

**INTEGRAÇÃO DE IMAGENS VETORIAIS E MATRICIAIS NA  
VISUALIZAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS REALIZADOS COM A  
UNIDADE MÓVEL DE MAPEAMENTO DIGITAL**

**RODRIGO BEZERRA DE ARAÚJO GALLIS**

Dissertação de Mestrado

Presidente Prudente

2002

*RODRIGO BEZERRA DE ARAÚJO GALLIS*

**INTEGRAÇÃO DE IMAGENS VETORIAIS E MATRICIAIS NA  
VISUALIZAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS REALIZADOS COM A  
UNIDADE MÓVEL DE MAPEAMENTO DIGITAL**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Cartográficas (Área de Concentração: Aquisição, Análise e Representação de Informações Espaciais).

Orientador: Prof. Dr. *João Fernando Custódio da Silva*

Presidente Prudente

2002



Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis

**unesp** 

G162i Gallis, Rodrigo Bezerra de Araújo.

Integração de imagens vetoriais e matriciais na visualização dos levantamentos realizados com a Unidade Móvel de Mapeamento Digital / Rodrigo Bezerra de Araújo. - Presidente Prudente : [s.n.], 2002  
66 f. : il.

Orientador: João Fernando Custódio da Silva

Dissertação(mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia

1. Sistema de mapeamento móvel. 2. Integração de arquivos matriciais e vetoriais. I. Gallis, Rodrigo Bezerra de Araújo. II. Título.

CDD (18.ed.) 623.71

**RODRIGO BEZERRA DE ARAÚJO GALLIS**

**INTEGRAÇÃO DE IMAGENS VETORIAIS E MATRICIAIS NA  
VISUALIZAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS REALIZADOS COM A  
UNIDADE MÓVEL DE MAPEAMENTO DIGITAL**

**BANCA EXAMINADORA**

*Prof. Dr. João Fernando Custódio da Silva (Orientador)*

*Prof. Dr. Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva*

*Prof. Dr. Júlio Kiyoshi Hasegawa*

Presidente Prudente

2002



## **DADOS CURRICULARES**

### **RODRIGO BEZERRA DE ARAÚJO GALLIS**

NASCIMENTO	12.03.1977 – ANDRADINA/SP
FILIAÇÃO	Carlos Roberto Gallis Fátima Bezerra de Araújo Gallis
1996/2000	Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente
2001/2002	Curso de Pós-graduação em Ciências Cartográficas Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

*À minha Família: Carlos Roberto, Fátima e Ana Carolina.*

## AGRADECIMENTOS

Com toda humildade e reconhecimento queria deixar meus sinceros agradecimentos às pessoas que direta e indiretamente ajudaram na elaboração e conclusão deste trabalho, mostrando-se sempre disponíveis a dar suas contribuições. Gostaria de agradecer:

Primeiramente à Deus, pela coisa mais preciosa que tenho: minha vida.

Aos meus pais, Carlos Roberto e Fátima, pelo carinho, segurança e orientação no longo caminho até agora percorrido.

À minha irmã Ana Carolina, pela amizade e apoio nas horas que precisei.

Ao meu orientador, João Fernando Custódio da Silva, que desempenhou vários papéis: professor, amigo e conselheiro. Obrigado pela paciência e pela confiança.

Ao meu amigos Ricardo Luis Barbosa, Prof. Dr. Paulo de Oliveira Camargo, Elivagner Barros de Oliveira, Mário Alexandre de Abreu, Héber Mafra, Fabiana Silva Pinto e Ronaldo Aparecido de Oliveira, pela amizade e pelo permanente incentivo e contribuição dadas ao trabalho em todas as horas e momentos, sendo ele bom ou ruim. A todos meus amigos de Graduação e Pós-Graduação, pelos momentos de descontração e pela companhia.

Ao professor Luiz Felipe da Silva, do IME, pela amizade, confiança e pelo tratamento dispensado no período em que estive estagiando no Rio de Janeiro.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

E à todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste projeto e, principalmente, pela minha formação acadêmica.

*Estudante, eis um título que apenas abandonamos no título.*

*Jean Guittou - filósofo francês (1901-1999)*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMO</b>	<b>xiv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Dados Geográficos</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1 Arquivos Vetoriais</b>	<b>10</b>
<b>1.1.2 Arquivos Matriciais</b>	<b>12</b>
<b>1.1.3 Comparação entre os formatos vetorial e matricial</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Proposição</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Objetivos</b>	<b>15</b>
1.3.1 Geral	15
1.3.2 Específico	16
<b>1.4 Descrição do Trabalho</b>	<b>16</b>
<b>2 PROPOSIÇÃO DO TRABALHO</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Ambiente de Programação e o Componente <i>Map Objects</i></b>	<b>22</b>
<b>3 PREPARAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DOS DADOS</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Preparação dos mapas digitais</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Preparação dos vídeos digitais</b>	<b>29</b>
<b>3.3 Preparação das imagens digitais</b>	<b>33</b>
<b>3.4 Estruturação do programa</b>	<b>37</b>
<b>3.5 Modelos Conceituais do programa</b>	<b>39</b>
<b>4 CONSTRUÇÃO DO PROGRAMA</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Programa de visualização dos mapas</b>	<b>43</b>
<b>4.2 Módulo de visualização de mapas, imagens e vídeos</b>	<b>44</b>
<b>4.3 Módulo de visualização das trajetórias da UMMD nos levantamentos do Jd. Maracanã e rodovias</b>	<b>45</b>
<b>4.4 Módulo de visualização das trajetórias da UMMD no levantamento do Jd. das Rosas</b>	<b>47</b>

<b>5 ANÁLISE E DISCUSSÃO</b>	<b>48</b>
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO A – UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA</b>	<b>56</b>
<b>A.1 Visualizando mapas</b>	<b>56</b>
<b>A.2 Visualizando as imagens e vídeos</b>	<b>58</b>
<b>A.3 Utilizando os módulos de visualização da trajetória</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO B – MÓDULOS QUE COMPÕEM A UMMD</b>	<b>65</b>
<b>B.1 Módulo de Posicionamento GPS e Sincronismo dos Quadros</b>	<b>65</b>
<b>B.2 Módulo de Aquisição de Imagens Digitais</b>	<b>67</b>
<b>B.3 Módulo de Alimentação de Energia</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO C – DIAGRAMA DE CLASSES MAP OBJECTS</b>	<b>69</b>
<b>C.1 CLASSES MAP DISPLAY</b>	<b>69</b>
<b>C.2 CLASSES GEOMETRIC OBJECTS</b>	<b>70</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>71</b>
<b>AUTORIZAÇÃO PARA REPRODUÇÃO</b>	<b>72</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i>	<i>Unidade Móvel de Mapeamento Digital</i>	6
<i>Figura 2</i>	<i>Laboratório de Mapeamento Móvel</i>	6
<i>Figura 3</i>	<i>Par de vídeo câmaras e antena GPS instalados na UMMD</i>	7
<i>Figura 4</i>	<i>Mapa topográfico do Jd. Maracanã em Presidente Prudente</i>	8
<i>Figura 5</i>	<i>Mapa topográfico rodoviário dos arredores de Presidente Prudente</i>	9
<i>Figura 6</i>	<i>Mapa digital no formato vetorial</i>	11
<i>Figura 7</i>	<i>Imagem bitmap como exemplo de um dado matricial</i>	13
<i>Figura 8</i>	<i>ArcView GIS 3.1</i>	19
<i>Figura 9</i>	<i>Microstation SE</i>	19
<i>Figura 10</i>	<i>Módulo SIG que mostra a imagem da propriedade</i>	20
<i>Figura 11</i>	<i>Módulo SIG que mostra a trajetória do veículo</i>	21
<i>Figura 12</i>	<i>Banco de dados para controle e planejamento de tráfego</i>	21
<i>Figura 13</i>	<i>Ambiente de programação do compilador Delphi 3</i>	23
<i>Figura 14</i>	<i>Utilitário Database Desktop</i>	23
<i>Figura 15</i>	<i>Conjunto Shapefile</i>	24
<i>Figura 16</i>	<i>Visualização do mapa com planos de informação ativos</i>	26
<i>Figura 17</i>	<i>Separação dos planos de informação</i>	27
<i>Figura 18</i>	<i>Programa ArcView Gis 3.1</i>	27
<i>Figura 19</i>	<i>Transformação dgn para shape no ArcView Gis 3.1</i>	28
<i>Figura 20</i>	<i>Transformação do clipe inteiro em pequenos cliques</i>	30
<i>Figura 21</i>	<i>Preparação para junção dos cliques</i>	31
<i>Figura 22</i>	<i>Junção dos cliques da rodovia Raposo Tavares</i>	32
<i>Figura 23</i>	<i>Transformação dos cliques do formato avi para mpeg</i>	33
<i>Figura 24</i>	<i>Programa Adobe Premiere LE</i>	34
<i>Figura 25</i>	<i>Parâmetros para nomenclatura dos arquivos de imagem</i>	35
<i>Figura 26</i>	<i>Programa AVI-&gt;BMP</i>	35
<i>Figura 27</i>	<i>Imagens semelhantes após transformação do formato bmp para jpeg</i>	37
<i>Figura 28</i>	<i>Tabela mostrando o caminho das imagens e dos vídeos</i>	39
<i>Figura 29</i>	<i>Modelo conceitual do módulo de ligação de feições às imagens e vídeos</i>	40
<i>Figura 30</i>	<i>Modelo conceitual do módulo que mostra a UMMD no mapa</i>	40
<i>Figura 31</i>	<i>Tela do Compilador Delphi mostrando o Map Objects instalado</i>	41
<i>Figura 32</i>	<i>Tela principal do programa</i>	42
<i>Figura 33</i>	<i>Programa que permite visualizar arquivos no formato shape</i>	43
<i>Figura 34</i>	<i>Visualização da imagem e vídeo de um poste</i>	44
<i>Figura 35</i>	<i>Visualização da posição da UMMD no mapa do levantamento do Jd. Maracanã</i>	46
<i>Figura 36</i>	<i>Visualização da posição da UMMD no mapa do levantamento das rodovias</i>	46
<i>Figura 37</i>	<i>Visualização da posição da UMMD no mapa no levantamento do Jd. das Rosas</i>	47

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1 Síntese dos protótipos existentes de STMM</b>	<b>5</b>
---	----------



## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ASCII</b>	<b>American Standard Code for Interchange Information</b>
<b>AVI</b>	<b>Audio Video Interleave</b>
<b>BIG</b>	<b>Banco de Imagens Georreferenciadas</b>
<b>BMP</b>	<b>Bitmap</b>
<b>CAD</b>	<b>Computer Aided Design</b>
<b>DGN</b>	<b>Design - utilizado pelos produtos Intergraph e Bentley</b>
<b>DXF</b>	<b>Drawing Exchange Format File</b>
<b>FCT</b>	<b>Faculdade de Ciências e Tecnologia</b>
<b>Gb</b>	<b>Gigabyte</b>
<b>GPS</b>	<b>Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global</b>
<b>IMU</b>	<b>Inertial Measurement Unit – Unidade de Medida Inercial</b>
<b>INS</b>	<b>Inercial Navigation System – Sistema de Navegação Inercial</b>
<b>JPEG</b>	<b>Joint Photographic Experts Group</b>
<b>LMM</b>	<b>Laboratório de Mapeamento Móvel</b>
<b>Mb</b>	<b>Megabyte</b>
<b>MPEG</b>	<b>Motion Picture Expert Group</b>
<b>SIG</b>	<b>Sistema de Informação Geográfica</b>
<b>SHP</b>	<b>Shapefile</b>
<b>SMMD</b>	<b>Sistema Móvel de Mapeamento Digital</b>
<b>STMM</b>	<b>Sistema Terrestre Móvel de Mapeamento</b>
<b>UMMD</b>	<b>Unidade Móvel de Mapeamento Digital</b>
<b>Unesp</b>	<b>Universidade Estadual Paulista</b>

## RESUMO

A união da Cartografia e da Informática auxilia cada vez mais as atividades de planejamento, visualização e rapidez no processo de tomadas de decisões. A disponibilidade de equipamentos com maior capacidade de processamento e armazenamento de informações e o auxílio da Computação Gráfica permitiram a ampliação do horizonte cartográfico. O emprego de meios digitais para aquisição, armazenamento, manipulação, análise e exibição de objetos e informações é uma realidade incontestada. Entre os novos métodos de levantamento que se utilizam do recente casamento entre a Cartografia e as técnicas digitais destacam-se os *Sistemas Móveis de Mapeamento Digital* (SMMD). No Brasil, especificamente em Presidente Prudente - SP, na FCT/Unesp, onde uma Unidade Móvel de Mapeamento Digital (UMMD) está sendo desenvolvida, testes foram feitos procurando adaptá-la para levantamentos urbanos e rodoviários. Nos levantamentos realizados com a UMMD, após processamento dos dados adquiridos, têm-se imagens, vídeos e mapas digitais dos locais percorridos. O presente trabalho propõe-se a mostrar o conceito funcional do programa que faz a conexão entre os mapas digitais, imagens e vídeos, procurando dar aplicabilidade aos recursos que estes arquivos apresentam.

## 1 INTRODUÇÃO

A Cartografia nunca foi uma ciência com fim em si própria. Sempre foi uma ferramenta de extrema importância e passível de aplicação nas mais distintas áreas. O mesmo pode ser afirmado sobre a Informática. A união destas duas poderosas ferramentas vem revolucionando as atividades de planejamento, controle de fluxo e rapidez nas tomadas de decisões (Ferreira, 1998).

A disponibilidade de equipamentos com maior capacidade de processamento e armazenamento de informações, bem como o desenvolvimento da Computação Gráfica, permitiram a ampliação do horizonte cartográfico.

O emprego de meios digitais para aquisição, armazenamento, manipulação, análise e exibição de objetos e informações é uma realidade incontestada.

Nos últimos anos houve uma proliferação de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), sendo usados para diversos fins e por uma gama diferente de usuários.

O grande interesse nos SIGs reflete o fato de que as informações georreferenciadas, necessárias para o gerenciamento e decisão, precisam ser produzidas com relativa precisão e rapidez.

Uma das vantagens dos SIGs é que eles podem manipular dados gráficos e não-gráficos de forma integrada, provendo uma forma consistente para análise envolvendo dados geográficos. Pode-se por exemplo, ter acesso a registros de imóveis a partir de sua localização geográfica.

Informação referenciada espacialmente é um requisito essencial para SIGs de abrangência local, regional e nacional. Ela serve para planejar a locação de novas indústrias, hospitais, estradas e áreas de habitação.

Os dados manipulados pelos SIGs podem ser entidades ou fenômenos geográficos distribuídos na superfície terrestre, podendo pertencer a sistemas naturais ou criados pelo homem, tais como tipos de solos, vegetação, cidades, redes de telefonia, fluxo de veículos, etc. Podem ser também objetos resultantes de projeto envolvendo entidades que ainda não existam, como por exemplo, o planejamento de uma barragem para construção de uma usina hidroelétrica. Até hoje os mapas têm sido as principais fontes de dados para o SIG, e o levantamento de campo, o principal processo de coleta de dados.

Na Cartografia, a integração de tecnologias digitais vêm criando novas opções de abordagem de problemas recentes ou já conhecidos, propiciando o surgimento de outros produtos ou serviços distintos dos que já existem e exigindo recursos humanos qualificados. A combinação de dados espaciais e temporais, obtidos com base nestas integrações, pode ser o princípio básico para a solução de vários problemas do mapeamento. Uma das possibilidades são os Sistemas Móveis de Mapeamento (SMM), que são alternativas criativas que integram sensores e dados de posicionamento e imageamento, permitindo o mapeamento pormenorizado do mundo real.

Os sistemas móveis de mapeamento podem ser definidos como plataformas móveis sobre as quais são integrados sistemas de posicionamento e de imageamento para prover rápida e eficientemente a coleta de informações sobre os atributos do espaço objeto a partir de imagens. Os sistemas móveis de mapeamento podem ser concebidos e especializados, de acordo com Silva et al.,1997, nos seguintes níveis:

- **Orbital:** com aplicação em amplas regiões observadas do espaço e com grande variedade de dados;
- **Aéreo:** com aplicações em áreas rurais e urbanas, limitadas ao mapeamento em escalas médias e grandes; e
- **Terrestre:** sendo que este último pode ser marítimo, hidroviário ou terrestre propriamente dito, considerando as aplicações rodoviárias e ferroviárias.

