazenadas no corpo do programa, as informações geográficas são armazenadas no BD e as informações de ordenação e classificação ficam na BC (Base de Conhecimento) que é representada na tabela TBaseC. A Figura 14 apresenta o fluxo de informações através do módulo que se propõe implementar.

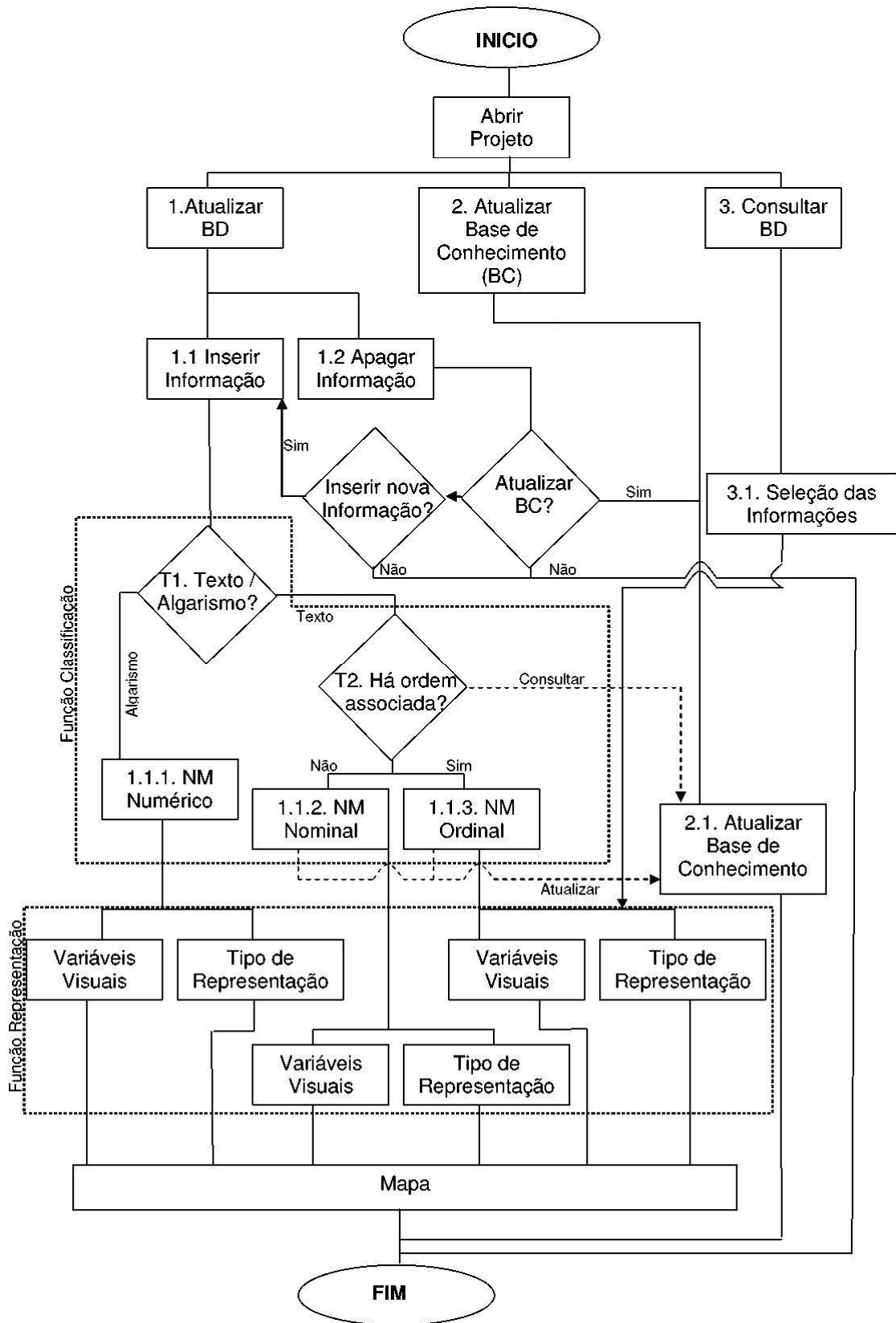
O fluxo se inicia com a opção de uso do programa. Se a opção for inserir nova informação (Atividade 1.1), o módulo deve testar qual o tipo de dado comportado pelo campo, se texto, data ou numérico. Essa informação é fornecida pelo próprio gerenciador do banco de dados. Nessa dissertação o banco de dados está construído em Microsoft Access. No fluxograma abaixo, esse teste foi chamado de Teste 1 (T1) e ocorre entre o programa e o banco de dados. Esse teste simples é válido porque todas as informações digitadas via teclado ou inseridas via arquivos ASCII são consideradas texto pelas linguagens de programação. A conversão para o tipo de dado característico ocorre dentro do programa. Uma vez determinado o tipo de dado, a informação deve ser categorizada em função do seu nível de medida, antes de ser transferida para o banco de dados.

Um campo do banco de dados que seja classificado no teste T1 como numérico (informação dada por algarismos), é considerado como sendo pertencente ao nível de medida numérico (1.1.1) e, portanto, o programa deverá selecionar as

variáveis visuais e tipos de representação mais adequados a esse nível de medida, desabilitando outras opções. As variáveis mais adequadas para o nível de medida numérico são, segundo MacEachren (1994), localização e tamanho, seguidas de valor de cor, e saturação. Textura e orientação não foram sugeridas nesse item por se entender que suas aplicações são limitadas a um número pequeno de classes e a possibilidade de se criar confusão é mais evidente que nas demais variáveis citadas.

Uma informação classificada como textual em T1 pode ser classificada como sendo nominal (1.1.2), se não houver qualquer tipo de ordem associada, ou ordinal (1.1.3) se houver ordem associada. A seleção de um ou outro nível de medida merece atenção, pois a ordenação nesse caso é subjetiva. Dados que indiquem temporalidade, como primeiro semestre e segundo semestre, são ordinais colocados como texto e que tem de ser avaliados caso a caso.

FIGURA 14 – FLUXOGRAMA DE AÇÕES DO USUÁRIO



FONTE: pelo autor

Para a decisão entre nominal e ordinal o programa acessa a Base de Conhecimento (BC) (2.1) e procura por indicações de ordem. Encontradas as palavras, o programa adota a ordem existente na BC. Caso a ordem de entrada não esteja correta, o usuário poderá fazer a edição através de tela própria. Esse ordenamento será armazenado e utilizado para consultas. Se o programa não encontrar palavras suficientes na base de conhecimento que possam fazer a indicação de ordem, o fluxo é desviado para acesso a um dicionário. O dicionário funciona como memória de trabalho e nele estão listadas as palavras utilizadas para ordenar informações. Esse dicionário é associado à BC, mas separado desta, e é responsável por identificar a grafia das palavras e sentenças usadas para realizar a pesquisa. Se o dicionário não contiver as palavras e a BC não contiver a ordem das classes então será solicitado ao usuário que indique a ordem das informações. Essa indicação se dará por meio da seleção direta das classes e seu posicionamento na lista de entrada de classes, semelhante a edição da BC. Desse modo, o programa capta parâmetros suficientes para continuar a classificação.

Definida a ordem das classes, a BC é atualizada com a ordem e as palavras usadas alimentam o dicionário de conversão. À medida que o usuário alimenta essa base com informações relativas ao assunto e adiciona um vocabulário mais extenso, o sistema pode trabalhar com situações mais complexas. Citando o mesmo exemplo, as palavras “primeiro” e “segundo”, “até” e “entre”, sugerem certa ordem que o programa tentará acompanhar, comparando e armazenando informações no dicionário de conversão. Esse dicionário fica armazenado em arquivo à parte do programa podendo ser editado a qualquer tempo pelo usuário.

Se o nível de medida for classificado como ordinal, variáveis como tamanho, valor e saturação de cor ficam habilitados ao usuário. Caso a classificação resultante do teste seja o nível de medida nominal, as variáveis disponibilizadas serão tom de cor, textura e orientação (considerando as ressalvas anteriormente citadas) e forma. As informações dessa classificação são armazenadas no programa e associadas as mesmas no momento da inserção das classes. Desse modo, quando se realiza a consulta e representação do BD (Atividade 3), as informações são selecionadas através de ferramentas de busca próprias do programa e que utilizam linguagem SQL. As informações selecionadas são acessadas no BD e as classificações definidas no momento da inserção destas no BD são lidas e utilizadas pelo Atlas.

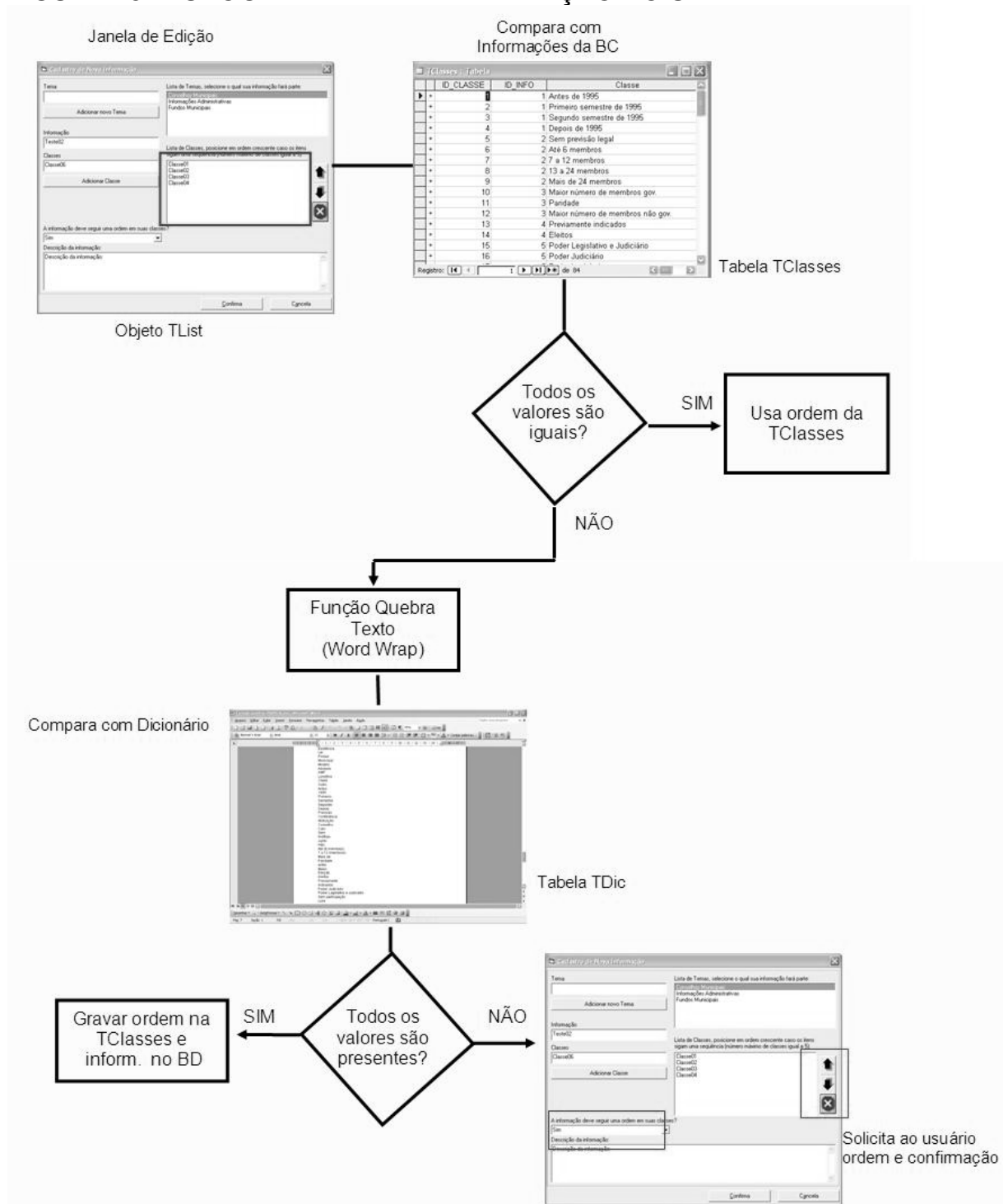
O usuário tem ainda as opções de apenas editar o banco de dados com a opção de apagar registro (1.2) do Banco de Dados e da Base de Conhecimento e na mesma seqüência colocar outra informação em substituição àquela que foi eliminada. O usuário pode atualizar somente a BC (Atividade 2) partindo direto para edição das informações da mesma e do dicionário de conversão. Essa opção do programa ocorre paralela às informações do BD e depois de editadas e salvas as alterações, o programa é encerrado.

Os testes de classificação para definição do nível de medida estão reunidos em um conjunto de regras denominadas *Função de Classificação*. Uma vez classificados os dados, são selecionados as variáveis visuais e tipos de representação, apresentando ao usuário opções possíveis de acordo com o que é definido na teoria de linguagem cartográfica. No Atlas Social, a representação se encontra resumida a uma tabela com as paletas de cores de cada representação em um mapa coroplético.

Devido ao Atlas utilizar somente primitiva gráfica área, as regras do sistema especialista nessa dissertação foram descritas considerando apenas essa primitiva. Considera-se uma expansão dessas regras para contemplar as primitivas gráficas ponto e linha e outros tipos de representação. Essas regras foram descritas em termos de SE-ENTÃO-CONTRÁRIO (*If-Then-Else*), e tentam captar todo o processo de tomada de decisão da classificação realizada por um cartógrafo que estivesse trabalhando com as mesmas informações.

A figura 15 apresenta o fluxograma de implementação do SE dentro do Atlas Social. O projeto cartográfico desenvolvido por Delazari (2004) limita a classificação em até cinco classes. Por isso essa e outras decisões de projeto cartográfico foram mantidas. A implementação do SE foi realizada de modo que no momento da inserção de uma nova informação no BD, o sistema avalia o texto que compõe o nome de cada uma das classes colocadas na lista de classes (objeto TList) da tela de edição. Em seguida essas classes são comparadas com a base de conhecimento (BC), definida dentro do corpo do programa com uma tabela chamada de TClasses. Se os valores descritivos contidos nos dois objetos forem iguais, a ordem de inserção é verificada no objeto TList e a informação é validada como uma alteração no BD e as definições de linguagem cartográfica são aplicadas à nova classificação.

FIGURA 15 FLUXOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SE



FONTE: pelo autor.

Caso não sejam encontradas todas as novas classes na tabela TClasses, uma função desenvolvida nessa dissertação, chamada Quebra Texto (*word-wrap*), separa o nome de cada uma das classes em palavras e números e as compara a um dicionário existente. Conforme explicado anteriormente, o dicionário é composto de

palavras como “até, antes, entre, depois”, que naturalmente formam um sentido de ordem. Esse dicionário funciona também como uma memória de trabalho por guardar todas as palavras utilizadas para nomear classes e a ordem atribuída. Essa ordem é incorporada à classificação e usada na ordenação das classes. Então o resultado é gravado na BC e os dados no BD. A memória de trabalho se mostra interessante pois se houver uma classe que tenha sido retirada da BC e volte a ser utilizada no Atlas, o SE é capaz de identificar sua colocação em relação às demais e colocá-la na lista de classes.

Se mesmo com o dicionário não for possível realizar a classificação então a janela de edição é reaberta, porém com modificações. Nesta nova janela de edição o usuário deve indicar e confirmar a ordem das classes. Essa ordenação é feita com a seleção do nome da classe e uso de botões que alteram a posição da classe na lista. Esses botões têm representados duas setas, uma indicando para cima e outra para baixo.

Finalmente, o usuário deve confirmar explicitamente que a ordem deve ser seguida. Essa confirmação será feita através de um objeto *Combobox* na qual será necessário afirmar positiva ou negativamente para o programa se a ordem deve ser seguida. Então o SE grava as informações no BD e a ordem atribuída é passada à BC e as palavras ordenadas incorporarão o dicionário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ANÁLISE DE PROGRAMAS DE MAPEAMENTO

Os resultados aqui apresentados se referem às análises realizadas das abordagens científicas para ViSC e dos programas comerciais de SIG mais conhecidos no meio acadêmico e profissional no Brasil. Enquanto a análise dos SIG focou a utilização do programa e orientação do usuário para criação de mapas temáticos, as aplicações científicas foram descritas, não sendo abordados aspectos de tratamento e análise de dados como realizado nos SIG. Porém as discussões desses resultados se encontram abaixo.

4.1.1. Resumo comparativo dos métodos científicos:

Os programas analisados foram desenvolvidos para a aplicação de visualização científica, porém muitas das técnicas e recursos utilizadas nesses sistemas são provenientes da cartografia. Mesmo se tratando de protótipos resultantes de alguns anos de pesquisa, é bastante complicado encontrar referências sobre os mesmos e suas aplicações.

Destaca-se que são programas inovadores no sentido de dotar um sistema de autonomia na criação de qualquer tipo de representação gráfica cabendo ao usuário apenas decidir se a visualização criada atende ou não a sua necessidade. Entretanto, apesar de empregarem elementos usados na Cartografia para a criação de representações de dados há um afastamento conceitual dessa, de modo que não existe clareza na aplicação de variáveis e regras. Cada autor de sistema ViSC tem suas próprias concepções sobre como definir primitivas gráficas, regras e critérios para a escolha de visualizações.

Esses programas ViSC foram selecionados por Domik (1999), que foi o primeiro a sumarizar os diferentes programas existentes. Das nove estratégias originalmente selecionadas por esse autor, somente quatro foram abordadas nesse estudo pois partem de um mesmo paradigma. Esse paradigma é o da Geração e Teste sob enfoque da emulação de raciocínio conforme a AIS e a linha de pesquisa adotada nessa dissertação.

O paradigma de geração e teste, segundo Domik (1999), é uma estratégia adotada em sistemas de visualização científica cujo objetivo é eliminar a necessidade de especificar, desenhar e desenvolver uma visualização para cada

possível resposta de um programa. O programa desenvolvido sob esse paradigma deve ser capaz de criar uma série de visualizações, organizá-las em uma lista e testar uma a uma quais são as mais adequadas segundo critérios de eficiência e eficácia definidos pelos usuários. Esse paradigma, inicialmente utilizado por Mackinlay (1986), requer um conjunto de primitivas gráficas, regras para gerar visualização dessas primitivas gráficas, e critérios sob os quais são testadas as visualizações geradas. Analogamente a linguagem humana, palavras formam as primitivas da língua portuguesa e o conhecimento do mundo real é o critério pelo qual se testa a sentença para se determinar a validade da mesma. O Quadro 03 mostra a comparação dessas estratégias pelas suas características principais.

QUADRO 3: QUADRO COMPARATIVO ENTRE AS PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS ACADÊMICAS DE VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA.

ESTRATÉGIAS ACADÊMICAS DE VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA				
	Mackinlay, J. APT (1986)	Casner, S. BOZ (1991)	Roth et al, SAGE (1994)	Senay, H., Ignatius, E. VISTA (1994)
Tipos de gráficos trabalhados	Gráficos estatísticos (barra, linhas, pizza) e regressão.	Gráficos estatísticos (barra, linhas, pizza) e derivados.	Gráficos estatísticos (barra, linhas, pizza), regressão e derivados.	
As primitivas gráficas	Áreas (círculos e barras), linhas, símbolos pontuais e atributos visuais como cor, orientação e tamanho.		Mesmo de APT e BOZ acrescido de tabelas.	Pontos, linhas, áreas, volumes e símbolos complexos.
Linguagem gráfica	Eixo horizontal, eixo vertical, gráfico de linha, gráfico de barras, gráfico de dispersão, cor, forma, tamanho, saturação, textura, orientação, árvore e redes.		Análise das características dos dados.	Técnicas de visualização posicional, temporal e de retina.
Regras de composição	Composição bidimensional e composição unidimensional.	Escolha de operador perceptivo (variáveis de Bertin e tipos de gráficos estatísticos).		Composição de símbolos por superposição, união, transparência, ou intersecção.
Critérios	Expressividade e eficiência.			
Entrada de dados	Banco de dados.	Descrição lógica como SQL.	Banco de dados relacional.	Descrição lógica como SQL.

QUADRO 3: QUADRO COMPARATIVO ENTRE AS PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS ACADÊMICAS DE VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA (CONT.).

ESTRATÉGIAS ACADÊMICAS DE VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA				
	Mackinlay, J. APT (1986)	Casner, S. BOZ (1991)	Roth et al, SAGE (1994)	Senay, H., Ignatius, E. VISTA (1994)
Enfoque	Escolher a visualização mais eficiente.	Escolher o operador perceptivo mais eficiente.	Objetivos do usuário na visualização dos dados.	Baseada em percepção visual.
Paradigma	Geração e Teste.			

FONTE: pelo autor.

