

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
(Bacharelado)

**PROTÓTIPO DE UM SOFTWARE DE MAPEAMENTO
AUTOMÁTICO (AM)/GERÊNCIA DE FACILIDADES (FM)
PARA O ATENDIMENTO DE OCORRÊNCIAS DA CIDADE
DE RIO DO SUL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO — BACHARELADO

SANDRO ALENCAR FERNANDES

BLUMENAU, DEZEMBRO/1999

1999/2-36

**PROTÓTIPO DE UM SOFTWARE DE MAPEAMENTO
AUTOMÁTICO (AM)/GERÊNCIA DE FACILIDADES (FM)
PARA O ATENDIMENTO DE OCORRÊNCIAS DA CIDADE
DE RIO DO SUL**

SANDRO ALENCAR FERNANDES

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, FOI JULGADO ADEQUADO
PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Prof. Dalton Solano dos Reis — Orientador na FURB

Prof. José Roque Voltolini da Silva — Coordenador do TCC

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dalton Solano dos Reis

Prof. Everaldo Artur Grahl

Prof. Roberto Heinzle

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e meus irmãos que sempre me apoiaram e me deram forças para atingir o meu objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a Deus por toda a minha vida e cada minuto em que vivi na universidade.

Agradeço a todos os meus familiares principalmente meu pai Francisco Fernandes Filho, minha mãe Marly Maria Maiochi Fernandes e meus irmãos Fabricio Fernandes, Cristiano Fernandes e Francisco Guilherme Fernandes, pessoas a qual amo e que acreditaram na minha vitória.

Em especial ao professor Dalton Solano dos Reis, meu mestre, meu orientador e acima de tudo um amigo.

A todos os professores, “sábios” que me transmitiram seu conhecimento e suas experiências a qual sou muito grato.

E a todos meus colegas e amigos que passaram comigo cada momento como um momento singular, onde cada sorriso, abraço, brincadeira ficará guardado sempre em minha memória.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	viii
Lista de Quadros	x
Resumo	xi
Abstract.....	xii
1 Introdução	1
1.1 Origem do Trabalho	1
1.2 Objetivo	2
1.3 Organização do texto.....	2
2 Ocorrências de segurança pública.....	3
3 Geoprocessamento	6
3.1 Sistema de Informação Geográfica	6
3.1.1 Estrutura do SIG.....	7
3.1.2 Aplicações	8
3.1.2.1 Aplicações Sócio-Econômicas.....	10
3.1.3 Mapeamento automático / Gerência de facilidades (<i>AM/FM</i>)	11
3.2 Tipos de Dados em Geoprocessamento.....	12
3.2.1 Dados Temáticos.....	12
3.2.2 Dados Cadastrais.....	12
3.2.3 Redes	13
3.2.4 Modelos Numéricos de Terreno.....	14
3.2.5 Imagens	15
4 Grafos.....	17
4.1 Definições e conceitos.....	17

4.2 Representação no computador.....	18
4.2.1 Estrutura de Adjacência	19
4.3 Problema do Menor Caminho	20
4.4 Algoritmo de DiJkstra	21
5 Desenvolvimento do Sistema.....	23
5.1 Análise do Sistema	23
5.1.1 Lista de Eventos	23
5.1.2 Diagrama de Contexto.....	24
5.1.3 Objetivos do Sistema	24
5.1.4 Modelo de Entidade e Relacionamento (MER)	25
5.1.5 Dicionário do Dados	26
5.1.6 Diagrama de Fluxo de Dados (DFD)	29
5.1.7 Diagrama Hierárquico Funcional (DHF)	33
5.2 Implementação	34
5.2.1 Banco de Dados.....	35
5.2.2 Tipos de Dados Utilizados	36
5.2.3 Digitalização das Imagens.....	36
5.2.4 Estruturas de Dados.....	38
5.2.4.1 Estrutura Nodo.....	38
5.2.4.2 Estrutura Adjacente	39
5.2.4.3 Estrutura SegAdj.....	40
5.2.4.4 Estrutura Nodo DiJkstra	40
5.2.4.5 Listas Encadeadas	41
5.2.5 Georeferenciamento	41
5.2.6 A Interface do Sistema	43

6 Conclusões	49
6.1 Considerações finais	49
6.2 Extensões	49
Glossário	51
Referências bibliográficas	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - SIG utilizado em Curitiba.....	5
Figura 2 - Componentes de um SIG.....	8
Figura 3 - Exemplo de dado cadastral (países da América do Sul).....	13
Figura 4 - Elementos de Rede.....	14
Figura 5 - Exemplo de modelo numérico de terreno (isolinhas de topografia).....	15
Figura 6 - Foto aérea de Rio do Sul.....	16
Figura 7 - Representação do Grafo.....	18
Figura 8 - Representação do Digrafo.....	18
Figura 9 - Estrutura de Adjacência.....	20
Figura 10 –Diagrama de Contexto.....	24
Figura 11 – Modelo de Entidade Relacionamento.....	25
Figura 12 – Usuário mantém mapas.....	30
Figura 13 – Usuário mantém setores.....	30
Figura 14 – Usuário mantém cruzamentos.....	31
Figura 15 – Usuário mantém ruas.....	31
Figura 16 – Usuário consulta endereço da uma rua no mapa.....	32
Figura 17 – Usuário consulta menor caminho entre dois cruzamentos.....	32
Figura 18 – Usuário navega no mapa.....	33
Figura 19 – Diagrama Hierárquico Funcional.....	34
Figura 20 – Área Selecionada para mosaico.....	37
Figura 21 – Mosaico.....	37
Figura 22 – Estrutura dados do grafo.....	38
Figura 23 – Interface do sistema.....	43

Figura 24 – Barra de <i>status</i>	44
Figura 25 – Caixa de ferramentas.....	44
Figura 26 – Mapa geral.....	45
Figura 27 – Consultas Menor Caminho e Endereço Rua	46
Figura 28 – Manutenção de Mapas.....	47
Figura 29 – Manutenção dos Setores.....	47
Figura 30 – Cadastro da Rua	48
Figura 31 – Exclusão de Cruzamento.....	48
Figura 32 – Exclusão de Rua.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Algoritmo de Dijkstra.....	22
Quadro 2 – Entidade Mapa.....	27
Quadro 4 – Entidade Setor.....	28
Quadro 6 – Entidade Cruzamento	28
Quadro 7 – Entidade Rua.....	29
Quadro 8 – Entidade SegRua.....	29
Quadro 9 – Estrutura Nodo em Delphi.....	39
Quadro 10 – Estrutura Adjacente em Delphi	39
Quadro 12 – Estrutura SegAdj em Delphi.....	40
Quadro 14 – Estrutura Nodo Dijkstra em Delphi.....	41
Quadro 15 – Fórmula de NDC	42

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso visa desenvolver um estudo sobre Sistemas de Informação Geográfica (SIG), mais especificamente *Automated Mapping (AM)/Facilities Management (FM)*. E também um estudo sobre a teoria dos grafos. Como resultados tem-se a especificação e implementação do protótipo de um software de *AM/FM* para o atendimento a ocorrências de segurança pública de Rio do Sul.

ABSTRACT

This paper of conclusion course intends to develop a study about Geographic Information System (GIS), more specifically Automated Mapping (AM)/Facilities Management (FM). This is a study about Graph Theory, too. As results are had the specification and implementation of the prototipe of AM/FM software to attend the public secutiry occurencies in Rio do Sul.

1 INTRODUÇÃO

1.1 ORIGEM DO TRABALHO

Geoprocessamento é o conjunto de técnicas computacionais relacionadas com a coleta, armazenamento e tratamento de informações espaciais ou georeferenciadas, para serem utilizadas em sistemas específicos a cada aplicação que, de alguma forma, utiliza-se do espaço físico geográfico. Estes sistemas podem ser: *Geographic Information Systems (GIS)*, *Land Information Systems (LIS)*, *Automated Mapping / Facilities Management (AM/FM)*, *Computer-Aided Drafting and Design (CADD)* [DEF98a] e [DEF98b].

Segundo [INT98] o *AM/FM* ou Mapeamento Automático e Gerência de Facilidades baseiam-se também em tecnologia *CADD*. Entretanto, a apresentação gráfica geralmente não é tão precisa e detalhada como em sistemas *Computer Aided Manufacturing (CAM)*; a ênfase de *AM/FM* está centrada no armazenamento, na análise e na emissão de relatórios.

Um número cada vez maior de profissionais das mais diversas áreas vem atraindo-se pelo espaço virtual gerado por Sistema de Informação Geográfica (SIG). O domínio da geoinformação tem se mostrado fundamental para a eficácia de qualquer ação sobre a Terra, como projetar estradas, oleodutos, cidades ou para monitorar a distribuição de produtos, reservas florestais, reforma agrária, transporte, saúde e segurança pública [GRA96].

Na área de segurança pública os sistemas de *AM/FM* vêm mostrando-se propício devido a necessidade da rápida localização dos locais de emergência e o despacho das viaturas, como também a indicação do melhor caminho para que se chegue o mais rápido possível a estes locais. Segundo [KUB96], a rápida localização e despacho de um veículo da polícia, bombeiros e ambulância pode determinar o sucesso ou fracasso de uma missão.

É interessante a idéia de utilizar a tecnologia para benefício da vida, desta forma, o Mapeamento Automático (*AM*) e Gerência de Facilidades (*FM*), bem como a Teoria dos Grafos combinados com conceitos de computação gráfica, podem ser utilizados com o intuito de solucionar e minimizar o problema da localização de endereços e o despacho de viaturas para o atendimento a ocorrências.

1.2 OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é:

- a) criar um ambiente que permita o mapeamento do sistema viário da cidade de Rio do Sul;
- b) permitir, sobre este mapeamento, consultar de forma gráfica e nítida, informações úteis para a localização e deslocamento de unidades tanto da polícia, quanto do corpo de bombeiros aos locais das ocorrências;
- c) utilizar recursos de AM/FM e também da computação gráfica.

[SAF1] Comentário: Talvez isto seja eliminado..... ou siga como extensão

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

No capítulo 2, o trabalho começa abordando o atendimento a ocorrências de segurança pública, seu funcionamento, dificuldades atuais, e ilustra a utilização do SIG da cidade de Curitiba, utilizado para agilizar o processo de atendimento a ocorrências.

O capítulo 3 trata dos conceitos básicos de geoprocessamento, SIG's e *AM/FM* como é estruturado, suas aplicações e seus tipos de dados.

Seguindo no capítulo 4 são explorados os conceitos da grafos, formas de representação no computador e o problema do menor caminho.

O capítulo 5, traz a especificação e os tópicos relacionados ao protótipo implementado.

E por fim o capítulo 6 conclui o trabalho e relata possíveis extensões que poderiam originar deste trabalho.

2 OCORRÊNCIAS DE SEGURANÇA PÚBLICA

Com o crescimento dos habitantes e o aumento do desemprego a criminalidade está tornando-se maior, esse efeito vem sido notado não apenas nos grandes centros, mais também nas pequenas e médias cidades, isso vem ocasionando um crescimento elevado nas ocorrências de segurança pública. O que somado a expansão das cidades e o número reduzido do efetivo de viaturas do corpo de bombeiros e polícia militar, muitas vezes pode prejudicar o atendimento destes órgãos.

Além da violência, o descaso de motoristas e pedestres no trânsito esta aumento o número de acidentes em estradas e rodovias, gerando chamadas de atendimentos quase que seguidas. Outro fator também são os acidentes e acontecimentos rotineiros da vida que podem vir a necessitar do atendimento da polícia e do corpo de bombeiros.

Atualmente os procedimentos seguidos no atendimento a ocorrências é o mesmo em varias cidades do Brasil, baseasse em chamados feitos pela comunidade, estes chamados, aos telefones 190 da polícia e 193 dos bombeiros, são atendidos por um despachador que faz uma triagem das solicitações e caso seja necessário localiza o endereço e despacha uma viatura. A localização dos endereços, nestas regiões onde não existe um sistema computadorizado utilizando mapas automáticos, é complicada onde a decisão a ser tomada depende do conhecimento do despachador [KUB96].

Rio do Sul, uma cidade com aproximadamente 45 mil habitantes, tem uma média 35 ocorrências por dia solicitadas ao Copom (Centro de Operações da Polícia Militar), onde destas em média 22 são selecionadas para atendimento. O corpo de bombeiros atende em cerca 15 ocorrências por dia, provenientes de acidentes no trânsito, incêndios, afogamentos, atendimentos pré-hospitalar e outros. Nestes atendimentos tanto da polícia militar, como do corpo de bombeiros, estão envolvidos nas ocorrências cerca 14 vítimas, e para cada ocorrência são destacadas em média 1,2 viaturas para o atendimento.

O Copom de Rio do Sul, possui uma central fixa de rádio, que controla as comunicações de rádio, formando uma rede de rádios. Ao receber um chamado, no telefone 190, o despachador faz uma triagem da chamada e caso verifique a necessidade, despacha

uma viatura ao local da ocorrência. Toda a comunicação entre a central e as viaturas é feita através de rádio.