Considerando somente os Sistemas Terrestres de Mapeamento Móvel (STMM), que têm como características básicas sensores acoplados em veículo automotor deslocando-se ao longo das vias de transportes existentes, têm-se as Unidades Móveis de Mapeamento (UMM).

O Centro de Mapeamento da OSU (Ohio State University, Columbus, Ohio - EUA) desenvolveu dois dos primeiros protótipos de sistemas de mapeamento móvel, o *GPS Van* e o *MapCam*. O *GPSVan* coleta dados e mapeia estradas e seus entornos próximos na velocidade permitida pelas rodovias. Toda informação coletada pela *Van* (tipo de furgão) é monitorada diretamente através de uma estação de trabalho (*Workstation*) com uma base de dados SIG (Bossler *et al*, 1994). O sistema de imageamento aéreo digital *MapCam* consiste de uma câmara CCD (*Charge Coupled Device*) digital destinada para mapeamento métrico ou de um sistema de câmaras multi-espectrais para aplicações de sensoriamento remoto. Os dados dos dois sistemas podem ser combinados para ampliar a extensão do mapeamento, desde a apresentação de detalhes até o mapeamento básico de baixa altitude.

Um outro sistema de mapeamento móvel é o *GPSVision*, desenvolvido pela *Lambda Tech International Inc.* (Waukesha, WI – EUA) que adquire rapidamente dados multimídia (imagem e som) altamente detalhados, com a extração automática de feições sobre rodovias, ferrovias e outras redes de transporte (He, 1996a).

Na Alemanha, há vários protótipos desenvolvidos ou em desenvolvimento. Um deles, denominado *Car-Driven Survey-System* (CDSS), foi desenvolvido no Instituto Geodésico de Rheinisch, na *Westfälischen Technischen Hochschule Aachen*, que se utiliza de duas câmaras digitais PULNiX® 9700 e um receptor GPS.

Ainda na Alemanha, na Universidade das Forças Armadas Federais Alemãs (*Universitdt der Bundeswehr*), em Munique, desenvolveu-se o veículo de medição "KiSS". Os componentes são um receptor GPS, uma plataforma inercial e três câmaras de vídeo.

Basicamente, todos os sistemas possuem configurações similares: uma integração de receptores GPS ou de métodos de posicionamento, câmaras de vídeo analógicas e/ou digitais e sistema inercial de navegação (INS) para a compensação das posições do veículo no caso de perda do sinal GPS. Na tabela 1 são mostrados alguns exemplos de protótipos de STMM, dentre os quais, alguns já mencionados.

**TABELA 1 – Síntese dos protótipos existentes de STMM**

Nome/Referência	Desenvolvedores	Plataforma	Sensores	
			Navegação	Mapeamento
<i>GPSVan™</i> Goad, 1991; Novak, 1991	<i>The Ohio State University</i>	<i>Van, trens</i>	<i>GPS, 2 Giros, 2 odômetros</i>	<i>2 câmaras digitais CCD e 2 câmaras VHS</i>
<i>CDSS</i> Benning and Aussems, 1998	<i>Geodetic Institute Aachen</i>	<i>Van</i>	<i>GPS código C/A, 2 odômetros, barômetro</i>	<i>2 câmaras digitais CCD</i>
<i>KiSS™</i> Hock et al., 1995; Sternberg et al., 2001	<i>University of the Federal Armed Forces Munich</i>	<i>Van</i>	<i>GPS, IMU (2 giros, 3 acelerômetros.), Odômetro, Barômetro, Inclinação, Compasso</i>	<i>2 câmaras digitais CCD e 2 câmaras VHS</i>
<i>VISAT™</i> Schwarz et al., 1993; El-Sheimy and Schwarz, 1999	<i>University of Calgary</i>	<i>Van</i>	<i>GPS com frequência Dual, IMU</i>	<i>8 câmaras digitais CCD e 1 câmaras VHS</i>
<i>TruckMAP™</i> Reed, Landry and Werther, 1996	<i>John E. Chance and Associates</i>	<i>Van</i>	<i>GPS, sensor de atitude digital</i>	<i>Refletores laser</i>
<i>Gator Communicator™</i> Alexander, 1996; Barker-Benfield, 2000	<i>University of Florida</i>	<i>Pessoa</i>	<i>GPS, Compasso Digital, Inclinação</i>	<i>2 câmaras digitais CCD</i>
<i>GIM™</i> Coetsee and Brown, 1994	<i>NAVSYS Corp.</i>	<i>Caminhão</i>	<i>GPS e IMU</i>	<i>1 câmara digital CCD e 1 câmara VHS</i>
<i>Indoor MMS</i> El-Hakim et al., 1997	<i>National Research Council, Canada</i>	<i>Veículo terrestre Robô</i>	<i>Encoders de velocidade</i>	<i>8 câmaras digitais CCD, scanner laser Bi-iris</i>
<i>GI-EYE™</i> Brown, 1998	<i>NAVSYS Corp.</i>	<i>Qualquer veículo terrestre</i>	<i>GPS e IMU</i>	<i>1 câmara digital CCD</i>
<i>Backpack MMS</i> Ellum and El-Sheimy, 2001	<i>University of Calgary</i>	<i>Pessoa</i>	<i>GPS, Compasso Digital, Inclinação</i>	<i>1 câmara digital CCD</i>
<i>WUMMS</i> Li et al., 1999	<i>Wuhan Technical University</i>	<i>Caminhão</i>	<i>GPS, sensor dead-reckoning não especificado</i>	<i>1 câmara digital CCD Laser range finder</i>
<i>GPSVision™</i> Lambda Tech, 2002	<i>Lambda Tech.</i>	<i>Van</i>	<i>GPS e IMU</i>	<i>2 câmaras digitais CCD</i>
<i>ON-SIGHT™</i> TransMap, 2002	<i>Transmap Corp.</i>	<i>Van</i>	<i>GPS e IMU</i>	<i>2 câmaras digitais CCD</i>

A figura 1 mostra o segmento móvel da Unidade Móvel de Mapeamento Digital (UMMD), em desenvolvimento na FCT/UNESP (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista). O segmento fixo é consubstanciado no Laboratório de Mapeamento Móvel (LMM), visualizado na figura 2.

A UMMD é formada por três módulos: o de posicionamento GPS e sincronismo dos quadros, o de aquisição de imagens digitais e o de alimentação de energia (ANEXO B). Os principais equipamentos que a compõem são: um automóvel Kombi, um par de vídeo câmaras digitais (Sony DSR 200A), um par de receptores GPS Garmim 12 XL e Reliance da ASHTEC, um microcomputador *notebook* Pentium 400 Mhz e um dispositivo de sincronismo dos quadros (programa e microfones). A figura 3 mostra o par de câmaras e a antena GPS instalados sobre o teto da UMMD.



Figura 1 - Unidade Móvel de Mapeamento Digital



Figura 2 - Laboratório de Mapeamento Móvel



O LMM é o local onde se realiza todo o processamento das imagens e dados GPS obtidos em campo, visando a construção de um produto final, como por exemplo um mapa.

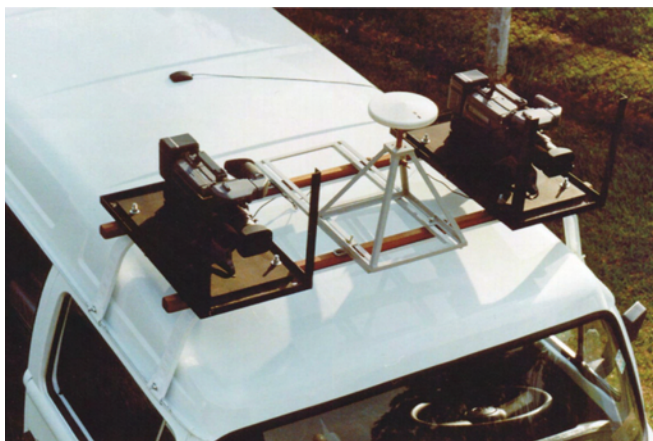


Figura 3 - Par de vídeo câmaras e antena GPS instalados na UMMD

Como se trata de uma metodologia nova no País e testada na execução de levantamentos experimentais, ainda não se têm resultados de aplicações diversificadas para analisar e daí concluir sobre a eficiência da técnica em ambiente de produção cartográfica. Os produtos gerados – mapas topográficos e banco de imagens – comprovam a utilidade dos sistemas móveis para conhecer de perto o espaço representado, no caso, ruas e rodovias.

Com o propósito de investigar a funcionalidade da UMMD, foram executados dois projetos de mapeamento topográfico: o primeiro referente a ruas de uma área urbana periférica constando de três quarteirões (Jardim Maracanã, Pres. Prudente, SP), resultando em um mapa na escala 1:1.000 (Guardia et al., 1999) mostrado na figura4; o segundo diz respeito a um trecho de cerca de 11 km, compreendendo parte da Av. Manoel Goulart, Rodovia Raposo Tavares, Rodovia Júlio Budiski e Estrada da

Amizade, nos arredores de Pres. Prudente, tendo por resultado um mapa digital projetado para a escala 1:10.000 contendo imagens de feições importantes, como placas de sinalização por exemplo, conectadas ao mapa (Delgado et al., 2000) mostrado na figura 5.

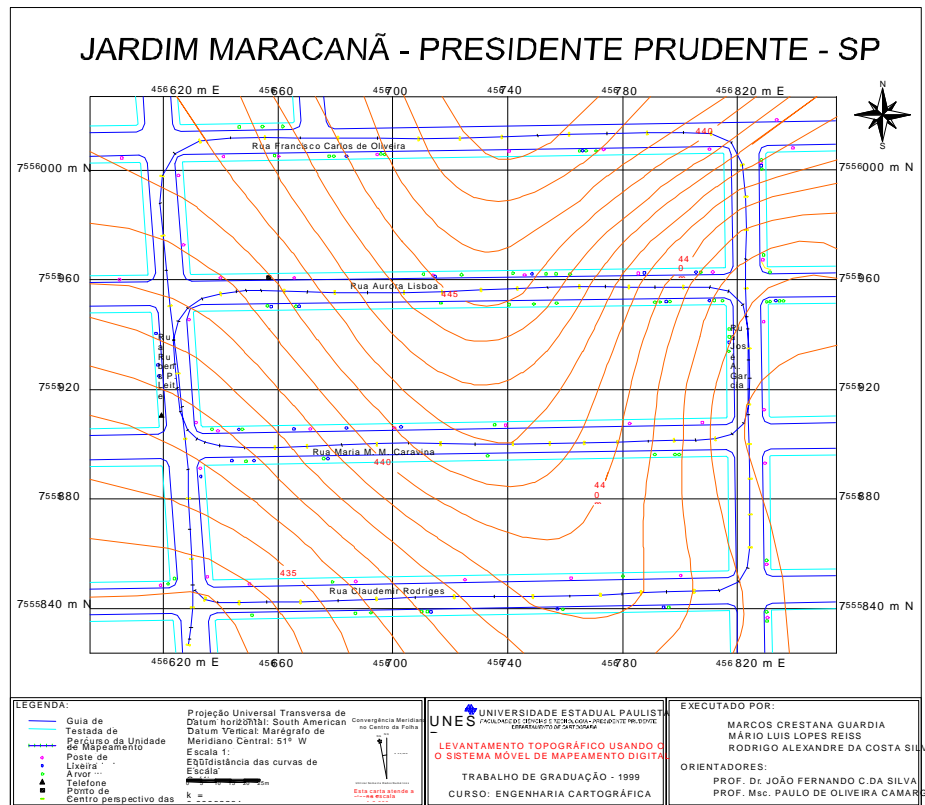


Figura 4 – Mapa topográfico do Jd. Maracanã em Presidente Prudente (mapa original impresso na escala 1:2.000)

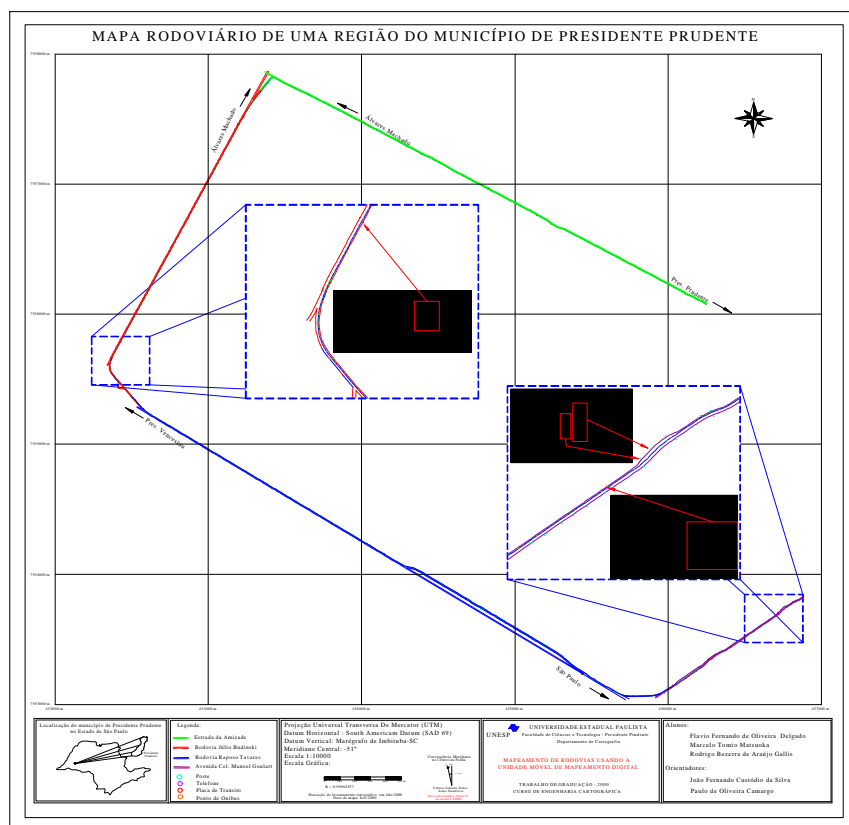


Figura 5 – Mapa topográfico rodoviário dos arredores de Presidente Prudente (mapa original impresso na escala 1:10.000)

Alguns conceitos, que deram embasamento teórico para dar início a modelagem e construção do programa serão tratados a seguir.

### 1.1 Dados Geográficos

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) lidam com objetos que estão embutidos no espaço geográfico. Imagens digitais de satélites, fotos aéreas, mapas digitais e modelos digitais do terreno são típicas fontes de dados geográficos.

Os dados geográficos são tradicionalmente divididos em duas classes: dados vetoriais e dados matriciais (também conhecidos como *raster*), ambos descritos detalhadamente a seguir.

### 1.1.1 Arquivos Vetoriais

Os dados vetoriais são representados por pontos, linhas e áreas com informação topográfica associada. Geralmente os dados vetoriais são classificados de acordo com os dados que eles contém, que podem ser divisas de estados, rios, construções e vegetação.

A palavra "vetor" refere-se a uma linha, mas a representação vetorial descreve um desenho como uma série de linhas e formas. Possui algumas regiões preenchidas com cores sólidas ou sombreada. Os arquivos vetoriais podem ser codificados em ASCII (*American Standard Code for Interchange Information*) em um processador de textos. Trabalha os desenhos de linhas com formas simples. Gráficos e ilustrações a mão livre e imagens em 2D e 3D. Possui algumas vantagens como:

- É escalonável sem perda da resolução;
- Possui recursos de fácil manipulação.

Para executar a manipulação de um formato vetorial, além de achar os dados, deve-se entender as convenções usadas pelo formato e as definições dos elementos individuais.

O formato de dados vetoriais é um meio de representar primitivas gráficas pela representação numérica de 'pontos chave'. Exemplos de primitivas gráficas são pontos e linhas. O trabalho de um programa para mostrar dados representados desta forma é gerar as linhas para conectar os 'pontos chave' ou desenhar estas linhas usando

estes pontos como guia. Sempre existem atributos, como cor e largura de linha, associados aos dados, além de uma série de convenções que permitem ao programa desenhar os objetos desejados. Estas convenções podem ser implícitas ou explícitas e apesar de serem usadas com os mesmos objetivos, podem ser diferentes de programa para programa.

Os arquivos vetoriais, no caso os mapas digitais, se caracterizam pela capacidade de sintetizar uma informação, que pode ser por exemplo um atributo geográfico ou estatístico da imagem.

A figura 6 mostra o exemplo de mapa no formato vetorial.