Os programas analisados e comparados, conforme apresenta o Quadro 3, apesar de terem sido desenvolvidos para visualização científica, trazem muitos elementos de representação cartográfica. Um aspecto ligado ao uso do mesmo paradigma é que todos utilizam como critérios para seleção de visualizações, os critérios de eficiência e eficácia definidos originalmente por Mackinlay (1986). Outro aspecto é que em todas as abordagens a estrutura dos programas é adotada a emulação do raciocínio através de uma analogia com a estrutura de linguagem humana. Além disso, em todos os programas analisados o que os pesquisadores definem como primitivas gráficas diferem grandemente do conceito de primitivas gráficas em Cartografia. Por isso os principais pontos desses programas são discutidos segundo a ótica da Cartografia:

a) Primitivas gráficas e linguagem gráficas:

Em Cartografia, para representar um fenômeno geográfico, são utilizadas as primitivas gráficas ponto, linha, área e volume e as variáveis visuais que aliadas ao nível de medida formam o trino para representação temática. Esses elementos são provenientes de resultados de pesquisas em visualização e comunicação cartográfica. Entretanto, as linhas de pesquisas em visualização cartográfica vêm desenvolvendo esses conceitos objetivando um completo entendimento do processo de representação de fenômenos e leitura de mapas.

Na descrição feita pelos autores de sistemas ViSC, existem grandes diferenças entre as noções de primitiva gráfica adotada nesses programas e na Cartografia. Na abordagem desses programas, primitivas gráficas são entendidas como elementos básicos constituintes de qualquer tipo de representação gráfica. Ao

se trabalhar com gráficos estatísticos como gráfico de barras, linhas e gráfico tipo torta, por exemplo, as primitivas gráficas são barra, linha e círculo, respectivamente. Tabelas e símbolos pontuais, como formas geométricas simples ou compostas, são consideradas primitivas gráficas nos programas analisados. O que esses autores definem como símbolos complexos, na cartografia são entendidos como símbolos pictóricos. Símbolos pictóricos trazem além da informação posicional, uma imagem associada ao símbolo que permite a associação direta ao fenômeno representado. Por exemplo, duas picaretas cruzadas indicam uma mina, o desenho de talheres indica restaurante.

As definições de primitivas gráficas como aparecem nesses programas são confusas. Como exemplo, barra e linha são definidas por Mackinglay (APT, 1986) e Casner (BOZ, 1991) como duas primitivas gráficas distintas, enquanto que na Cartografia a linha é considerada a primitiva gráfica e a barra é a primitiva gráfica com aplicação da variável visual tamanho. Ou seja, a espessura da barra traz a idéia de uma quantidade associada à primitiva gráfica linha.

A principal implicação da confusão de primitivas gráficas e variáveis visuais é a impossibilidade de uma clara definição de como representar um elemento ou uma classe do fenômeno que se está representando. Notadamente, podem surgir representações ambíguas ou mesmo incompreensíveis que não transmitem a informação da maneira mais adequada ou, ainda, mascarando discrepâncias presentes nos dados.

b) A analogia de linguagens:

Apesar de poucas variações entre os autores, todos usam a emulação da inteligência segundo a estrutura da língua humana escrita. Os programas consideram os elementos componentes como elementos gramaticais direcionando o uso dos símbolos na representação dos dados. Esses elementos provêm de gráficos estatísticos, algumas variáveis visuais da Cartografia e tabelas. Com esses elementos os símbolos são construídos sendo considerados análogos às palavras e definidos segundo regras definidas na linguagem gráfica de cada programa. Os autores diferem sobre quais símbolos são mais apropriados para representações bem como quais linguagens gráficas.

Para a composição das representações todo o espaço de distribuição do fenômeno é avaliado e regras de composição, semelhantes a regras gramaticais, fazem a escolha do tipo de representação final. O conjunto de todas as regras definidas em um desses programas é chamado de linguagem gráfica. As regras de composição diferem de autor para autor. Mackinglay (1986) usa regras para definir gráficos estatísticos 2D em eixos cartesianos. Seu programa (APT) foi o precursor dos programas de visualização científica e trabalha basicamente com gráficos estatísticos cartesianos uni- e bi- dimensionais definindo as suas variáveis ao longo desses eixos.

Casner (BOZ, 1991) e Roth et al (SAGE, 1994), confundem algumas variáveis visuais definidas por Bertin para linguagem cartográfica e alguns gráficos estatísticos no estabelecimento de suas regras de composição. Casner introduz o conceito de operadores perceptivos (POP). Esses operadores, visualmente têm função análoga aquela dos operadores lógicos quando, por exemplo, realizam consultas em banco de dados. Os POP, segundo Casner (1991), caracterizam as atividades de processamento da informação executadas dentro do contexto de uma apresentação gráfica e seu desempenho depende da finalidade da representação gráfica que se está criando. Por exemplo, julgar a distância entre dois objetos em um gráfico e encontrar um objeto que tem uma cor particular são exemplos de operadores perceptivos. Esses operadores são organizados em função da linguagem gráfica disponível pelo programa. A linguagem gráfica para posição de um objeto na representação usada pelo BOZ inclui regras de composição como posição horizontal e vertical, altura, largura, área, conectividade, forma, tabelas, e outros. Ainda segundo Casner (1991) para linguagem posição horizontal, como exemplo, é admitido um conjunto de operadores perceptivos capazes de determinar: a posição horizontal de um único objeto gráfico, comparar posições de dois ou mais objetos horizontais (distância entre objetos), e encontrar o ponto médio entre duas posições horizontais. Esses operadores são: determinar posição horizontal, procurar objetos na posição horizontal, procurar posição horizontal de qualquer objeto, verificar objeto na posição horizontal, coincidência horizontal, à esquerda de, à direita de, determinar distância horizontal. Cada linguagem definida dentro do programa tem um conjunto próprio de operadores. Esses POP são similares no SAGE (Roth et al, 1994). Esse programa utiliza regras parecidas para definir suas regras de composição.

Senay e Ignatius (1994) com o VISTA usam parâmetros da teoria de conjuntos para definição das regras de composição. Esses autores entendem que os dados estão sempre distribuídos no domínio da natureza do mesmo, ou seja, os dados sempre representam coordenadas, quantidades, números inteiros, e assim por diante. Esse programa difere dos demais pelas regras de composição definidas como composição de símbolos, por superposição, por união, por transparência e por intersecção. Essas regras são detalhadas no Apêndice A. A regra que merece destaque é a composição por transparência, na qual dois temas são representados conjuntamente havendo entre eles uma diferença de opacidade. Dessa forma ambos podem ser vistos na mesma representação mas tem suas características alteradas, como tom, luminosidade, entre outras.

Comparativamente, a Cartografia apresenta uma melhor e mais clara definição dessas regras constituintes de representação gráfica. O que os autores tratam de maneira muito ampla como regras de composição, na cartografia são definidas como relações topológicas. Nos programas de ViSC, cada autor dos programas analisados tem sua própria concepção de regra e como elas devem funcionar. Essas relações têm uma amplitude mais restrita na Cartografia, pois em função de toda experiência dessa arte, as relações topológicas são tanto ou mais acuradas e aplicáveis que as regras de composição, além de serem bem definidas. As regras topológicas são bastante aplicadas em programas de SIG e relativamente de fácil utilização pelo usuário. Questões como interceptação, união, continência ou mesmo relações entre coordenadas, são exemplos de regras topológicas simples e que substituem as complicadas regras de composição.

Essa falta de uniformidade entre as regras de composição no tratamento do dado, às vezes não deixa claro como os programas tratam os dados ou porque a regra é usada. Semelhante ao que pode ocorrer a um sistema especialista, um programa composto de muitas regras ou regras confusas gera resultados dúbios ou não condizentes com a solução mais adequada.

c) Caracterização dos dados de entrada:

Os programas comportam dois tipos de entradas: por banco de dados relacional e por descrição de pesquisa lógica. A entrada por BD relacional é atualmente uma caracterização comum a programas de mapeamento, como SIG e

Atlas. Porém não há armazenamento de objetos gráficos nesses bancos, uma vez que a representação é gerada automaticamente. A caracterização por consulta lógica se assemelha às consultas SQL desenvolvidos nos programas SIG. O usuário insere uma sentença de questionamento composta de operadores lógicos e campos do BD, e o programa retorna somente aqueles dados que atendam a esse questionamento. A representação é realizada pela aplicação de regras de composição e primitivas gráficas sobre os dados selecionados.

d) Critérios de expressividade e eficiência:

Esses critérios são bastante subjetivos ficando a cargo do autor do mapa fazer a avaliação final dos critérios e fazer suas descrições nos programas. Segundo Mackinglay (1986), esses critérios identificam as linguagens gráficas que expressam a informação desejada de modo que todo o conjunto de dados envolvido na representação possa ser codificado adequadamente. Esse critério exige como condição a existência de uma sentença que codifique todos os dados do conjunto corretamente e somente os dados desse conjunto. Se forem codificados dados incorretos nessa sentença, então essa sentença continua válida, porém os programas têm de ser capazes de formularem outras sentenças mais adequadas. Dessa forma uma lista de possíveis representações é criada para cada intervenção do usuário. O critério de efetividade é usado para ordenar as possíveis representações de modo que a mais efetiva possa ser a primeira escolha. Mas esse critério, da forma como é aplicado nos programas analisados, considera somente os dados e a capacidade do programa em representá-los. Não há considerações sobre as possíveis interpretações pelo usuário.

O critério de eficiência não fica bem definido pelos autores. Mackinglay (1986) coloca que os critérios de eficiência identificam qual das linguagens gráficas é a mais eficaz em explorar as potencialidades do meio de saída, digital ou analógico, e do sistema visual humano em determinada situação. Não há nenhuma alusão de como esse critério pode ser aplicado para avaliação tomando por base o sistema visual humano. Outro ponto é sua definição, totalmente subjetiva. O próprio autor afirma que esse critério pode ser avaliado em termos de diferentes fatores como acuracidade e velocidade computacional na criação da representação ou mesmo custo financeiro. Assim esse critério pode assumir quaisquer valores dependendo da

aplicação e de quem faz a análise desse critério. Com isso a comparação entre critérios fica prejudicada.

Portanto, quanto mais complexa seja a aplicação para a representação que se está criando, mais sensível é a escolha e a formulação dos critérios de expressividade e eficiência a ser inserida nesses programas.

e) Enfoque:

O aspecto que mais diferencia os programas de ViSC é o enfoque dado pelos seus idealizadores. Mackinglay (APT, 1986) procura escolher a visualização mais eficiente baseado nos critérios de expressividade e eficiência. Conforme descrito acima, esses critérios apesar de subjetivos são utilizados por todos os demais autores analisados. Casner (BOZ, 1991) propõe que a melhor visualização para um conjunto de dados se dá através da escolha do operador perceptivo mais eficiente. Essa escolha é feita com relações topológicas, chamadas de operadores perceptivos e agrupadas como linguagens gráficas, associada à relação entre os dados. Roth et al (SAGE, 1994) propõem que os objetivos do usuário na visualização é o fator decisivo para a escolha do tipo de representação. O usuário tem de fazer a especificação de modo particular ao usar o programa, inserindo a maior quantidade possível de informação descritiva suplementar aos dados para escolha adequada do tipo de representação. Senay e Ignatius (VISTA, 1994) criaram um programa baseado no conhecimento de percepção visual. Esse programa é o único, segundo a descrição dos próprios autores até aquele momento, que permite interatividade com o usuário de modo que este possa alterar a representação antes da sua finalização. Essa característica remete aos requisitos de Elzaker (1999), descritos no capítulo 2, para programas de visualização. O VISTA desenvolve três deles: funcionalidades multi-janelas, variáveis visuais dinâmicas e capacidade de edição via imagem. Esses requisitos podem ser parcialmente contemplados, porém uma análise mais criteriosa exige acesso ao programa.

4.1.2. Resumo comparativo dos métodos comerciais:

Os requisitos de Elzaker (1999) foram também considerados subjetivamente na análise dos SIG comerciais ArcGIS e SPRING. Este estudo mostrou as dificuldades que um usuário não cartógrafo pode ter ao tomar decisões de projeto

cartográfico frente à total disponibilidade de ferramentas sem que haja algum tipo de orientação ou restrição. Apesar de serem programas poderosos, os softwares analisados não podem assegurar que sua utilização seja adequada por usuários inexperientes ou desconhecedores dos conceitos de projeto cartográfico. Esses programas foram analisados, comparados e discutidos no Apêndice A dessa dissertação. Esses programas foram selecionados pelo autor entender serem os programas de maiores utilização na cartografia nacional e por estarem disponíveis no curso de pós-graduação em ciências geodésicas da Universidade Federal do Paraná. O resultado dessas análises é apresentado no Quadro 4. Nesse quadro alguns termos utilizados na classificação foram:

- Fácil: quando o programa é bastante indutivo não sendo necessárias descrições, definições ou mesmo cálculos para se utilizar a ferramenta ou realizar uma ação;
- Relativamente fácil: o usuário não precisa ter conhecimento profundo do tópico, porém deve ter algum treino para operar a ferramenta ou realizar a ação;
- Complexa: existe a necessidade de treinamento e informações adicionais para possibilitar o uso da ferramenta.

QUADRO 4: QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS PRINCIPAIS PROGRAMAS DE SIG DISPONÍVEIS

	ARCGIS	SPRING
Banco de Dados	Vários	Vários
Montagem do BD	Relativamente fácil	Complexa
Consistência do BD	Consistente	Consistente
Criação de Projeto	Fácil	Complexa
Definição de Projeção Cartográfica	Relativamente fácil	Complexa
Classificação de dados	Livre	Livre
Esquema de cores	Livre	Livre
Escolha de simbologia	Por primitiva gráfica	Por primitiva gráfica
Escolha de ferramentas de pesquisa e análise	Não Supervisionada	Supervisionada
Disponibilidade de ferramentas de pesquisa e análise	Pacotes	Completo
Orientação do usuário quanto a classificação	Descrições textuais e pictoriais	Nenhuma

QUADRO 4: QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS PRINCIPAIS PROGRAMAS DE SIG DISPONÍVEIS (CONT.)

	ARCGIS	SPRING
Orientação do usuário quanto a esquema de cores	Não seletivo	Não seletivo
Orientação do usuário quanto ao tipo de representação	Não seletivo	Não seletivo
Tipo de usuário	Geral e pouco experiente	Geral e experiente
Distribuição	Comercial	Livre

FONTE: pelo autor.

A análise dos programas comerciais, realizada no Apêndice A, e do Quadro 4, permite que sejam feitas algumas considerações:

a) Banco de dados (BD):

Os dois programas trabalham com bancos de dados comerciais e formatos próprios. A diferença é que o geodatabase do ARCGIS tem ganhado destaque em relação ao formato Dbase do SPRING, pela facilidade de criação, uso e exportação. Os BDs desses programas são passíveis de exportação para outros formatos;

b) Montagem do BD:

A montagem do BD no caso do ARCGIS é facilitada em relação ao SPRING, pois a orientação a objeto faz com que, na inserção, os arquivos com os dados possam estar distribuídos no computador ou na rede. Uma vez indicados os caminhos o próprio gerenciador busca essas informações e as cataloga internamente atribuindo uma classificação hierarquizada. No SPRING, todas as informações devem estar centralizadas em um servidor (local ou rede), mas sempre em uma mesma pasta. A classificação da informação é feita *a priori* e manualmente pelo usuário na montagem do projeto;

c) Criação do projeto:

A criação de projetos para se trabalhar com as bases de dados é bastante distinta entre os programas. Enquanto no ARCGIS é necessário fazer a definição dos projetos uma vez e em seguida inserir a base de informações, no SPRING é necessária uma complexa definição da área de estudo, e da simbologia das informações que serão inseridas e criação de categorias e planos de informação em

modelos de dados para cada uma das informações no momento da criação do projeto;

d) Definição da projeção cartográfica:

A definição da projeção cartográfica é um aspecto importante na criação do projeto. Tanto em um como outro programa não foi encontrado nenhuma menção dentro do programa que auxiliasse o usuário sobre a natureza, característica ou aplicações mais comuns das projeções cartográficas. No ARCGIS, as projeções podem ser mudadas a qualquer tempo, mas caso não seja especificada uma logo na criação do projeto, o programa assume a projeção do primeiro arquivo inserido e passa a reprojetar as demais informações em função desta.

No SPRING, o uso da projeção é bastante rigoroso e não há necessidade de cada arquivo estar em uma específica projeção no momento da criação do banco de dados. Porém, essa projeção não pode ser mudada depois de iniciado o projeto e há a necessidade de o usuário conhecer a distribuição geográfica das informações e especificar as coordenadas de canto de um retângulo teórico que contenha a área de trabalho no momento da criação do BD;

e) Classificação de dados e escolha do esquema de cores:

Em ambos os programas as escolhas feitas pelo usuário para essas opções são livres, não havendo qualquer orientação ou restrição nas opções do programa. Todos os classificadores estão disponíveis e habilitados e as paletas de cores não distinguem dados nominais, ordinais e numéricos. Em função disso é responsabilidade do usuário fazer a correta seleção de opções dentre as disponíveis para representação;

f) Escolha da simbologia:

Semelhante ao que acontece com a classificação de dados e escolha do esquema de cores, a escolha da simbologia está totalmente disponível não havendo qualquer tipo de controle. A única restrição feita é em relação às primitivas gráficas. Se uma feição é representada por um elemento de área, os programas não permitem a inserção de um símbolo pictórico que seria utilizado com primitiva pontual. Não há qualquer outro tipo de orientação, como no caso de aplicação de texturas, por exemplo;

g) Escolha de ferramentas de pesquisa e análise:

No ARCGIS, não há qualquer cuidado para seleção das ferramentas de pesquisa e análise. No SPRING, em função da criação de categorias através dos modelos de dados, as ferramentas na barra de menu utilizadas por modelos de dados diferentes daquele escolhido para o plano de informação selecionado, ficam desabilitadas. Ou seja, se uma informação é classificada como temática, somente o menu Temático estará disponível para seleção de ferramentas de análise;

h) Disponibilidade de ferramentas de pesquisa e análise:

No ARCGIS, em função da distribuição comercial, as ferramentas são divididas em pacotes que o usuário deve adquirir separadamente, como análise espacial (*Spatial Analyst*), redes (*Network*), modelagem de terreno (3D), entre outras. No SPRING, por ter uma distribuição gratuita, as ferramentas de análise são disponibilizada em sua totalidade. Não há necessidade de nenhuma implementação adicional ou onerosa;

i) Tipo de usuário:

Os dois programas exigem que o usuário tenha um mínimo de conhecimento do próprio programa em si, mas também de questões relacionadas a projeção cartográfica, classificação e representação cartográfica. A dificuldade maior reside em operar o programa em si, pois, como no caso do SPRING, o usuário tem a necessidade de conhecer a teoria de uso de banco de dados e da distribuição geográfica da região trabalhada antes mesmo de visualizar os dados pela primeira vez.

4.2. O SISTEMA ESPECIALISTA

4.2.1. Base de conhecimento

A base de conhecimento do Atlas foi organizada tomando como referência as informações constantes no banco de dados do Atlas Social. Como a informação numérica é trabalhada em tempo de execução, somente a informação textual foi selecionada para criação da BC. A Figura 16 demonstra como a informação está organizada na BC.

As diferentes informações estão separadas em blocos e esses blocos foram alocados em uma tabela denominada dentro do Atlas como TClasses. As

informações são armazenadas em ordem de inserção, caso o nível de medida seja nominal (Atividade 1.1.2, na Figura 14), ou ordem de classificação se o nível de medida for ordinal (Atividade 1.1.3) de acordo com descrição do sistema. No momento da edição ou inserção de novas informações, esses dados têm ordem e classificação armazenadas e em tempo de execução os parâmetros das variáveis visuais definidas no projeto cartográfico são lidos e associados às informações.

FIGURA 16 – ORGANIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO NA BASE DE CONHECIMENTO

ID_CLASSE	ID_INFO	Classe
1	4	Antes de 1995
2	1	Primeiro semestre de 1995
3	1	Segundo semestre de 1995
4	1	Depois de 1995
5	2	Sem previsão legal
6	2	Até 6 membros
7	2	7 a 12 membros
8	2	13 a 24 membros
9	2	Mais de 24 membros
10	3	Maior número de membros gov.
11	3	Paridade
12	3	Maior número de membros não gov.
13	4	Previamente indicados
14	4	Eleitos
15	5	Poder Legislativo e Judiciário
16	5	Poder Judiciário

FONTE: pelo autor

Quando alguma nova informação for inserida e não conste na BC, o SE tem regras que fazem a classificação dessa informação. Não havendo como classificar automaticamente, uma consulta é realizada ao usuário para caracterização das informações. Posteriormente é realizada a armazenagem das informações na BC. A BC conta com 25 grupos de informações relativas a ações sociais classificados em nominais e ordinais, e organizadas conforme o modelo da Figura 16.