Todos as viaturas que encontram-se na rua, possuem um roteiro e assim dependendo do horário da ocorrência o despachador verifica onde cada viatura encontra-se naquele momento e destaca a viatura, mais próxima para atender a ocorrência, o processo para eleição da viatura mais próxima, depende exclusivamente do conhecimento da cidade pelo despachador.

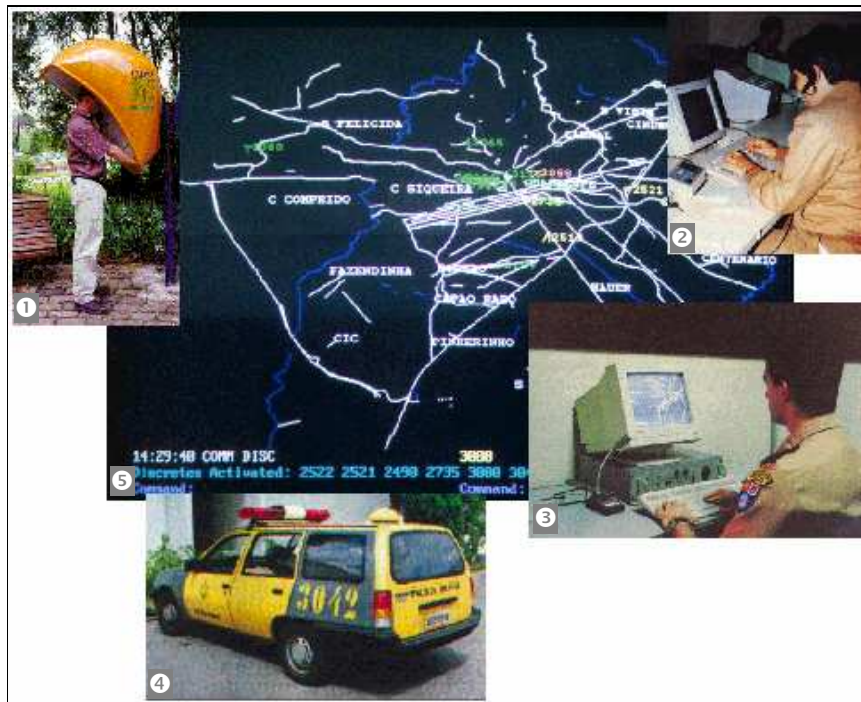
Todo o procedimento é registrado no sistema de Estação Multitarefa para Atendimento Policial e Emergências (EMAPE). Esse sistema permite o registro das ocorrências, bem como diversas tarefas que possam ser utilizados durante uma ocorrência. O despachador pode no EMAPE, consultar informações referente ao local da ocorrência, ele informa o endereço e recebe informações como pontos de referência, ruas próximas, e informações cadastradas no sistemas referente o logradouro, rua que esta sendo procurado.

Porém todas as informações retornadas pelo sistema são em formato de texto, não existindo nenhum auxílio gráfico para ajudar na tarefa de localizar o local da ocorrência, e quando o despachador, não sabe a localização correta tem de recorrer a mapas de papel para identificar a rua e orientar a unidade que foi destacada para atender a ocorrência. Em Rio do Sul, como em cidades pequenas, este processo não é tão dificultoso. Entretanto a medida que as cidades tornam-se maiores e aumentam o número de ruas e logradouros, este processo vai ficando cada vez mais complexo.

A Figura 1 apresentada em [KUB96], ilustra o sistema utilizado pela polícia de Curitiba. Onde, a pessoa¹ liga para a polícia. A telefonista² atende a ligação e repassa ao despachador³ que localiza a viatura⁴ no mapa digital⁵ e faz o contato com os policiais.

Este SIG, utilizado em Curitiba, funciona com monitoramento por *Global Positioning System (GPS)*, o que facilita e agiliza o trabalho. Com a utilização de GPS tem-se a localização correta das viaturas o que, segundo [KUB96], tem ajudado no deslocamento mais rápido das viaturas da Polícia Militar, diminuindo o tempo de atendimento e aumentando a eficiência, por exemplo, em perseguições a assaltantes.

Figura 1 - SIG utilizado em Curitiba



Este trabalho não utiliza GPS, e sua utilização é proposta, na seção 6.2, como extensão para futuros trabalhos.

3 GEOPROCESSAMENTO

O termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados e tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos [CAM98].

Desta forma, Geoprocessamento é o conjunto de técnicas computacionais relacionadas com a coleta, armazenamento e tratamento de informações espaciais ou georeferenciadas, para serem utilizadas em sistemas específicos a cada aplicação que, de alguma forma, utiliza-se do espaço físico geográfico [DEF98a] e [DEF98b].

O Geoprocessamento, de acordo com [INT98], é "a tecnologia de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento de sistemas que as utilizam".

Estes sistemas podem ser: *Geographic Information Systems (GIS)*, *Land Information Systems (LIS)*, *Automated Mapping / Facilities Management (AM/FM)*, *Computer-Aided Drafting and Design (CADD)* [DEF98a] e [DEF98b].

3.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Geographic Information System (GIS), ou Sistema de Informação Geográfica (SIG), são sistemas automatizados utilizados para trabalhar com dados geográficos, dados que representam objetos ou fenômenos em que a localização geográfica é uma característica importante e indispensável na análise da informação [CAM96].

SIG's comportam diversos tipos de dados e aplicações para os mais distintos usuários, não sendo restritos a um domínio específico, servindo para cientistas, gerentes, técnicos, funcionários de administração e o público em geral. Sua utilização facilita a integração de dados coletados de fontes heterogêneas, de forma transparente ao usuário final [CAM96].

A partir destes conceitos, é possível identificar que SIG's são sistemas cujas principais características, incluem: integrar numa única base de dados, informações espaciais advindas de dados cartográficos, censitários, cadastros, imagens de satélite, entre outros; permitindo, através de algoritmos de manipulação e análise, a manipulação, recuperação e visualização destes dados [CAM96], [INT98], [MAR94].

SIG's oferecem ao usuário uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum a localização geográfica. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georeferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica [CAM98].

3.1.1 ESTRUTURA DO SIG

Numa visão abrangente, pode-se indicar que um SIG tem os seguintes componentes [CAM98]:

- d) Interface com usuário;
- e) Entrada e integração de dados;
- f) Funções de consulta e análise espacial;
- g) Visualização e plotagem;
- h) Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado.

No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação os dados espaciais e seus atributos.

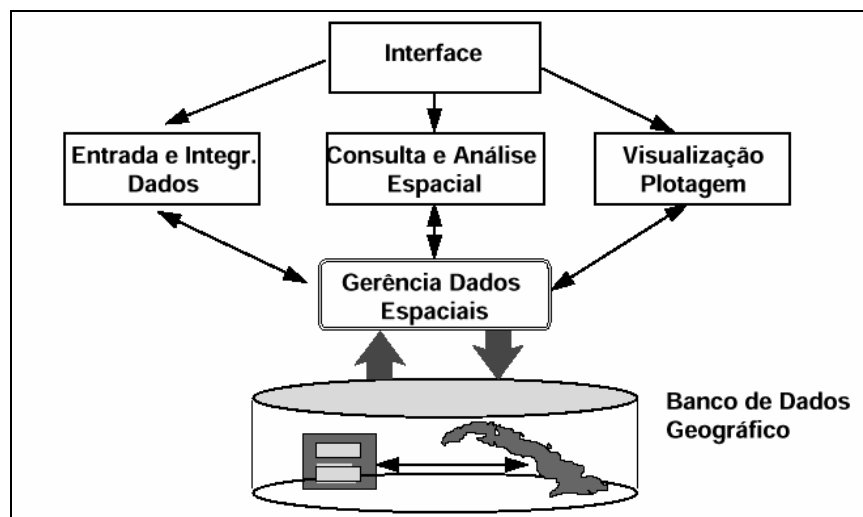
De uma forma geral, as funções de processamento de um SIG operam sobre dados em uma área de trabalho em memória principal. A ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento do SIG é feita por mecanismos de seleção e consulta que afinem

restrições sobre o conjunto de dados. Exemplos ilustrativos de modos de seleção de dados são [CAM98]:

- a) "Recupere os dados relativos à carta de Guajará-Mirim" (restrição por definição de região de interesse);
- b) "Recupere as cidades do Estado de São Paulo com população entre 100.000 e 500.000 habitantes" (consulta por atributos não-espaciais);
- c) "Mostre os postos de saúde num raio de 5 km do hospital municipal de S.J.Campos" (consulta com restrições espaciais).

A Figura 2 ilustrada por [CAM98] indica o relacionamento dos principais componentes ou subsistemas de um SIG. Cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados devem estar presentes num SIG.

Figura 2 - Componentes de um SIG



Fonte: Geoprocessamento: Teoria e Aplicações [CAM98].

3.1.2 APLICAÇÕES

O domínio de aplicações em SIG está se ampliando cada vez mais, acompanhando a evolução dos dispositivos de coleta e as facilidades computacionais em geral.

Um fenômeno geográfico pode ser analisado de forma e precisão diferentes dependendo do objetivo da aplicação. Assim sendo, um mesmo conjunto de dados armazenados poderá ter tratamentos distintos. Por exemplo, dados pluviométricos coletados para determinar a distribuição de chuvas em certas regiões durante um período, visando planejar atividade de plantio. Os mesmos dados podem ser combinados com informações sobre a bacia hidrográfica das regiões, declividade e permeabilidade do solo, para auxiliar estudos de regiões. Esta característica causa um impacto direto na coleta, modelagem e armazenamento dos dados georeferenciados [PAR94].

Por outro lado, cada aplicação requer a manipulação de fenômenos geográficos distintos, associados a diferentes características e propriedades que variam no espaço e no tempo. Além disso os usuários SIG têm uma grande variedade de perfis, como cientistas especialistas em um determinado domínio do conhecimento (por exemplo, biólogos, geólogos, sociólogos), técnicos (engenheiros, arquitetos) ou especialistas em administração e planejamento urbano [CAM96].

[CAM96] menciona a classificação das aplicações em:

- a) sócio-econômicas, envolvendo o uso da terra, seres humanos e a infra-estrutura existente;
- b) ambientais, enfocando o meio ambiente e o uso de recursos naturais e;
- c) de gerenciamento, envolvendo a realização de estudos e projeções que determinam onde e como alocar recursos para determinar problemas ou garantir a preservação de determinadas características.

Em alguns casos, torna-se difícil determinar a classe de uma aplicação: por exemplo do impacto ambiental devido a correntes migratórias envolve tanto fatores sócio-econômicos quanto físicos [CAM96].

[PAR94] destaca diversas áreas de aplicação, que poderiam ser encaixadas nas classificações de [CAM96], tais como:

- a) aplicações comerciais;
- b) gerenciamento políticos;
- c) gerenciamento de infra-estrutura;
- d) exploração de óleo, gás e mineração;

- e) segurança e saúde pública;
- f) gerenciamento de informações em tempo real;
- g) gerenciamento de recursos renováveis;
- h) mapeamentos e levantamentos;
- i) transporte e apoio logístico;
- j) planejamento regional e urbano;
- k) pesquisa e educação;
- l) análise e monitoramento ambiental.

3.1.2.1 APLICAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS

Aplicações sócio-econômicas tanto podem ser realizadas com o objetivo de planejamento (análise preliminar) quanto de avaliação de mudanças em um região em resposta a uma determinada política (análise posterior). Dentre as aplicações sócio-econômicas distinguem-se os grupos de origem [CAM96]:

- a) uso da terra, incluindo cadastro rurais, agroindústria e irrigação;
- b) ocupação humana, envolvendo cadastros urbanos e regionais, sistemas para serviços de utilidade pública;
- c) atividades econômicas, agrupamento marketing e indústrias.

Enquadram-se na classe de aplicações sócio-econômicas as sistemas de informações sobre o uso da terra e os sistemas para mapeamento automático/gerência de facilidade (*AM/FM*). Exemplos típicos são o acompanhamento e inventário de cadastros imobiliários rurais e urbanos; definição de uma política de uso do solo; aplicações envolvendo serviços de utilidade pública (redes de telefonia, eletricidade, esgotos, transportes); sistemas de auxílio à navegação; estudos de marketing; e a alocação de recursos em geral para a manutenção e expansão da infra-estrutura da região [PAR94].

Os dados utilizados em aplicações sócio-econômicas são frequentemente obtidos através de coletas censitárias, mapas urbanos digitalizados e fotos aéreas. Aplicações que utilizam dados de censo por exemplo, preocupam-se com distribuição estatísticas de populações em certo espaço, associados à infra-estrutura existente. Neste caso escalas menores são aceitáveis, dependendo da extensão da região estudada. Aplicações voltadas para o planejamento de infra-estrutura (por exemplo, rede de telefonia ou tráfego) exigem

escala de maior precisão: a colocação de um transformador em um certo ponto em um rede elétrica deve ter a precisão de metros; a definição de um rota de ônibus urbano precisa levar em consideração a largura das ruas para prever pontos de engarrafamento e locais de manobra [CAM96].