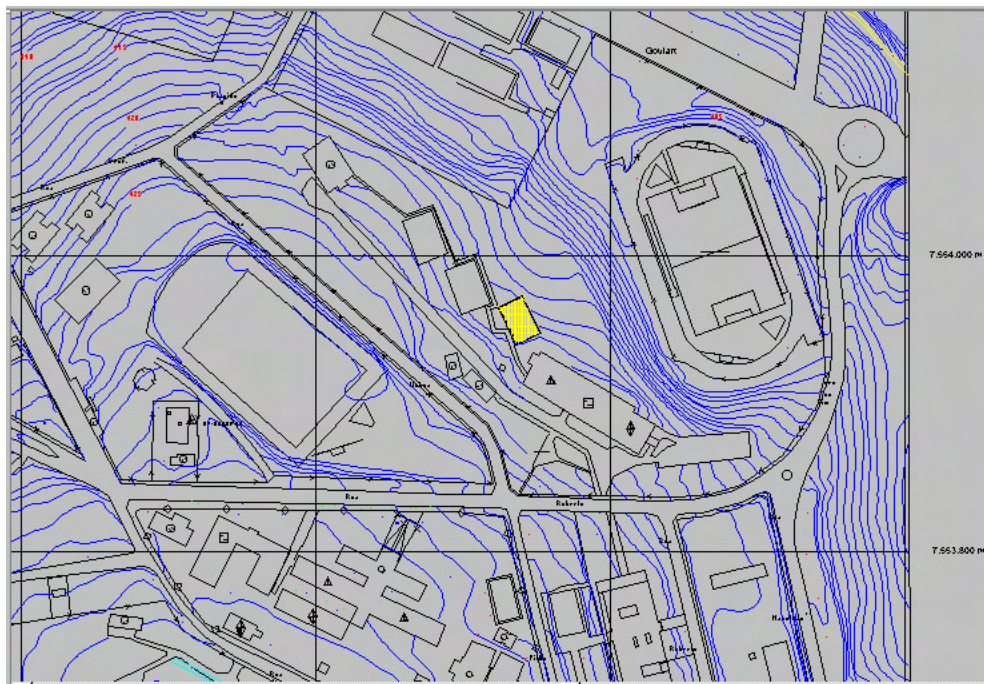


Figura 6 – Mapa digital no formato vetorial

### 1.1.2 Arquivos Matriciais

Os dados matriciais ou *raster* são representados por uma coleção de *pixels* (*picture elements*), organizados em uma série de linhas e colunas. Dados matriciais ou formato gráfico *bitmap*, como são encontrados na literatura (Miano, 1999), são formados por um conjunto de valores numéricos que especificam as cores dos elementos individuais da tela. Comumente se fala que um formato gráfico *bitmap* é uma matriz de *pixels*. Mais precisamente, um *bitmap* é uma matriz de valores numéricos que descrevem a cor dos respectivos *pixels* num dispositivo de saída quando o dado deve ser mostrado.

Antigamente, o termo *bitmap* ou *raster* era usado apenas quando se referia a matrizes (ou mapas) de *bits*, cada *bit* correspondendo a um *pixel*. Já as matrizes onde múltiplos *bits* representavam um único *pixel* eram chamados de *pixelmap*, *graymap* ou *pixmap*.

Atualmente, usa-se o termo *raster* para qualquer matriz de *pixels*. A quantidade de *bits* usada para representar cada *pixel* é chamada de *bit depth* ou *pixel depth*. As *bit depth* mais usadas atualmente são 1, 2, 4, 8, 16, 24 e 32 *bits*.

Quando 1 *bit* é usado para representar a informação de um *pixel*, pode-se representar dois estados de cores, porque este *bit* tem apenas dois valores possíveis, 0 ou 1. Os dispositivos mais comuns que usam esta representação são os monitores monocromáticos e as impressoras preto e branco.

Quando 2 *bits* são usados para representar 1 *pixel*, quatro valores podem ser representadas, porque existem quatro possíveis combinações para os valores individuais destes *bits*: 00, 01, 10 e 11. Da mesma forma, com 4 *bits* representando um *pixel* podemos obter 16 cores, e assim sucessivamente.

Os arquivos matriciais ou *raster* variam em seus detalhes, mas todos possuem a mesma estrutura geral. Estes arquivos consistem de um cabeçalho, dados *bitmap* e outras informações, que podem incluir a paleta de cores.

Os arquivos *raster* são especialmente indicados para o armazenamento de imagens do mundo real. Estes arquivos possuem as seguintes qualidades:

- ✓ Podem ser facilmente criados a partir de vetores de *pixels* existentes na memória;
- ✓ Os dados podem ser modificados individualmente ou em grandes grupos, alterando a paleta, se esta estiver presente;

Contudo, eles apresentam as seguintes desvantagens:

- ✓ Podem ser muito grandes, especialmente se a imagem contiver uma quantidade muito grande de cores. Técnicas de compressão podem reduzir o tamanho dos arquivos a serem armazenados;
- ✓ Pode ser difícil modificar o tamanho das imagens, sendo às vezes conveniente visualizar a imagem na sua resolução original.

Abaixo, a figura 7 mostra uma figura representada na forma matricial:



Fig. 7 – Imagem *bitmap* como exemplo de um dado matricial

### 1.1.3 Comparação entre os formatos vetorial e matricial

A representação vetorial é a mais adequada para identificar objetos, individualizáveis no terreno, onde se requer precisão. A representação matricial, por sua vez, é mais adequada para fenômenos e grandezas que variam continuamente no espaço. As relações de vantagens e desvantagens de ambos os formatos são descritos a seguir.

#### **Formato Matricial**

##### **Vantagens**

- ✓ Utiliza estruturas mais simples;
- ✓ Representação eficiente de áreas com alta variação espacial;
- ✓ Tratamento adequado de imagens produzidas por satélites.

##### **Desvantagens**

- ✓ Estruturas de dados são menos compactas. Armazenam uma maior quantidade de dados, independente da utilização de métodos de compressão;
- ✓ Relacionamentos topológicos são mais difíceis de serem representados.

#### **Formato Vetorial**

##### **Vantagens**

- ✓ Utiliza uma estrutura de dados mais compacta que a estrutura matricial;
- ✓ Aceita o armazenamento de topologia;
- ✓ Permite a realização de cálculos de medidas espaciais mais precisos.

##### **Desvantagens**

- ✓ As estruturas de dados são mais complexas do que no formato matricial;
- ✓ A representação de áreas com alta variação espacial é ineficiente;



## 1.2 Proposição

Buscando a melhor utilização das imagens, vídeos e mapas digitais e das informações relacionadas a cada uma delas, foi proposta a elaboração de um programa que permita a visualização destes dados e ligação entre estes arquivos.

Analisando a aplicabilidade de um sistema como este, pode-se destacar:

- ✓ utilização em administrações municipais para a localização, visualização e gerenciamento das informações referentes a um arruamento, a um lote ou a uma construção;
- ✓ interesse de empresas e órgãos públicos relacionados ao planejamento, construção, conservação e utilização de rodovias e ferrovias;
- ✓ organizações responsáveis pelos serviços de utilidade pública, tais como: água e esgoto, energia elétrica, telecomunicações, coleta de lixo, engenharia de transporte, tráfego e trânsito, segurança e saúde pública, etc;

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Geral

Considerando a disponibilidade dos equipamentos e dos dados coletados nos levantamentos realizados com a UMMD, propõe-se:

- especificar um ambiente computacional e indicar uma metodologia;
- apresentar a modelagem dos dados e propor um algoritmo que permita ligação entre arquivos gráficos, vídeos e imagens;
- validar o processo.

### 1.3.2 Específico

O objetivo específico do presente trabalho é a criação de um programa que permite ao usuário ver o mapa, localizar uma feição nele representada (postes, placas de sinalização, pontos de ônibus, etc.) e, ao selecionar nesta feição, visualizar a imagem do local onde esta feição se encontra e ainda visualizar o vídeo do local, podendo verificar através da imagem e do vídeo, condições da pista e dos arredores, de modo que a partir delas, seja possível realizar consultas para tomadas de decisões.

## 1.4 Descrição do Trabalho

Visando mostrar o desenvolvimento desta pesquisa, organizou-se este trabalho em 6 capítulos cujos temas estão a seguir descritos:

No capítulo 2 são apresentados o propósito do programa, modelagem e o ambiente de programação do compilador Delphi.

O capítulo 3 trata da preparação e estruturação dos dados.

O capítulo 4 corresponde à construção do programa, tratando das técnicas de implementação propriamente dita. Neste tem-se como o programa foi desenvolvido e suas funções apresentadas em detalhe.

O capítulo 5 aborda a análise e aplicações do programa, apresentando alguns benefícios e restrições do uso, procurando discutir e ajudar nas próximas versões que este terá.

Finalmente, o capítulo 6 destaca as conclusões e recomendações referentes ao projeto e ao programa.

## 2 PROPOSIÇÃO DO TRABALHO

Segundo Câmara (2000), há alguns anos a quase totalidade dos SIGs poderia ser enquadrada num ambiente mono-usuário, no qual as diferentes funções (entrada, consulta, análise e visualização) são acessadas em uma única interface. Atualmente há uma grande diversificação de ofertas com pelo menos quatro grandes tecnologias complementares, indicadas a seguir:

- ✓ Os SIGs *Desktop*, com interfaces amigáveis e crescente funcionalidade;
- ✓ Os gerenciadores de dados geográficos, que armazenam os dados espaciais em ambiente multi-usuário;
- ✓ Os componentes SIG, ambiente de programação que fornecem ferramentas para que o usuário crie seu próprio aplicativo geográfico;
- ✓ Os Servidores Web de Dados Geográficos, utilizados para a publicação e acesso a dados geográficos via Internet.

Num SIG *Desktop*, categoria na qual pode se encaixar o programa desenvolvido, os dados geográficos são armazenados de forma separada, com os atributos descritivos guardados em tabelas (usualmente no padrão *Xbase*) e as geometrias em formatos próprios (como os *shapefiles*). Originalmente sistemas simples de consulta e apresentação de dados, os SIGs *Desktop* tem evoluído para oferecer uma crescente gama de funcionalidade, incluindo:

- ✓ Combinação de dados matriciais e vetoriais no mesmo ambiente, com uma integração maior de SIG com Processamento Digital de Imagens;
- ✓ Integração com linguagens de programação que permitem ampliar a funcionalidade disponível;
- ✓ Funções sofisticadas de Análise Espacial;
- ✓ Integração com gerenciadores de dados geográficos;
- ✓ Uso de conceitos de orientação-a-objetos, que permitem uma aproximação melhor entre os problemas do mundo real e sua representação computacional.

A modelagem e implementação do programa que permite ligar as feições representadas no mapa com suas imagens e vídeos baseou-se em um programa SIG *DesKtop* e um programa CAD. Estes programas possuem uma ferramenta chamada *Hotlink*, que permite a execução da ligação mapa (vetorial)/imagem (matricial): o *Arcview* (figura 8), *software* desenvolvido e comercializado pela empresa norte-americana *ESRI - Enviromental System Research Institute, Inc*, e que é um dos sistemas de informações geográficas mais utilizados por empresas e instituições acadêmicas de todo o mundo e o *Microstation SE* (figura 9), produzido pela *Bentley*, um sistema CAD (*Computer Aided Design*), que utiliza um arquivo de desenho (DGN), que não contém explicitamente a topologia nem os atributos dos dados.

Durante a confecção dos mapas do Trabalho de Graduação realizado em 2000 (Delgado et al., 2000), surgiu a idéia de ligar as imagens correspondentes às feições mapeadas, já que o *software Microstation SE* permitia a realização desta ligação.

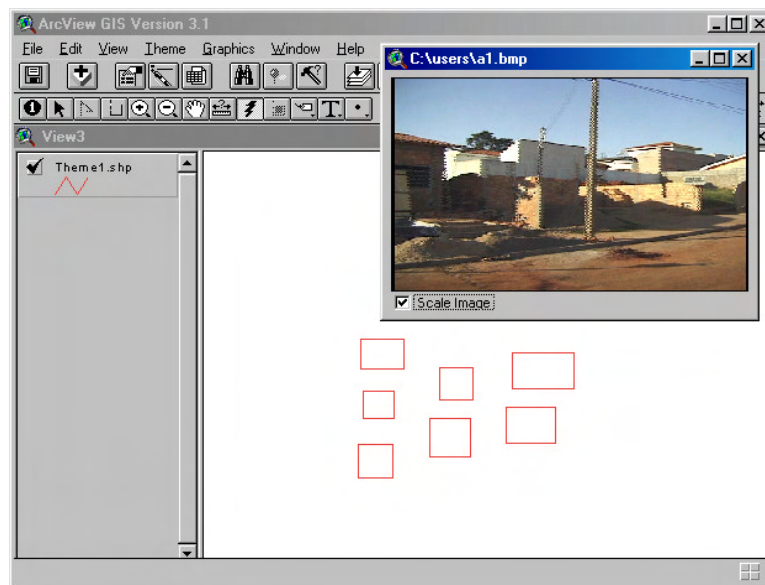


Figura 8 - ArcView GIS 3.1

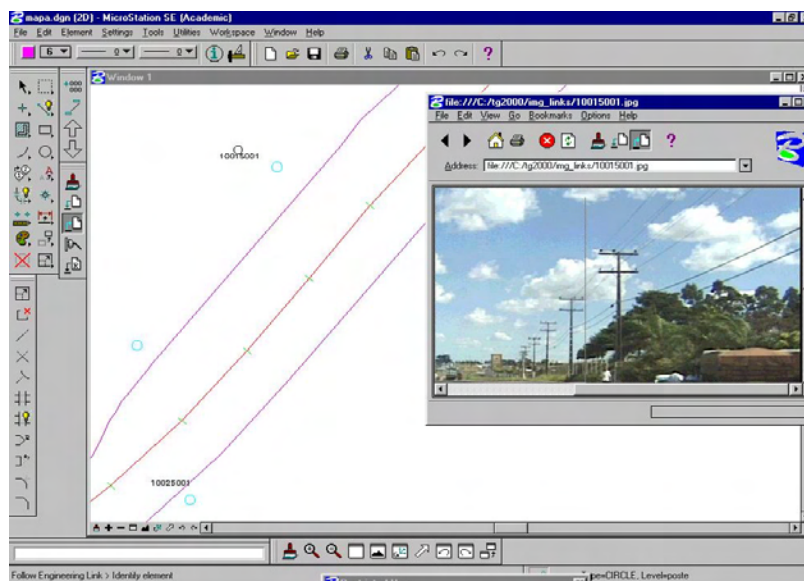


Figura 9 - Microstation SE

Para efetuar-se a visualização das imagens ou dos vídeos, havia a dependência do ambiente de um dos dois programas que realizavam a ligação, no caso o *ArcView* ou o *Microstation*. Houve então a idéia de construir um programa que realizasse este tipo de visualização.

Já existem vários programas desenvolvidos e em uso que desempenham função similar. Há programas de navegação que possuem imagens de certos locais ligadas às feições do mapa. A Internet é o lugar onde encontra-se mais aplicações para esta área. Mapas ligados com vídeos e imagens dos locais representados facilitam a navegação/visualização e localização do usuário, conforme mostra a figura 10, em um SIG de localização de proprietários, que mostra a integração de imagens aéreas e terrestres juntamente com o mapa do local.

Nas figuras 11 e 12, mostram-se programas desenvolvidos que fazem parte de sistemas móveis de mapeamento na Suíça e na Austrália.