4.2.2. Regras para o Sistema Especialista

Abaixo estão as regras descritas em linguagem convencional (não computacional). Essas regras estão baseadas no fluxograma apresentado na Figura 14, que mostra o funcionamento do SE.

4.2.2.1. Definição dos testes:

Teste 1: Determinar se a informação inserida é texto ou número. Essa informação é oriunda do próprio banco de dados Access e usada para definir o tipo de relacionamento do Atlas com o banco de dados.

Teste 2: Determinar se a informação textual é associada uma ordem ou não. Esse teste segue o formato de definição de regras SE <condição> ENTÃO <ação>, definidas no capítulo 2.

Se Consulta a Base de Conhecimento = Verdadeiro

Então Usa a ordem da BC

Caso Contrário Pergunta a usuário: Há ordem associada?

Se Ordem = sim

Inserir ordem

Ordenar informação

Atualiza a Base de Conhecimento

Caso Contrário Retorna = não

Fim

Fim

Função Classificação:

Teste 1

Se Teste 1 = Algarismo

Então

Nível de Medida = Numérico

Habilitar variável visual (quando for o caso): localização, tamanho, valor, saturação e tom de cor.

Habilitar representação: coroplética.

Função Representação ()

Se Teste 1 = Texto

Então Teste 2**Se** Teste 2 = não**Então**

Nível de Medida = Nominal

Habilitar variável visual (quando for o caso): localização, tom de cor, textura e orientação.

Habilitar representação: coroplética.

Função Representação ()

Se Teste 2 = sim**Então**

Nível de Medida = Ordinal

Habilitar variável visual: localização, tamanho, valor e saturação de cor

Habilitar representação: coroplética.

Função Representação ()

Fim**Fim**

4.2.2. Definição das regras de classificação

Se Atualizar Banco de Dados = sim (1)**Se** Editar BD = sim (1.2)**Então** Abrir Banco de Dados e editar campo ou registro**Se** Atualizar Base de Conhecimento = sim**Então** Abrir arquivo, comparar e inserir informação

Fechar arquivo

Fim**Se** Inserir nova informação = sim (1.1)**Então** Função Classificação ()

Atualiza a Base de Conhecimento (2.1)

Fim**Se** Atualizar Base de Conhecimento = sim (2)

Abrir e Editar arquivo (2.1)

Se Consultar Banco de Dados = sim (3)

Selecionar Informações por SQL (do programa)

Função Classificação () (1.1)

Fim

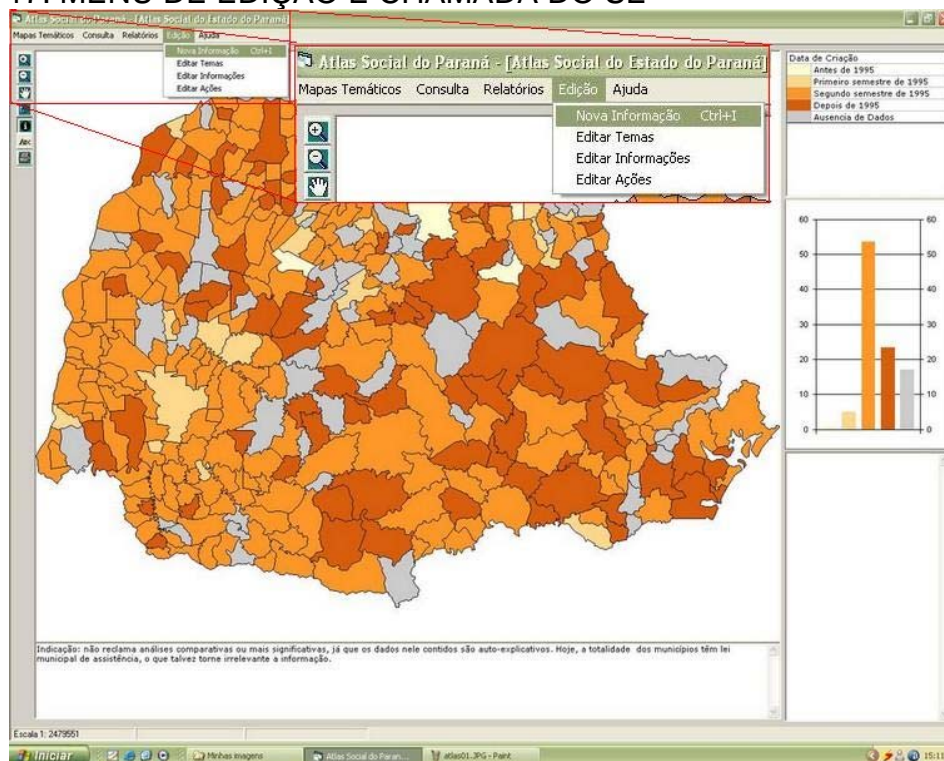
4.2.2.3. Definição das regras de representação

A definição das regras em linguagem Visual Basic constitui o Apêndice B dessa dissertação.

4.2.3. Interface do SE no Atlas Social

A seguir são apresentadas as telas do SE durante o funcionamento dentro do Atlas Social. A maior parte do trabalho do SE ocorre dentro do programa de modo que não há visualizações. A Figura 17, abaixo, mostra a chamada do SE para a inserção de novas informações. Dentro do programa, a inserção de novas informações é feita no menu Edição na barra de menus.

FIGURA 17: MENU DE EDIÇÃO E CHAMADA DO SE



FONTE: Atlas Social.

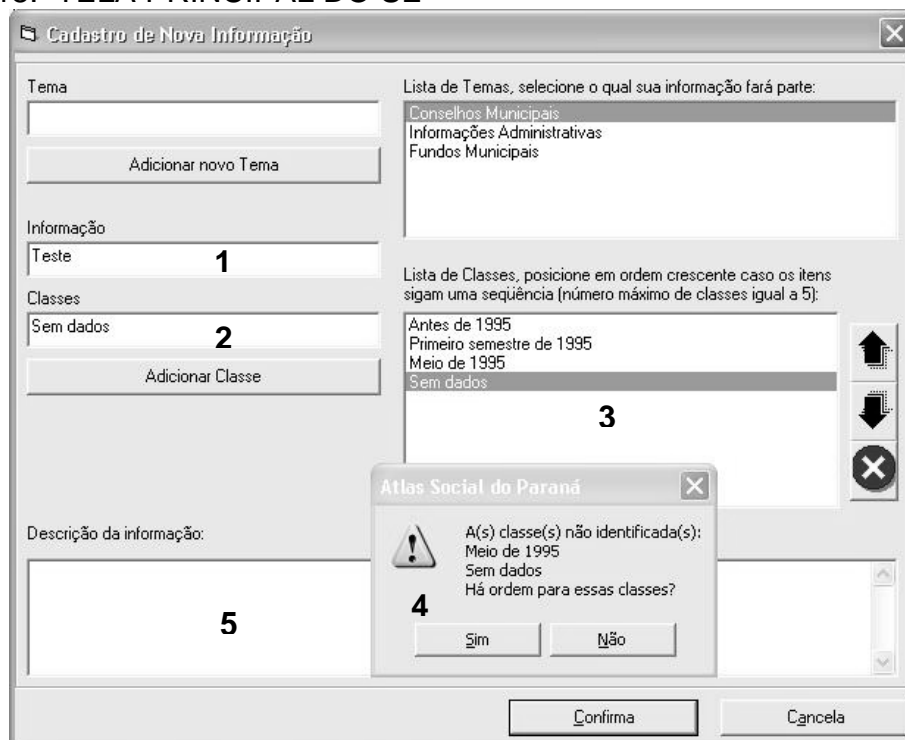
Abre-se uma janela onde o usuário faz a inserção da nova informação (Figura 18). Na parte superior da janela há o tratamento dos temas. O usuário deve selecionar entre inserir um novo tema, à esquerda, ou simplesmente selecionar um

dos temas existentes. Logo abaixo existem três campos para preenchimento. O campo Informação (1) é o nome que a coluna no BD irá receber e pelo qual o usuário fará a pesquisa. O campo Classes (2) é onde o usuário faz a descrição de cada classe.

Ao fazer a adição de cada uma das classes essas são remetidas ao campo da direita (3), onde elas podem ser mantidas na ordem de inserção ou ter sua ordem alterada manualmente ou excluídas através de botões. Essa ordenação junto com a descrição de cada classe será remetida para a base de conhecimento para armazenagem.

O SE procura na BC e no dicionário parâmetros para classificação da nova informação. Se não for possível classificar essa informação, o usuário é solicitado a informar se a ordem definida no TList (4) deve ser seguida. O Atlas traz para todas as informações uma pequena descrição ou histórico para auxiliar o usuário em sua pesquisa. Essa descrição pode ser inserida no campo Descrição da Informação (5).

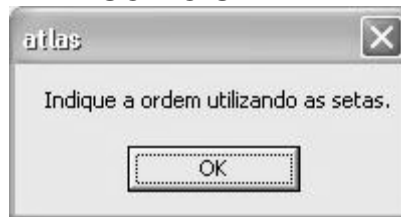
FIGURA 18: TELA PRINCIPAL DO SE



FONTE: Atlas Social.

Por definição do projeto cartográfico, o programa limita o número de classes em 5. Caso o SE não consiga encontrar a classificação adequada e o usuário responda afirmativamente (Figura 18. 4), uma mensagem é apresentada ao usuário.

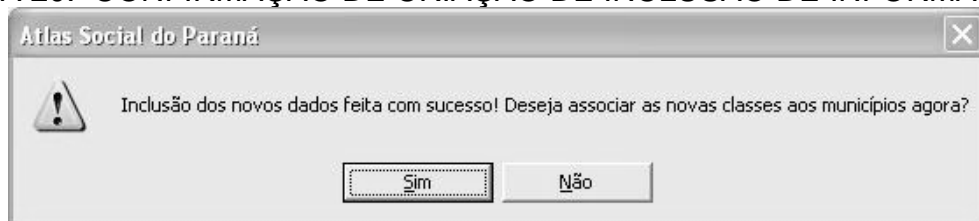
FIGURA 19: MENSAGEM DE AVISO DO SE



FONTE: Atlas Social.

Em seguida há uma confirmação da inclusão dos dados no BD e na BC, conforme mostrado na Figura 20.

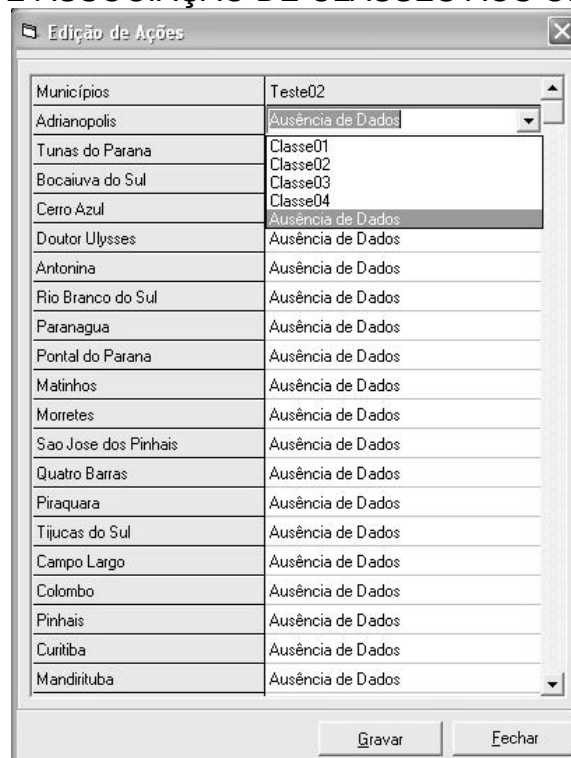
FIGURA 20: CONFIRMAÇÃO DE CRIAÇÃO DE INCLUSÃO DE INFORMAÇÕES



FONTE: Atlas Social.

Então o programa abre uma janela para a associação das classes aos municípios. Na Figura 21, uma “ComboBox” se abre com as opções disponíveis para a informação e o usuário deve fazer a seleção da classe para cada um dos objetos.

FIGURA 21: TELA DE ASSOCIAÇÃO DE CLASSES AOS OBJETOS



FONTE: Atlas Social.

Posteriormente o usuário pode ainda fazer a edição das classes mudando ordem ou eliminando uma ou mais classes. Também podem ser alteradas a Informação e o Tema, conforme mostrado na Figura 22.

FIGURA 22: TELA DE EDIÇÃO DE INFORMAÇÕES

Edição de Informações

Tema
Conselhos Municipais

ID: 29 Informação: Teste02

Segue uma ordem de classificação as classes?
Sim

Editar Classes: Sim Não

Nova classe
[Campo em branco] Adicionar

Lista de classes:
Classe01
Classe02
Classe03
Classe04

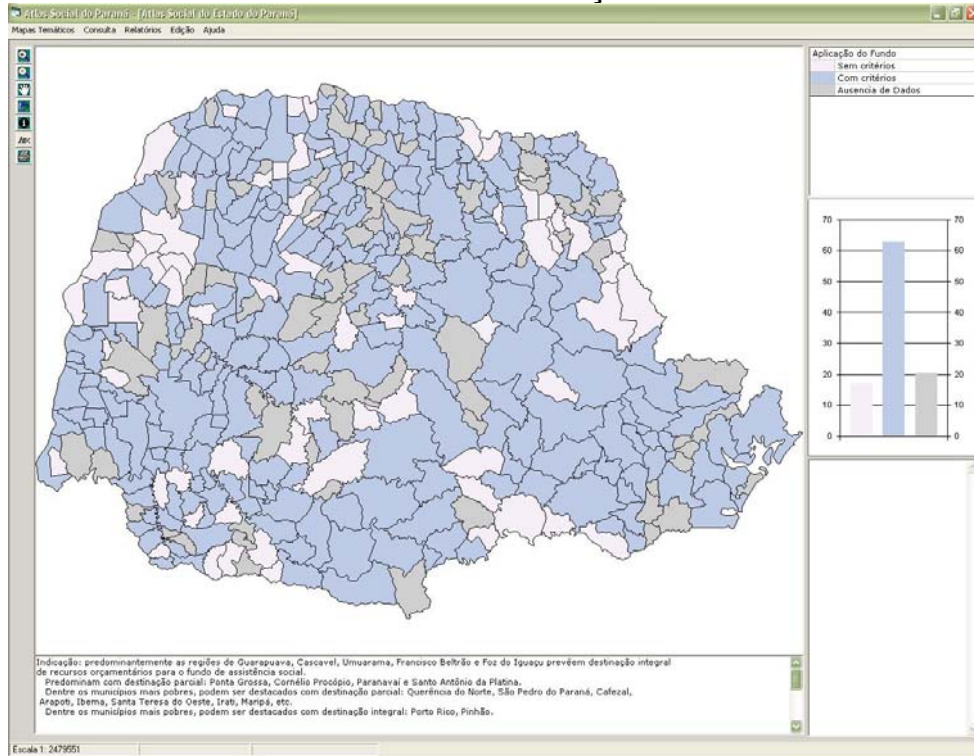
Gravar Excluir Fechar

FONTE: Atlas Social.

4.3. Mapas gerados no Atlas Social através do SE:

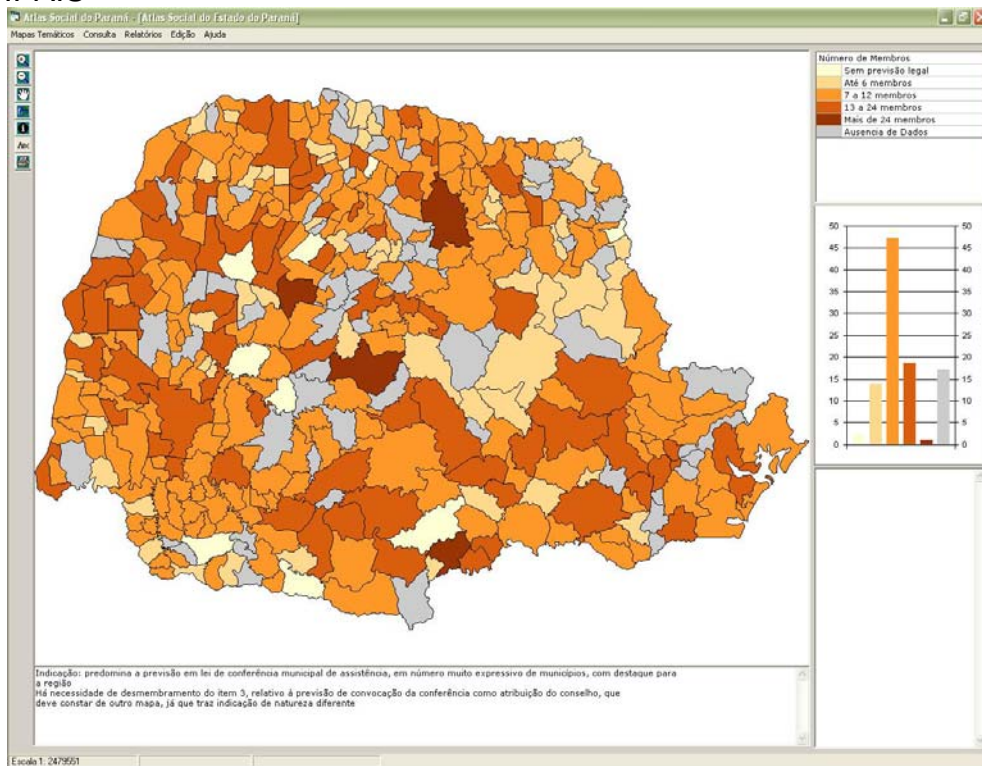
A seguir alguns exemplos de mapas gerados no Atlas Social sob o SE:

FIGURA 23: ATLAS SOCIAL: MAPA DE APLICAÇÃO DE FUNDO MUNICIPAL



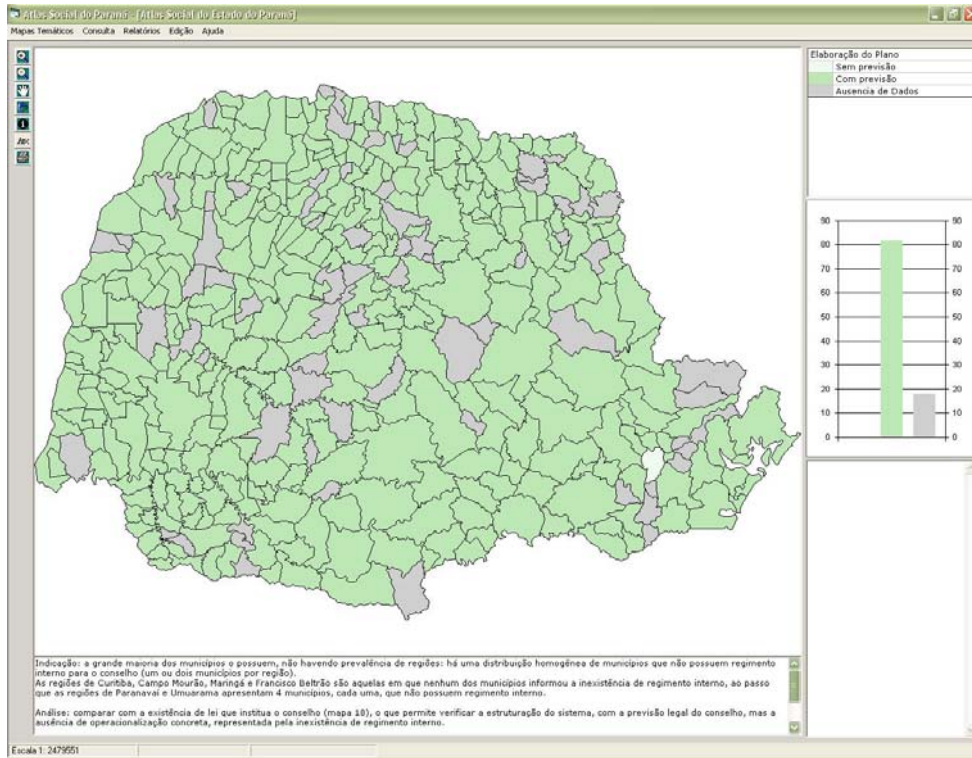
FONTE: Atlas Social.

FIGURA 24: ATLAS SOCIAL: MAPA DE DATA DE CRIAÇÃO DE CONSELHOS MUNICIPAIS



FONTE: Atlas Social.