Existe um crescente uso de SIG's pelos serviço de utilidade pública no mundo, desde ferramentas mais simples para mapeamento automático e gerência da facilidades (AM/FM) até sistemas sofisticados envolvendo simulações [CAM96].

Segundo [CAM96] sistemas da navegação, marítima ou terrestre, também podem se beneficiar bastante de SIG's. A área de navegação terrestre inclui sistemas experimentas de trafego, reportando engarrafamentos, sistemas de monitoramento de frotas e sistemas de navegação para automóveis. No último caso, os SIG's podem agregar funcionalidade de sistemas de multimídia, oferecendo facilidades com apresentação de mapas, fotos aéreas, direções verbais, caminhos, procuras de destinos por endereço e indicação de infra-estruturas existentes.

[CAM96] destaca ainda a utilização cada vez maior de SIG's nas administrações municipal, regionais e estaduais como uma ferramenta de auxílio a tomada de decisões, tanto para a decisão de novas políticas de planejamento quanto para a avaliação de decisões tomadas. Como exemplo destas classe de aplicações há planejamento de tráfego urbano, planejamento de controle de obras públicas, planejamento de defesa civil.

3.1.3 MAPEAMENTO AUTOMÁTICO / GERÊNCIA DE FACILIDADES (AM/FM)

AM/FM ainda é um sistema de automação do processo de mapeamento e gerenciamento das informações representadas por itens em um mapa [INT98].

Automated Mapping (AM), ou mapeamento Automatizado, *Facility Management (FM)*, isto é, Gerenciamento de Serviços de Utilidade Pública, baseiam-se também em tecnologia *CADD*. Entretanto, a apresentação gráfica geralmente não é tão precisa e detalhada como em sistemas *CAM*. A ênfase de *AM/FM* está centrada no armazenamento, na análise e na emissão de relatórios. As relações entre os componentes do sistema de utilidade pública são definidas como redes (*Networks*) que são associadas à atributos, permitindo assim

modelar e analisar a operação do sistema de utilidade pública. Atributos não-gráficos podem ser ligados aos dados gráficos [INT98].

3.2 TIPOS DE DADOS EM GEOPROCESSAMENTO

3.2.1 DADOS TEMÁTICOS

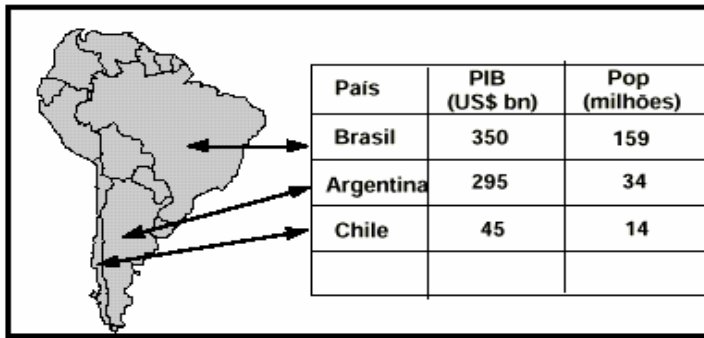
Dados temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa em forma qualitativa, como os mapas de vegetação ou declividade de uma região e a aptidão agrícola de uma região. Estes dados, obtidos a partir de levantamento de campo, são inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens.

3.2.2 DADOS CADASTRAIS

Um dado cadastral distingue-se de um temático, pois cada um de seus elementos é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os lotes de uma cidade são elementos do espaço geográfico que possuem atributos (dono, localização, valor venal, IPTU devido, etc.) e que podem ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas. Os atributos estão armazenados num sistema gerenciador de banco de dados.

A Figura 3 mostra um exemplo de dado cadastral da América do Sul, onde os países possuem atributos não-gráficos (PIB e população) [CAM98].

Figura 3 - Exemplo de dado cadastral (países da América do Sul)



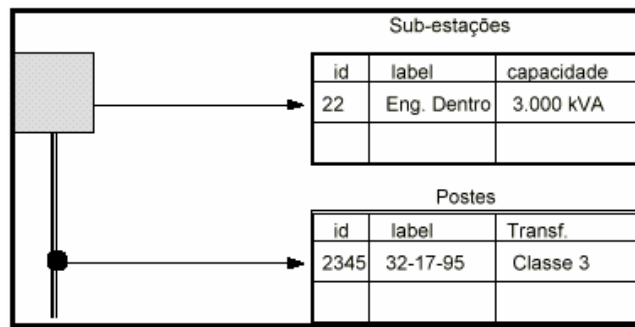
3.2.3 REDES

Em Geoprocessamento, o conceito de "rede" denota as informações associadas a [CAM98]:

- a) Serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone;
- b) Redes de drenagem (bacias hidrográficas);
- c) Rodovias.

No caso de redes, cada objeto geográfico (e.g: cabo telefônico, transformador de rede elétrica, cano de água) possui uma localização geográfica exata e está sempre associado a atributos descritivos presentes no banco de dados. As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: os atributos de arcos incluem o sentido de fluxo e os atributos dos nós sua impedância (custo de percorrimto). A topologia de redes constitui um grafo, que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas, como ilustra a Figura 4 [CAM98].

Figura 4 - Elementos de Rede



Como consta em [CAM98], uma rede é um sistema de endereçamento 1-D embutido no espaço 2-D. Para citar um exemplo, tome-se uma rede elétrica, que tem, entre outros, os componentes: postes, transformadores, sub-estações, linhas de transmissão e chaves. As linhas de transmissão serão representadas topologicamente como os arcos de um grafo orientado, estando as demais informações concentradas em seus nós. Note-se que os algoritmos de cálculo de propriedades da rede podem, em sua grande maioria, ser resolvidos apenas com a topologia da rede e de seus atributos [CAM98],[PAR94].

3.2.4 MODELOS NUMÉRICOS DE TERRENO

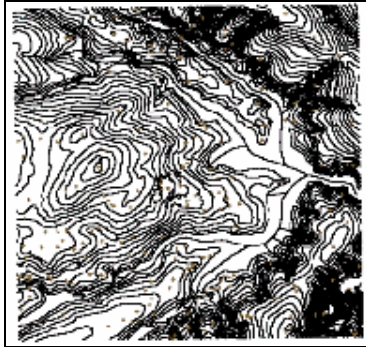
O termo modelo numérico de terreno (ou MNT) é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas, como teor de minerais, ou propriedades do solo ou subsolo, como aeromagnetismo. Entre os usos de modelos numéricos de terreno, pode-se citar [CAM98]:

- a) Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- b) Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;
- c) Cômputo de mapas de declividade e exposição para apoio a análises de geomorfologia e erodibilidade;
- d) Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- e) Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Um MNT pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y) , em um referencial

qualquer, com atributos denotados de z , que descrevem a variação contínua da superfície. Um exemplo de MNT é apresentado na Figura 5 [CAM98].

Figura 5 - Exemplo de modelo numérico de terreno (isolinhas de topografia)



3.2.5 IMAGENS

Tradicionalmente, muitos SIG's utilizam mapas como forma básica para a construção dos bancos de dados geográficos e tratam imagens obtidas por sensoriamento remoto apenas como um forma de captura indireta de informação espacial a ser incorporada a tais mapas. Porém, com o desenvolvimento de áreas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens, aliadas a técnicas de armazenamento, recuperação e apresentação de imagens, estas passaram a se utilizadas em conjunto, ou até mesmo em substituição, a mapas [CAM96].

Obtidas por satélites, fotografias aéreas ou "*scanners*" aerotransportados, as imagens representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem (denominado "pixel") tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente.

Pela natureza do processo de aquisição de imagens, os objetos geográficos estão contidos na imagem, sendo necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizá-los [CAM98],[PAR94].

A Figura 6 representa uma fotografia aérea de uma parte da cidade de Rio do Sul.

Figura 6 - Foto aérea de Rio do Sul



4 GRAFOS

A teoria dos grafos proporciona de forma simples, acessível e poderosa uma ferramenta para a construção de modelos e resolução de problemas relacionados com arranjos de objetos discretos [RAB92].

Essa estrutura é utilizada para modelagem de sistemas de transporte, comunicação, logística, produção, investimentos no mercado financeiro, escolha de uma rota ótima, sistemas de comunicação e assim por diante [RAB92], [SWA90].

4.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

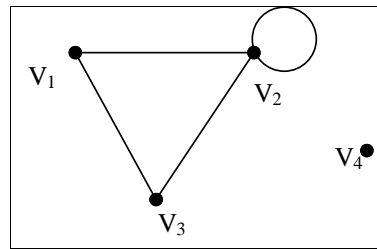
Seja V um conjunto finito e não vazio, e E uma relação binária sobre V . Os elementos de V são representados por pontos. O par ordenado $(v,w) \in E$, onde $v,w \in V$, é representado por uma linha ligando v a w . Tal representação de um conjunto V e uma representação binária sobre o mesmo é denominada um grafo $G(V,E)$ [RAB92].

Em outras palavras, um grafo $G(V,E)$ é composto de um conjunto finito e não vazio de nós ou vértices V , e um conjunto finito e não vazio E de ligações entre nós, chamadas arcos ou linha ou arestas do grafo. Associado a cada arco podemos ter um ou mais atributos, tais como identificação, distância, custo etc. [SWA90], [RAB92].

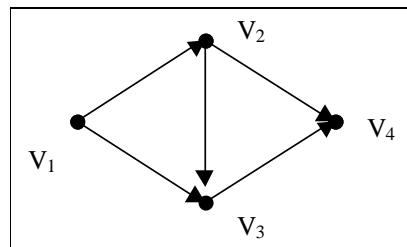
Seja um grafo $D(V,E)$, para cada aresta $e \in E$, existe um valor associado. O valor pode significar muitas coisas, dependendo do problema sendo representado pelo grafo. No caso de circuitos elétricos, por exemplo, podemos usar o valor 1 para indicar que existe ligação entre dois vértices e 0 quando não existe ligação. No caso de mapas, o valor pode indicar o tempo de deslocamento, a distância ou um custo em unidade monetária [PER99], [RAB92].

Uma aresta é dita incidente com os vértices que ela liga. Uma aresta incidente a um único vértice é denominada um laço. Dois vértices são adjacentes, se eles estão ligados por uma aresta. Um vértice é dito isolado se não existe uma aresta incidente sobre ele [RAB92].

A Figura 7 exemplifica a representação geográfica do grafo $G(V,E)$, onde o $V4$ é um vértice isolado e a aresta (vI, vI) representa um laço.

Figura 7 - Representação do Grafo

Um grafo é dito dirigido ou digrafo, se suas arestas possuem orientação. Em caso contrário o grafo é não dirigido. Em um grafo não dirigido, uma aresta ligada a dois vértices v e w pode ser representada por (v,w) ou (w,v) indistintamente. O mesmo não ocorre com um digrafo. Deste modo no grafo da Figura 8 pode-se ir do vértice 1 ao vértice 4, entretanto o inverso não é possível [RAB92].

Figura 8 - Representação do Digrafo

Conceitualmente um digrafo $D(V,E)$, é um conjunto finito não vazio V (vértices) e um conjunto E (arestas) de pares ordenados de vértices distintos. Portanto, num digrafo, cada aresta (v,w) possui uma única direção de v para w . Diz-se também que (v,w) é divergente de v e convergente a w . Ao contrário dos grafos não direcionados, os digrafos podem possuir ciclos de comprimento 2, no caso em que ambos (v,w) e (w,v) são arestas do digrafo [SZW84].

4.2 REPRESENTAÇÃO NO COMPUTADOR

Em geral, um algoritmo para resolver um certo problema em um grafo supõe que este esteja representado sob uma forma adequada. Por outro lado, seria também conveniente que o grafo fosse fornecido ao algoritmo sob uma maneira simples de ser especificado [SZW84].

Segundo [RAB92] a eficiência do algoritmo vai depender da escolha certa de como representar o grafo. Pode-se citar:

- a) matriz de adjacência;
- b) matriz de custo;
- c) matriz de incidência;
- d) estrutura de adjacência.