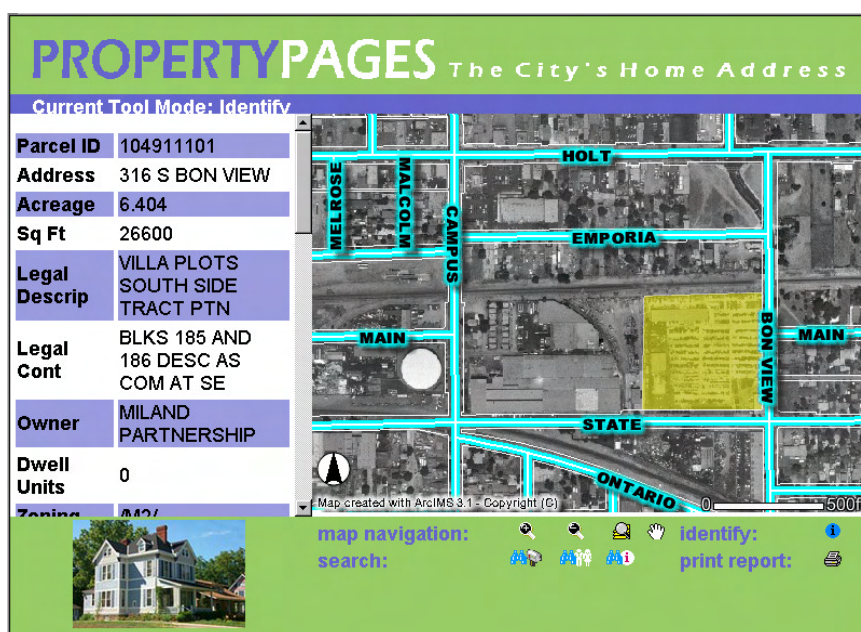


Figura 10 - Módulo SIG que mostra a imagem da propriedade e sua localização no mapa

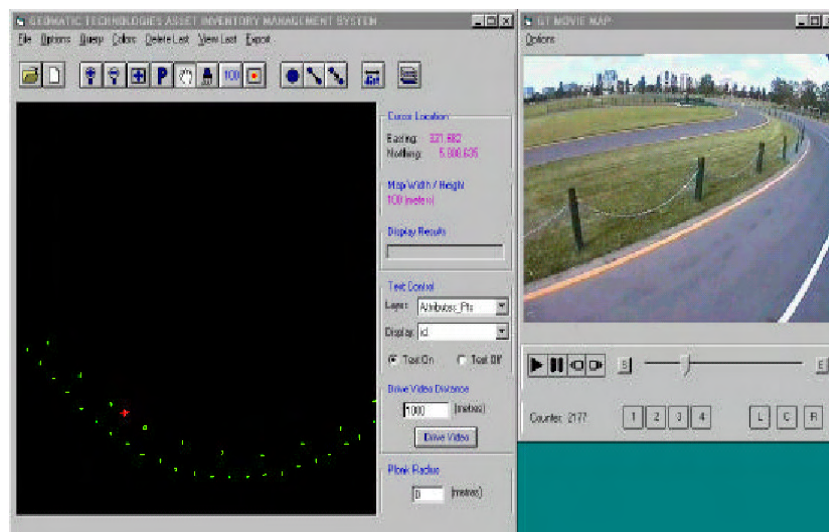


Figura 11 - Módulo SIG que mostra a trajetória do veículo, com o vídeo das feições que foram coletadas e seus respectivos atributos (Butcher et al., 2001)

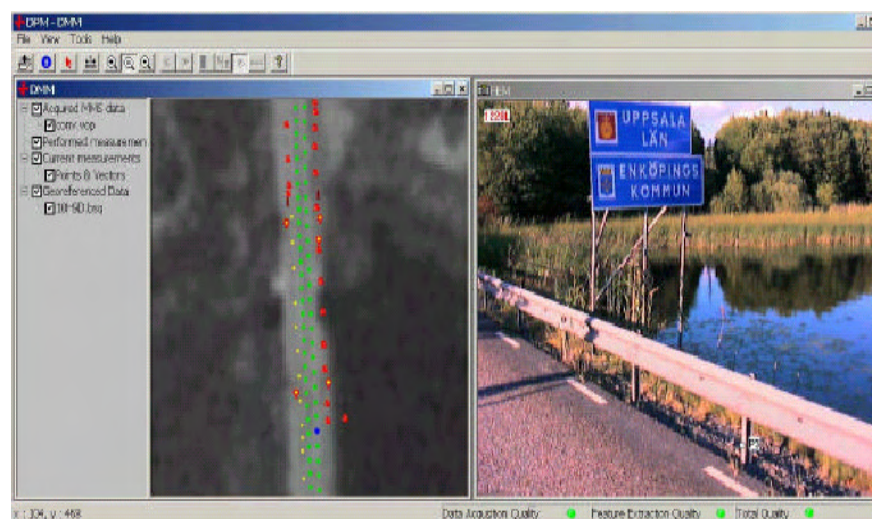


Figura 12 - Banco de dados para controle e planejamento de tráfego, que integra imagens aéreas e terrestres (Gajdamonwicz, 2001)

## 2.1 Ambiente de Programação e o Componente *Map Objects*

A forma mais usual de organização de dados num ambiente de sistemas de informação geográfica é a distribuição em ‘camadas’ (também chamadas de ‘layers’ ou ‘planos de informação’). Cada camada contém uma variável geográfica, que pode estar associada a diferentes representações. Por exemplo, podemos ter uma camada com os municípios de uma região, outra com a sua geomorfologia e uma terceira contendo uma imagem de satélite da área de estudo.

O propósito principal do programa é visualizar diferentes tipos de arquivos, como mapas, vídeos e imagens digitais, em um mesmo ambiente. Para isto, utilizou-se um componente, instalado no Delphi 3, chamado *MapObjects* (software desenvolvido pela *ESRI*).

A linguagem de programação do ambiente *Delphi* é a linguagem *Pascal* orientada a objetos (*Object Pascal*). Por este motivo, todos os conceitos existentes na estrutura orientada a objetos é válida para a linguagem, tais como os conceitos de classe, objeto, componente, propriedade, evento, etc.

O *Delphi* é um ambiente completo, pois abrange desde a estrutura da linguagem e ambiente de programação até a parte de compilação e ligação dos dados.

A figura 13 apresenta uma visão do programa com suas barras de ferramentas no topo, o gerenciador de propriedades e eventos à esquerda e o formulário e a unidade de código ao centro.

Dentre as ferramentas destacam-se as responsáveis pela criação da parte visual, a que fará a interação com o usuário.

O *Database Desktop* é um utilitário que pode ser usado para manutenção de bancos de dados e pode executar tarefas como: criar, alterar e ver o



conteúdo de tabelas de dados. Este aplicativo foi muito útil no momento de manipular as tabelas de atributos dos arquivos *shape*, como mostra a figura 14.

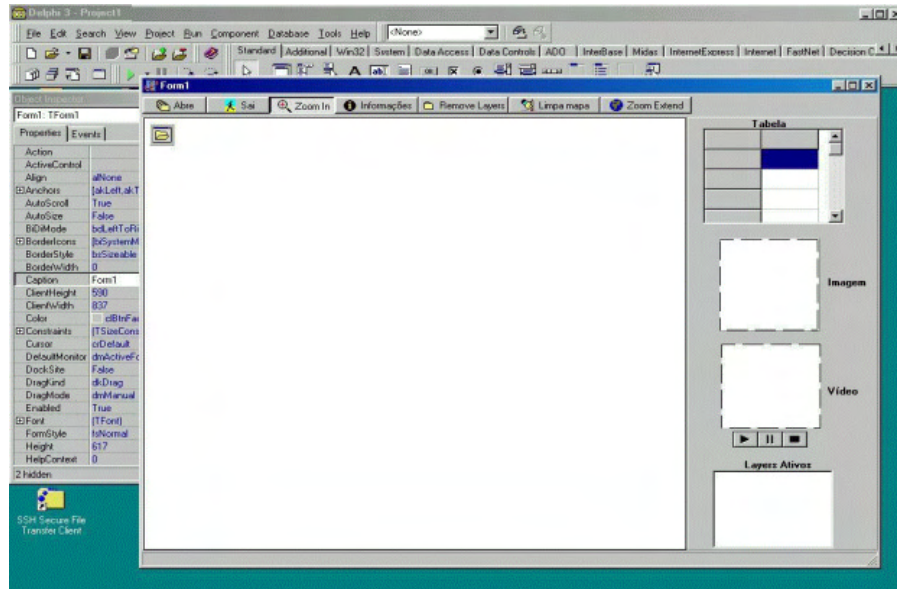


Figura 13 – Ambiente de programação encontrado no compilador Delphi 3

COLOR	LINETYPE	LINEWIDTH	ELEVATION	VIDEO
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video2.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video2.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video2.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video1.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video7.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video5.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video7.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video7.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video7.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video7.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video8.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video9.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video9.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video10.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video11.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video3.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video4.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video5.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video9.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video9.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video9.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video9.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video9.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video9.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video7.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video7.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video5.mpg
5	CONTINUOUS	0,00	0,00	C:\links\videos\video12.mpg

Figura 14 – Utilitário *DataBase Desktop*

O *MapObjects* permite a integração direta de um SIG com ambientes de desenvolvimento tipo *Visual Basic*, *Delphi* ou *Visual C++*. A integração é feita

através de classes específicas, que podem ser usadas nos ambientes de desenvolvimento. Essas rotinas devem ser desenvolvidas utilizando-se uma linguagem de programação visual (Delphi) incorporada à biblioteca de classes *MapObjects*.

Como o *MapObjects* utiliza arquivos "*shape*" da *ESRI*, "*coverages*" *ARC/INFO*, "*layers*" *SDE*, e uma grande variedade de formatos padrão de imagens (como *TIFF*, *BMP*, e outros), optou-se então por trabalhar com o formato *shape* para fazer a representação dos mapas digitais. Os *Shapefiles* contém uma organização de arquivos apropriada para armazenamento de feições geográficas no formato vetorial. Nestes arquivos as feições são armazenadas por meio de coordenadas (x,y), (x,y,z) ou (x,y,z,m), onde m é a componente que indica a posição relativa de alguma feição de interesse. Esta componente é denominada "*measure*".

Um *Shapefile* é composto por três arquivos. O primeiro arquivo contém os dados propriamente ditos, o segundo arquivo contém índices para os dados do primeiro e o terceiro contém os atributos dos dados do primeiro. Os arquivos são distinguidos entre si pela extensão do nome do arquivo. Os arquivos de dados geométricos têm extensão *.shp*, os arquivos de índices têm extensão *.shx* e os arquivos de atributos têm extensão *.dbf*. Um conjunto *Shapefile* válido, como mostrado na figura 15, é formado por três arquivos com o mesmo nome, porém com extensões diferentes (*.shp*, *.shx* e *.dbf*). Os arquivos de atributos são arquivos no formato *dbf*, ou seja, são tabelas alfanuméricas que armazenam os atributos referentes aos dados geométricos presentes no arquivo *.shp*.

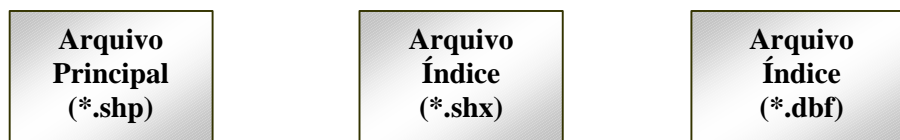


Figura 15 – Conjunto *Shapefile*

### 3 PREPARAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DOS DADOS

A modelagem e a estruturação de um programa dependem de vários fatores e de várias etapas. Dentre os fatores destacam-se a necessidade e a aplicação a que se destina. Quanto às etapas, tem-se desde o primeiro contato com o usuário para saber o que se pretende solucionar até as fases de implementação, testes e manutenção.

Já as fases seguintes dependem do analista ou do programador, pois são as fases de definição da estrutura física dos dados (montagem de tabelas, códigos, relacionamentos, etc) e da criação do programa propriamente dito.

#### 3.1 Preparação dos mapas digitais

Os mapas e vídeos digitais provenientes dos levantamentos realizados com a UMMD encontravam-se em formatos distintos dos que foram utilizados para visualização no programa, sendo que estes arquivos passaram por transformações de formatos para que pudessem ser manipulados no ambiente de programação.

Nem sempre é possível converter um arquivo gráfico de um formato para outro, principalmente quando se deseja preservar aspectos qualitativos que alguns formatos apresentam em relação a outros.

A maior dificuldade acontece quando se tenta converter arquivos de diferentes tipos básicos, como por exemplo, *raster* para vetorial, devido à grande diferença na forma em que os dados estão armazenados.

As bases cartográficas disponíveis encontravam-se no formato *dgn*, original do *Microstation* (figura 16). Como o formato escolhido para a visualização dos

mapas foi o *shapefile (shp)* então houve a necessidade de realizar a transformação dos mapas para o formato *shp*. Esta conversão foi realizada em 3 fases distintas:

1ª Fase: A primeira fase constituiu na separação dos planos de informação dos mapas em arquivos distintos. Foram gerados os seguintes arquivos de ambos os mapas, todos ainda no formato *dgn*: percurso da UMMD, árvores, postes, placas, ruas, testadas e curvas, como mostrado na figura 17.

2ª Fase: Estes arquivos foram então importados para o ambiente do programa *ArcView*, habilitando no programa a função *Cad Reader* (figura 18), que permite que o mesmo leia arquivos nativos do *AutoCad*, como o *dwg* e o arquivo *dgn* do *Microstation* e o arquivo *dxf 13*, formato reconhecido por todos sistemas *CADs* por ser de intercâmbio.

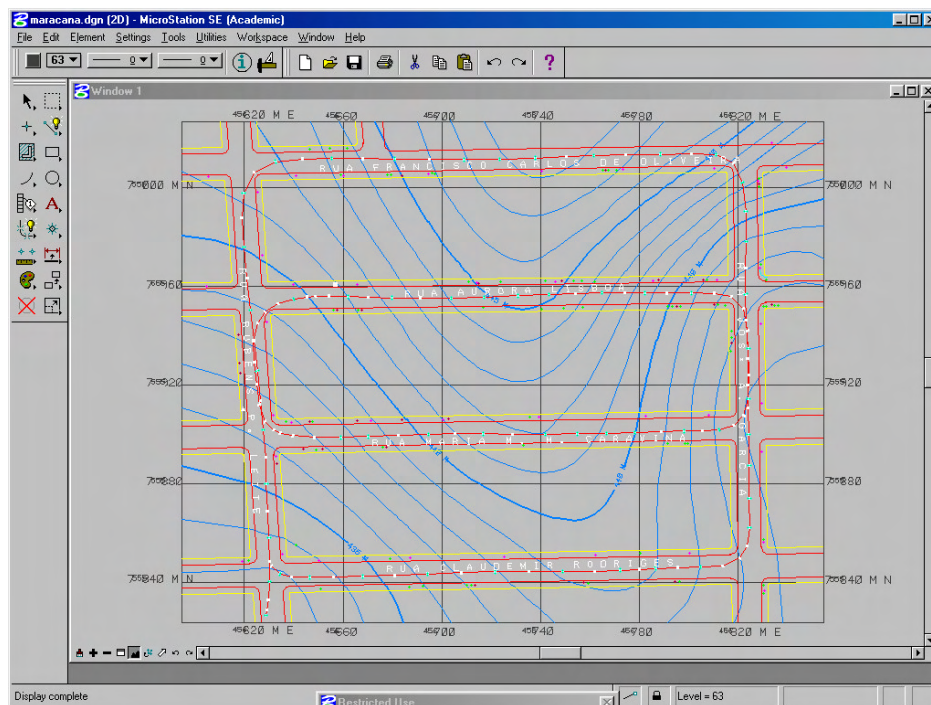


Figura 16 – Visualização do mapa com todos os planos de informação ativos no Programa Microstation SE