FIGURA 25: ATLAS SOCIAL: MAPA DE PREVISÃO DE ELABORAÇÃO DE PLANO DE ASSISTÊNCIA SOCIAL



FONTE: Atlas Social.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Essa dissertação almejou a criação de um sistema especialista para orientar o usuário na inserção de informações no Atlas Social do Paraná através da classificação das informações em um banco de dados, tornando o Atlas um sistema cartográfico especialista, considerando as limitações inerentes ao Atlas. A necessidade existente por essa implementação foi suprida. Dessa forma, os autores de mapa e os utilizadores desses mapas são auxiliados no processo de criação e análise dos mapas. O sistema especialista permite também a modificação do banco de dados com a inclusão ou exclusão de campos. Até o momento isso não era possível, pois o código fonte do Atlas condicionava o modo como o banco de dados foi originalmente estruturado.

Entretanto, o sistema especialista foi criado usando apenas uma primitiva gráfica, área, e somente um tipo de representação, a representação coroplética. Durante o desenvolvimento desse trabalho foi analisada a possibilidade de testar o uso de outras técnicas de representação, como pontos proporcionais, por exemplo. Também ocorreram mudanças significativas na organização de informação dentro Atlas. Essas mudanças foram decorrentes do aprimoramento do programa realizado dentro do próprio projeto de desenvolvimento contínuo do Atlas Social do Paraná. Em função disso o sistema especialista (SE) teve sua implementação alterada de um programa com funcionamento paralelo ao Atlas para um programa em funções internas que gerenciam a informação. O SE baseado em regras, por agregar muitas condições, pode eventualmente gerar algum tipo de ambigüidade no processo. Além disso, se percebeu que o sistema se mostra muito sensível ao dicionário sendo, portanto, fundamental uma correta interpretação do contexto de uso do Atlas e do usuário.

Van Elzakker (1999) aponta os requisitos que um programa de visualização, em sua opinião, deveria seguir. Nessa dissertação considerou-se que esses pontos são válidos como critérios, mas devem necessariamente ser incluídos em um SIG por ser essa uma poderosa ferramenta de análise de feições. Com isso será acrescida a visualização cartográfica à capacidade de análise do Sistema de Informações Geográficas. Cada um dos requisitos desse autor foram discutidos e foram ressaltadas as dificuldades de implantação da generalização cartográfica e do sistema cartográfico especialista.

A escolha do tipo de representação mais adequada ao propósito do mapa, conforme comentado por Turk (1994) e os objetivos de uso do mapa definidos por MacEachren e Kraak (1997), discutidos no Capítulo 2, devem ser consideradas no momento de criação da representação pelo SE. Os quatro objetivos da visualização de dados (exploração, análise, síntese e apresentação) devem ser diretrizes no momento da seleção de regras, variáveis visuais e composição do mapa ou da representação. E salienta-se que o sistema especialista não substitui o Cartógrafo, mas apóia usuários sem conhecimento em cartografia a escolherem as melhores opções ao criarem mapas temáticos, nesse trabalho aplicado ao Atlas Social.

Os programas de ViSC analisados foram escolhidos pela compatibilidade de filosofia com os objetivos dessa dissertação, ou seja, todos procuram emular conhecimento específico em visualização em ambiente digital para a construção automatizada de representações gráficas. Nos programas analisados, as semelhanças significativas podem ser resumidas ao paradigma adotado. Segundo o paradigma de geração e teste, a geração ocorre quando os dados são tratados, classificados e é escolhido um ou mais símbolos (símbolo complexo) para cada classe. Cada visualização antes de ser mostrada ao usuário é testada segundo os critérios definidos pelo autor. Esses critérios, chamados de expressividade e eficiência, atuam como classificadores de resultados, ou seja, esses critérios elencam quais as melhores representações e em que ordem devem ser disponibilizadas ao usuário. Dessa forma uma lista de possíveis representações é criada sendo apresentadas uma a uma até o usuário aceitar uma das opções.

Entretanto esses critérios são definidos de forma bastante subjetiva e o resultado fica condicionado ao conhecimento e a experiência do usuário. Esses critérios podem assumir quaisquer valores dependendo da aplicação e de quem faz a análise desses critérios. Portanto, quanto mais complexa seja a aplicação para a representação que se está criando, mais sensível é a escolha e a formulação do critério para ser inserida nesses programas. Com isso a comparação de critérios entre representações fica prejudicada e algumas representações não podem ser comparadas através dos mesmos. Como cada autor cria suas próprias regras de composição, cada programa passa a ter um sistema particular para escolha de regras para montagem e desenho de visualizações. Essas regras são confusas e seus objetivos nem sempre muito claros. Por terem função similar à topologia de

dados geográficos, essas regras podem ser adaptadas à topologia como usadas em SIG, porém expandido o conceito para dados não geográficos.

Outro cuidado se refere à complexidade na definição das primitivas gráficas pelos autores. Essa definição deve ser foco para os programas de ViSC, ou seja, esses programas devem considerar, entre outras questões, o uso das primitivas gráficas como definido pela Cartografia. Como principal implicação da confusão de primitivas gráficas e variáveis visuais é o surgimento de representações ambíguas que não transmitem a informação da maneira mais adequada e que podem ocultar discrepâncias presentes nos dados.

Como trabalho futuro, se recomenda a expansão desse sistema especialista. Essa expansão poderá ocorrer em três etapas. A primeira é a inclusão de outras primitivas gráficas e outras formas de representação para o Atlas. A segunda expandindo o SE para um SIG e a terceira a generalização para outros usuários.

A expansão do sistema especialista para linguagem cartográfica para um SIG se defronta com alguns problemas. O mais importante é que esse sistema passe a contemplar o projeto cartográfico para a representação cartográfica temática e não apenas a linguagem cartográfica. Ou seja, além da definição de regras para todas as primitivas gráficas, as regras devem atender também a escolha das projeções cartográficas e questões de generalização. Como o SIG tem sua principal aplicação na análise geográfica, o sistema deve ser capaz de gerir os resultados das análises em tempo real para apresentação na tela, impressão e arquivamento no banco de dados.

Obviamente a expansão para um sistema especialista que atende a qualquer tipo de usuário é utópica. Frente à complexidade de possíveis regras e vocabulários, o Sistema Especialista se tornaria um programa inviável em função do seu tamanho, complexidade de regras, e tempo de execução. Quando um sistema especialista tem uma quantidade muito grande de regras e as mesmas são muito detalhadas, autores como Harmon e King (1988) afirmam que esses programas perdem a capacidade de definição, muitas vezes por regras concorrentes e a identificação dessas regras se torna um processo oneroso. Por isso, o tipo de usuário, como caracterizado no início desse trabalho, deve ser considerado na proposição da expansão desses SE, gerando um perfil do tipo de trabalho que esse usuário deseja desenvolver.

Exemplos de trabalhos desenvolvidos nesse sentido, e que são referência à essa dissertação, são Robbi (2000), que trabalhou com sistemas de visualização de dados geográficos para planejadores urbanos, e Pantaleão (2003) que trabalhou com sistemas baseados em conhecimento de apoio à decisão para escolha de variáveis visuais.

Como recomendação final se sugere procurar a união de ViSC, SIG e Cartografia. Cada uma dessas áreas, com suas filosofias próprias, têm muito a contribuir com o objetivo de melhorar e entender o processo de visualização de dados geográficos e não geográficos, e a construção de conhecimento através de representações gráficas. O sistema resultante deverá ser capaz de trabalhar com interface multi-janelas, tendo mais de uma representação cartográfica associada a representações estatísticas, explorar o movimento como variável visual e buscar novos meios de representação de dados. O sistema deve considerar o grau de conhecimento do usuário em cartografia, provendo funcionalidades e soluções assistidas ou não para usuários mais ou menos experientes. Ou seja, se o usuário é um criador de mapas não cartógrafo então o programa deve ser capaz de dar assistência na seleção das opções de ferramentas através de sistemas como os sistemas especialistas. Caso o usuário seja um cartógrafo não haverá necessidade de tal assistência. Dessa forma será possível facilitar a aquisição de conhecimento sobre os dados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIENKO, G. L. & ANDRIENKO, N. V. **Interactive maps for visual data exploration**. *International Journal Geographic Information Science*, vol 13, No 4, 1999, pp 355-374.

ANDRIENKO, G. L. & ANDRIENKO, N. V. **Tutorial Presented FHG AIS (Fraunhofer Institute for Autonomous Intelligent Systems)** <http://www.ais.fraunhofer.de/and> *ISESS conference, Sesimbra Portugal, 24.05.2005*, acessado em <http://www.ais.fraunhofer.de/and> em 09/10/06.

ARAKI, H. **Fusão de informações espectrais, altimétrica e de dados auxiliares na classificação de imagens de alta resolução especial**. Curitiba, 2005. 126p – tese de doutorado na Universidade Federal do Paraná – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.

BITTENCOURT, G. **Inteligência Artificial Ferramentas e Teorias**. Editora da UFSC, ISBN 85-328-0138-2, 362 p., Florianópolis, SC, 2006 (3a edição).

BORCHERT, A. Multimedia Atlas Concept. In: **Multimedia Cartography**. Organizado por: Cartwright, W.; Peterson, M. P.; Gartner, G.; 1º ed. Berlin: Springer-Verlag, 1999, 343f. p. 75-86.

BREWER, C. Aplicativo on-line disponível em http://www.personal.psu.edu/cab38/ColorBrewer/ColorBrewer_intro.html. Acessado em novembro de 2006 e referenciado em Brewer C. A., Hatchard, G. W. e Harrower, M. A., 2003, ColorBrewer in Print: A Catalog of Color Schemes for Maps, *Cartography and Geographic Information Science* 30(1): 5-32.

CARTWRIGHT, W. Development of Multimedia. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. **Multimedia Cartography**. 1º ed. Berlin: Springer-Verlag, 1999, 343p.

CASNER, S. M. **A Task-Analytic Approach to the Automated Design of Graphic Presentations.** ACM Transactions on Graphics (TOG) archive, 1991. Volume 10 , Issue 2, p. 111 – 151. ACM Press New York, NY, USA.. ISSN:0730-0301 <http://doi.acm.org/10.1145/108360.108361>. acessado em 21/05/2007.

CASTRO, A. F. de, SOUZA, C. F. de, AMARO, V. E., VITAL, H. **Automação de cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo utilizando técnicas de geoprocessamento em áreas costeiras da porção setentrional do estado do Rio Grande do Norte.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (XII SBSR, INPE). Goiânia, Brasil, 2005. <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.14.41/doc/2109.pdf>. Acessado em 15/02/2006.

CHEE, W.J., POWER, M. A. **Expert Systems Maintainability.** Reliability and Maintainability Symposium. Proceedings. IEEE. 1990. 144x/90/000-0415.

DELAZARI, L. S. **Modelagem e implementação de um Atlas Eletrônico Interativo utilizando métodos de visualização cartográfica.** São Paulo, 2004. 155p. Tese de doutorado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Transportes.

DORLING, D., FAIRBAIRN, D. **Mapping: ways of representing the world.** Essex: Longman, 1997. 184p.

DOMIK, G. 1999. **Computer Graphics, Visualization and Image Processing.** Palestra de ViSC. wwwcs.uni-paderborn.de em outubro de 2006.

GENARO, S. **Sistemas Especialistas: o conhecimento artificial.** São Paulo, LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A. 1986 ISBN 85-216-0501-3.

HARMON, P. KING, D. **Sistemas Especialistas.** Tradução Antônio Fernandes Carpinteiro. Rio de Janeiro, ed. Campus. 1988. ISBN 85-7001-430-9.

HEMINGWAY, D.E. KATZBERG, J.D., VANDENBERGHE, D.G. **A Technology Management Methodology Implemented Using Expert Systems.** Conference on Communications, Power and Computing – WESCANEX 97. Proceedings. Winnipeg, 1997, p. 70-75.

KEATES, J. S. **Cartographic design and production.** Harlow: Longman, 1988.

KRAAK, M.J., ORMELING, F.J. **Cartography: Visualization of Spatial Data.** 3 ed. England: Addison Wesley Longman. 1998. 222 p.

MACKINGLAY, J. **Automating the Design of Graphical Presentations of Relational Information.** Transactions on Graphics (TOG) archive, Volume 5, Issue 2, p. 110 – 141. ACM Press New York, NY, USA . 1986. ISSN:0730-0301 <http://doi.acm.org/10.1145/22949.22950>. Acessado em 21/05/2007.

MACEACHREN, A. M. **Some truth with maps: a primer on symbolization & design.** Washington, D.C.: Association of American Geographers, 129p. 1994. ISBN: 0-89291-214-6.

MACEACHREN, A. M. & KRAAK, M.J. **Exploratory Cartographic Visualization: Advancing the Agenda.** Elsevier Science Ltd. 1997. PII: S0098-3004(97)00018-6

MENDES, R. D. **Inteligência Artificial: Sistemas Especialistas No Gerenciamento Da Informação.** *Ci. Inf.*, Brasília, v. 26, n. 1, 1997. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000100006&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 24 de outubro de 2006. doi: 10.1590/S0100-19651997000100006.

PANTALEÃO, E., **Aplicação de técnicas de sistemas baseados em conhecimento em projeto cartográfico temático.** Curitiba. 2003. Dissertação (mestrado em ciências geodésicas). 96f. Universidade Federal do Paraná, UFPR.

PETERSON, M.P. **Interactive and animated cartography**. Prentice-Hall, Inc. 1995. ISBN 0-13-079104-0.

ROBBI, C. **Sistema para visualização de informações cartográficas para planejamento urbano**. São José dos Campos. 2000. Tese (doutorado em ciência da computação). 369f. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE.

ROBINSON, A.C. **Geovisualization and epidemiology: a general design framework**. XXII International Cartographic Conference (ICC2005). La Coruña, Spain, 11-16 July 2005. Publicado por The International Cartographic Association (ICA-ACI). ISBN: 0-958-46093-0. Global Congressos.

ROTH, S. F, KOLOJEJCHICK, J., MATTIS, J., CHUAH, M. C., GOLDSTEIN, J., JUAREZ, O. **Sage Tools: A Knowledge-Based Environment for Designing and Perusing Data Visualizations. Conference on Human Factors in Computing Systems**. 1994a. Boston, Massachusetts, USA. P. 27 - 28 ISBN:0-89791-651-4. <http://doi.acm.org/10.1145/259963.259992>, acessado em 14/07/2007.

ROTH, S. F, KOLOJEJCHICK, J., MATTIS, J., GOLDSTEIN, J., **Interactive Graphic Design Using Automatic Presentation Knowledge. Conference on Human Factors in Computing Systems**. 1994b. Boston, Massachusetts, USA. P. 112 – 117. ISBN:0-89791-650-6. <http://doi.acm.org/10.1145/191666.191719>, acessado em 14/04/2007.

SENAY, H. & IGNATIUS, E.; **A Knowledge-Based System For Visualization Design Computer Graphics And Applications**. 1994. IEEE, Volume 14, Issue 6, p. 36 – 47, doi: 10.1109/38.329093 acessado em <http://ieeexplore.ieee.org/iel1/38/7784/00329093.pdf>, em 25/05/2007.

SCHNEIDER, B. **Integration of Analytical GIS-Function in Multimedia Atlas Information Systems**. In: International Cartographic Conference, 19th, 1999, Ottawa. Anais: Ottawa: ICA, 1999. Sessão 3, p. 10-17.

SLOCUM, T. **Thematic Cartography and Visualization**. 1.ed. New Jersey: Prentice-Hall,1999. 293 p.

SLUTER, C. R. **Projeto Cartográfico**. texto didático disponível em <http://www.cartografica.ufpr.br/> acessado em 08/11/2006.

TURK, A. Cogent GIS Visualizations. In **Visualization in Geographical Information Systems**, Organizado por H. Hearnshaw and D. Unwin. Chichester, U.K. Ed. John Wiley and Sons. 1994. p 26-33.

VAN ELZAKKER, P.J.M. C. Thinking aloud about exploratory cartography. In: C.P. Keller (ed.), **Touch the Past, Visualize the Future. Proceedings** 19th International Cartographic Conference, Ottawa, Canada, August 14-21, 1999. Section 5: Capitalizing on new technologies. CD-ROM. Printed version: Vol. 1 of 2, pp. 559-569. Ottawa: Organizing Committee for Ottawa ICA 1999. ISBN 0-919088-54-6.

VISVALINGAM, M. Visualization in GIS, Cartography and Visc. In **Visualization in Geographical Information Systems**, Organizado por H. Hearnshaw and D. Unwin. Chichester, U.K. Ed. John Wiley and Sons. 1994. p 18-25.

WANG, Z. & ORMELING F.. **The representation of quantitative and ordinal Information**. The Cartographic Journal, vol 33 N 2 pp 87-91, 1996.

WOOD, M., & BRODLIE, K. ViSC and GIS: Some Fundamental Considerations. In **Visualization in Geographical Information Systems**, Organizado por H. Hearnshaw and D. Unwin. Chichester, U.K. Ed. John Wiley and Sons. 1994. p 3-8.

WOOD, M. The Traditional Map as a Visualization Technique. In **Visualization in Geographical Information Systems**, Organizado por H. Hearnshaw and D. Unwin. Chichester, U.K. Ed. John Wiley and Sons. 1994. p 9-17.

YUFEN, C. **Visual Cognition Experiments on Electronic Maps**. Capitalizing of New Technologies. ACI, Ottawa, ICA, 1999. P757-764. Vol 1.

ZHAN, F. B. & BUTTENFIELD, B. P. **Object-oriented knowledge-based symbol selection for visualizing statistical information**. International Journal Geographical Information Systems, 1995, vol 9 No 3, pp 293-315.

6.1. BIBLIOGRÁFIA CONSULTADA

ANDRIENKO, G. L. & ANDRIENKO, N. V. **IRIS: a intelligent Visual Exploration of Spatially Reference Data**. Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '97. Atlanta, Georgia, USA. 1997. <http://doi.acm.org/10.1145/1120212.1120224>, www.portal.acm.org, ISBN:0-89791-926-2, em outubro de 2006.

ANDRIENKO, G. L. & ANDRIENKO, N. V. **Intelligent Visualization and Dynamic Instruments to Support Data Exploration with GIS**. Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces. L'Aquila, Italia. 1998. <http://doi.acm.org/10.1145/948496.948506>, www.portal.acm.org ISBN:1-58113-445-2.

CROMLEY, R. G. **A comparison of optimal classification strategies for choropletic displays of spatial aggregated data**. International Journal Geographical Information Systems, 1996, vol 10 No 4, pp 405-424.

DENT, B.D. **Principles of thematic map design**. Reading, MS: Addison-Wesley, 1985. 387p.

JANET & MERSET. **Colour and Thematic Map Design: The role of colour scheme and Map complexity in Choropletic Map Communication**. Cartographica, Vol 27, N 3, 1990, University of Toronto Press. ISBN 919870-41-4. Canadá.

OLSON, J.M. (1998). **Maps as Representations of the World**, *NCGIA Core Curriculum in GIS*, National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara, http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u020/u020_f.html, posted December 23, 1998. acessado em julho de 2006.

HEUVELINK, G. B. M., (1998) **Geographic Information Technologies in Society**, *NCGIA Core Curriculum GIScience*, <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u098/u098.html> , acessado em 04/10/2006.

KWAN M. & LEE, J.. **Geovisualization of Human Activity Patterns Using 3D GIS: a Time Approach**. In Michael F. Goodchild and Donald G. Janelle. Eds. 2003. *Spatially Integrated Social Science: Examples in Best Practice*, Chapter 3. Oxford: Oxford University Press.

MAILLING, D.H. **Coordinate Systems and Map Projections**. Londres, UK. 255p, 1973. SBN 54000974-1.

MCEACHREN, A. **How Maps Work – Representation, Visualization and Design**. ISBN 0-89862-589-0. Guilford Press, 1995. EUA.

MEKENKAMP, P.G.M. **Using Map Projections Without Changing The World: Projection Accuracy Analyses**. International Cartography Congress - ICC, Espanha, 2005.

MONMORNIER, M. **How to lie with maps**. The University of Chicago Press, 2o edition 1996. ISBN 0-226-53421-9.

MONTELLO, D., *NCGIA Core Curriculum in GIS*, National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara, Unit 006, http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u006/u006_f.html, acessado em 21/10/2006.

PANTALEÃO, E., ROBBI, C. **Sistema baseado em conhecimento para definição da linguagem cartográfica.** Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Vol 9 N. 2 2003, Curitiba.

RICHARDUS, P., ADLER, R. K. **Map projection for geodesists, cartographers and geographers.** Amsterdam. Ed. North-Holland, 1972.

RODRIGUES, E.P., ROBBI, C. **Implementação computacional de símbolos cartográficos em sistemas especialistas para geração de mapas temáticos.** Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2003, Curitiba.

APÉNDICE A

Esse apêndice apresenta as diferentes estratégias usadas atualmente para abordar a visualização científica apoiada por computadores (ViSC) e visualização cartográfica. Primeiramente são comentadas as estratégias acadêmicas e após as comerciais.