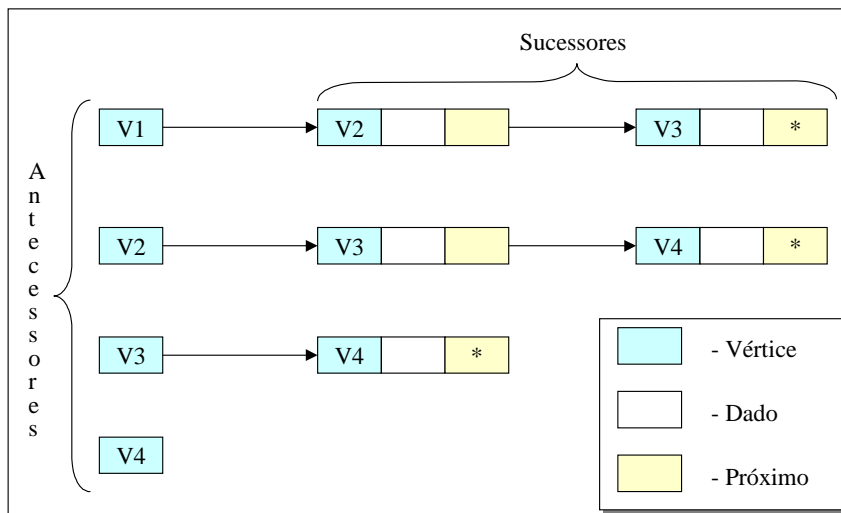
Segundo [PER99] a utilização de matrizes para a representação deste tipo de grafo, que representa os cruzamentos e ruas do sistema viário de uma cidade, é imprópria. Pelo fato de existirem milhares de cruzamentos e ruas a quantidade que memória alocada teria de ser grande. Desta forma a exemplo de [PER99] a forma de representação utilizada neste trabalho é a estrutura de adjacência.

4.2.1 ESTRUTURA DE ADJACÊNCIA

Um vértice y em um grafo é chamado um sucessor de um vértice x , se existe uma aresta dirigida de x para y ; o vértice x é denominado um antecessor de y . Um grafo pode ser descrito por sua estrutura de adjacência (adj), isto é, pela lista de todos os sucessores de cada vértice. Portanto, para cada vértice v , $adj(v)$ consiste de uma lista de todos os sucessores do vértice v . Em grafos valorados, além da lista de todos os sucessores do vértice v , a estrutura de adjacência contém também o valor atribuído à aresta [RAB92], [PER99].

A Figura 9 ilustra a estrutura de adjacência do digrafo da exibido na Figura 8.

Figura 9 - Estrutura de Adjacência



4.3 PROBLEMA DO MENOR CAMINHO

Dentre as técnicas existentes para a solução de problemas algorítmicos em grafos, a busca ocupa lugar de destaque, pelo grande número de problemas que podem ser resolvidos através da sua utilização [SZW84]. Dentre estes problemas, o problema do menor caminho é um dos problemas que podem ser representados através de um grafo.

Suponha que se tenha um mapa da rede rodoviária em que as cidades são representadas por pontos e as estradas por linhas. O mapa pode ser considerado um grafo, em que as distâncias são ponderações das arestas, podendo ser consideradas como custos ou tempo [RAB92]. A idéia é encontrar o menor caminho entre duas cidades no mapa, representado por quais quer dois vértices no grafo.

A mesma idéia também é válida na representação do sistema viário de uma cidade onde os vértices representam os cruzamentos e as arestas as ruas, avenidas e estradas da cidade, onde seriam atribuídos a estas arestas dados como distâncias, largura e tipo (asfaltados, calçamento, terra).

Para a solução deste tipo de problema existem diversas formas, tais como [RAB92]:

- algoritmo de Roberts e Flores;
- algoritmo de Flody;

- c) algoritmo de Dijkstra;
- d) algoritmo A*.

Como um dos objetivos deste trabalho é encontrar o menor caminho entre dois cruzamentos, optou-se pela utilização do algoritmo de Dijkstra. Essa escolha foi feita pelo fato do algoritmo trabalhar com listas encadeadas o que já havia sido escolhido para a implementação do grafo, conforme o descrito nas estruturas de dados apresentadas na seção 5.2.4

4.4 ALGORITMO DE DIJKSTRA

O algoritmo de Dijkstra, publicado em 1950, se propõem a resolver o problema do menor caminho e tem a seguinte idéia, conforme demonstrado por [RAB92]:

- a) Considere o digrafo $G(V, E)$, uma fonte v_0 e uma função L que associe a cada aresta a um número real não negativo, isto é,

$$L(v_i, v_j) = \begin{cases} \infty & , \text{ se não existe a aresta } (v_i, v_j) \\ 0 & , \text{ se } v_i = v_j \\ \text{custo} & , \text{ se } v_i \neq v_j \text{ e existe a aresta } (v_i, v_j); \end{cases}$$

- b) Constrói-se um conjunto S , que contém os vértices v_i 's cujo comprimento mínimo de v_0 a cada v_i , seja conhecido;
- c) A cada passo se adiciona ao conjunto S o vértice w pertencente a $V-S$ tal que o comprimento do caminho v_0 a w , seja menor que o correspondente de qualquer outro vértice de $V-S$;
- d) Pode-se garantir que o caminho mínimo de v_0 a qualquer vértice v em S contém somente vértices pertencentes a S .

O desenvolvimento do algoritmo de Dijkstra é feito da seguinte forma, conforme Quadro 1 [RAB92],[SZW84]:

Quadro 1 - Algoritmo de Dijkstra

Inicialização: ABERTOS \leftarrow (s); FECHADOS \leftarrow {}; $\hat{g}(s) \leftarrow 0$.

Algoritmo:

1. Se ABERTOS = (), pare com fracasso. Senão, vá ao passo 2;
2. selecione v de ABERTOS tal que $\hat{g}(v) = \min\{g(w) \mid w \in \text{ABERTOS}\}$, desempatando sempre em favor do nó terminal $\in T$;
 ABERTOS \leftarrow ABERTOS $- \{v\}$;
 FECHADOS \leftarrow FECHADOS $\cup \{v\}$;
3. se $v \in T$, pare com sucesso;
4. Gere $\Gamma^+(v)$;
5. Para cada $m \in \Gamma^+(v)$ faça
 se ($m \notin \text{ABERTOS} \cup \text{FECHADOS}$) faça {
 $\hat{g}(m) \leftarrow \hat{g}(v) + c((v,m))$; PAI(m) $\leftarrow v$;
 ABERTOS \leftarrow ABERTOS $\cup \{m\}$;
 };
 senão faça {
 temp $\leftarrow \hat{g}(v) + c((v,m))$;
 se(temp < $\hat{g}(m)$) faça {
 $\hat{g}(m) \leftarrow$ temp ; PAI(m) $\leftarrow v$;
 se $m \in \text{FECHADOS}$ faça {
 ABERTOS \leftarrow ABERTOS $\cup \{m\}$; FECHADOS \leftarrow FECHADOS $- \{m\}$;
 };
 };
 };
 6. Volte para 1

5 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

5.1 ANÁLISE DO SISTEMA

Para especificação do sistema optou-se pela análise essencial de sistemas. O modelo Essencial, segundo [POM94], está subdividido em dois modelos:

- a) Modelo ambiental;
- b) Modelo comportamental.

O modelo ambiental, está voltado para fora do sistema, para o ambiente em que está inserido. Representa a fronteira do sistema com o mundo exterior. Mostra a interação do sistema com os elementos externos a ele.

O Modelo comportamental, está voltado para dentro do sistema, para o comportamento de suas partes internas. Mostra como ele deve reagir internamente a estímulos do ambiente exterior.

Para a especificação deste trabalho, foram utilizados os seguintes componentes do modelo ambiental:

- a) Lista de Eventos;
- b) Diagrama de Contexto;
- c) Objetivos do Sistema.

E os seguintes componentes do modelo comportamental:

- a) Modelo de Entidade e Relacionamento;
- b) Dicionário de Dados;
- c) Diagrama de Fluxo de Dados;
- d) Diagrama Hierárquico Funcional.

Utilizou-se para a especificação e elaboração dos diagramas, a ferramenta CASE Designer/2000 da Oracle.

5.1.1 LISTA DE EVENTOS

Os principais eventos do sistema são:

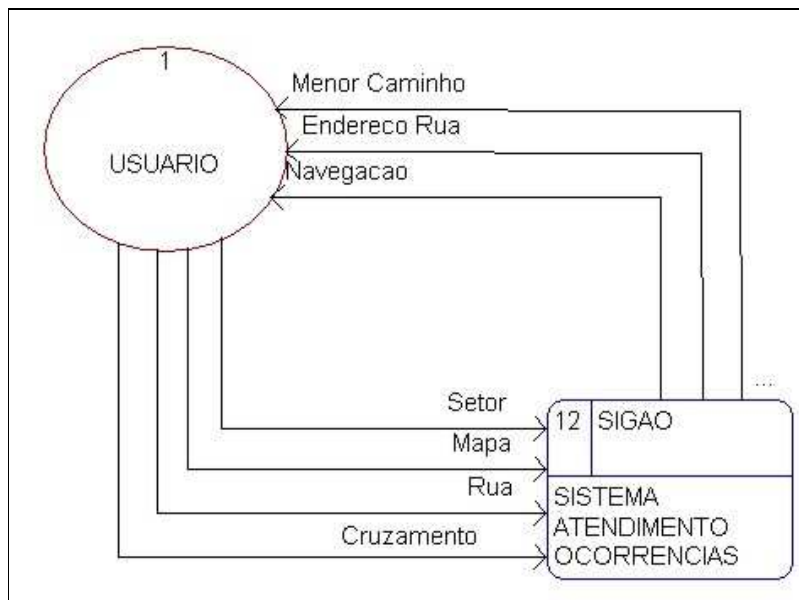
- a) **evento 1** – usuário mantém mapas;

- b) **evento 2** – usuários mantém setores;
- c) **evento 3** – usuário mantém cruzamento;
- d) **evento 4** – usuário mantém rua;
- e) **evento 5** – usuário consulta endereço de uma rua no mapa;
- f) **evento 6** – usuário consulta menor caminho entre dois cruzamentos;
- g) **evento 7** – usuário navega no mapa.

5.1.2 DIAGRAMA DE CONTEXTO

Baseando-se nos eventos da seção anterior, é possível elaborar o Diagrama de Contexto, representado pela Figura 10. O sistema de atendimento a ocorrências, possui um único agente externo, que interage com o sistema, representado pelo usuário do sistema que pode ser o despachador, oficiais, ou pessoas autorizadas para fazê-lo. O usuário alimenta ou retira informações do sistema, dependendo do ação ou atividade que está executando.

Figura 10 –Diagrama de Contexto



5.1.3 OBJETIVOS DO SISTEMA

Os objetivos do sistema são:

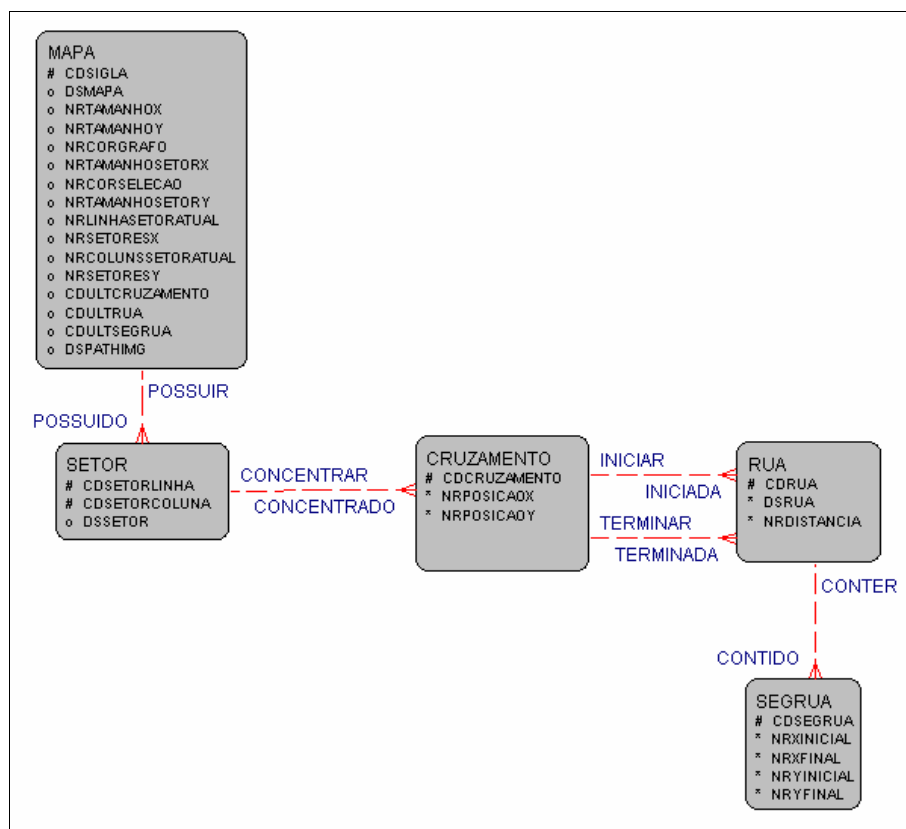
a) criar um ambiente que permita o mapeamento do sistema viário da cidade de Rio do Sul – criar a possibilidade de cadastrar o sistema viário, criando um ambiente que permita a sua visualização e manipulação na forma de um mapa digital;

b) permitir a consulta gráfica de informações no sistema viário – possibilitar consultar informações que possam auxiliar na localização exata dos locais de ocorrências e permita agilizar o deslocamento das viaturas, informando o menor caminho entre a localização da viatura até o local da ocorrência. Isso de forma gráfica e nítida utilizando um mapa digital que desenhe o percurso do menor caminho e a localização de endereços.