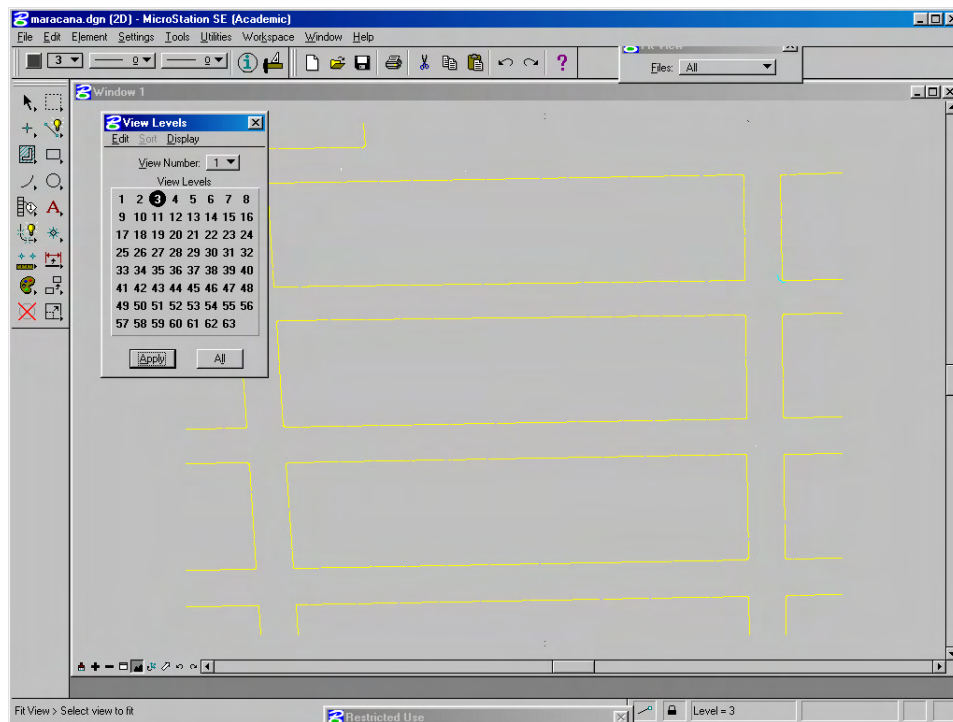


Figura 17 –Separação do plano de informação para transformação em *shape*

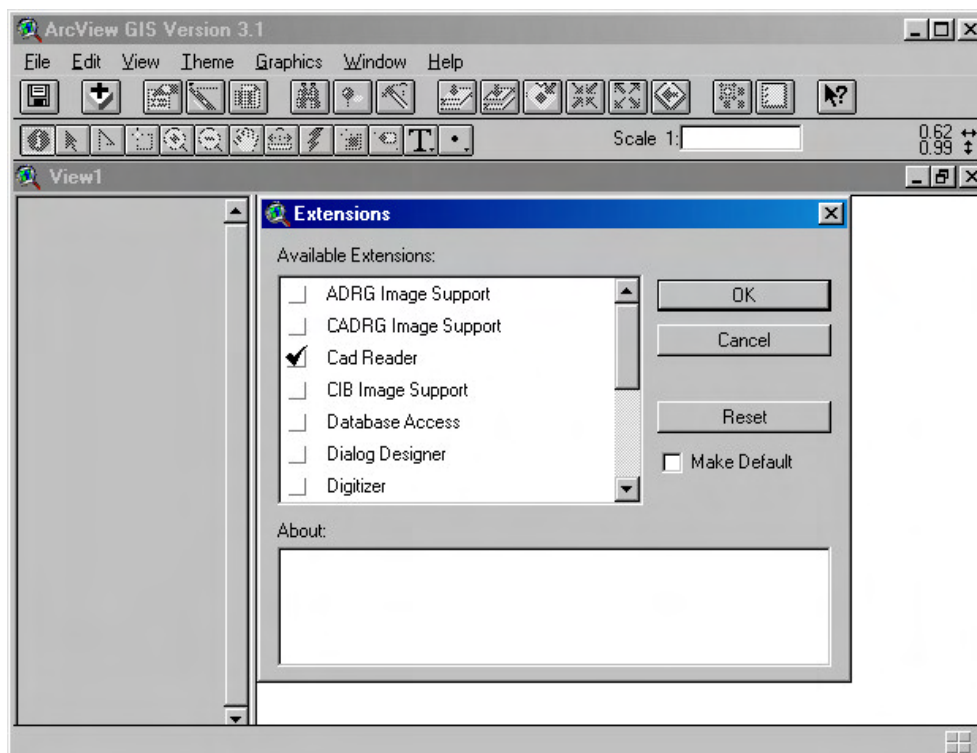


Figura 18 –Programa ArcView GIS 3.1

3ª Fase: Depois de serem importados para o ambiente do programa *ArcView*, os planos de informação foram um a um convertidos para *shp*, conforme mostrado na figura 19. Assim estavam prontos para a visualização e manipulação no ambiente de programação.

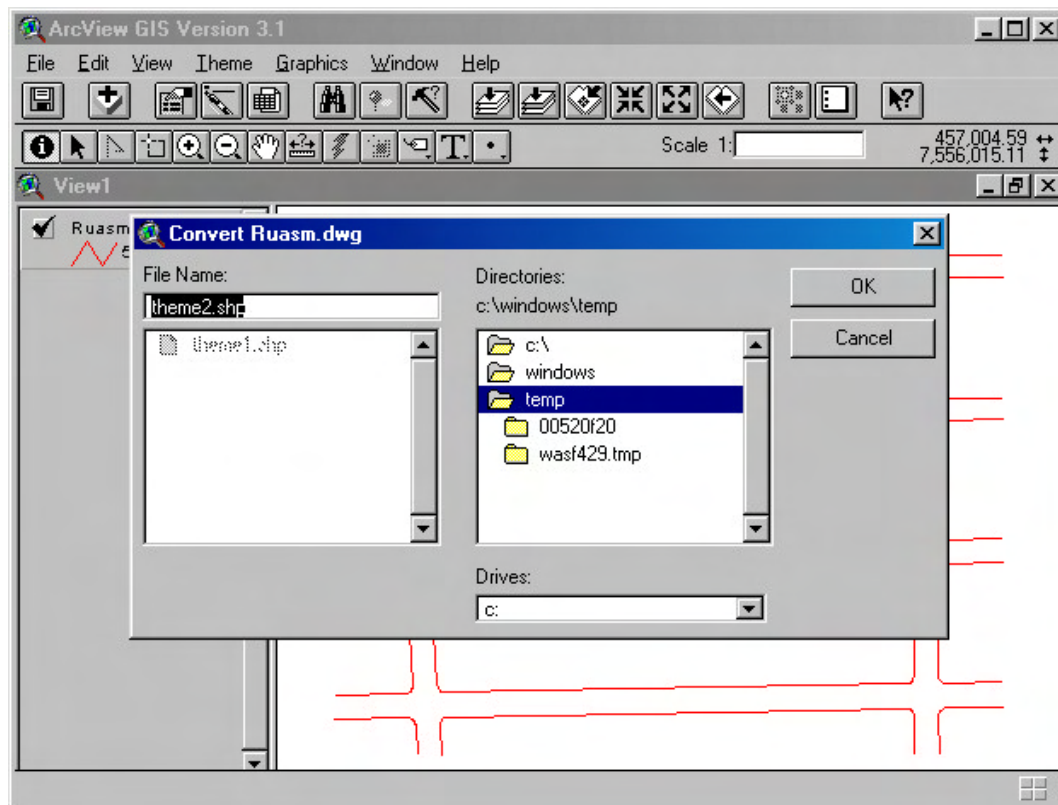


Figura 19 –Transformação de *dwg* para *shape* no ArcView GIS 3.1

Na conversão para *shapefile* foram criados os seguintes arquivos para cada plano de informação transformado: nome do plano de informação.shp, nome do plano de informação.shx e nome plano de informação.dbf.

### 3.2 Preparação dos vídeos digitais

Os vídeos digitais, gravados pelas câmaras da esquerda e direita, contendo o levantamento foram transferidos para o computador usando o *software miroVIDEO DVTools*.

O *software* realiza a transferência dos vídeos com tamanho máximo de 2 Gb, o que corresponde a um arquivo com 9 minutos de levantamento, sendo que deve-se realizar a quebra em um ou mais vídeos se o tempo total de levantamento extrapolar 9 minutos. Esta limitação é devido à falta de espaço em disco.

O *software* para realizar a transferência necessita do espaço livre em disco igual 2 vezes o tamanho do vídeo e o mesmo espaço para realizar gerenciamento de memória. Para transferir um vídeo de 2 Gb de uma fita necessita-se 4 Gb livres. Como são 2 vídeos de 2 Gb, um de cada fita, necessita-se de 8 Gb livres. Para realizar a transferência para o computador conecta-se a câmara ligada no modo *VCR* (neste modo a câmara funciona com um vídeo cassete) ao computador por meio de um cabo próprio para esta tarefa (transferência dos vídeos). Este cabo é ligado à câmara na saída *DV in/out* e ao computador na entrada da placa *SCSI (Small Computer System Interface)*.

Um processamento feito pelo *software* foi realizado sobre a faixa original (seqüência de imagens) reduzindo a taxa original de 30 quadros por segundo para 2 quadros por segundo. Esta redução tem como justificativa agilizar a capacidade de processamento do computador e evitar a sobrecarga do sistema .

O vídeo do levantamento relativo ao Jardim Maracanã não excedeu o limite de 9 Gb, por ser de um trajeto curto (seis quadras) e ter pouca duração (4 minutos), sendo transferido integralmente.



Já no levantamento que teve como percurso a Avenida Manoel Goulart, Rodovia Raposo Tavares, Júlio Budinski e Estrada da Amizade, os vídeos tiveram que ser transferidos por partes, seccionando o levantamento original.

Utilizando o programa Adobe Premiere LE foram criados os vídeos correspondentes a cada feição para que este fosse chamado juntamente com a imagem da mesma ao clicar-se no mapa.

Esta operação é feita selecionando uma quantidade de quadros onde a feição correspondente aparece no vídeo. Ao selecionar os quadros, cria-se o novo clipe utilizando a ferramenta *Make Movie* do programa. Repete-se esta operação para criar os vídeos para todas as feições dos dois mapas. O programa Adobe Premiere LE é ilustrado na figura 20.

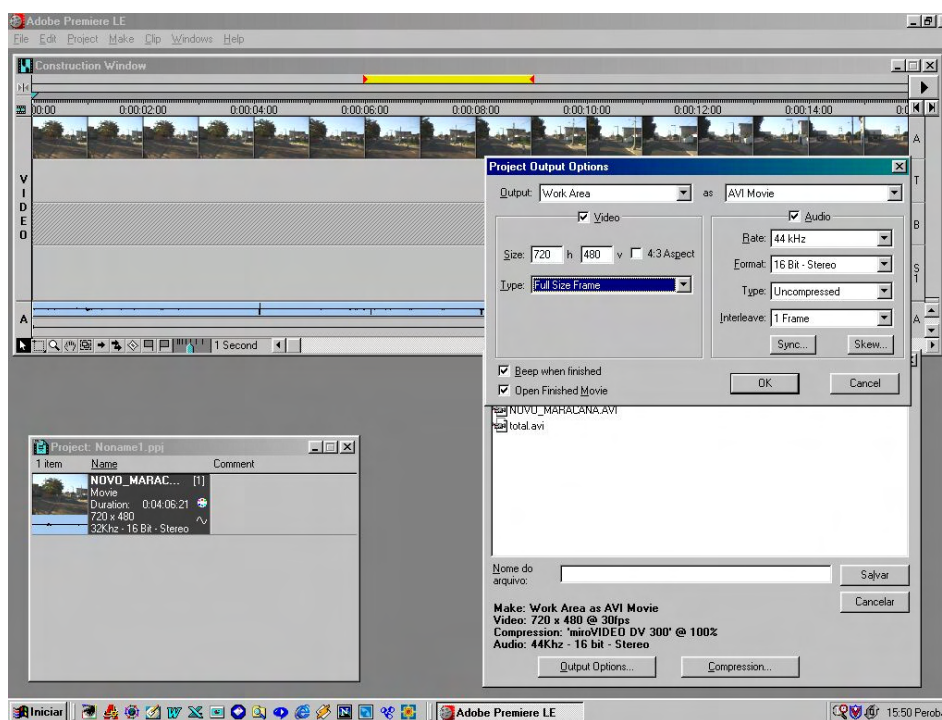


Figura 20 – Transformação do clipe inteiro em pequenos cliques no programa Adobe Premiere LE.



Outro processo realizado foi a junção dos vídeos do levantamento das rodovias com a finalidade de criar um vídeo contendo o percurso integral para utilizá-lo no módulo do programa que mostra a posição da UMMD no mapa.

Fez-se a união dos vídeos escolhendo-os pela seqüência correta e juntando-os, criando-se assim um único vídeo do levantamento. O processo de junção e criação de um novo vídeo é mostrado nas figuras 21 e 22.

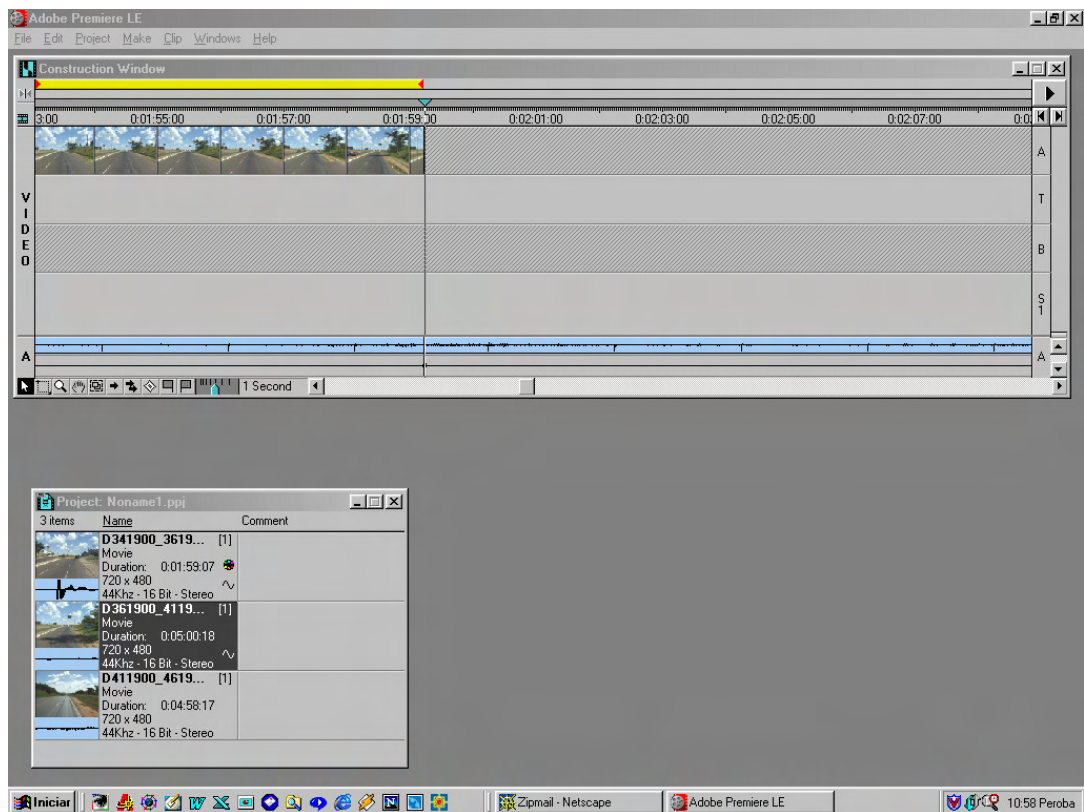


Figura 21 – Preparação para junção dos clipes do levantamento das rodovias.

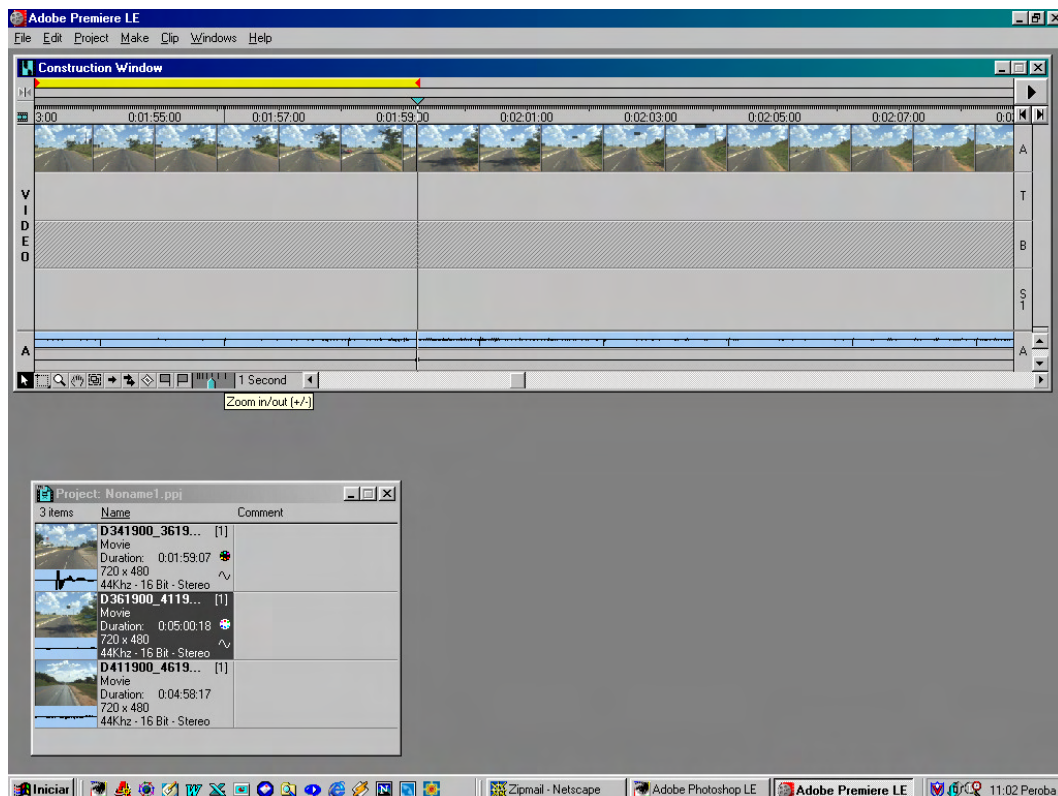


Figura 22 – Junção dos clipes da rodovia Raposo Tavares

Os vídeos correspondentes a cada feição existente no mapa, depois de separados e criados, encontravam-se no formato *avi*. Para otimização de espaço em disco eles foram transformados para o formato *mpg*, sendo que neste novo formato cada vídeo teve uma redução de 1/3 no seu tamanho. Esta transformação foi realizada utilizando-se o programa TMPGEnc, mostrado na figura 23.