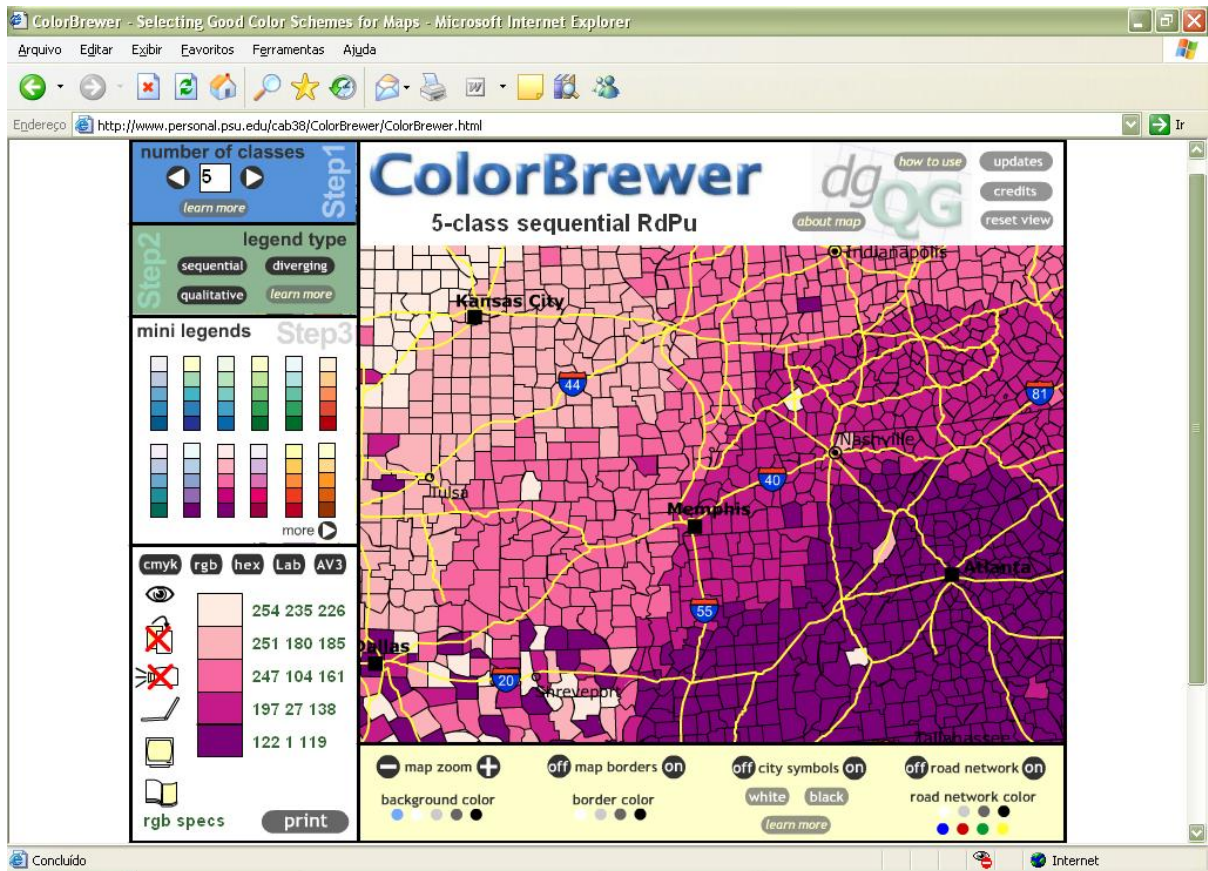
A.1. ESTRATÉGIAS ACADÊMICAS PARA VISC

A.1.1. Universidade Estadual da Pensilvânia - ColorBrewer

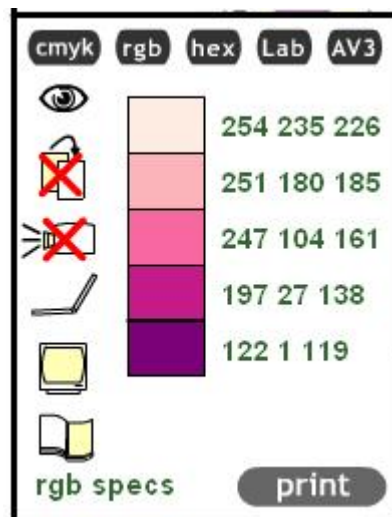
Na internet resultados de trabalhos científicos que buscam suprir as lacunas existentes em pesquisa e desenvolvimento na área de aplicação de esquemas de cores e simbologia aos dados manipulados podem ser acessados nos sites de seus idealizadores e de suas instituições.

Uma dessas propostas é a aplicação ColorBrewer, disponível no endereço http://www.personal.psu.edu/cab38/ColorBrewer/ColorBrewer_intro.html. Essa aplicação foi desenvolvida por Cynthia Brewer, professora associada do departamento de geografia da Universidade Estadual da Pensilvânia, Estados Unidos (Pensylvania State University). O objetivo do aplicativo é permitir ao usuário experimentar os resultados dos estudos dessa autora sobre percepção das cores em mapas. O usuário pode escolher entre diferentes esquemas de cores para mapas temáticos, bem como o número de classes e o tipo de informação que será representada, se nominal ou ordinal e em função disso o tipo de legenda. O reflexo das escolhas combinadas são apresentadas em um quadro associado, figura 26b, onde o tipo de uso do mapa é apontado como adequado ou não adequado. Os tipos de uso considerados são visualização para pessoas com problemas de contraste verde-vermelho, adequação a fotocópia convencional, ao uso de projetores, uso em telas LCD, uso em telas CRT e impressão em papel.

FIGURA 26: TELA CAPTURADA DA INTERNET DEMONSTRANDO O APLICATIVO COLORBREWER E DETALHE



(a)



(b)

FONTE: <http://www.personal.psu.edu/cab38/ColorBrewer/ColorBrewer.html>

A.1.2. Universidade de Paderborn - Alemanha

Os estudos abaixo foram desenvolvidos para a aplicação de visualização científica e não visualização cartográfica especificamente. Porém muitas das técnicas e recursos utilizadas nesses sistemas são provenientes da Cartografia. Mesmo se tratando de protótipos resultantes de alguns anos de pesquisa, encontrar referências sobre os mesmos e suas aplicações é uma tarefa complexa, e por isso a validade do estudo realizado por Domik (1999).

Prof. Dr. Gita Domik da Universidade de Paderborn, Alemanha, selecionou as estratégias acadêmicas apresentadas abaixo. Em 1999, Domik fez uma seleção de nove estratégias desenvolvidas e implementadas em diferentes instituições pelo mundo para a realização da visualização científica. Essas estratégias foram apresentadas em palestras sobre ViSC realizadas por Domik (1999). Dessas nove estratégias, somente as quatro primeiras foram abordadas nesse estudo por partirem de um mesmo paradigma. Esse paradigma é o da Geração e Teste sob enfoque da emulação de raciocínio conforme a AIS e a linha de pesquisa adotada nessa dissertação. As nove estratégias são:

- a) Mackinlay: Ferramenta de apresentação gráfica (APT);
- b) Casner: (BOZ);
- c) Roth and Mattis: Sistema para explicação gráfica automática (SAGE);
- d) Senay and Ignatius: Assistente de visualização (VISTA);
- e) Robertson: Paradigma da cena natural (NSP);
- f) Wehrend and Lewis (Catalogo de Técnicas de Visualização);
- g) Haber and McNabb (Idiomas de Visualização);
- h) Beshers and Feiner (AutoVisual);
- i) Robertson, Card and Mackinlay (Visualizador de Informações).

Antes de se iniciar as considerações sobre as estratégias, é preciso se definir o paradigma de geração e teste, com entendido nesse estudo.

Segundo Domik (1999), geração e teste é uma estratégia para sistemas de visualização automática cujo objetivo é eliminar a necessidade de especificar, projetar e desenvolver uma visualização para cada resposta de um programa. Além disso, os usuários poderiam focar sua atenção mais apropriadamente nas tarefas de determinar e descrever a informação a ser apresentada nessa visualização.

A estratégia de geração e teste requer um conjunto de primitivas gráficas, regras para gerar visualização dessas primitivas gráficas, e critérios sob os quais são testadas as visualizações geradas. Por analogia, no domínio da linguagem natural, palavras formam as primitivas da língua portuguesa e o conhecimento do mundo real é o critério pelo qual se testa a sentença para se determinar a validade da mesma (Domik, 1999).

Esse autor ainda coloca que as regras para testar as alternativas geradas são derivadas da combinação de estudos experimentais e orientações baseadas nesses experimentos. As regras se referem a qual tipo de informação (nominal, ordinal ou quantitativo) pode ser expressa por diferentes primitivas, e a eficácia relativa de primitivas alternativas que poderiam ser usadas para o mesmo tipo de informação. Por exemplo, tamanho e saturação podem ser ambos usados para expressar dados quantitativos, mas tamanho é mais efetivo que saturação.

a) Mackinlay, J. - APT: FERRAMENTA DE APRESENTAÇÃO.

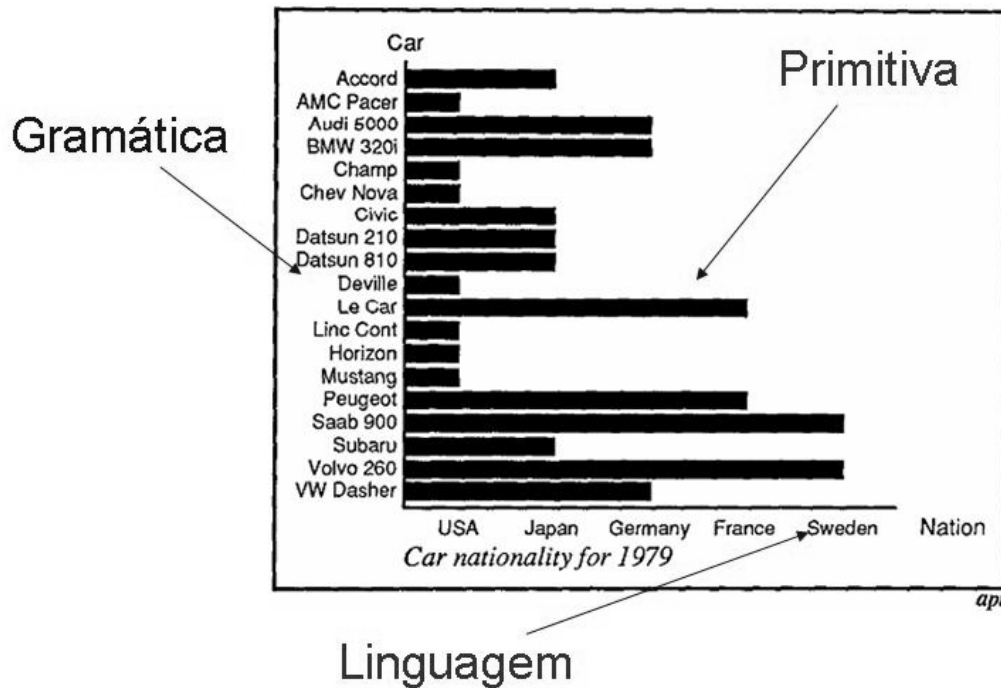
Mackinlay (1986) comenta que esse sistema trabalha com apresentação de dados 2D discretos com gráficos estatísticos como barra, linhas, pizza. As primitivas gráficas incluem áreas (como círculos e barras), linhas, marcas (símbolos pontuais como ponto ou marcas como x) e atributos visuais como cor, orientação e tamanho. As primitivas são organizadas em linguagens gráficas. Cada uma destas linguagens usa uma ou mais primitivas gráficas. A linguagem gráfica inclui: eixo horizontal, eixo vertical, gráfico de linha, gráfico de barras, gráfico de dispersão, cor, forma, tamanho, saturação, textura, orientação, árvore e rede. A gramática para geração de representações alternativas é definida pelas regras de composição, que combinam a linguagem gráfica dentro de gráficos complexos. As regras são: composição bidimensional e composição unidimensional.

Domik (1999) explica que a regra de composição bidimensional pode compor sentenças gráficas com eixos horizontal e vertical idênticos e a regra de composições unidimensionais alinha duas sentenças gráficas com eixos horizontais ou verticais idênticos. Por exemplo, em dois gráficos de barras lado a lado, um simbolizando o PIB por país e outro a população por país, o eixo comum é país, enquanto que PIB e população são eixos diferentes.

Mackinglay (1986) descreve que no APT as apresentações gráficas são sentenças das línguas gráficas, e são similares a outras línguas formais que têm definições sintáticas e semânticas precisas. Esta análise conduz aos critérios de expressividade e de eficácia para avaliar projetos gráficos e uma álgebra da composição para gerar alternativas do projeto.

Os critérios da expressividade identificam as línguas gráficas que expressam a informação desejada (Mackinglay, 1986). Um conjunto de fatos é expressivo em uma linguagem se esse conjunto contém uma sentença que codifique todos os fatos do conjunto e não codifique dados adicionais incorretos. O autor desse programa ainda coloca que os critérios da eficiência identificam qual destas línguas gráficas, dada uma situação, é a mais eficaz em explorar as potencialidades do meio de saída e do sistema visual humano. O critério de eficiência pode ser baseado em diferentes fatores como acuracidade, rapidez ou mesmo custo, dependendo da interpretação do usuário. Para cada representação gerada, as primitivas são filtradas, com seus critérios de expressividade usados para gerar uma lista de possíveis representações (Domik, 1999). Os critérios de efetividade são usados para ordenar as possíveis representações de modo que a mais efetiva possa ser a primeira escolha. A álgebra de composição, segundo o autor, consiste em uma base contenha as linguagens gráficas (figura 27), cada uma de englobando uma das técnicas gráficas de Bertin para codificar a informação e os operadores da composição.

FIGURA 27: Exemplo de uso do programa APT



FONTE: Mackinglay, 1986, adaptado pelo autor.

b) Casner, S. – BOZ

Segundo Casner (1991), BOZ é uma ferramenta gráfica automatizada de desenho e apresentação que projeta gráficos baseados em análises da tarefa para a qual um gráfico é desenvolvido.

O autor coloca que objetivo desse programa é aperfeiçoar o processamento e representação da informação de modo a permitir aos usuários substituir inferências lógicas complexas por inferências perceptivas simples, e dinamizar a busca dos usuários para informação necessária.

O programa analisa uma descrição lógica feita pelo usuário de uma tarefa a ser executada (descrição através de operadores lógicos como SQL, por exemplo), e cria uma tarefa perceptiva equivalente. Então o programa projeta e renderiza um gráfico que codifica a estrutura dados. Essa codificação é interativa procurando atender a todas as inferências perceptivas criadas. Junto a criação do gráfico, é criado um procedimento que descreve como usar o gráfico. Quando todas as inferências forem atendidas, o programa é encerrado resultando uma imagem. Segundo Casner (1991), uma característica chave do programa BOZ é a possibilidade de se criar diferentes representações de uma mesma informação customizada que atendam às exigências de tarefas diferentes.

Segundo Domik (1999), o BOZ usa os seguintes cinco componentes para realizar a análise baseada em tarefas:

- Componente de tarefa lógica de descrição de linguagem: provê um meio de descrever as atividades de processamento da informação que a representação deve atender. Esta linguagem, a entrada do BOZ, contém dois componentes básicos: uma descrição dos procedimentos lógicos (como funções de programação de computadores), e uma anotação para expressar fatos lógicos manipulados pelas funções lógicas;
- Componente de substituição de operador perceptivo: cada operador lógico (*Logical Operator Perceptive* - LOP) é classificado em uma classe equivalente de operadores perceptivos. Esta substituição se baseia em um catálogo de operadores perceptivos, e uma linguagem gráfica;
- Componente da estrutura de dados perceptiva: esta parte analisa a relação entre operadores pela representação de cada operador como um vetor definido de um dos conjuntos de dados. Um diagrama completo de todas as relações entre vetores revela como a informação deve ser agregada em objetos gráficos e dividida entre as representações. Há quatro tipos de relacionamentos vetoriais contemplados no BOZ: conjunção, paralelismo, ortogonalidade e disjunção;
- Componente de seleção de operador perceptivo: esse componente escolhe um único operador perceptivo de uma lista de possibilidades geradas pelo componente de substituição de operadores perceptivos. Há três importantes considerações: o programa BOZ procura escolher o operador perceptivo mais eficiente e acurado segundo o operador humano. O BOZ usa um ranqueamento baseado em Mackinlay (APT) para encontrar o melhor operador perceptivo. A seleção de operadores perceptivos deve estar associada com a linguagem gráfica para codificar os fatos lógicos manipulados pelo operador. E, se dois operadores puderem ser codificados no mesmo objeto gráfico e estes não são combináveis, então ambos devem ser desqualificados;
- Componente de renderização: esse último componente traduz fatos lógicos em fatos gráficos. O gráfico gerado pelo componente de renderização suporta interações entre conjunto de dados e imagens gráficas. Além disso, é capaz

de mudanças efetivas na representação gráfica através da manipulação de fatos internamente, o usuário pode mudar fatos lógicos armazenados pela manipulação de objetos gráficos na representação.

c) Roth,S., Mattis,J. - SAGE – SISTEMA PARA EXPLICAÇÃO GRÁFICA AUTOMÁTICA

SAGE também é baseado no paradigma de geração e teste. Segundo seus criadores, Roth et al (1994a), o SAGE é um sistema automático da apresentação que contém muitas características de sistemas relacionados como APT e BOZ. As entradas são caracterizações dos dados a ser visualizados e da aplicação da representação para um usuário. As operações do projeto incluem selecionar as técnicas baseadas em critérios de expressividade e eficácia, compô-las e apresentá-las como gráficos apropriados aos dados e aos objetivos do usuário. Domik (1999), comenta que o programa usa variações e sínteses de representações estáticas 2D encontradas em pacotes gráficos estatísticos (gráficos de barras e linhas, técnicas visuais usando forma, cor ou tamanho e tabelas). O tipo de informação com a qual o sistema é abastecido são as relações entre os dados no banco de dados relacional. Roth et al (1994b) afirmam que as especificações do usuário servem como diretrizes do projeto direcionando o algoritmo de busca na seleção e composição de gráficos para criar um projeto.

Roth et al (1994b) descrevem detalhadamente em seu artigo como o SAGE faz a escolha das representações baseadas nas características dos dados. Essas características foram resumidas por Domik (1999), abaixo. Para escolher uma técnica gráfica apropriada, o SAGE usa características dos dados como ordenação, coordenadas versus quantidades, domínio da natureza do dado e dependência algébrica.

- Ordenação: A ordem dos elementos do conjunto de dados é um critério para escolha da técnica gráfica no SAGE. Uma técnica de ordenação pode ser exemplificada como quantitativa, ordinal ou nominal;
- Coordenadas versus Quantidades: O programa é capaz de reconhecer que elementos de um conjunto ordenado são coordenadas se cada elemento especificar um ponto ou localização temporalmente ou espacialmente. Em

contrapartida, dados como peso e temperatura são classificados como quantidades;

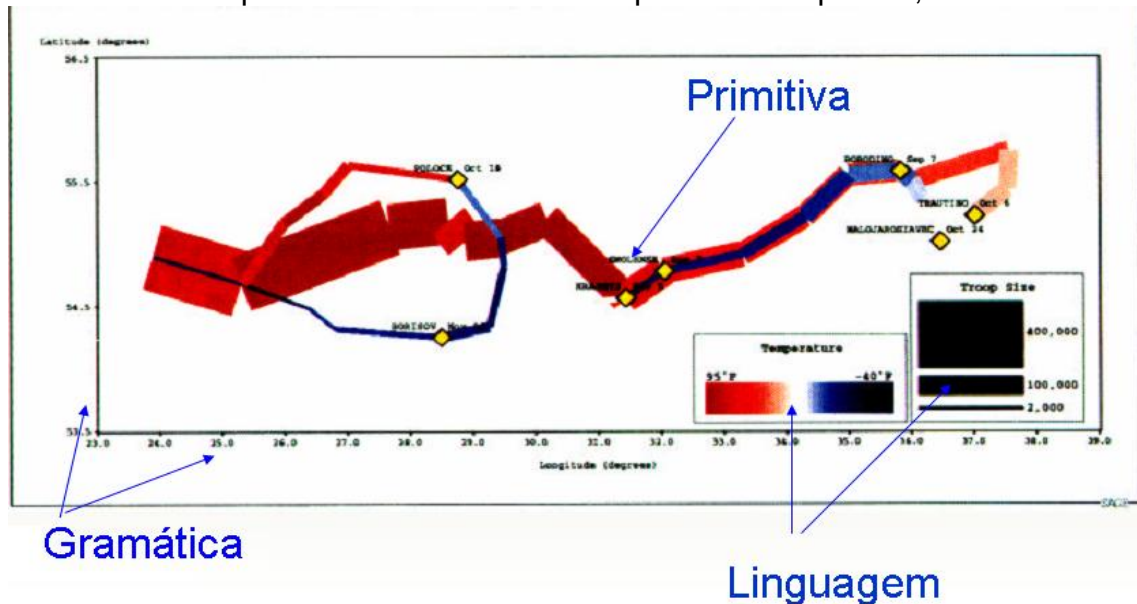
- Domínio da Natureza do Dado: A caracterização do SAGE vai além da caracterização do APT por reconhecer que conjuntos podem pertencer a diferentes domínios de tempo, espaço, temperatura ou massa. Essa informação ajuda a preservar sutis convenções estilísticas, como por exemplo, uso do eixo horizontal para coordenadas e vertical para temperaturas. Para o SAGE três propriedades são definidas as quais descrevem como as relações são feitas de um conjunto de dados para outro:
 - Cobertura Relacional: Essa característica descreve se cada elemento de um conjunto pode ser mapeado com no mínimo um elemento de outro conjunto;
 - Cardinalidade: Esta característica expressa o número de elementos de um conjunto que possam mapear outro elemento em outro conjunto de dados;
 - Unicidade: Esta característica se refere à relação do mapa a um único valor para cada elemento do conjunto;
- Dependência Algébrica: Dependência algébrica entre elementos da base de dados sugere outra dimensão que pode afetar uma representação. Dependências (relações) podem ocorrer entre atributos ou entre valores de um conjunto de dados. Por exemplo, um banco de dados organizacional pode conter três relações para custos: custos de material, custo de mão de obra e custo total.