5.1.4 MODELO DE ENTIDADE E RELACIONAMENTO (MER)

A Figura 11 representa o modelo de entidade e relacionamento que ilustra as entidades necessárias no sistema e os relacionamentos de uma entidade com outra.

Figura 11 – Modelo de Entidade Relacionamento



A ferramenta Designer 2000 utiliza para modelagem do MER a notação conhecida como “pé de galinha” onde utiliza-se uma linha para representar o relacionamento de *I* (um) e três linhas, em forma de um tripé, para representar o relacionamento *N* (muitos).

5.1.5 DICIONÁRIO DO DADOS

Esta seção descreve as entidades do sistema e seus atributos. Os tipos relacionados aos atributos são:

- a) T – texto, alfanumerico;
- b) N – número.

O Quadro 2 apresenta a entidade Mapa que contém os dados sobre o mapa, tamanho das imagens e cor das ruas por exemplo.

Quadro 2 – Entidade Mapa

MAPA				
Descrição:		Dados do Mapa		
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Chave
CDSIGLA	T	3	Sigla do mapa	*
DSMAPA	T	60	Descrição do mapa	
NRTAMANHOX	N	7	Tamanho de X (em pixels)	
NRTAMANHOY	N	7	Tamanho de Y (em pixels)	
NRTAMANHOSETORX	N	7	Tamanho de X de cada setor (em pixels)	
NRTAMANHOSETORY	N	7	Tamanho de Y de cada setor (em pixels)	
NRSETORESX	N	2	Número de setores no eixo X	
NRSETORES Y	N	2	Número de setores no eixo Y	
NRCORGRAFO	N	7	Cor do grafo	
NRCORSELECAO	N	7	Cor da seleção	
NRLINHASETORATUAL	N	2	Linha do setor atual	
NRCOLUNASETORATUAL	N	2	Coluna do setor atual	
CDULTCRUZAMENTO	N	5	Código do último cruzamento	
CDULTRUA	N	5	Código da última rua	
CDULTSEGRUA	N	5	Código do último seguimento de rua	
DSPATHIMG	T	80	Localização (path) das imagens	

No Quadro 3 é apresentada a entidade Setor, que descreve os setores que um Mapa contém. Cada setor corresponde a uma parte da imagem do mapa da cidade.

Quadro 3 – Entidade Setor

SETOR				
Descrição:		Setores, quadras, divisões feitas no mapa (mosaico)		
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Chave
CDSETORLINHA	N	2	Posição do setor na linha	*
CDSETORCOLUNA	N	2	Posição do setor na coluna	*
CDSIGLA	T	3	Sigla do mapa	
DSSETOR	T	20	Descrição do Setor, Nome da Imagem	

O Quadro 4 apresenta a entidade Cruzamento que armazena os cruzamentos do sistema viário, onde cada cruzamento corresponde a um nodo do digrafo do sistema viário.

Quadro 4 – Entidade Cruzamento

CRUZAMENTO				
Descrição:		Dados sobre os cruzamentos (Nodos do grafo)		
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Chave
CDCRUZAMENTO	N	5	Código do cruzamento	*
CDSETORLINHA	N	2	Posição do setor na linha	
CDSETORCOLUNA	N	2	Posição do setor na coluna	
NRPOSICAOX	N	7	Posição X do cruzamento no mapa	
NRPOSICAOY	N	7	Posição Y do cruzamento no mapa	

O Quadro 5 apresenta a entidade Rua que contém as ruas do sistema viário, bem como armazena a distância da rua, o calculo desta distância é apresentado na seção 5.2.4.2.

Quadro 5 – Entidade Rua

RUA				
Descrição:		Dados das ruas (Arestas do grafo)		
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Chave
CDRUA	N	5	Código da rua	*
DSRUA	T	50	Descrição, nome da rua	
CDCRUZORIGEM	N	5	Código do cruzamento que da início a rua	
CDCRUZDESTINO	N	5	Código do cruzamento de término da rua	
NRDISTANCIA	N	7	Distância da rua (em Pixels)	

O Quadro 6 apresenta a entidade SegRua que contém os seguimentos de rua, isto é, para cada rua existe pelo menos um seguimento de rua que contém as coordenadas para desenhar esta rua, e também para calcular a distância do seguimento. Porém existem ruas que fazem curva e para que se possa desenhar e calcular a distância da rua é necessário armazenar cada seguimento que compõe a rua, seguindo a sua curvatura.

Quadro 6 – Entidade SegRua

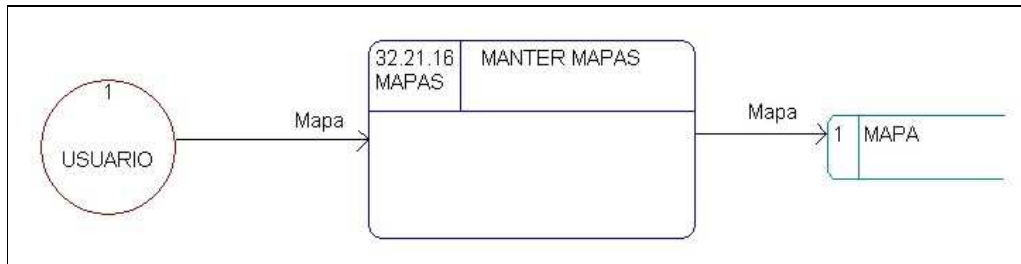
SEGRUA				
Descrição:		Dados dos seguimentos das ruas		
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Chave
CDSEGRUA	N	5	Código do seguimento de rua	*
NRXINICIAL	N	7	Posição do X inicial (em pixels)	
NRXFINAL	N	7	Posição do X final (em pixels)	
NRYINICIAL	N	7	Posição do Y inicial (em pixels)	
NRYFINAL	N	7	Posição do Y final (em pixels)	
CDRUA	N	5	Código da rua	

5.1.6 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS (DFD)

A Figura 12 ilustra o evento 1, que mantém os dados do mapa. Essa operação engloba alterações, inclusões ou exclusões de dados da entidade mapa. O sistema recebe como entrada

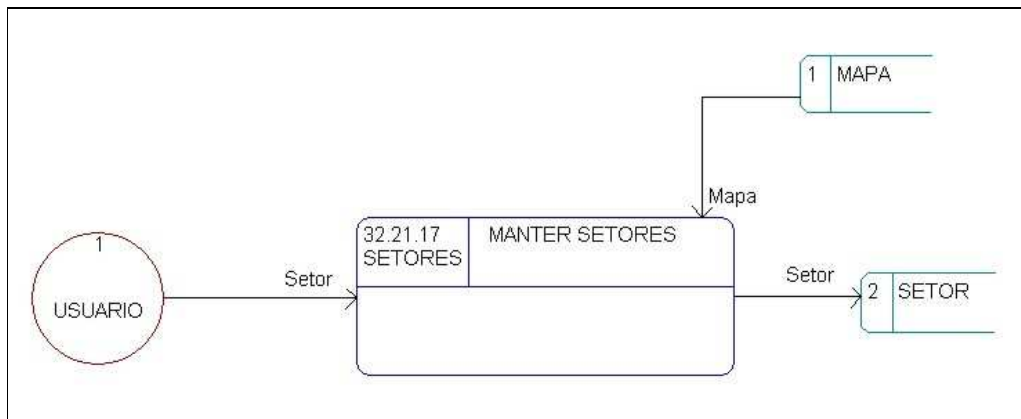
para a execução do evento dados sobre o mapa e diante disso ele manipula os dados da entidade mapa.

Figura 12 – Usuário mantém mapas

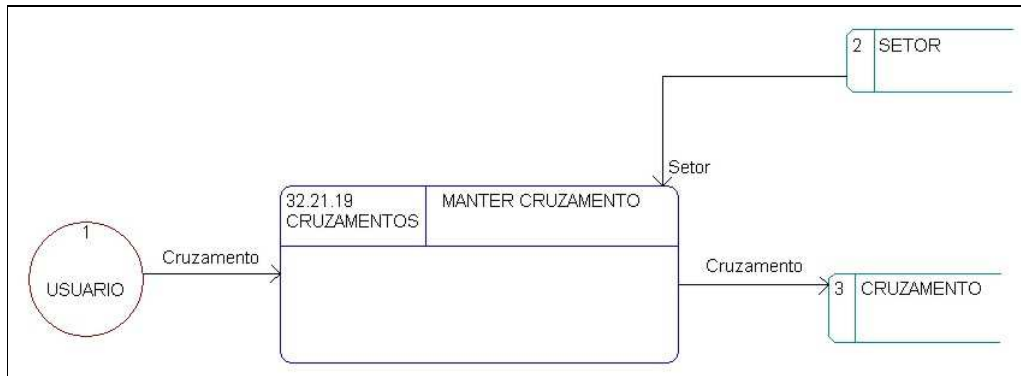


A Figura 13 ilustra o evento 2, que mantém os dados dos setores, essa operação engloba alterações, inclusões ou exclusões de dados da entidade setor, o sistema recebe como entrada para a execução do evento dados sobre o setor, se necessário busca informações da entidade mapa e diante disso ele manipula os dados da entidade setor.

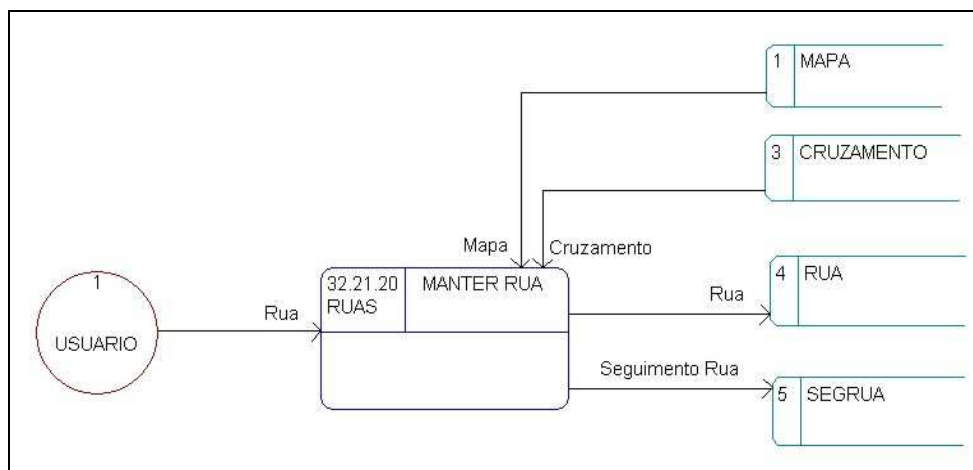
Figura 13 – Usuário mantém setores



A Figura 14 ilustra o evento 3, que mantém os dados dos cruzamentos. Essa operação engloba inclusões ou exclusões de dados da entidade cruzamento. O sistema recebe como entrada para a execução do evento dados sobre o cruzamento, se necessário busca informações da entidade setor e diante disso ele manipula os dados da entidade cruzamento.

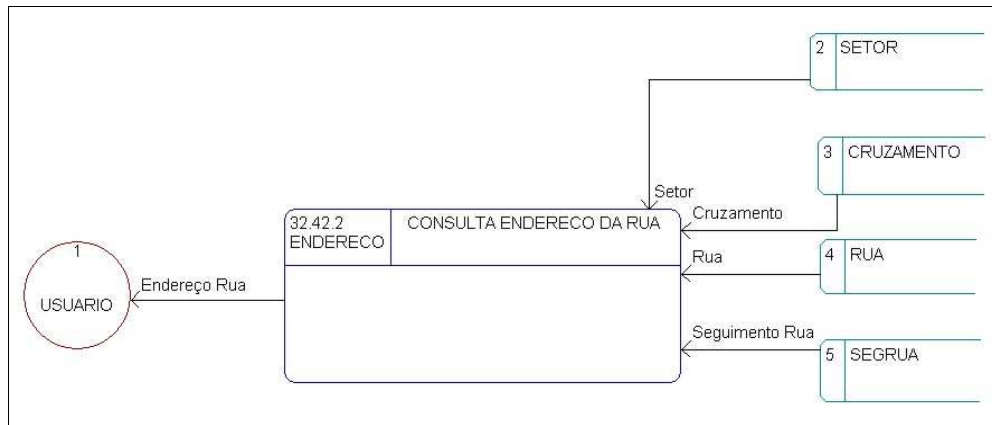
Figura 14 – Usuário mantém cruzamentos

A Figura 15 ilustra o evento 4, que mantém os dados das ruas. Essa operação engloba inclusões ou exclusões de dados das entidades rua e segrua. O sistema recebe como entrada para a execução do evento dados sobre a rua e seus seguimentos, busca informações da entidade cruzamento e diante disso ele manipula os dados das entidades rua e segrua.