O programa possui funções que agilizam sua utilização para conversão dos vídeos. Basicamente basta selecionar o vídeo a ser transformado e dar início ao processo.

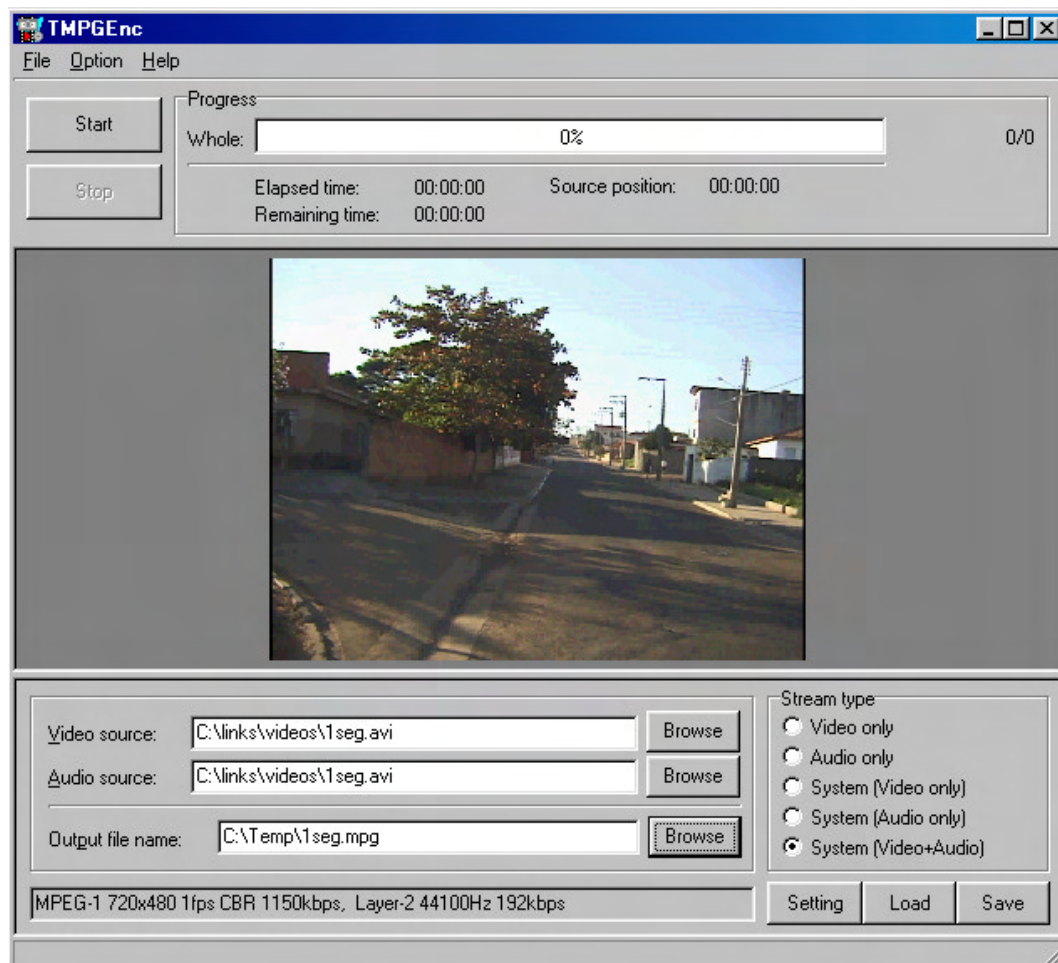


Figura 23 – Exemplo de tela do programa TMPGEnc

### 3.3 Preparação das imagens digitais

O processo de obtenção das imagens digitais pode ser executado de duas formas: utilizando o programa Adobe Premiere LE ou o programa de conversão automática denominado AVI -> BMP desenvolvido por Delgado et al., (2000).

A seleção dos pares de imagens ou quadros e conversão pôde ser feita usando o programa Adobe Premiere LE, na faixa reamostrada, convertendo as imagens para o formato *Bitmap*. A Figura 24 mostra a interface do programa Adobe Premiere LE com quadro pronto para ser transformado em imagem.

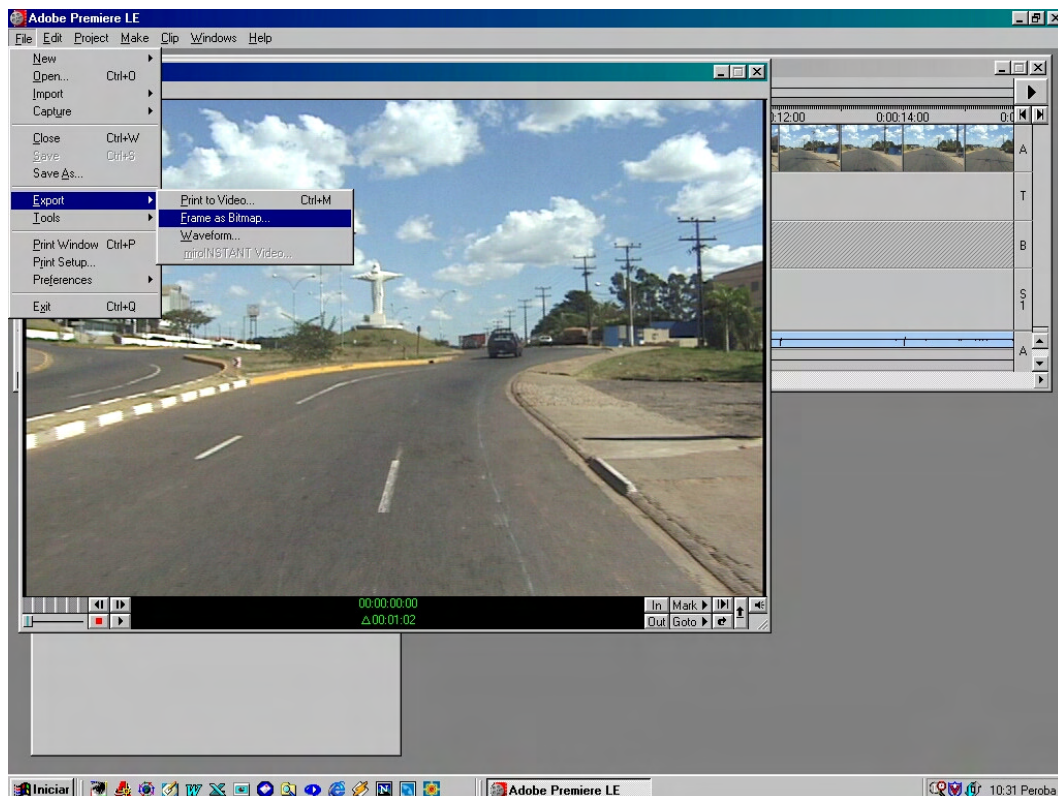


Figura 24 - Programa Adobe Premiere LE

O programa AVI->BMP faz a transformação automática do clipe em imagem em tempo de execução do clipe, isto é, no momento em que o usuário visualiza o clipe, o programa vai transformando e salvando as imagens no mesmo diretório em que o clipe se localiza diferente do programa Adobe Premeire LE que faz a transformação de imagens uma a uma selecionadas pelos usuários.

O uso do programa AVI->BMP é simples. Deve-se abrir o clipe e escolher a nomenclatura da imagem, inserindo os dados nos campos conforme mostra a Figura 25, fornecendo a qual câmara (1 – esquerda ou 2 – direita) o clipe pertence, o minuto e segundo do levantamento, o intervalo em segundos de salvamento de um *quadro* a outro, e o intervalo de quadros que possui o clipe a ser transformado (exemplo:

um clipe sem edição possui 30 quadros por segundo, enquanto que o usado para a transformação possui 1 *quadro* a cada segundo).

Parâmetros	
Câmara	1
Minuto	12
Segundo	00
Salvar Frames	1 /seg
Intervalo de Frames	1 /seg

Figura 25 - Parâmetros para nomenclatura dos arquivos de imagens

Depois de preenchidos os "campos" com o qual sairá a nomenclatura das imagens transformadas, deve-se clicar no botão "Salva Quadros" e o processo de transformação e salvamento se iniciará. O programa AVI ->BMP é ilustrado na Figura 26.

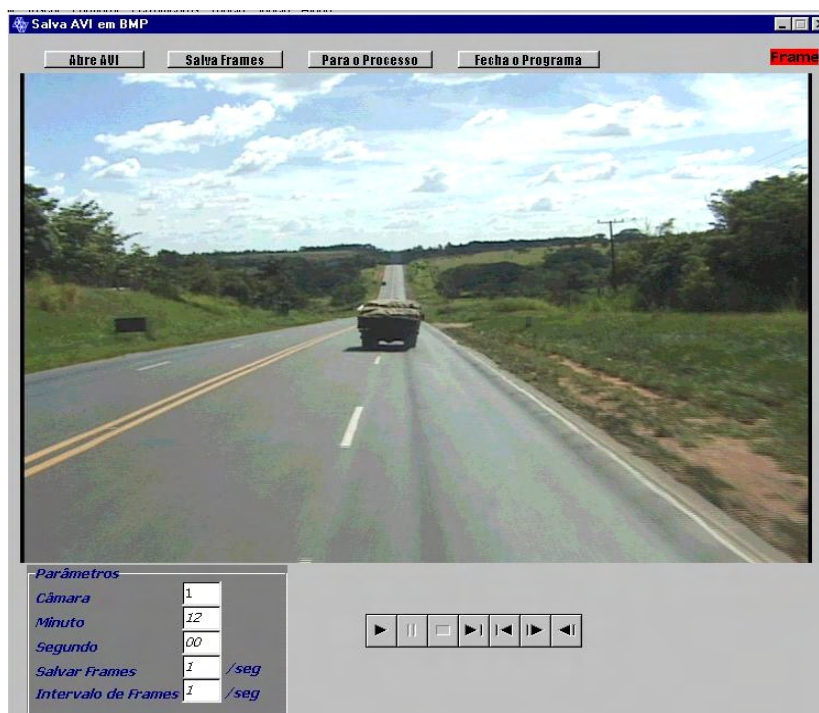


Figura 26 – Tela do Programa AVI ->BMP utilizado para transformar clipes em imagens



Para agilizar a conversão das imagens do formato BMP para o formato JPEG, desenvolveu-se um programa no compilador *Delphi 3* (software BMP<->JPEG).

O programa denominado BMP<->JPEG, implementado com a finalidade de converter grandes lotes de imagens simultaneamente foi desenvolvido usando o compilador Delphi 3. Em testes realizados, fez a transformação com sucesso de 130 imagens no formato BMP para o formato JPEG e vice –versa.

O programa é de fácil uso, e, primeiramente deve-se selecionar as imagens que se deseja transformar, BMP ou JPEG, clicando no botão relacionado a extensão da imagem escolhida, “Abre Bitmaps” ou “Abre Jpegs”.

Informa-se o diretório das imagens e faz-se a seleção. Se desejar escolher todas as imagens existentes no diretório, seleciona-se uma e através da tecla *Ctrl A* faz-se a seleção de todas as outras restantes.

Pode-se visualizar as imagens escolhidas, selecionando uma a uma. A imagem selecionada aparecerá na tela do programa.

Também pode-se remover as imagens que não se deseja realizar a transformação. Basta selecionar as imagens e clicar no botão de remoção, no caso “Remove Jpegs” ou “Remove Bitmaps”.

Após o processo de escolha das imagens a serem transformadas, pode-se dar início à conversão para o formato JPEG ou BMP. Basta clicar nos botões de conversão existentes, “Converte em BMP” e “Converte em JPEG”. O programa então fará a conversão das imagens que foram selecionadas para o formato escolhido (figura 27).

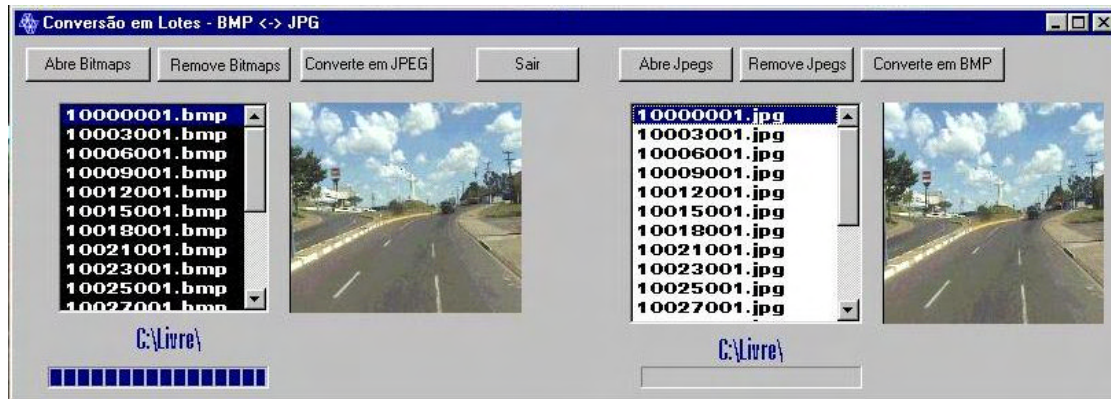


Figura 27 – Imagens semelhantes após transformação do formato *bmp* para *jpeg*.

### 3.4 Estruturação do programa

Como já foi dito inicialmente, a estruturação do programa teve como inspiração e exemplo a possibilidade de ligar feições mostradas em um mapa com suas respectivas imagens e vídeos assim como é executado por programas como o Microstation SE e o ArcView GIS.

Estes programas utilizam, no caso particular do ArcView, de uma ferramenta chamada *Hotlink*. O *Hotlink* permite ao usuário acessar virtualmente qualquer dado ou aplicação direta através da tela do programa. Por exemplo, quando o usuário seleciona uma construção representada na tela por um polígono e olha a vista frontal desta construção através de uma fotografia, ou seleciona um monumento histórico representado no mapa e visualiza um vídeo do local onde o mesmo se encontra.

Um *hotlink* através de uma feição, no caso do ArcView, funciona da seguinte maneira: o usuário seleciona a feição e associa o identificador (ID) desta feição ou um campo específico na tabela de atributos do tema, não necessariamente o ID, e

configura uma ação que irá abrir uma outra vista mostrando uma imagem ou um vídeo selecionado.

A ação especificada está diretamente ligada ao ID da feição selecionada, sendo que o usuário ao predefinir a ação mostra ao programa onde se encontra o dado que será ligado à feição selecionada. No caso deste dado vir a ser mudado de lugar (diretório onde se encontra armazenado), a ação perderá sua funcionalidade. Abaixo um exemplo simplificado de um esquema funcional de um *Hotlink*:

COVER-ID	PATHNAME
1	c:\videos\id1.avi
2	c:\videos\id2.avi
3	c:\videos\id3.avi
4	c:\videos\id4.avi
5	c:\videos\id5.avi

Basicamente o programa implementado segue este esquema de funcionamento. Os dados, no caso imagens e vídeos, seguem armazenados em um diretório específico, com o caminho deste diretório cadastrado em uma tabela e, cada dado está ligado à feição pelo identificador da mesma.

Este esquema da ligação é feito para cada tabela dos diferentes planos de informação existentes: árvores, placas, postes, etc. Cadastrando para cada identificador um caminho de vídeo e de imagem na qual a feição aparece representada. A figura 28 mostra a composição de uma tabela com os cadastros já realizados.