Um dos mais importantes aspectos para a representação gráfica são os objetivos do usuário na visualização dos dados. Diferenças nos objetivos podem alterar bastante a efetividade da técnica gráfica ou suas combinações. O objetivo do usuário pode afetar como os dados devem ser integrados na representação.

O SAGE usa a técnica de segmentação da representação total em sub-representações para coordenar textos e visualizações por conversão de um esboço preparado por um processador em uma lista de sub-representações. Isto indica ao sistema gráfico que a informação expressa em porções contíguas de texto deve ser considerada relacionada, e por isso mostrada em conjunto. Generalizando, esta

característica prove um meio para expressar dois objetivos: a necessidade de expressar o máximo de informação possível e a necessidade de selecionar partes de conjuntos ou relações para visualização mais fácil e coesa (figura 28).

FIGURA 28: Exemplo de uso do SAGE – Campanha de Napoleão, 1812



FONTE: Roth et al (1994b), adaptado pelo autor.

d) Senay, H., Ignatius, E. - VISTA: ASSISTENTE DE VISUALIZAÇÃO.

O programa VISTA é um sistema baseado em conhecimento sobre percepção gráfica que ajuda cientistas desenvolver técnicas de visualização. Esse programa estende a metodologia de ferramenta automática da apresentação (APT) de Mackinglay (Mackinglay, 1986). A função preliminar do VISTA é gerar uma representação eficaz para um conjunto de dados, permitindo aos usuários modificar interativamente a representação.

Na criação da visualização, as várias características dos dados ditam o tipo de gráfico que expressará melhor os mesmos. Assim, saber as características dos dados relevantes à visualização é a primeira etapa na escolha de uma técnica eficaz de representação dos dados usando esse programa.

Os autores desse programa entendem que se pode descrever técnicas de visualização em termos de marcas simples tais como pontos, linhas, áreas, e volumes. Pode-se também combinar diversos gráficos primitivos para visualizar uma série de dados multidimensional. Como em outras estratégias, o VISTA se utiliza de

uma analogia a linguagem humana, aplicando regras para combinar símbolos e técnicas de visualização. Segundo Senay & Ignatius (1994), a arquitetura do VISTA é dividida em três principais unidades.

A primeira é a unidade de dados, na qual o usuário pode selecionar um conjunto de operadores de manipulação interativa de dados. Existem alguns menus dinâmicos a partir dos quais o usuário pode selecionar subconjuntos de dados do banco de dados selecionando variáveis de um ou mais conjuntos de dados. A ordem de seleção define um ordenamento padrão de importância, podendo ser redefinido posteriormente pelo usuário.

A segunda parte é a unidade de desenho, na qual o sistema gera uma técnica de visualização composta em três passos. Uma vez que o VISTA tenha gerado o usuário pode modificá-la na unidade de desenho. Os três passos são:

- Primeiro passo: após a decomposição do conjunto de dados em subconjuntos mais simples, estes podem ser visualizados por uma técnica tradicional de visualização. Os autores basearam a separação dos conjuntos na decomposição funcional da teoria de banco de dados relacionais;
- Segundo passo: o módulo de seleção da técnica visual encontra uma técnica primitiva de visualização para cada subconjunto usando regras de expressividade e eficiência. Para aperfeiçoar o processo de seleção, Senay & Ignatius (1994) organizaram o VISTA de modo que esse módulo optasse pela técnica mais importante para cada subconjunto de dados baseados nos critérios de expressividade e eficiência;
- Passo final: o módulo de composição de técnicas de visualização combina um par de técnicas de visualização primitivas aplicando uma regra de composição apropriada.

Uma vez que todas as técnicas de visualização correspondentes as partições de dados estejam combinadas, a unidade de desenho apresenta uma descrição da técnica de composta de visualização ao usuário para possíveis modificações. Quando o usuário termina o processo de desenho, a unidade de desenho produz uma visualização customizada que codifica todo o subconjunto selecionado no estágio de manipulação.

A terceira parte é a unidade de renderização. Esta unidade cria uma imagem de acordo com a descrição da técnica através de algoritmos de

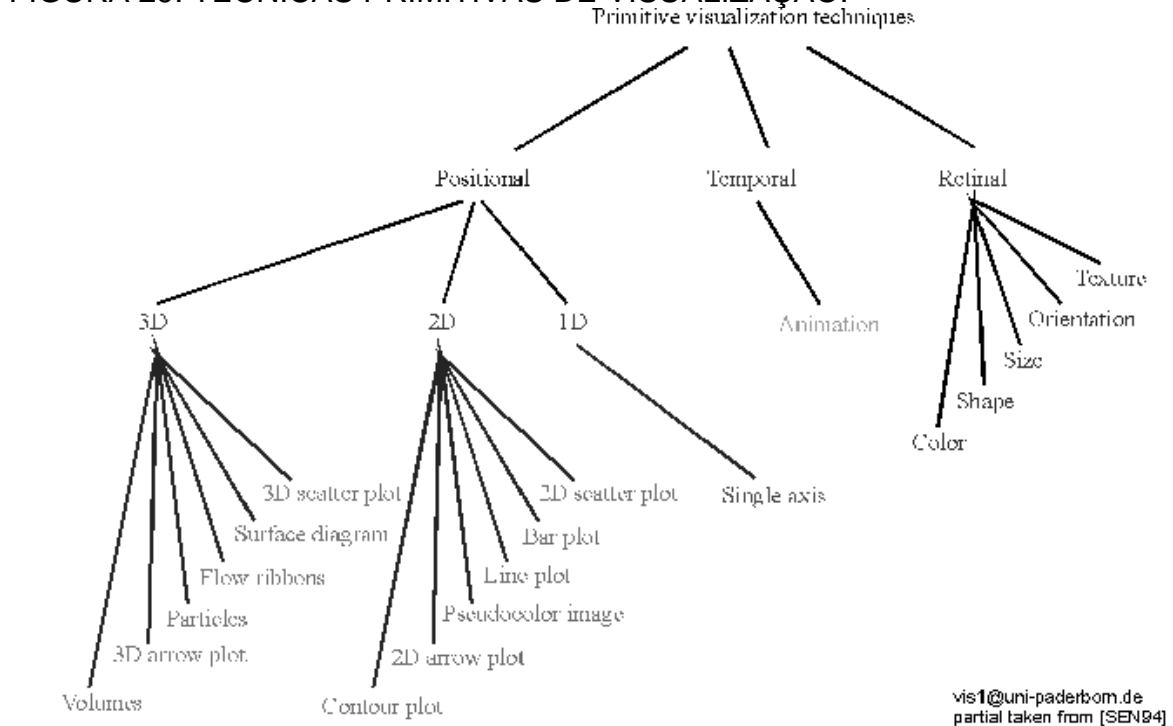
renderização apropriados. Para isso, a unidade usa regras de composição para unificar as primitivas criadas por cada algoritmo de renderização. Por último, a unidade de renderização mostra a imagem resultante desse processo na tela do usuário. A unidade de renderização também prove facilidades interativas para manipulação de imagens, por exemplo, rotação, translação, zoom e outros.

Para o entendimento do programa VISTA é necessário se entender o que Senay & Ignatius (1994) colocam como vocabulário de visualização, técnicas primitivas de visualização e regras de composição. O vocabulário de visualização identifica os grupos de técnicas de visualização científica de dados. Em visualização de dados, um símbolo é o bloco mais primitivo que pode codificar alguma informação. Um símbolo pode ser simples ou composto. Há quatro tipos de primitivas gráficas para símbolos simples: pontos, linhas, áreas, e volumes. Um símbolo composto é uma coleção de primitivas gráficas que formam uma única unidade de perceptiva, por exemplo, linhas de contorno, setas de fluxo, e partículas.

Os autores entendem que símbolos têm propriedades posicionais, temporais, e propriedades visuais. Uma codificação posicional mostra a variação de coordenadas dos símbolos. Uma codificação temporal mostra como o dado se comporta no tempo. Uma codificação visual identifica qualquer variação das marcas que o olho pode perceber além de posição, como tamanho, saturação, tom ou orientação.

Senay & Ignatius (1994) afirmam que técnicas primitivas de visualização codificam uma variáveis em uma das três categorias: posicional, temporal, ou visual, dependendo da propriedade do símbolo primário manipulado. Técnicas posicionais podem ser uni-, bi- ou tridimensionais. A única técnica temporal é animação. Técnicas visuais correspondem ao conjunto de propriedades de retina dos símbolos. Na Figura 29 são mostradas as técnicas primitivas do VISTA. Algumas destas técnicas parecem ser composições de outras, mas os autores do VISTA entendem que estas também são técnicas de visualização primitivas.

FIGURA 29: TÉCNICAS PRIMITIVAS DE VISUALIZAÇÃO.



FONTE: DOMIK, 1999

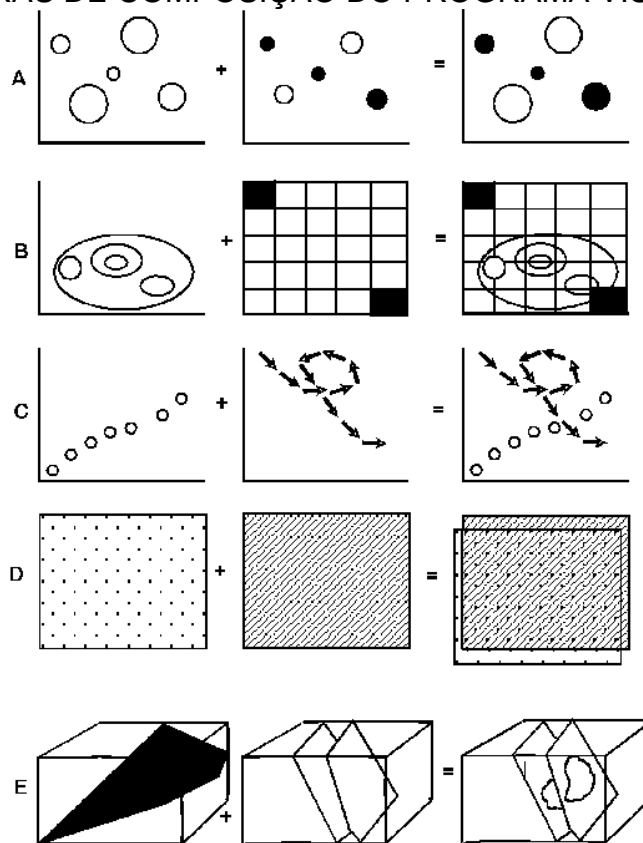
Um importante ponto na estratégia do VISTA são as regras de composição. Segundo Senay & Ignatius (1994), essas regras são necessárias para mostrar dados multidimensionais e definem as condições sob as quais o VISTA pode combinar pares de técnicas de visualização. Analogamente, estas regras são a gramática que o programa usa. Existem cinco regras de composição com as quais se pode descrever uma grande quantidade de técnicas compostas de visualização que são utilizadas pelo programa:

- Composição de símbolos: combina símbolos das técnicas de visualização componentes, através da comparação dos símbolos usados em um conjunto de dados com um conjunto compatível de símbolos no outro conjunto;
- Composição por superposição: combina símbolos das técnicas de visualização componentes sobrepondo uma a outra;
- Composição por união: combina símbolos gráficos pela união de representações;
- Composição por transparência: combina um par de técnicas de visualizações pela manipulação de opacidade dos símbolos pertencentes às mesmas;

- Composição por intersecção: combina um par de técnicas de visualizações computando sua intersecção e então sobrepondo a intersecção em uma das técnicas componentes.

A Figura 30, abaixo, mostra as diferentes regras de composição. (a) composição de símbolos, (b) composição por superposição, (c) composição por união, (d) composição por transparência, (d) composição por intersecção.

FIGURA 30: REGRAS DE COMPOSIÇÃO DO PROGRAMA VISTA



FONTE: DOMIK, G. 1999

A.2. ESTRATÉGIAS COMERCIAIS PARA VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

Dentre as diferentes estratégias comerciais existentes, foram selecionadas as adotadas pela empresa ESRI e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, por serem amplamente utilizadas no Brasil tanto no meio acadêmico como profissional. As demais não serão enfocadas nessa dissertação.

A.2.1. ESRI – ArcGis / ArcView

ArcGIS é o nome de um grupo de softwares relacionados ao sistema de informações geográficas, produzido pela ESRI. Nesse grupo estão inclusos:

- ArcReader, que permite visualizar os mapas criados com os outros produtos Arc;
- ArcView (ArcMap, na versão atual), que permite a edição e visualização de dados espaciais, a criação mapas, e funciona como base para demais extensões da família Arc;
- ArcEditor que inclui toda a funcionalidade do ArcView, e ferramentas mais avançadas para manipulação de shapefiles e geodatabases (formato de arquivo nativo desse pacote de programas);
- ArcInfo, que é a versão mais avançada do ArcGIS, que inclui potencialidades estendidas para a manipulação e análise de dados.

O lançamento do ArcGIS constituiu uma grande mudança nas vendas de software da ESRI, alinhando todos seus clientes e servidores sob uma única arquitetura de software conhecida como ArcGIS, desenvolvida usando a base do Windows e desenhado para salvar dados em formato próprio - chamada geodatabase.

Uma grande diferença é a linguagem de programação disponível para personalizar ou estender o software para as necessidades do usuário. Na transição para o ArcGIS, a ESRI aumentou o suporte a aplicações específicas de linguagem de script (Arc Macro Language - AML) em favor das Visual Basic for Applications (VBA) e acesso aberto aos componentes ArcGIS usando padrões Microsoft.

O ArcGIS 9 inclui um desenvolvimento de geoprocessamento que permite a execução das tradicionais ferramentas de processamento SIG (como *clipping*, *overlay* e análise espacial) interativamente. Porém essa interação exige do usuário um conhecimento não apenas do programa em si, mas de regras e normas

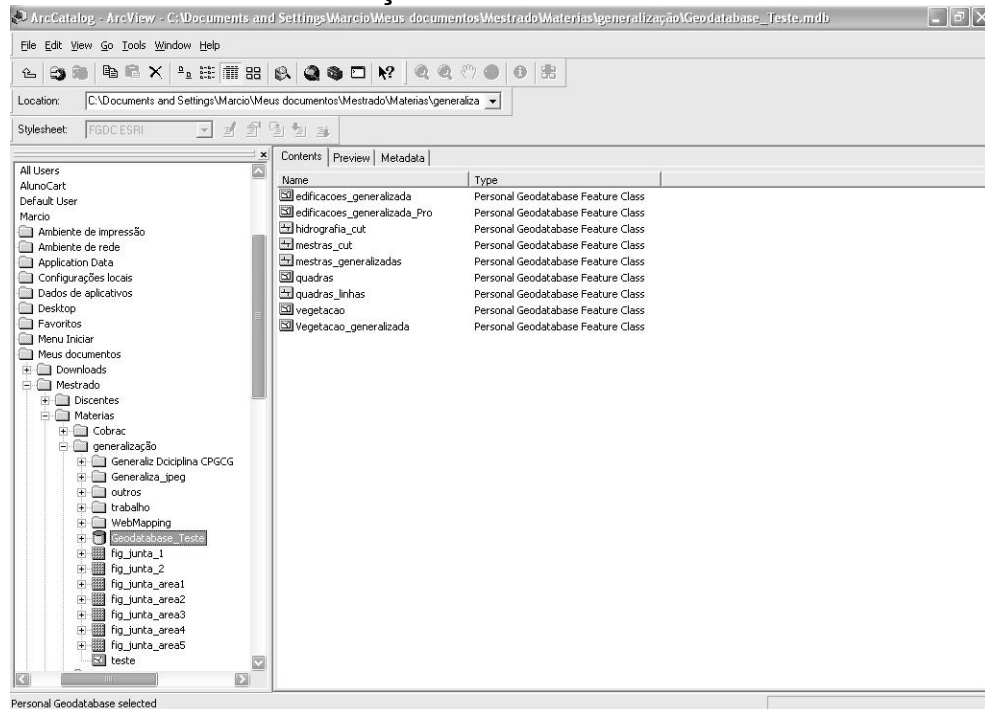
utilizadas em cartografia. O projeto cartográfico e criação de mapas nesse programa, exigem do usuário algum conhecimento de cartografia, sem contanto, fazer uma efetiva orientação ou limitação das funcionalidades.

O ArcGis permite a inserção de informações em um projeto de duas maneiras distintas. A primeira é a inserção de arquivos individuais no formato natural do programa (*shape file*). Esses arquivos trabalham de maneira semelhante a versão anterior do programa (ArcView 3.x) e têm sua estrutura tabular e geométrica mantida, mas não ficam atrelados a base de dados.

O outro método é a criação de um banco de dados, local ou em rede, que agrega dados de vários tipos e de vários lugares dentro da rede e os converte para um formato de banco de dados natural desse sistema, é a chamada Geodatabase. A Geodatabase foi construída de modo a facilitar o trabalho do usuário, agregando e categorizando a informação pela filosofia de OOP (Programação Orientada a Objeto). Dessa forma os dados têm sua integridade analisada e o usuário tem um banco de dados que faz o controle das informações que são carregadas.

A criação da geodatabase é realizada através do ArcCatalog. Esse programa faz parte do pacote do ArcMap e gerencia os arquivos de trabalho em uma estrutura de árvore semelhante ao sistema Windows Explore, como na Figura 31. Além da criação desse BD e inserção dos arquivos, ainda é possível a edição dos metadados. Os metadados são informações relevantes não espaciais que agregam qualidade e controle sobre as informações espaciais, como escala, data de aquisição dos dados, Datum, executor, entre outros.

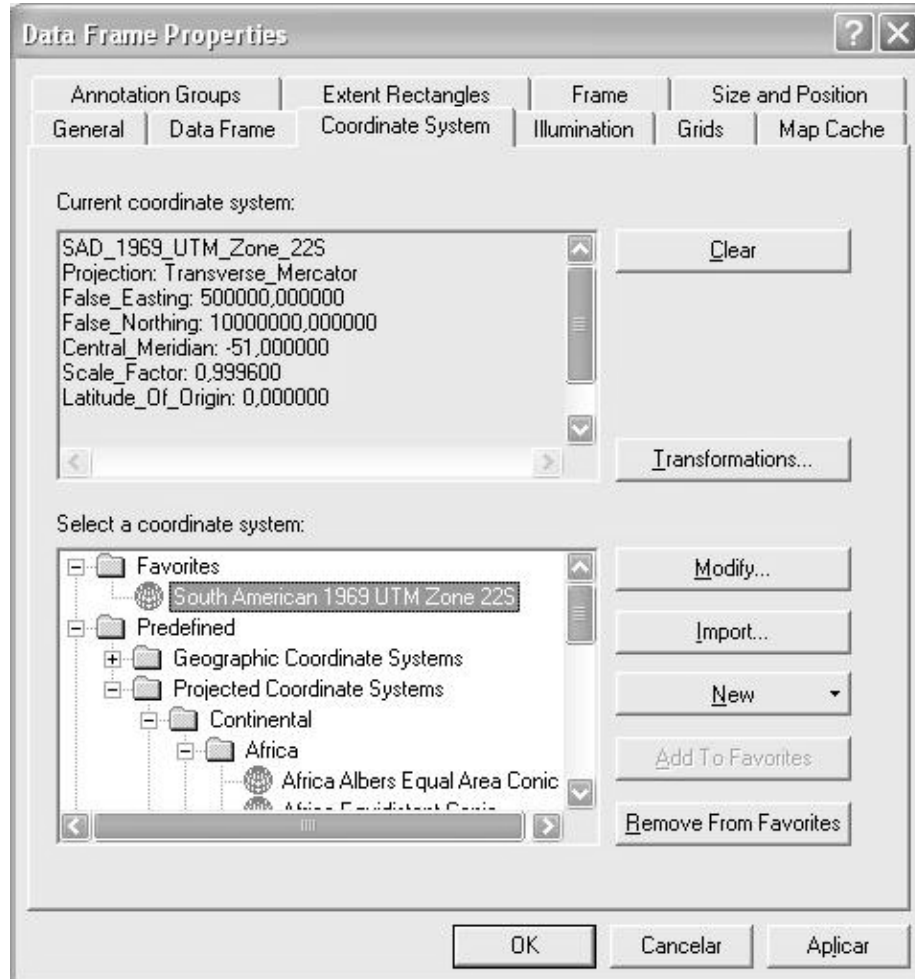
FIGURA 31: TELA DO PROGRAMA ARCCATALOG DEMONSTRANDO A GEODATABASE E A MANIPULAÇÃO DE ARQUIVOS INSERIDOS



FONTE: pelo autor.