Figura 15 – Usuário mantém ruas

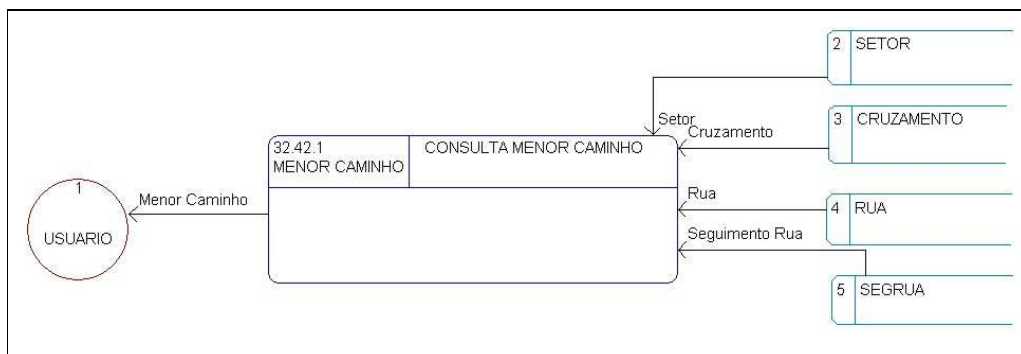
A Figura 16 ilustra o evento 5, que consulta o endereço de uma rua. Essa operação permite ao usuário informar o nome de uma rua e o sistema desenha no mapa a rua, para tanto ele consulta informações das entidade setor, cruzamento, rua e segrua.

Figura 16 – Usuário consulta endereço da uma rua no mapa



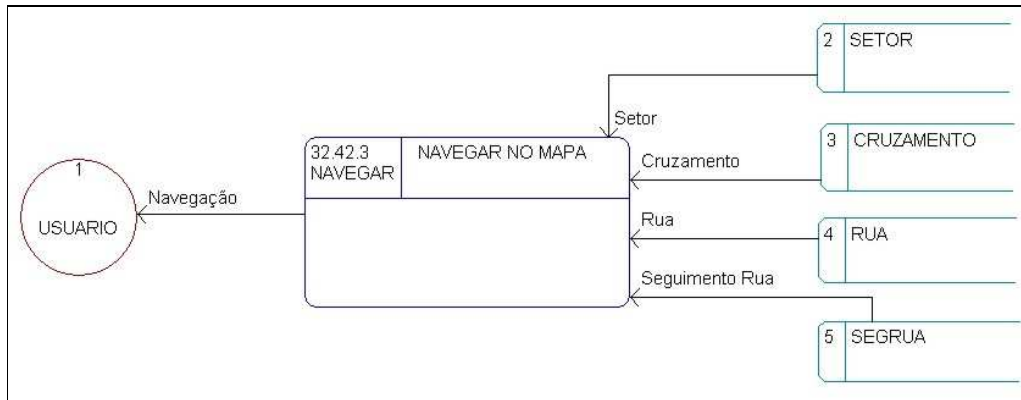
A Figura 17 ilustra o evento 6, que consulta o menor caminho entre dois cruzamentos. Nesta operação o sistema calcula, retorna e desenha no mapa o menor caminho entre dois cruzamentos fornecidos pelo usuário, para tanto ele consulta informações das entidade setor, cruzamento, rua e segrua.

Figura 17 – Usuário consulta menor caminho entre dois cruzamentos



A Figura 18 ilustra o evento 7, que permite a navegação no mapa. Essa operação permite ao usuário navegar sobre todo o mapa, visualizando os cruzamentos, ruas e a orientação das mesmas, para tanto ele consulta informações das entidade setor, cruzamento, rua e segrua.

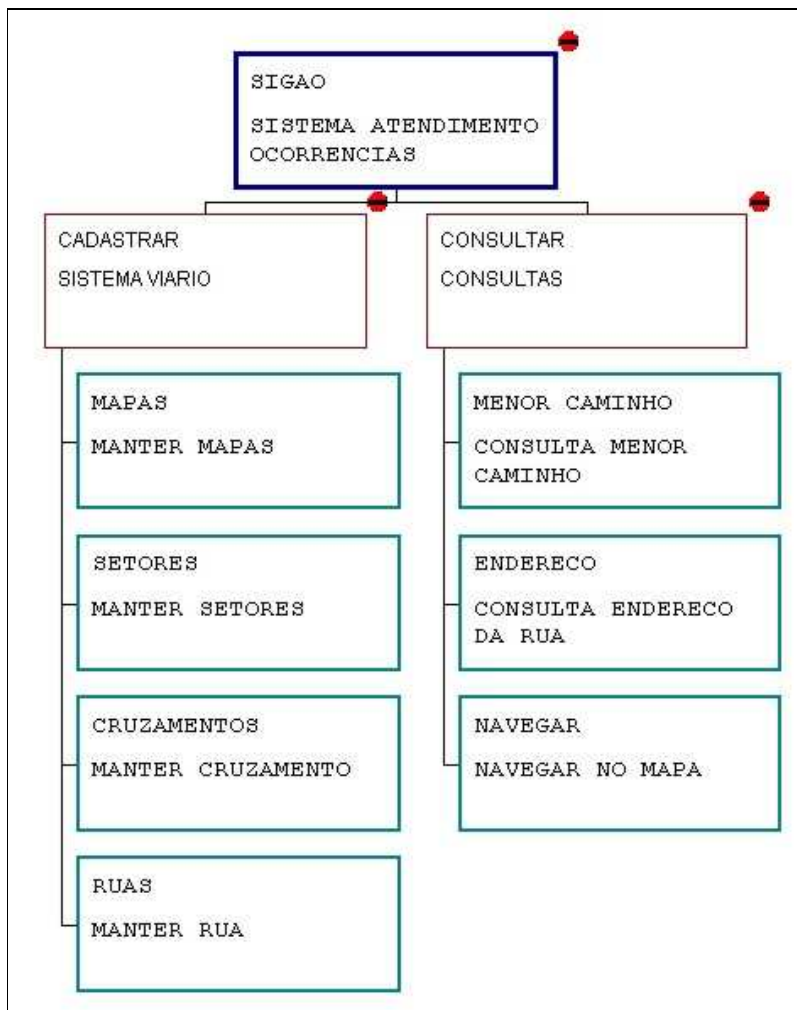
Figura 18 – Usuário navega no mapa



5.1.7 DIAGRAMA HIERÁRQUICO FUNCIONAL (DHF)

O DHF representa a hierarquia das funções do sistema, neste sistema cada evento equivale a uma função do sistema conforme pode ser notado na Figura 19.

Figura 19 – Diagrama Hierárquico Funcional



5.2 IMPLEMENTAÇÃO

O Sistema subdividi-se em duas tarefas que englobam fases distintas da utilização do sistema. A primeira tarefa, está relacionada com o cadastramento e a manutenção do sistema viário da cidade. A segunda tarefa esta ligada diretamente a possibilitar a execução de comandos e tarefas referentes ao atendimento a ocorrências.

No mapeamento do sistema viário são permitidas ações para a manutenção das ruas e cruzamentos do sistema, estas manutenções abrangem inclusão, desenho de cruzamentos e

ruas da cidade, bem como a exclusão dos mesmos. Além disso esta parte propicia a navegação sobre o mapa da cidade.

Nas tarefas relacionadas ao atendimento a ocorrências é permitido localizar o menor caminho entre dois cruzamentos, utilizando a distância das vias que ligam estes cruzamentos, como também localizar um endereço no sistema viário.

A interação com o sistema é simples, foram empregados recursos de computação gráfica para a execução das tarefas. Bem como a maioria das informações são passadas e recebidas do sistemas utilizando-se movimentos e *clicks* do *mouse* diretamente sobre o navegador do sistema.

Utilizou-se *Object Pascal* como linguagem de programação e o ambiente de desenvolvimento foi o *Delphi 4 Client/Server* da Inprise. Foi utilizado o componente *EnhImage* para manipular imagens no formato JPG. Formato em que foram salvas as imagens utilizadas no programa.

5.2.1 BANCO DE DADOS

Para a criação da base de dados foi escolhido o *Microsoft Access*, por ser um banco de dados de pequeno porte onde se encontram muitos dos conceitos de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) disponibilizados por bancos de dados de maior porte. E por ser um banco que o ambiente *Delphi* consegue acessar diretamente através o *Borland DadaBase Engine (BDE)*.

Para acessar o *Access* no *Delphi* pode-se criar um *alias*, que é uma espécie de apelido ou pseudônimo do banco de dados [CAN97], ou acessá-lo utilizando o componente *TDadaBase* que cria o alias em tempo de execução. Neste programa optou-se por criar um alias diretamente no DBE o que facilita a instalação do programa.

As configurações do *alias* são:

- a) **Nome** – SIGAO;
- b) **Tipo** – MSACCESS;
- c) **Nome Base Dados** – C:\PROTOTIPO\SIGAO.MBD.

As outras configurações são as padrões geradas pelo BDE e o nome da base de dados deve estar direcionado a localização do arquivo SIGAO.MDB.

5.2.2 TIPOS DE DADOS UTILIZADOS

Para o cadastramento do sistema viário da cidade utilizou-se dois tipos de dados, imagens e redes. As imagens, fotografias aéreas, foram utilizadas como base a permitir o georeferenciamento da rede, que representa o sistema viário do município. Estas imagens foram obtidas, através da secretaria do planejamento do município, em forma de oito (8) fotos na qual foi feito a digitalização e montagem de um mosaico.

Estas imagens foram incorporadas no sistema como um mapa, onde sobre este são cadastrados cruzamentos e ruas. Isso ajuda em muito pelo fato das imagens permitirem uma boa visualização de detalhes da cidade, como edificações, rios, pontes e pontos de referência. Permite ainda, o georeferenciamento de novas informações, como é o caso das informações do tipo rede.

5.2.3 DIGITALIZAÇÃO DAS IMAGENS

As oito fotos aéreas foram digitalizadas em um scanner ScanJet 4C da HP, utilizando-se as seguintes configurações:

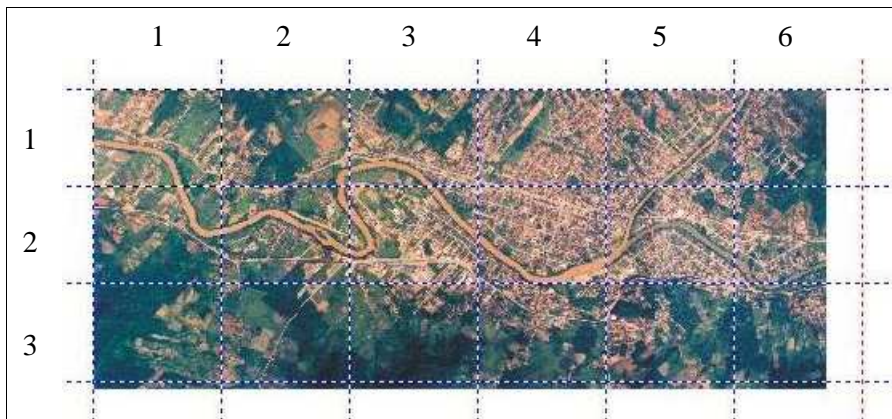
- a) Cores – milhões de Cores;
- b) Estilo – foto;
- c) DPI – 200.

Dentre as fotos digitalizadas, foram selecionadas quatro fotos que representam grande parte do sistema viário da cidade, não sendo utilizado as fotos das extremidades da cidade, conforme Figura 20.

Figura 20 – Área Seleccionada para mosaico

Entretanto a imagem ficou muito grande para que pudesse ser aberta no Delphi, optando-se então por montar um mosaico das imagens. Desta forma, a imagem composta pela união das 4 fotos foi dividida em 18 imagens.

Cada imagem com largura de 800 *pixels* e altura de 600 *pixels*, o que resultou em 6 imagens na largura por 3 imagens na altura, que juntas formam uma imagem de 4800 *pixels* de largura por 1800 *pixels* de altura (Figura 21).

Figura 21 – Mosaico

Para este processo foi utilizado o *Corel Draw 8* para encaixar as imagens e utilizou-se o *Corel Photo-Paint 8* para montar e recortar o mosaico.

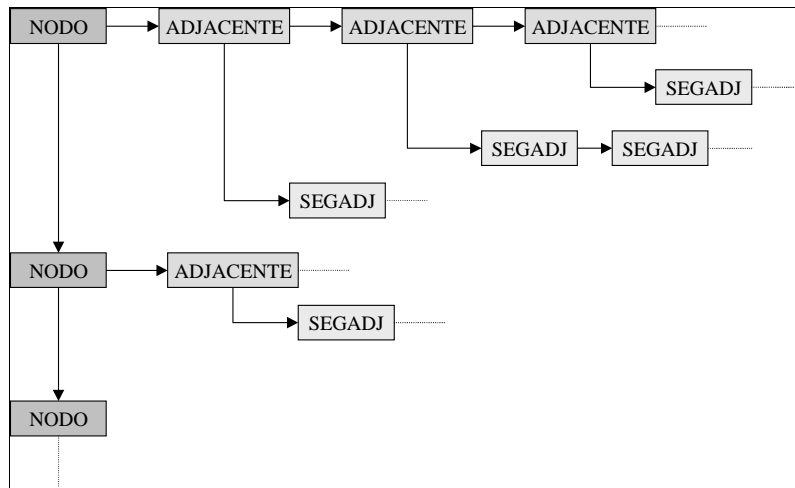
Com a criação do mosaico faz-se necessário possibilitar a navegação entre as imagens do mosaico, permitindo ao usuário exibir um setor (imagem), alguns ou todos eles numa única janela com 800 pixels de largura por 600 pixels de altura.