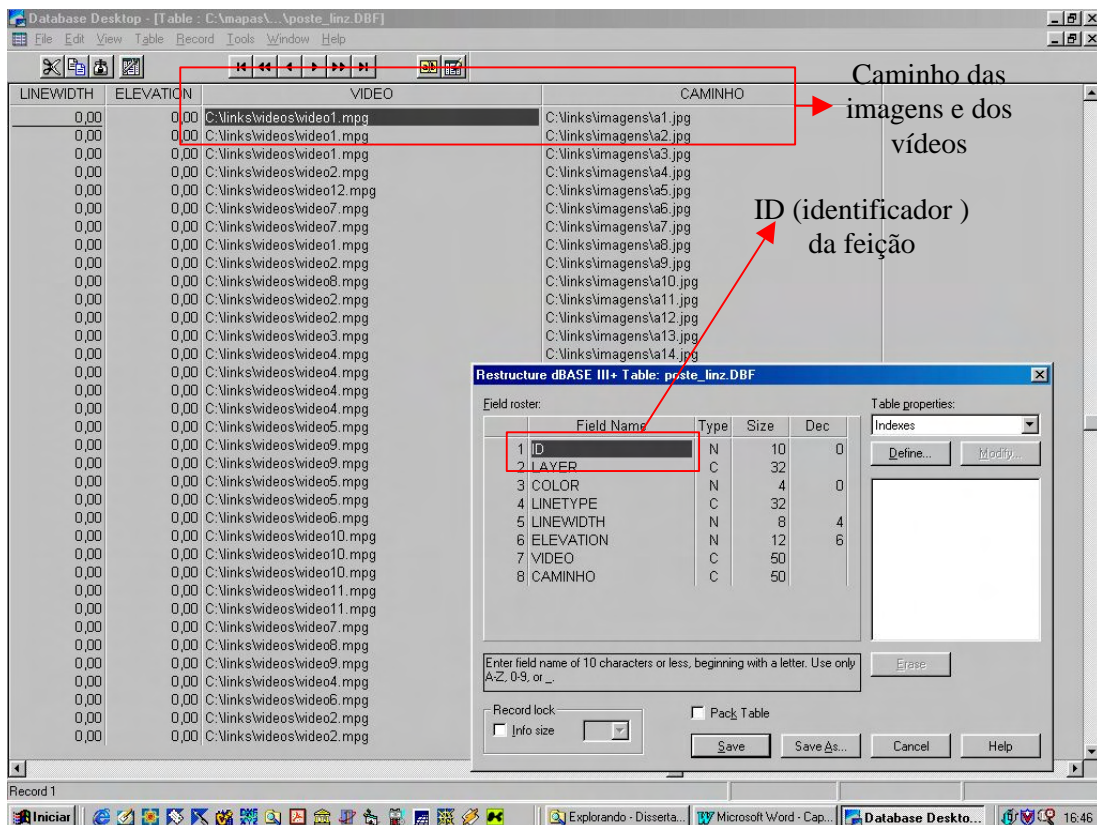


Figura 28 – Tabela mostrando o caminho das imagens e dos vídeos

### 3.5 Modelos Conceituais do programa

A representação do modelo conceitual do módulo que executa a visualização das imagens e vídeos (figura 29) tem a entidade IDENTIFICADOR como uma entidade forte, enquanto as outras entidades são ditas normais.

A modelagem foi definida como está porque se desejava que o ID fosse o foco principal, já que ele permite a ligação da feição com as imagens e vídeos. Deste modo, todas as outras informações deveriam ser ou estar correlacionadas com o ID.

No módulo que mostra a posição do veículo no mapa, a entidade que controla a ferramenta no mapa é o *Timer* (figura 30), que através do tempo de duração do vídeo faz a sincronização do andamento do mesmo com a posição da UMMD no mapa.

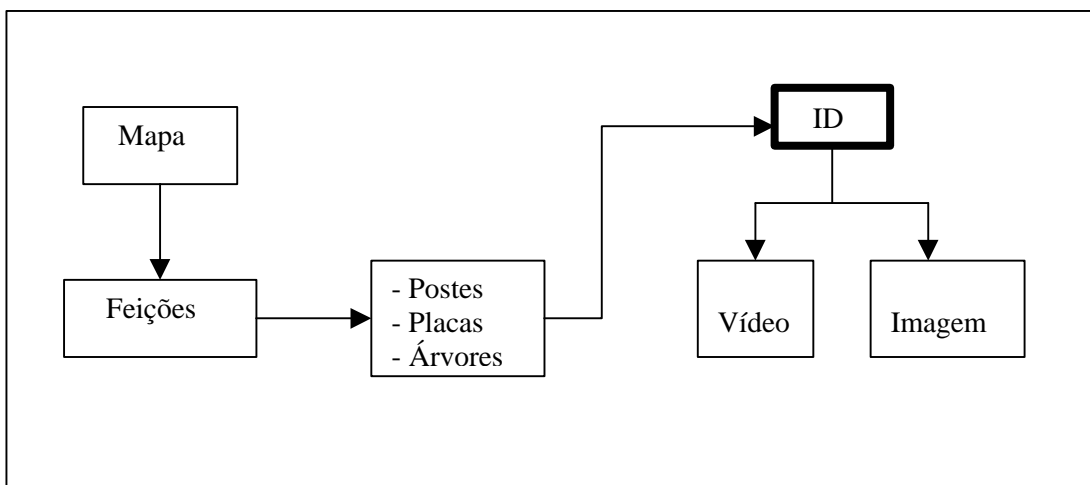


Figura 29 – Modelo conceitual do módulo de ligação de feições às imagens e vídeos

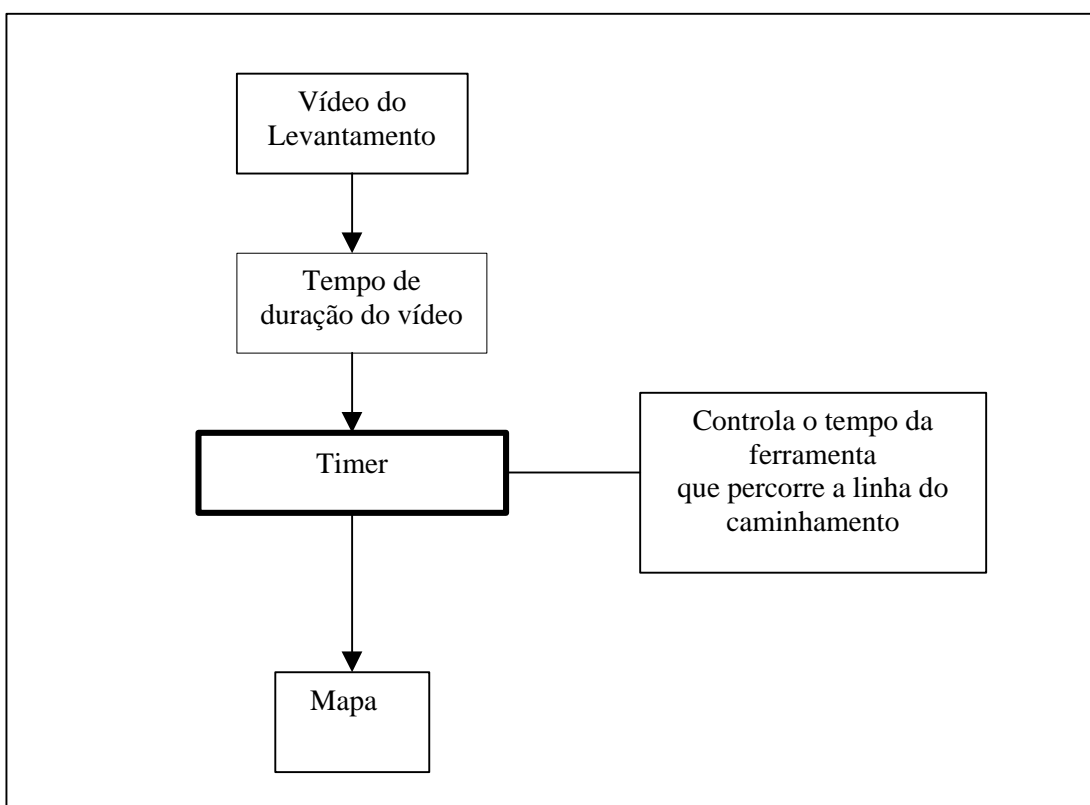


Figura 30 – Modelo conceitual do módulo que mostra a UMMD no mapa

#### 4 IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA

A construção do programa foi executada procurando atingir os objetivos propostos quando da elaboração do projeto de mestrado, que eram: ligação do mapa com vídeo e imagens e ferramenta que permitisse mostrar a posição do veículo no mapa.

Assim sendo, foram criados os seguintes módulos: visualizador do mapa que permite ver o vídeo e a imagem, visualizador da trajetória do levantamento e visualizador de imagem aérea com mapa e vídeo.

A primeira etapa foi a instalação do componente utilizado, denominado Map Objects, para dar-se início a construção do programa.

Após instalar o componente, deve-se importar suas classes para uso no ambiente do compilador, no caso em particular o Delphi 3.

Após esta operação, o componente é criado na paleta de componentes *Active X* do compilador (figura 31), estando pronto para uso na construção das mais diversas aplicações.



Figura 31 – Tela do compilador *Delphi* mostrando o componente *Map Objects* instalado

A primeira tarefa executada foi a separação das imagens e de trechos dos vídeos referentes às suas respectivas feições. Depois cadastrou-se o caminho e o diretório onde os mesmos se encontram, nas tabelas criadas para este fim, e aí partiu-se para a construção das rotinas do programa .

A tela inicial do programa permite abrir os mapas e realizar a pesquisa e visualização das imagens ligadas às feições (figura 32). Possui o menu com os módulos de visualização do percurso da UMMD nos diferentes levantamentos, além de ícones de atalhos para a maioria das funções. Na parte inferior são mostrados as coordenadas do mapa.

Nos itens seqüentes são descritos os módulos citados acima de modo geral, já que o detalhamento operacional do programa será apresentado no Capítulo 5. São apresentados também os formulários que pertencem a cada módulo.

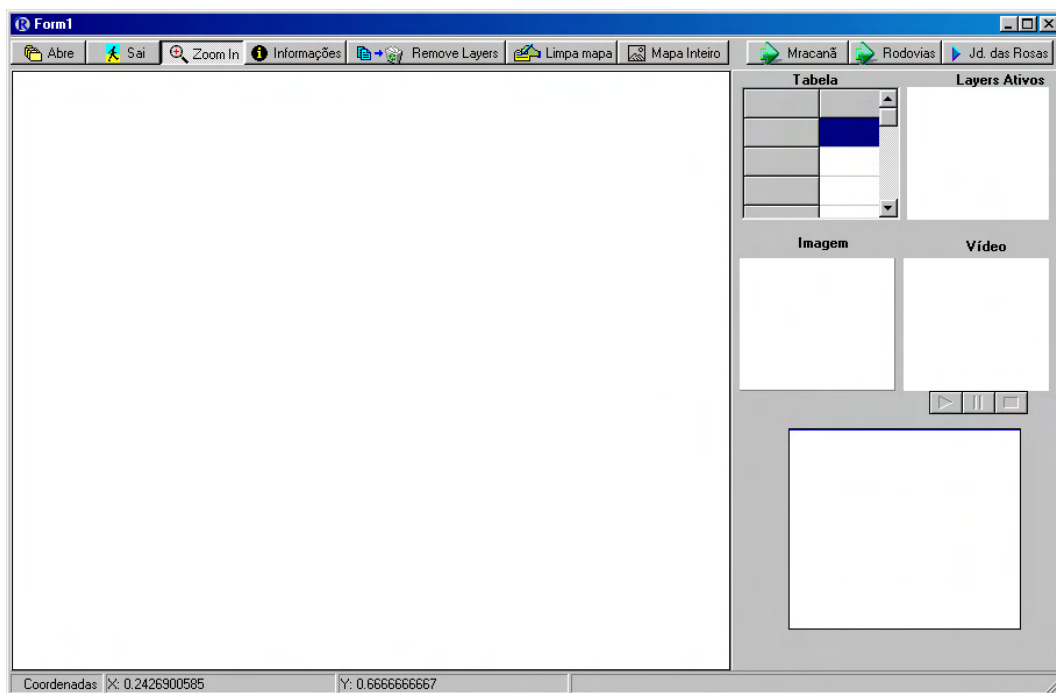


Figura 32 – Tela principal do programa

#### 4.1 Programa de visualização dos mapas

Iniciou-se a construção do programa principal a partir desta rotina de visualização de mapas digitais, oriundos dos levantamentos realizados com a UMMD, conforme mostra a figura 33.

Este programa foi o primeiro a ser criado, visando a aprendizagem na manipulação do componente *Map Objects* e das classes específicas relacionadas aos componentes.

O programa abre um plano de informação de cada vez, permitindo ao usuário a montar o mapa por camadas e possui recursos de *zoom* e *pan*.

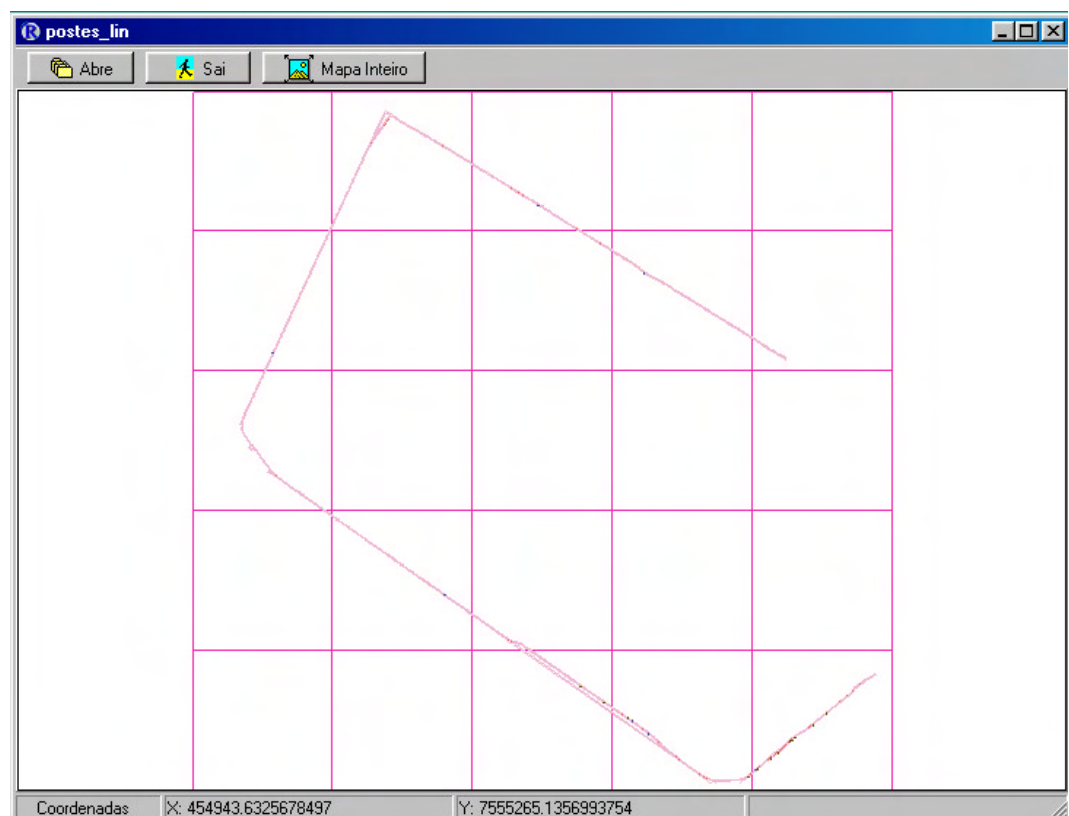


Figura 33 – Programa que permite visualizar arquivos no formato *shape*

## 4.2 Módulo de visualização de mapas, imagens e vídeos

Este é responsável pela integração das feições representadas no mapa com suas imagens e vídeos. Neste módulo é possível realizar a visualização dos mapas, sendo que neste caso, os mesmos já estão com suas feições ligadas aos vídeos e as imagens.

Permite ao usuário ver o mapa, localizar uma feição nele representada (postes, placas de sinalização, pontos de ônibus, etc) e, ao clicar nesta feição, visualizar a imagem do local onde esta feição se encontra e ainda visualizar o vídeo do local conforme ilustra a figura 34.

Possui ferramentas de *zoom*, e permite a inclusão e exclusão de planos de informação, de acordo com a necessidade do usuário. Este programa foi construído a partir do primeiro que permite a visualização dos mapas.