No momento de se iniciar um projeto no ArcMap, é necessária a definição de uma projeção cartográfica. Isso é importante, já que se nenhuma for definida o programa usará o sistema *on-the-fly*, ou seja, ele assumirá como projeção aquela de um arquivo qualquer inserido na geodatabase ou a projeção do primeiro arquivo inserido individualmente, e fará a projeção de todas as demais informações em relação a essa. Neste programa, a escolha da projeção cartográfica e do Datum é de responsabilidade do usuário, porém uma lista bastante ampla dessas informações vem previamente definida no programa para seleção (Figura 32).

FIGURA 32: TELA DO PROGRAMA ARCMAP DEMONSTRANDO A ESCOLHA DE PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS



FONTE: pelo autor.

A classificação dos dados e escolha da simbologia acontece de modo integrado no ArcMap. Bastando um clique duplo sobre o nome do tema, abre-se uma janela em que o usuário pode escolher entre cinco representações e simbologias diversas.

Na Figura 33, a seguir, são apresentadas cinco telas capturadas do programa ArcMap, do pacote ArcGis 9.1, demonstrando as opções do usuário para realizar a seleção da representação cartográfica e esquema de cores. Percebe-se na Figura 33b, que os dados de Valor de Área foram propositalmente classificados de maneira equivocada. Está sendo usada uma informação numérica, mas que no programa foi colocada como nominal (*Unique Value*). O programa disponibiliza esquemas de cores apropriados a níveis de medida numéricos e nominais sem distinção. O usuário ainda pode realizar a normalização entre diferentes campos de

uma mesma tabela (Figura 33c). O programa não reconhece a natureza da informação presente nesses campos (nominal ou numérica), tampouco apresenta qualquer informação sobre a realização dessa operação. Somente a seleção entre campos numéricos e textuais é separada.

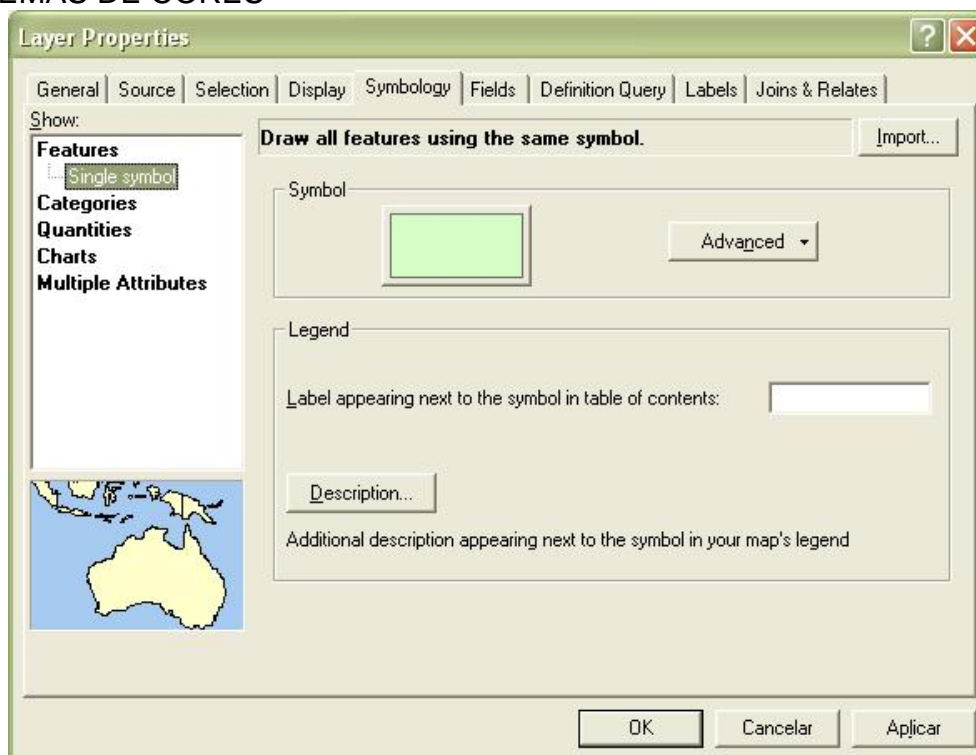
Quanto à escolha do tipo de representação, existe uma imagem padrão no canto esquerdo inferior sugerindo o tipo de resultado que o programa fornecerá se for usada a referida classe de representação corretamente, e uma sentença informando o tipo de representação. As classes de representação demonstradas na Figura 33 são:

- a) Figura 33a: símbolo simples (*Single symbol*), ou seja, uma representação não classificada. Para todas as feições presentes na camada de informação é usado um mesmo símbolo com mesma cor (tom, luminosidade e saturação);
- b) Figura 33b: categorias (*Categories*), ou seja, a informação presente é classificada segundo os classificadores clássicos (intervalos constantes, *jenks*). Fazendo essa escolha existe um campo chamado valor de campo (*Value fields*) onde o usuário tem a possibilidade de relacionar até três campos presentes na tabela associada criando índices;
- c) Figura 33c: quantidades (*Quantities*), essa classificação divide o número de amostras pelo número de classes (quebras naturais, quebras máximas). Nessa opção há um campo para gerar uma normalização dos dados valores principal da classificação;
- d) Figura 33d: gráficos (*Charts*), esse esquema cria gráficos estatísticos dos campos da tabela e os apresenta sobre o centróide das áreas as quais estão relacionados;
- e) Figura 33e: múltiplos atributos (*Multiple Attributes*), esse esquema desenha quantidades relacionais entre dois ou três atributos e os desenha sobre o mapa como pontos proporcionais.

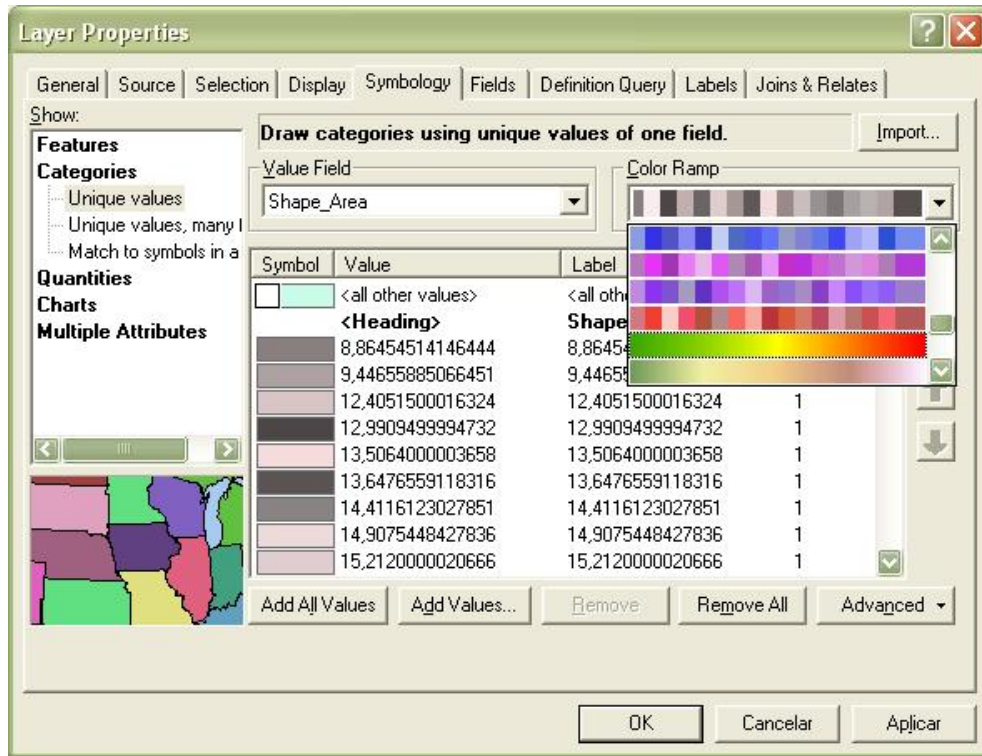
A escolha do esquema de cores não apresenta nenhuma espécie de critério. Cartograficamente é desaconselhado o uso de luminosidade para dados nominais bem como o uso de diferentes tons para dados ordinais ou numéricos, conforme o Projeto Cartográfico Temático. A Figura 33b demonstra que mesmo se tratando de uma informação nominal, as paletas de cores disponibilizadas permitem

escolhas que levem ao usuário cometer equívocos. A classificação automática não interpreta limites ao disponibilizar a paleta de cor e criar 454 classes como na Figura 33e.

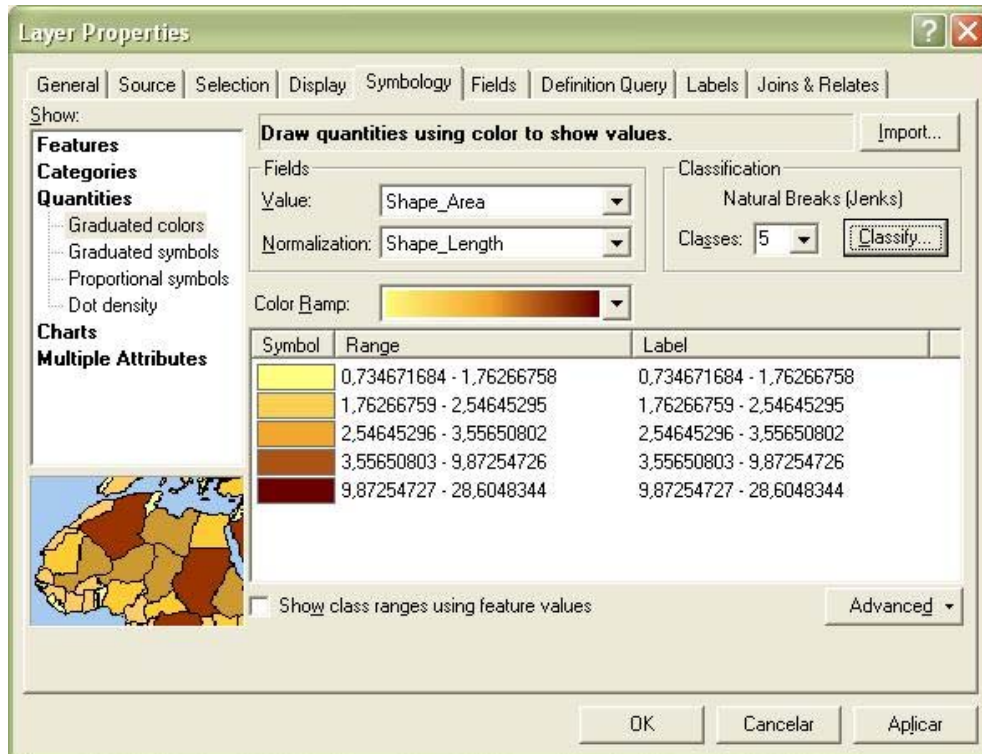
FIGURA 33: TELAS DO PROGRAMA ARCVIEW 9.1 DEMONSTRANDO AS OPÇÕES DO USUÁRIO PARA TIPOS DE REPRESENTAÇÃO E ESCOLHAS DE ESQUEMAS DE CORES



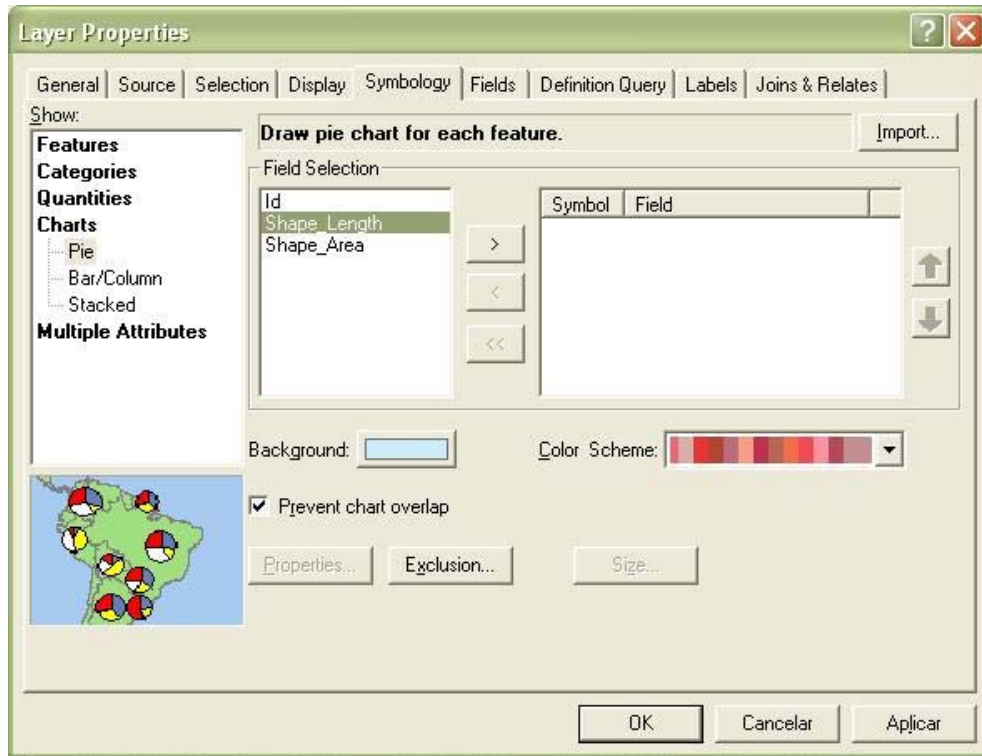
(a)



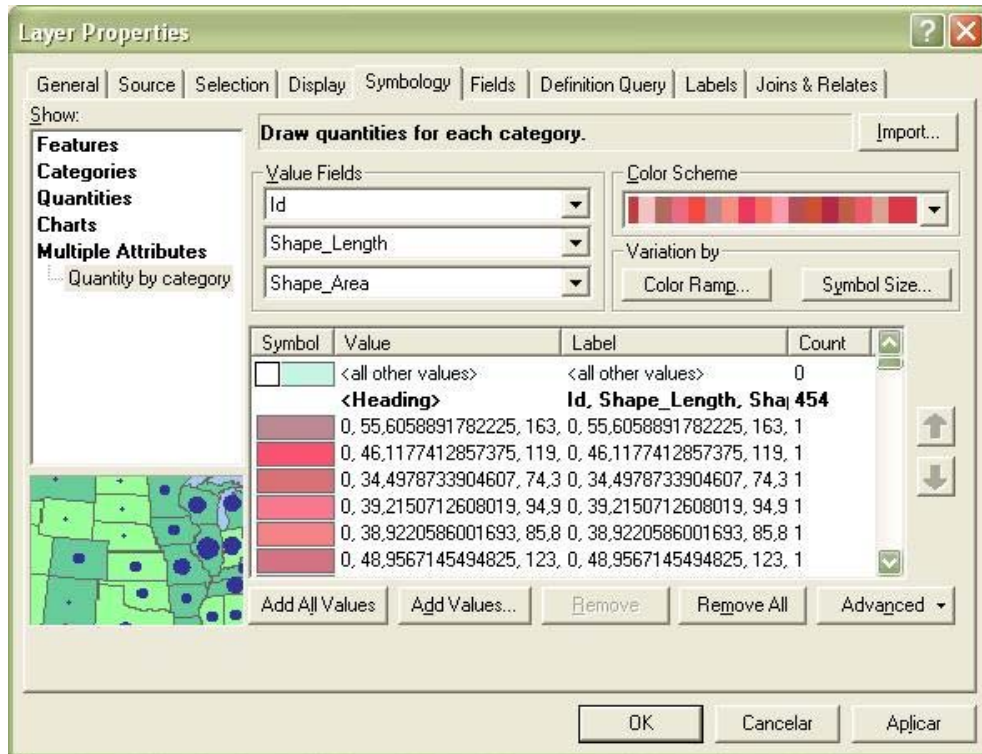
(b)



(c)



(d)



(e)

FONTE: pelo autor.

O programa ainda dispõe de uma série de símbolos pontuais e de área disponíveis em pequenos arquivos que podem ser instalados. Quando o usuário faz um duplo clique sobre a representação, na Figura 33e os retângulos coloridos ao lado de cada classe, é possível alterar o símbolo por texturas ou imagens, sempre respeitando a primitiva gráfica que está associada.

A.2.2. SPRING

O SPRING foi desenvolvido pelo INPE (instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) motivado a criar um sistema para integrar Sensoriamento Remoto e SIG para monitoramento ambiental. Esse sistema vem sendo melhorado desde 1991 e, atualmente, está em uso na maioria dos laboratórios de Sensoriamento Remoto do país. Trata-se de um banco de dados (BD) concebido para uso em conjunto com ambientes cliente-servidor, geralmente acoplados a gerenciadores de bancos de dados relacionais, operando como um banco de dados geográfico.

O SPRING opera como um BD geográfico suportando grandes volumes de dados sem limitações de escala, projeção e fuso, mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco. Esse SIG administra tanto dados vetoriais como dados matriciais provendo a integração dos dados geográficos, com a introdução do conceito de objetos geográficos (entidades individuais), de mapas cadastrais, mapas de redes e campos.

O SPRING provê um ambiente de trabalho complexo através da combinação de menus e janelas com uma linguagem de programação especialmente desenvolvida e denominada de LEGAL (Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra), fornecendo ao usuário um ambiente interativo para visualizar, manipular e editar imagens e dados geográficos.

Esse sistema contém algoritmos como os utilizados para indexação espacial, segmentação de imagens, classificação por regiões e geração de grades triangulares com restrições, que garantem o desempenho adequado para as mais variadas aplicações, complementando os métodos tradicionais de processamento de imagens e análise geográfica sem haver a divisão em pacotes, como em programas comerciais.

Com o objetivo de facilitar seu uso, compartimentando as funções de manipulação de dados, o SPRING é dividido em três módulos: IMPRIMA, SPRING e SCARTA.

O módulo IMPRIMA executa leitura de imagens digitais de satélite, gravadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), em diversos formatos adquiridas a partir dos sensores TM/LANDSAT-5, HRV/SPOT e AVHRR/NOAA. Converte as imagens dos formatos BSQ, Fast Format, BIL.

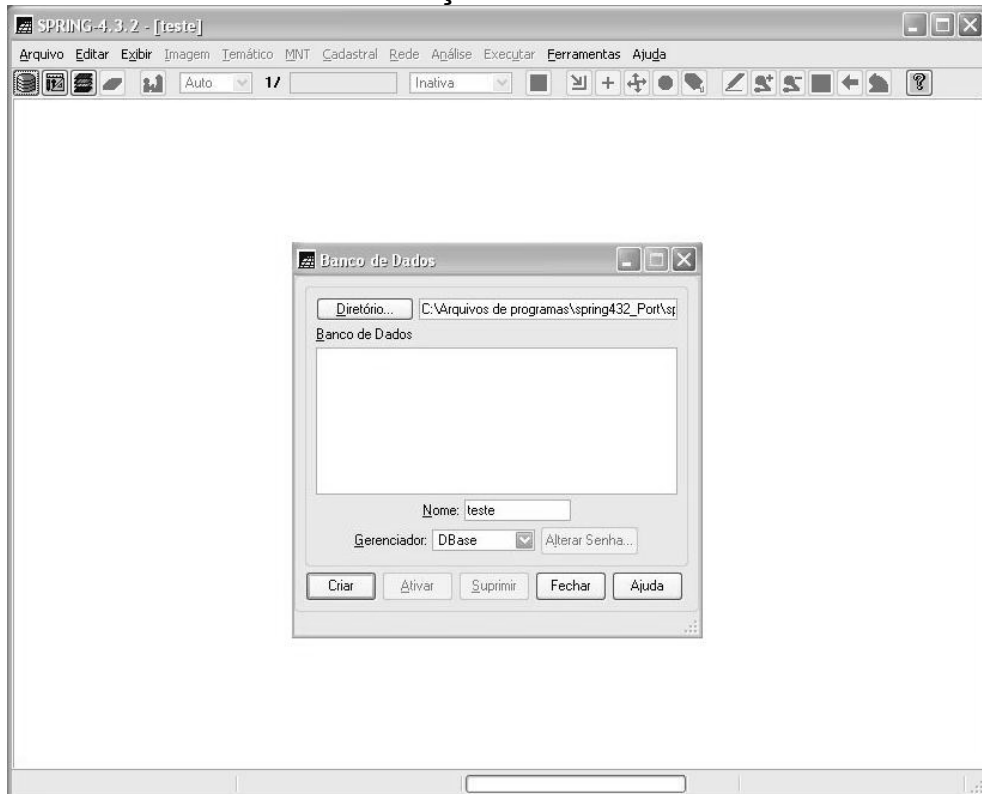
O módulo SCARTA edita cartas e gera arquivos para impressão a partir de resultados gerados no módulo principal SPRING, permitindo a apresentação na forma de um documento cartográfico. Permite editar textos, símbolos, legendas, linhas, quadros e grades em coordenadas planas ou geográficas e exibir mapas em várias escalas.