5.2.4 ESTRUTURAS DE DADOS

Todo o procedimento de manter cruzamentos e ruas da cidade bem como o processo para efetuar consultas foi executado na memória do computador, procurando fazer pouco acesso a disco.

Para armazenar o sistema viário da cidade, mantendo as orientações das ruas, é necessário criar uma estrutura de dados que implemente um digrafo (ver seção 4.1). Desta forma, conforme o representado na Figura 22, utiliza-se três estruturas básicas: Nodo, Adjacente, SegAdj.

Figura 22 – Estrutura dados do grafo



5.2.4.1 ESTRUTURA NODO

Tendo em vista a estrutura ilustrada na Figura 22 foi necessário criar a estrutura do Nodo que contém os seguintes componentes (Quadro 7):

- Nodo** – código do nodo, valor seqüencial gerado quando da criação do nodo;
- PosicaoX** – posição do nodo no eixo x em relação ao mapa;
- PosicaoY** – posição do nodo no eixo y em relação ao mapa;

d) **Adjacentes** – lista de adjacentes.

Cada nodo no digrafo representa um cruzamento do sistema viário, onde o dado adjacentes é uma lista que armazena todos os nodos adjacentes deste nodo.

Quadro 7 – Estrutura Nodo em Delphi

```
//Nodo Estrutura
Al_Nodo = record
    Nodo: Integer;
    PosicaoX,
    PosicaoY: Integer;
    Adjacentes: TList<TAdjacente>; //Lista de Adjacentes (Al_Adjacente)
end;
```

5.2.4.2 ESTRUTURA ADJACENTE

Componentes (Quadro 8):

- a) **Destino** – código do nodo adjacente, destino;
- b) **Distancia** – distância do nodo de origem até o nodo de destino;
- c) **Seguimentos** – lista de seguimentos.

Quadro 8 – Estrutura Adjacente em Delphi

```
//Adjacente Estrutura
Al_Adjacente = record
    Destino : Integer;
    Distancia : Integer;
    Seguimentos : TList<TSegAdj>; //Lista de Seguimentos (Al_SegAdj)
end;
```

Cada adjacente no digrafo representa uma rua do sistema viário, onde o dado seguimentos é uma lista que armazena todos os seguimentos do adjacente. Estes seguimentos são necessários pelo fato de existirem ruas, arcos que formam uma curva, necessitando que cada seguimento da curva seja guardado para poder calcular a distância e poder desenhar a rua.

A distância de cada seguimento é calculada pela fórmula da distância entre dois pontos [REI99], apresentada a seguir:

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Porém como a distância é para o cálculo do menor caminho, eliminou-se a raiz quadrada, assim todas as distâncias são calculadas da mesma forma o que não interfere no cálculo do menor caminho e o processamento tende a ser mais rápido. Desta forma a raiz quadra só é aplicada quando a distância é exibida ao usuário. Assim a fórmula é a seguinte:

$$D = (X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2$$

5.2.4.3 ESTRUTURA SEGADJ

Componentes (Quadro 9):

- a) **XInicial** – posição inicial do seguimento no eixo *x* em relação ao mapa;
- b) **YInicial** – posição inicial do seguimento no eixo *y* em relação ao mapa;
- c) **XFinal** – posição final do seguimento no eixo *x* em relação ao mapa;
- d) **YFinal** – posição final do seguimento no eixo *y* em relação ao mapa.

Os *segadj* são os seguimentos que compõe as ruas, arcos dos adjacentes.

Quadro 9 – Estrutura SegAdj em Delphi

```
//SegAdj Estrutura
Tl_SegAdj = record
    XInicial,
    YInicial,
    XFinal,
    YFinal : Integer;
end;
```

5.2.4.4 ESTRUTURA NODO DIJKSTRA

Para a implementação do algoritmo da Dijkstra foi criado a estrutura de dados *NdDijkstra* que contém (Quadro 10):

- a) **Pai** – código do nodo pai escolhido como pai de menor caminho;
- b) **Nodo** – código do nodo;
- c) **TtDistancia** – distância do pai até o filho.

Esta estrutura armazena os nodos escolhidos como menor caminho de um nodo a outro.

Quadro 10 – Estrutura Nodo Dijkstra em Delphi

```

//Nodo Dijkstra Estrutura
Al_NdDijkstra = record
    Pai : Integer;
    Nodo : Integer;
    TtDistancia :Integer;
end;

```

5.2.4.5 LISTAS ENCADEADAS

Foram ainda especificadas três listas para criar o digrafo:

- a) **TLiSegAdj** – lista que armazena seguimentos;
- b) **TLiAdjacente** – lista que armazena adjacentes;
- c) **TGrafo** – lista que armazena nodos;
- d) **TLiNdDijkstra** – lista que armazena do nodos de dijkstra.

Estas listas são baseadas na classe *TList* do *Delphi*, que define uma lista de objetos de alguma classe; armazenam ponteiros aos objetos [CAN97]. Neste trabalho as estruturas de *SegAdj*, *Adjacente*, *Nodo*, *NdDijkstra* acima citadas, foram alocadas na memória e seus ponteiros foram armazenados nestas listas *TLiSegAdj*, *TLiAdjacente*, *Tgrafo*, *TliNdDijkstra* respectivamente.

Uma lista *TLiSegAdj* é criada para cada adjacente criado, assim da mesma forma uma lista *TLiAdjacente* é criada para cada nodo criado. É criado uma única lista *TGrafo* que armazena o digrafo do sistema viário. E são criadas três listas de *TLiNdDijkstra*, uma para lista abertos, fechados e caminho utilizados pelo algoritmo de Dijkstra para calcular o menor caminho.

5.2.5 GEOREFERENCIAMENTO

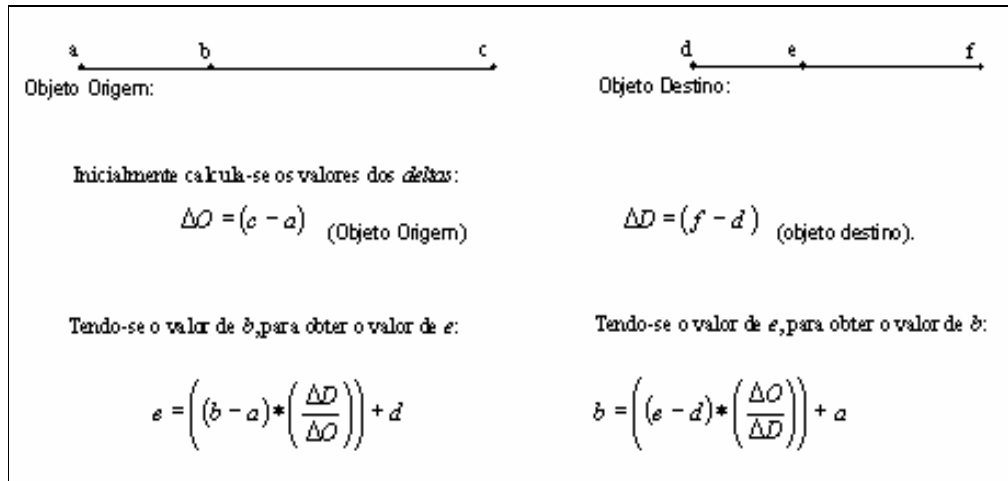
Para a georeferência entre as fotos da cidade e o digrafo que representa o sistema viário utilizou-se o conceito de Coordenadas de Dispositivo Normalizado (*Normalized Device Coordinates - NDC*), ou simplesmente coordenadas normalizadas [PER89].

O uso do *NDC* é possível e necessário pelo fato de que uma posição na janela de exibição (800 x 600) tem de corresponder a uma posição no mapa (4800 x 1800), para que se

possa criar os cruzamentos e ruas da cidade. Exigindo também um processo inverso de maneira que os dados referenciados ao mapa possam ser vistos na janela de exibição.

Para a implementação deste conceito, utilizou-se a fórmula ilustrada por [REI99], Quadro 11.

Quadro 11 – Fórmula de NDC



Onde, o objeto de origem corresponde ao mapa (4800 x 1800), fotos aéreas, e o objeto de destino a janela de exibição (800 x 600), d e f são fixos no tamanho do quadro de exibição, isto é para:

- a) o eixo x , d igual à 0 e f igual à 800;
- b) o eixo y , d igual à 0 e f igual à 600.

E a e c variam para:

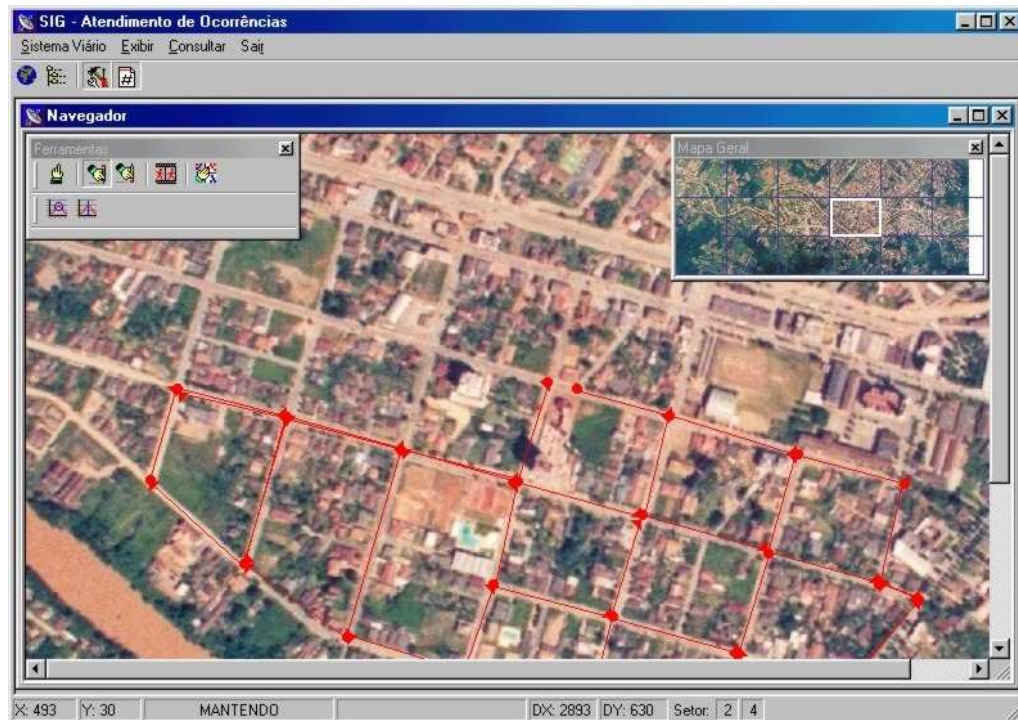
- a) o eixo x , entre 0 e 4800, múltiplos de 800 dependendo dos setores do eixo x que estão sendo exibidos;
- b) o eixo y , entre 0 e 1800, múltiplos de 600 dependendo dos setores do eixo y que estão sendo exibidos.

A variável e corresponde a um ponto na janela de exibição e a variável b um ponto no mapa.





5.2.6 A INTERFACE DO SISTEMA

Esta seção descreve a interface do sistema e suas telas. O sistema é uma aplicação *Multiple Document Interface (MDI)*, ou interface de documentos múltiplos. A Figura 23 mostra a interface do sistema.

Figura 23 – Interface do sistema



A janela pai, formulário principal, possui o menu do sistema e botões para exibição de:

- a) mapas ;
- b) setores ;
- c) caixa de ferramentas  e;
- d) mapa geral .

E apresenta também, na barra de *status*, informações sobre a navegação, Figura 24. A barra de *status* contém:

- a) posição do *mouse* na janela do navegador;

- b) ação que está sendo executada:
- Navegando;
 - Mantendo;
 - Excluindo;
 - Menor Caminho;
- c) o que esta sendo mantido ou excluído:
- Rua;
 - Cruzamento;
- d) posição no mapa, georeferenciando com a posição do *mouse* na tela;
- e) linha e coluna do setor em que se encontra o *mouse*.

Figura 24 – Barra de status



O software possui uma única janela filha, o navegador, que exibe o mapa e é onde ocorrem as principais interações com o aplicativo, onde simples movimentos e *clicks* do *mouse* permitem a manutenção de cruzamentos e ruas.

A Figura 25, apresenta a caixa de ferramentas que contém os botões para acessar as funções de:








- navegar ;
- incluir ;
- excluir ;
- consultar menor caminho ;
- redesenhar mapa ;
- cruzamento  e;
- rua .

Figura 25 – Caixa de ferramentas



Onde os botões de incluir e excluir são combinados com os botões de cruzamento e rua, desta forma o usuário escolhe incluir ou excluir e então escolhe se quer cruzamento ou rua.