O módulo SPRING é o módulo principal de entrada, manipulação e transformação de dados geográficos, executando as funções relacionadas à criação, manipulação de consulta ao banco de dados, funções de entrada de dados, processamento digital de imagens, modelagem numérica de terreno e análise geográfica.

As funções da janela principal, na barra de menus, estão divididas em: Arquivo, Editar, Exibir, Imagem, Temático, Numérico Cadastral, Rede, Objetos e Utilitários. Para cada opção há um menu (janela de diálogo) associado com as operações específicas.

O SPRING é uma ferramenta poderosa, mas a sua utilização é bastante trabalhosa. O usuário precisa, necessariamente, conhecer conceitos de cartografia e a forma e distribuição dos dados na área de trabalho. Uma dificuldade no uso desse programa é a organização interna e inserção de informações. Ao se iniciar um novo projeto é preciso fazer a criação de um novo banco de dados. A Figura 34 mostra a tela inicial do SPRING.

FIGURA 34: TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO A ABERTURA DO PROGRAMA E CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS

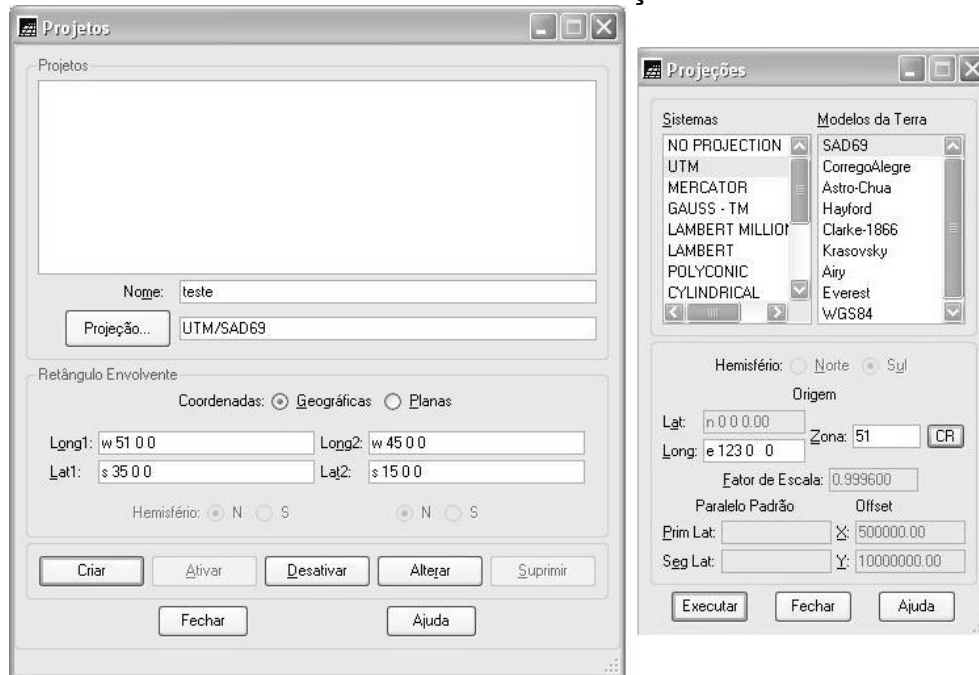


FONTE: pelo autor.

O banco de dados pode ser alocado no computador ou em rede. O usuário define sua localização, nome e tipo. Os tipos são pré-definidos e são: Dbase, Oracle, Access, SQL e PostgreSQL.

Com o banco de dados criado, é necessário criar um projeto. O projeto deve ser definido em função da sua área de abrangência. A Figura 35, abaixo, mostra como o usuário deve saber *à priori* a extensão e retângulo envolvente dessa área para iniciar o projeto. Também não há qualquer descrição sobre a projeção ou modelo da Terra disponível. Além disso o usuário deve conhecer características da projeção. Por exemplo, na projeção UTM ele deve saber fuso central. Na figura foi colocada propositalmente uma informação equivocada. Na escolha do fuso foi indicado o Fuso 51, com longitude do meridiano central 123°00'00" O. Porém na definição das coordenadas do retângulo envolvente foram colocadas coordenadas de uma área entre os Fusos 21 e 22. O programa não fez qualquer aviso ou modificação. Posteriormente essas definições não podem ser alteradas sem a criação de um novo projeto.

FIGURA 35: TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO A CRIAÇÃO DE UM NOVO PROJETO E ESCOLHA DE PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA

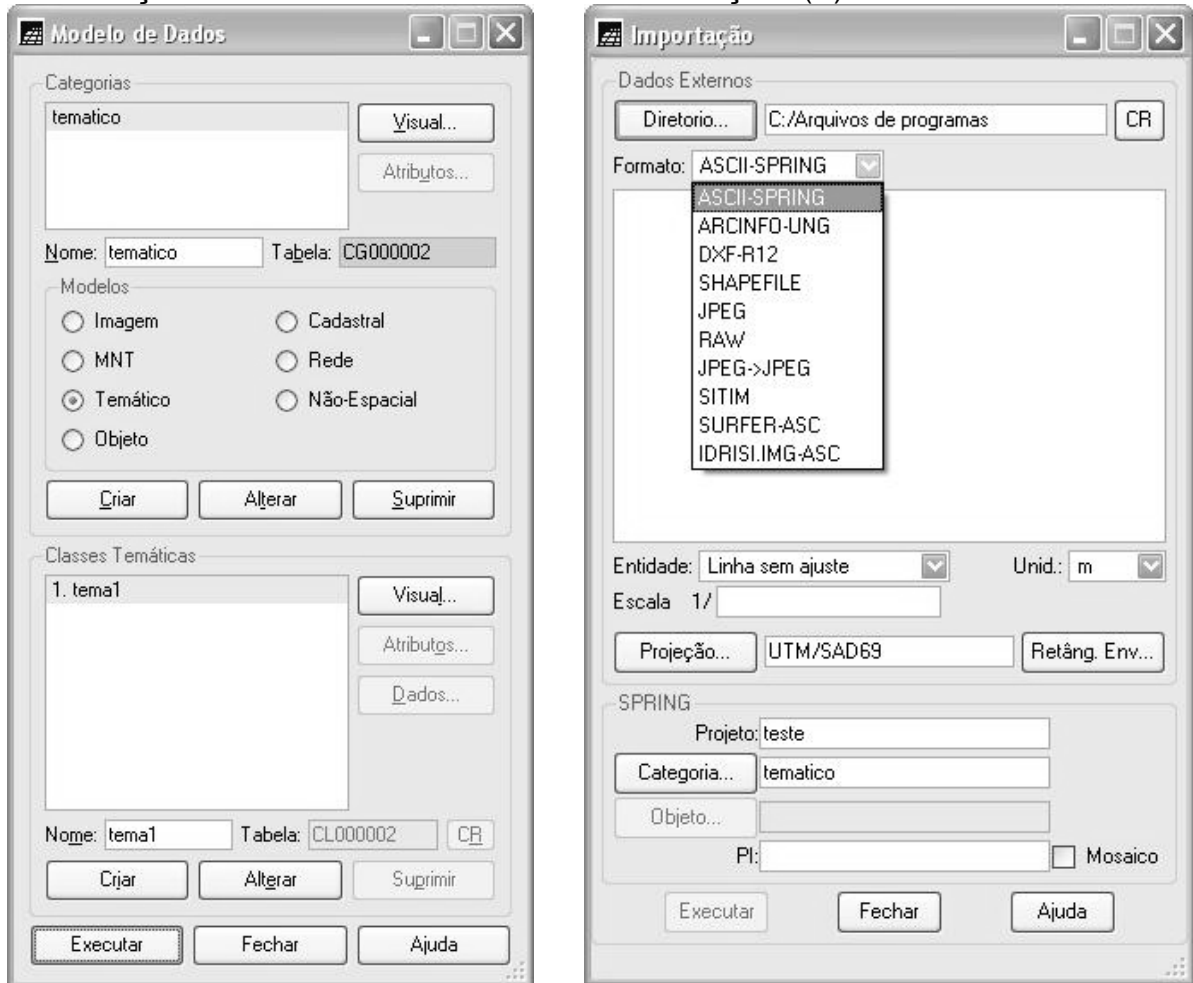


FONTE: pelo autor.

Após a criação do projeto é necessária a criação das categorias e classes que receberão as informações. As categorias são criadas na opção de menu Modelo de Dados. O tipo de informação que a classe receberá deve ser definido. No programa não existe nenhuma informação ou descrição indicando o que é cada modelo. As descrições são descritas de modo sucinto no arquivo de ajuda do programa. É preciso informar um nome e um modelo para se criar uma classe, como na Figura 36a. Em seguida, os planos de informação devem ser criados dentro das classes.

Somente depois de criados e ativados é que as informações são carregadas para os respectivos planos de informação. Somente nesse momento o usuário efetivamente iniciará os trabalhos e análises. A Figura 36b, mostra que o SPRING é compatível com arquivos de várias extensões.

FIGURA 36: TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO A CRIAÇÃO DE CLASSES DENTRO DAS CATEGORIAS (A) E A IMPORTAÇÃO DAS INFORMAÇÕES PARA OS PLANOS DE INFORMAÇÃO (B).



(a)

(b)

FONTE: pelo autor.

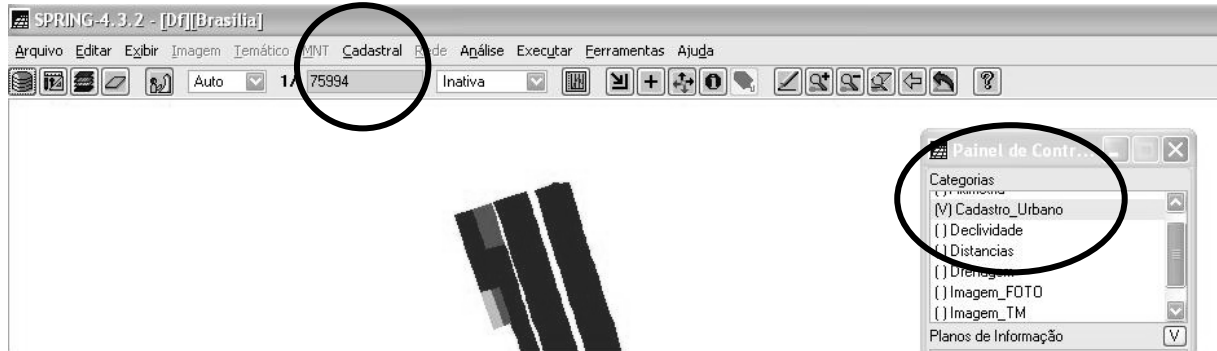
Uma vez carregadas todas as informações da base cartográfica para o BD, o programa disponibiliza uma série de ferramentas poderosas para análise das informações. Essas informações são acessadas através da barra de menu do programa.

A barra de menu do SPRING considera qual o tipo de informação está sendo tratada no momento, em função do modelo de dados que tenha sido apontado quando da criação do BD.

A Figura 37 mostra o detalhe da barra de menu. Quando se está trabalhando em um plano de informação pertencente a uma determinada categoria, ou modelo de dado, as demais opções ficam desabilitadas. Na figura abaixo, se trata de uma

informação Cadastral e por isso apenas as ferramentas de análise para esse modelo aparecem habilitadas ao usuário. Se uma informação temática fosse selecionada, o menu Temático estaria habilitado e os demais desabilitados.

FIGURA 37: TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO A BARRA DE MENU



FONTE: pelo autor.

O controle de menus é um meio de direcionar as ações do usuário. Através dessa solução adotada, diferente do ArcGIS, o usuário é levado a fazer opções somente possíveis àquele tipo de informação. Porém, é necessário que o usuário tenha um bom conhecimento do programa e de quais ferramentas estão disponíveis para cada modelo de dado, para que no momento da criação do BD e inserção das informações, estas sejam colocadas nas categorias corretas.

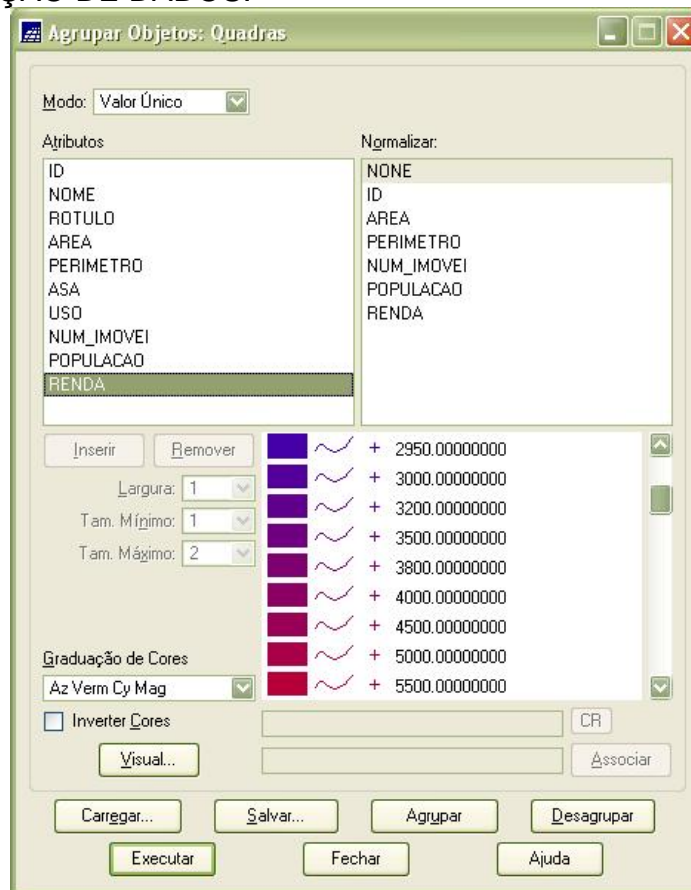
Muitas vezes, os resultados das análises e mesmos os dados em si, precisam ser mostrados e classificados. A classificação de dados no SPRING é feita de modo mais trabalhoso quando comparada ao ArcGIS. No SPRING é necessário se iniciar uma consulta ao BD do plano de informação antes das opções de classificação serem disponibilizadas.

Semelhante ao ArcGIS não há, efetivamente, um cuidado com a escolha do esquema de cores e da classificação em si. Os tipos de classificação disponíveis no SPRING, mostrados na Figura 38, são:

- a) Passo igual: essa classificação divide as amostras em intervalos de igual amplitude;
- b) Quantil: essa classificação divide o número de amostras pelo número de classes. Nessa opção há um campo para gerar uma normalização dos dados valores principais da classificação;

- c) Estatístico: essa classificação é realizada na distribuição bipolar em torno da média com intervalos de classe definidos pelo usuário em $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ ou 1 desvio padrões;
- d) Valor único: ou seja, uma representação não classificada. Para todas as feições presentes na camada de informação é usado um mesmo símbolo com mesma cor (tom, luminosidade e saturação);
- e) Gráfico de torta: esse esquema cria gráficos do tipo torta dos registros da tabela e os apresenta sobre o centróide das áreas as quais estão relacionados;
- f) Gráfico de barras: semelhante ao anterior, mas realizado com gráficos do tipo barra;

FIGURA 38: TELA DO PROGRAMA SPRING 4.3.2 DEMONSTRANDO OPÇÕES DE CLASSIFICAÇÃO DE DADOS.



FONTE: pelo autor.

Na Figura 38, como ocorre no ArcGis, uma informação quantitativa foi classificada como nominal. Nesse exemplo cada valor de renda aparece como uma classe, mesmo que o esquema de cor seja adequado.

APÊNDICE B


```

vetorID(conta) = recTClasses.Fields("ID_INFO")
recTClasses.MoveNext
Loop
recTClasses.Close
'verifica a igualdade dos campos
For i = 1 To conta
    recTClasses2.Open "SELECT * FROM TClasses WHERE ID_INFO = " & vetorID(i)
& "", cnnMunicipios
    verificador = 0
    For j = 0 To List2.ListCount - 1
        recTClasses2.MoveFirst
        cont = 0
        Do While Not recTClasses2.EOF
            If recTClasses2.Fields(2) = List2.list(j) Then
                verificador = verificador + 1
                cont = cont + 1
            Else
                cont = cont + 1
            End If
            recTClasses2.MoveNext
        Loop
    Next
    If verificador = List2.ListCount Then
        List2.Clear
        recTClasses2.MoveFirst
        k = 0
        Do While Not recTClasses2.EOF
            List2.list(k) = recTClasses2.Fields(2)
            k = k + 1
            recTClasses2.MoveNext
        Loop
        recTClasses2.MoveFirst
        ID_INFO = recTClasses2.Fields(1)
        recTInformacoes.Open "SELECT * FROM TInformacoes WHERE ID_INFO = " &
ID_INFO & "", cnnMunicipios
        tipo2 = recTInformacoes.Fields("Tipo")
        recTInformacoes.Close
        recTClasses2.Close
    Exit For
    Call adicionadados(tipo2)

```

```

Else
    verificador2 = 1
End If
recTClasses2.Close
Next

End If
If verificador2 = 1 Then
    '-----'
    '----Segunda verificação - Verifica o dicionário de dados no banco----'
    '-----'

    Dim ID_Grupo, Posicao, Ordem, min, max, best_value, best_value2, best_value3,
best_j, conta2, N, pos, maior, grupo As Integer
    Dim vetor2(2, 10), vconta(5, 5) As Integer
    Dim Msg, lista(5), strg As String

    Msg = ""
    For i = 0 To List2.ListCount - 1
        vetor = Split(List2.list(i))
        recTDicionario.Open "SELECT * FROM TDicionario WHERE Palavra = " &
vetor(0) & "", cnnMunicipios
        If recTDicionario.BOF = False Then
            ID_Grupo = recTDicionario.Fields("ID_Grupo")
            Ordem = recTDicionario.Fields("Ordem")
            vetor2(0, i) = ID_Grupo
            vetor2(1, i) = Ordem
        Else
            vetor2(0, i) = 999
            vetor2(1, i) = 999
        End If
        recTDicionario.Close
    Next

    'Ordena de acordo com o dicionário a primeira palavra de cada classe
    min = 0
    max = List2.ListCount - 1

    For i = min To max
        best_value = vetor2(0, i)
        best_value2 = vetor2(1, i)
        strg = List2.list(i)
    
```

```

best_j = i
For j = i + 1 To max
    If (vetor2(1, j) <= best_value2) Then
        best_value = vetor2(0, j)
        best_value2 = vetor2(1, j)
        strg = List2.list(j)
        best_j = j
    End If
Next j
vetor2(0, best_j) = vetor2(0, i)
vetor2(1, best_j) = vetor2(1, i)
vetor2(0, i) = best_value
vetor2(1, i) = best_value2
List2.list(best_j) = List2.list(i)
List2.list(i) = strg
Next i

For i = 0 To max
    If vetor2(1, i) = 999 Then
        Msg = Msg & vbCrLf & List2.list(i)
    End If
Next i

ret = MsgBox("A(s) classe(s) não identificada(s):" & Msg & vbCrLf & "Há ordem para
essas classes?", vbExclamation + vbYesNo, "Atlas Social do Paraná")
If ret = vbYes Then
    tipo2 = "ordinal"
    check_global = 1
Else
    tipo2 = "nominal"
    Call adicionadados(tipo2)
End If
End If
End If
Else
    MsgBox "Verifique seus dados, você deve selecionar um tema, preencher o nome da nova
informação e suas classes devem ser no mínimo uma e no máximo cinco!"
End If
End Sub

```