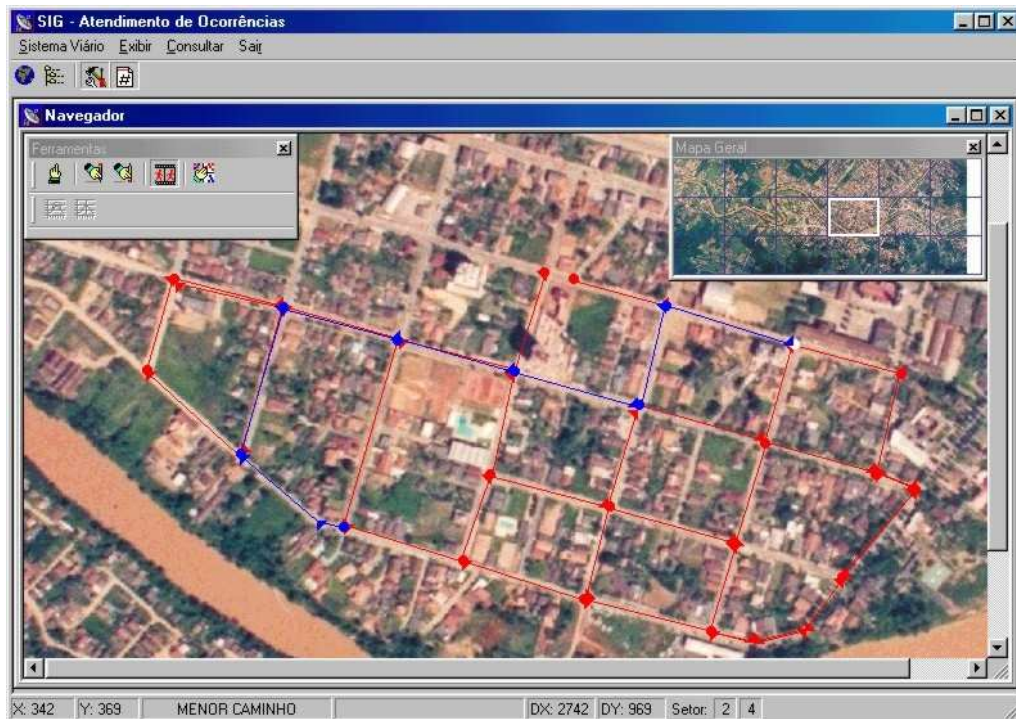
Ainda é possível visualizar um mapa geral, Figura 26, do sistema que apresenta os setores que estão sendo exibidos no momento permitindo, ao usuário, selecionar outros setores para exibição ou até mesmo selecionar todos os setores.

Figura 26 – Mapa geral



O software desenha no mapa o menor caminho, em azul, ou a localização de uma rua, desta forma ficam mais nítidas as informações procuradas, bem como tornasse mais fácil visualizar a rota que deve ser seguida, Figura 27.

Figura 27 – Consultas Menor Caminho e Endereço Rua



A Figura 28 apresenta a tela de manutenção dos mapas, onde são exibidas as opções sobre o mapa, da seguinte forma:

- a) sigla e descrição – dados referente a cidade representada no mapa;
- b) largura mapa e altura mapa – tamanho total das imagens do mapa, em *pixels*;
- c) setores
 - largura e nº - largura das imagens dos setores, em *pixels*, e o número de imagens na largura;
 - altura e nº - altura das imagens dos setores, em *pixels*, e o número de imagens na altura;
- d) último cruzamento, última rua e último seguimento – últimos códigos de cruzamento, rua, seguimento armazenados no banco;
- e) linha setor atual e coluna setor atual – linha e coluna do setor que é exibido quando o programa é iniciado;
- f) endereço imagens – endereço (*path*) no disco das imagens do mapa.

Figura 28 – Manutenção de Mapas

A Figura 29 ilustra a manutenção dos setores, onde estão listados todos os setores que compõe o mapa da cidade. Cada setor corresponde a uma imagem.

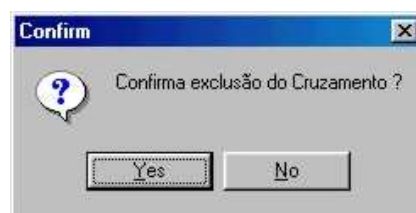
Figura 29 – Manutenção dos Setores

Linha	Coluna	Descrição	Mapa
1	1	S11	RSL
1	2	S12	RSL
1	3	S13	RSL
1	4	S14	RSL
1	5	S15	RSL

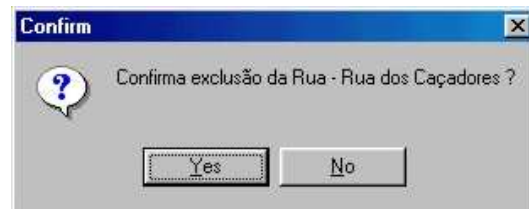
Quando uma nova rua é cadastrada é apresentado uma caixa de dialogo que solicita o nome da nova rua que está sendo cadastrada no sistema, conforme ilustra a Figura 30.

Figura 30 – Cadastro da Rua

É apresentado ainda, quando se escolhe apagar um cruzamento uma janela de confirmação, Figura 31, solicitando que seja realmente confirmada a exclusão de um cruzamento.

Figura 31 – Exclusão de Cruzamento

O mesmo ocorre quando se deseja excluir uma rua, uma mensagem é exibida solicitando ao usuário que confirme a exclusão da rua, como ilustra a Figura 32.

Figura 32 – Exclusão de Rua

6 CONCLUSÕES

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com este trabalho foram satisfatórios sendo que conseguiu-se construir um ambiente de computação gráfica que permite o cadastro e manutenção do sistema viário da cidade, bem como é possível com poucas alterações cadastrar a estrutura viária de outras cidades, bastando para isso, possuir as imagens e gerar o mosaico das mesmas.

O geoprocessamento apresentou-se como solução para uma vasta gama de aplicações nas mais diversas e variadas áreas podendo em conjunto com outros conceitos como a teoria dos grafos servir para a solução de um grande número de problemas.

O Ambiente *Delphi* escolhido permitiu a concretização do trabalho porém o trabalho com gráficos é um pouco trabalhoso e os recursos fornecidos pela ferramenta as vezes não satisfazem as necessidades, isto é, talvez em outras ferramentas algumas tarefas que tiveram de ser executadas de uma forma poderiam ser mais facilmente tratadas por outros ambientes.

A utilização de imagens como “*background*” ou “base” para o mapeamento apresentou-se como uma ótima opção para este tipo de aplicação, entretanto deve-se ter cuidado tanto na escolha, obtenção e tratamento das imagens para que possam ser utilizadas pelo sistema.

Para Rio do Sul este trabalho não foi importante apenas na área de segurança pública. Além da polícia e o corpo de bombeiros que se interessarem pelo trabalho, a prefeitura também mostrou-se interessada pela idéia e a possibilidade de incluir outras informações sobre a estrutura do trabalho, possibilitando sua utilização em outras áreas da administração pública.

6.2 EXTENSÕES

O trabalho de [PER99] apresenta em suas sugestões para extensões a criação de uma sistema com interface amigável e intuitiva que permita a manipulação dos dados da estrutura viária da cidade. Desta mesma forma, como extensão a este trabalho, poderiam ser

acrescentadas as heurísticas para a resolução do problema do menor caminho, apresentado no trabalho de [PER99], agilizando o procedimento de localizar a melhor rota para se chegar ao local da ocorrência.

Outro fator de interesse e com uma enorme perspectiva de crescimento seria a implantação de rotinas para o monitoramento automático de veículos, utilizando GPS. E criar a referencia das distâncias do mapa com as reais distâncias na cidade, podendo assim obter a distância das ruas em quilômetros ou metros.

E por fim utilizando os conceitos de geoprocessamento e AM/FM aplicar este tipo de aplicação para outras áreas, por exemplo para mapeamento de áreas de risco na construção civil ou controle de epidemias.

GLOSSÁRIO

<i>Automated Mapping / Facilities Management (AM/FM)</i>	<p>Mapeamento Automatizado / Gerência de Infra-Estrutura</p> <p>Tipo de sistema que integra funções de mapeamento automatizado e de gerência de equipamentos de infra-estrutura [DIC99].</p>
<i>Computer-Aided Drafting and Design (CADD)</i>	<p>Projeto e Esboço Assistido por Computador</p> <p>Processo que, além de ter as propriedades de um CAD, permite a modelagem de relações gráficas e análise de relações lógicas [DIC99].</p>
<i>Computer Aided Manufacturing (CAM)</i>	<p>Manufatura Assistida por Computador</p> <p>Uso de computador na automação industrial e na fabricação de produtos [DIC99].</p>
Geographic Information Systems (GIS):	<p>Sistema de Informação Geográfica (SIG)</p> <p>Sistema baseado em computador, que permite ao usuário coletar, manusear e analisar dados georeferenciados. Um SIG pode ser visto como a combinação de hardware, software, dados, metodologias e recursos humanos, que operam de forma harmônica para produzir e analisar informação geográfica [DIC99].</p>
<i>Global Positioning System (GPS)</i>	<p>Sistema Global de Posicionamento</p> <p>Constelação de 9 satélites NAVSTAR, originalmente desenvolvidos pelo Departamento de Defesa dos EUA, utilizada em levantamentos geodésicos. Os satélites transmitem sinais que podem ser decodificados por receptores</p>

especialmente projetados para determinar, com precisão, posições sobre a superfície da Terra [DIC99].

Land Information Systems (LIS)

Sistema de Informação Territorial

Banco de dados que contém a descrição de características físicas, administrativas e legais das parcelas de terreno de uma área definida; também pode ser chamado de Land Records System (LRS) [DIC99].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [CAM96] CÂMARA, Gilberto et al. **Anatomia de sistemas de informação geográfica : trabalho para escola de computação**. Campinas. Instituto de Computação: UNICAMP, 1996.
- [CAM98] CÂMARA, Gilberto et al. **Geoprocessamento: Teoria e Aplicações** 1998. Endereço Eletrônico: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>.
- [CAN97] CANTÚ, Marco. **Dominando o Delphi 3 “A Bíblia”**. São Paulo : MAKRON Books, 1997.
- [DEF98a] **Definições simplificadas**. Fator GIS On Line 1998. Endereço eletrônico. http://www.fatorgis.com.br/geoproc/define_simp.htm.
- [DEF98b] **Definições técnicas**. Fator GIS On Line 1998. Endereço eletrônico. http://www.fatorgis.com.br/geoproc/define_tecn.htm.
- [DIC99] **Dicionário de Gis**. Fator GIS On Line 1999. Endereço eletrônico. <http://fatorgis.com.br/aplicativos/dicionario.cgi>
- [GRA96] GRANEMANN, Emerson Zanon. **O poder da geoinformação**. GIS BRASIL, 96, Anais – II congressos e Feira para Usuários de Geoprocessamento. Curitiba : SAGRES, 1996.
- [INT98] **Introdução ao geoprocessamento**. Courseware em Ciências Cartográficas 1998. Endereço eletrônico. http://www.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/hp_arlete/courseware/intgeo.htm.
- [KUB96] KUBOTA, Marília. **Satélites contra o crime: GIS/GPS na Segurança Pública**. Revista Fator GIS. v. nov/dez, n.16, 1996. Endereço eletrônico: http://www.fatorgis.com.br/artigos/monitora/artigos_monitor.htm.
- [MAR94] MARTINS, Mauro Ribeiro. **Estudos da massa d’água superficial das Baías de Paranaguá Antonina PR, utilizando Sensoriamento Remoto e**

Geoprocessamento. Dissertação Mestrado Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - IGE/UNESP, 1994.

- [PAR94] PAREDES, Evaristo Atencio. **Sistemas de informação geográfica: Princípios e Aplicações (Geoprocessamento)**. São Paulo : Erica, 1994.
- [PER89] PERSIANO, Ronaldo Cesar Marinho. **Introdução à computação gráfica**. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 1989.
- [PER99] PEREIRA, Charles. **Implementação de heurísticas para determinação do caminho de menor custo**. Trabalho de Conclusão de Cursos (Ciências da Computação), Universidade Regional de Blumenau, 1999.
- [POM94] POMPILHO, S. **Análise essencial**. Rio de Janeiro : Infobook, 1994.
- [RAB92] RABUSKE, Márcia Aguiar. **Introdução à teoria dos grafos**. Florianópolis : UFSC, 1992.
- [REI99] REIS, Dalton Solano dos. **Primitivas gráficas bidimensionais (2D)** 1999.
Endereço eletrônico: <http://www.ipa.furb.rct-sc.br/dalton/DiscipCG/ModuloA/moAtop04.htm>.
- [SWA90] SWAIT JUNIOR, Joffre Dan. **Fundamento computacionais, algoritmos e estrutura de dados**. São Paulo : MAKRON Books, 1990.
- [SZW84] SZWARCFITER, Jayme Luiz. **Grafos e algoritmos computacionais**. Rio de Janeiro : Campus, 1984.