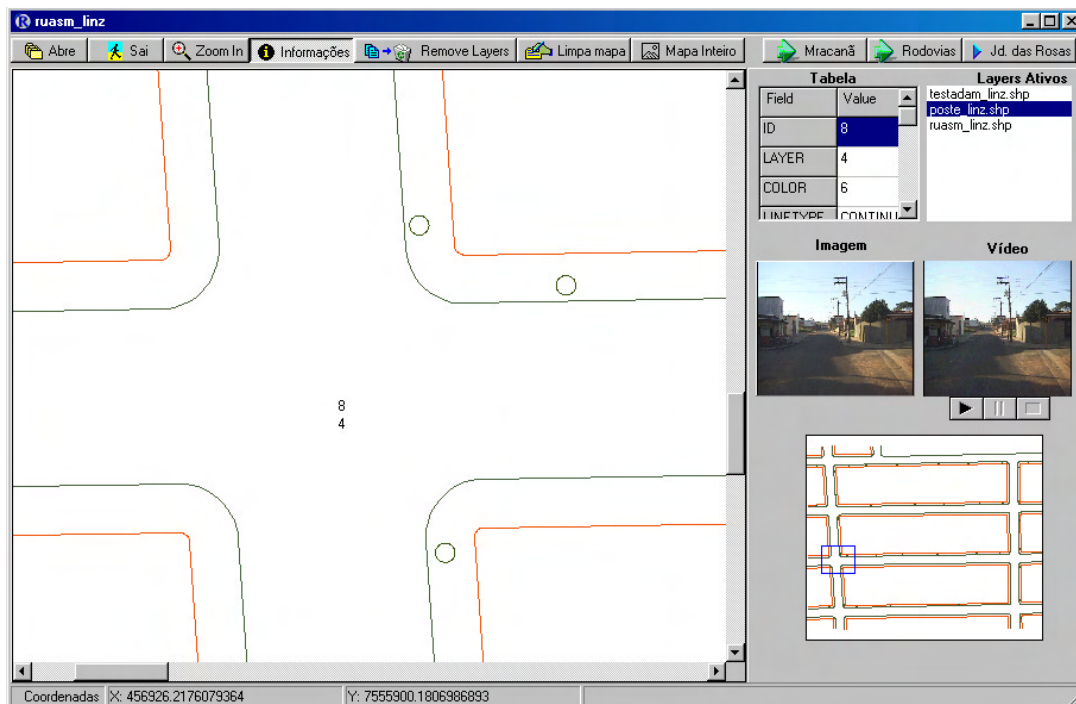


Figura 34 – Visualização da imagem e vídeo de um poste

### **4.3 Módulos de visualização das trajetórias da UMMD nos levantamentos referentes ao Jd. Maracanã e rodovias**

Estes são os módulos que se mostraram mais complexos em termos de programação, sendo os mais atraentes do programa em questão. Mostram-se muito úteis para os usuários, pois permitem a realização de supervisão e análise das condições do pavimento de determinado local, dada a posição indicada no mapa.

Nos levantamentos realizados com a UMMD tem-se, após processamento dos dados, o percurso do local mapeado.

Estes módulos mostram a posição da UMMD na linha do percurso, juntamente com o vídeo dando ao usuário uma noção de como foi executado o levantamento e como foi percorrido o local mapeado. Tem-se uma poderosa ferramenta para realizar avaliações acerca dos locais mapeados.

Nas figuras 35 e 36 tem-se a visualização da UMMD nos diferentes levantamentos.

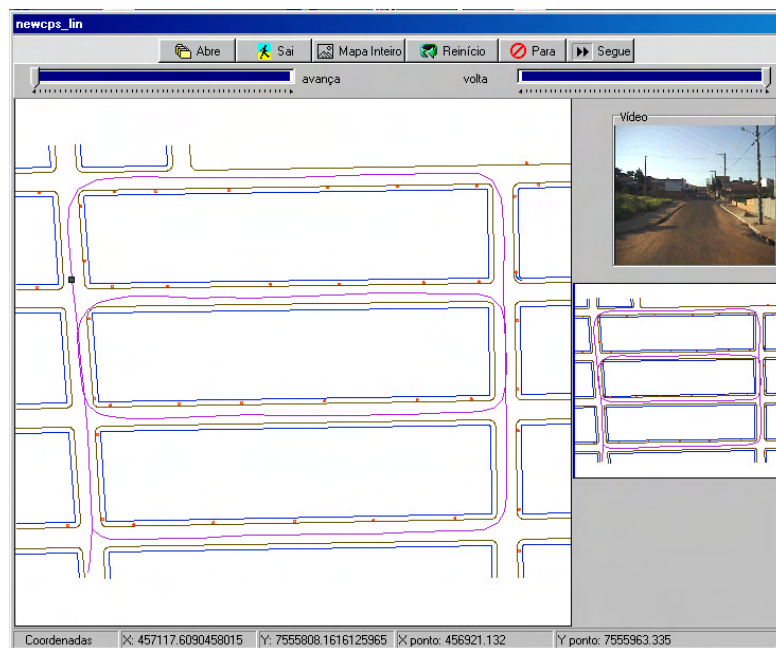


Figura 35 – Visualização da posição da UMMD no mapa do levantamento do Jd. Maracanã

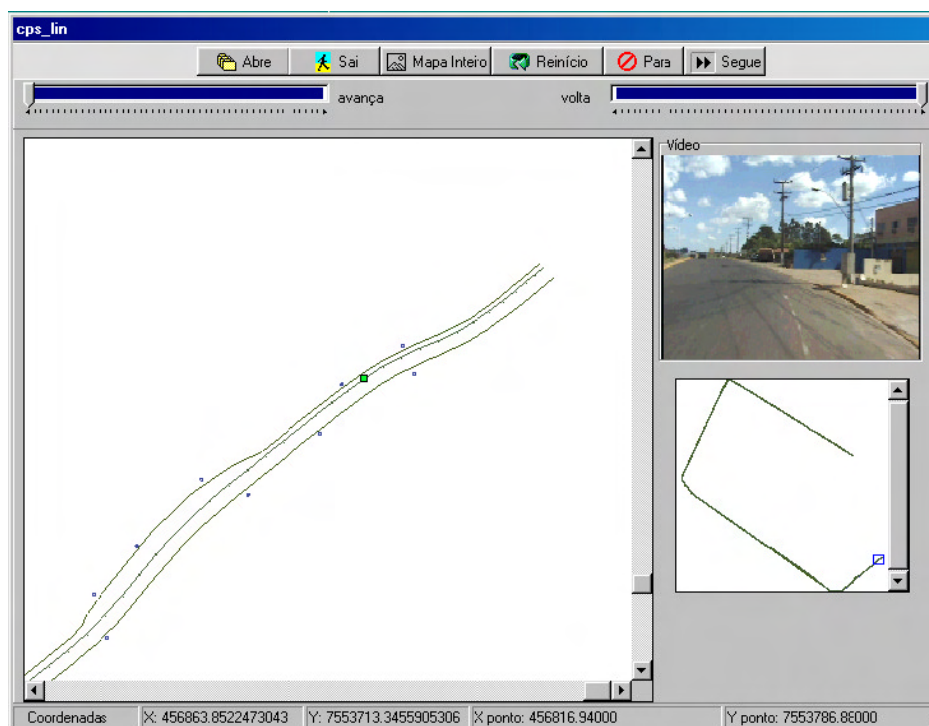


Figura 36 – Visualização da posição da UMMD no mapa do levantamento das rodovias



#### 4.4 Módulo de visualização da trajetória da UMMD no levantamento do Jd. das Rosas

A última parte implementada no programa foi o módulo que integra uma imagem aérea com vídeo terrestre filmado com a UMMD.

Este módulo realiza função semelhante às anteriores, mostra a posição da UMMD no percurso do local mapeado, só que com a adição de uma imagem aérea, fornecendo melhores detalhes e também um melhor panorama geográfico acerca da região mapeada.

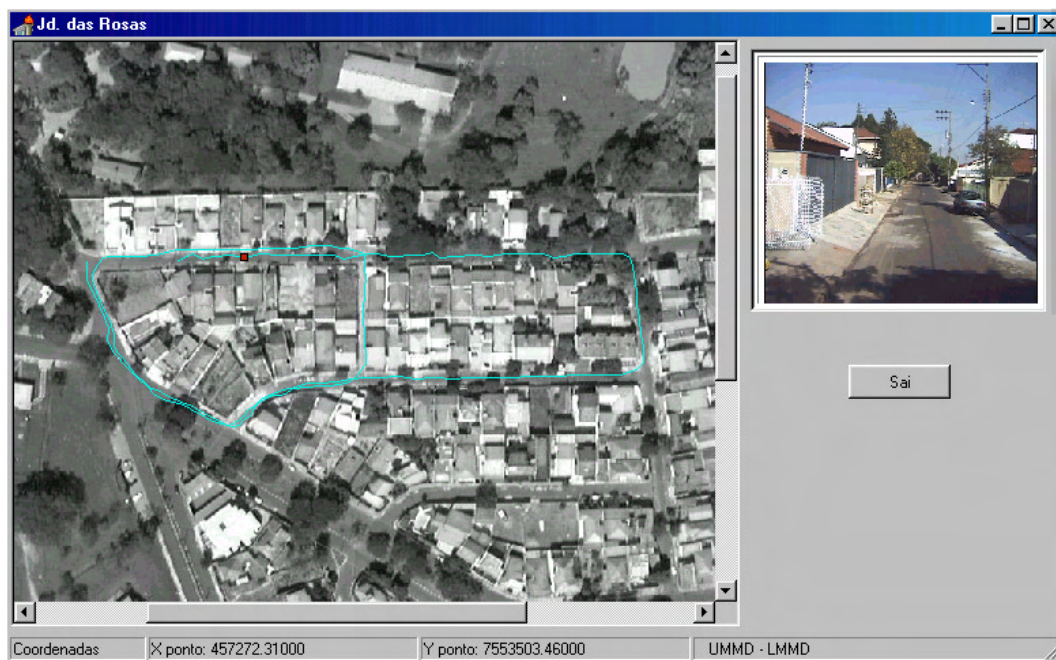


Figura 37 – Visualização da posição da UMMD no mapa no levantamento do Jd. das Rosas

Com a finalização deste módulo, deu-se por completa a primeira versão do visualizador para um sistema de mapeamento móvel de mapeamento digital.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresenta-se uma análise visual e técnica do programa desenvolvido. Como não há possibilidade de fazer uma comparação ou análise numérica do mesmo, será mostrada uma análise com base em observações práticas (rendimento, aplicabilidade, facilidade, velocidade e segurança).

Mesmo com as imagens e vídeos armazenados em um diretório externo, o acesso a eles é relativamente rápido, levando em conta que cada vídeo individual tem cerca de 4 Mb e os vídeos dos levantamentos nos módulos de visualização de trajetória tem 70 Mb (Jd. das Rosas e Jd. Maracanã) e 270 Mb (Rodovias).

Foram realizados diversos testes nos módulos de visualização de trajetória visando testar as ferramentas implementadas como voltar o vídeo, avançar o vídeo, parar e seguir. Os testes mostraram que os módulos funcionaram, mostrando sincronização entre os vídeos e a ferramenta que mostra a posição no mapa.

Um outro ponto que deve ser analisado é com relação à segurança dos dados (imagens e vídeos). A maior fragilidade é em relação às imagens estarem sendo gerenciadas em um diretório externo, permitindo ao usuário acesso direto a elas. Com isso tudo, caso alguém apague ou renomeie alguma imagem, a integridade dos dados é rompida. Desde modo, há a necessidade de melhorar esta proteção.

Foram discutidos alguns esquemas e *lay-out* com alguns colaboradores (membros do laboratório) e com professores que participaram da banca de exame de qualificação<sup>1</sup>, onde foi mostrado o programa desenvolvido. Outras importantes contribuições foram dadas pelo Prof. Dr. Luiz Felipe<sup>2</sup>, do Instituto Militar de Engenharia

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Júlio Kioshi Hasegawa e Prof. Dr. Messias Meneguette Júnior

<sup>2</sup> Prof. Dr. Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva, do Departamento de Cartografia - IME

- IME, durante o estágio realizado no Rio de Janeiro, sendo que estas ficaram para a implementação final do programa.

O programa possui uma interface amigável. Foram criados vários ícones de modo a proporcionar um aumento da produtividade do trabalho, evitando grande número de acessos a menus.

Uma vantagem do programa é no módulo que permite visualizar as imagens e vídeos ligadas às feições, qualquer mapa no formato *shapefile* que tiver o caminho de uma imagem ou vídeo ligado a um identificador de feição ou atributo cadastrado poderá ser visualizado.

Uma limitação desta versão é que ela disponibiliza o módulo de visualização dinâmica apenas para os levantamentos já realizados com a UMMD. Para as próximas versões poderá criar uma ferramenta que permita que esta opção esteja disponível para outros levantamentos.

O programa também realiza a visualização de um vídeo e de uma imagem. Como nos levantamentos utilizam-se um par de câmaras, poderá futuramente realizar-se a visualização do par de vídeos e de imagens das feições.

Isto seria útil em uma futura integração com o Banco de Imagens Georreferenciadas (BIG), para que se possa realizar mediadas nos pares estereoscópicos.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho visou mostrar as etapas de desenvolvimento da primeira versão do visualizador que integra imagens, mapas e vídeos provenientes do Sistema Móvel de Mapeamento da FCT/Unesp.

Diversos desafios foram enfrentados no desenvolvimento do programa. O maior deles foi, sem sombra de dúvida, a de desenvolver um programa que cumprisse integralmente com os objetivos pré-determinados, ou seja, servisse como um protótipo para uma análise criteriosa da situação atual e que permitisse, para a próxima versão, correções e alterações de modo a aperfeiçoá-lo.

O objetivo foi alcançado e atualmente pode-se direcionar o programa de modo a permitir que se adapte a um cliente com necessidades mais específicas, visto que toda a modelagem e definição das informações foram escolhidas e definidas, procurando dar flexibilidade para que o programa execute visualização de mapas de naturezas e finalidades diversas, não apenas mapas de ruas e rodovias.

Muitas questões podem ser levantadas com relação ao futuro do programa. Basicamente, estas questões estão relacionadas com o próximo passo do desenvolvimento. Considerando este contexto, pode-se sugerir algumas recomendações para tal decisão:

- ✓ O programa busca os dados (vídeos e imagens) em um diretório previamente especificado. Há um problema neste tipo de armazenamento, pois se o diretório for modificado o programa não executará a função de visualização das imagens e vídeos. Recomenda-se o uso de um arquivo de configuração onde esteja especificado

previamente alguns arquivos que o programa utiliza, para que o mesmo através deste procure os dados nos diversos *drives* do computador;

- ✓ Nova implementação do programa utilizando uma linguagem como Java, que permita a utilização do mesmo em outros sistemas operacionais, e também direcioná-lo para aplicações na Internet;
- ✓ Submetê-lo à avaliação de usuários específicos para criação de novas funções e modificações em funções já criadas visando dar maior aplicabilidade ao programa;
- ✓ Integrá-lo ao BIG, procurando ligar as informações alfanuméricas existentes no banco com as informações gráficas do programa, permitindo uma visualização mais apropriada dos dados no contexto cartográfico.

O programa será de grande utilidade prática, principalmente nos mapas confeccionados a partir dos levantamentos realizados com a UMMD, pois permitirá a visualização de imagens de feições e do local onde os mesmos foram realizados, dando aos usuários mais uma ferramenta para ajudar na avaliação de aspectos específicos acerca do local mapeado. Dentre as diversas aplicações e utilidades do programa citam-se:

- ✓ Utilização em administrações municipais para a localização, visualização e gerenciamento das informações referentes a um arruamento;
- ✓ Interesse de empresas relacionadas à conservação de estradas, tais como Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER) e terceirizadas;

- ✓ Empresas e organizações que lidam com serviços de utilidade pública: água, energia, (tele)comunicações, transportes etc.

Para finalizar, dada as potencialidades e abrangência de sistemas desta natureza, devem ser incentivados estudos e projetos multidisciplinares para que uma efetiva contribuição possa ser dada à sociedade como um todo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUTCHER, G., FRASER, C., LEAHY, F., JUDD, M., KEALY, A. N., An Integration Methodology for Automating Railway Asset Management in Queensland, Australia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MOBILE MAPPING TECHNOLOGY, 3., Cairo, International Archives..., ISPRS, CD-ROM. 12 p., 2001.
- CÂMARA, G. As roupas novas do Imperador. Revista InfoGeo, 12, 2000.
- BOSSLER, J. D. et al. Digital mapping on the ground and from the air. GEO INFO SYSTEMS, January, p. 44-48, 1994.
- DELGADO, F. F. O.; GALLIS, R. B. A.; MATSUOKA, M. T. Mapeamento de rodovias utilizando a Unidade Móvel de Mapeamento Digital. Trabalho de Graduação do Curso de Engenharia Cartográfica. Presidente Prudente, 2000. 72 p.
- ESRI – Environment Systems Research Institute : <http://www.esri.com>.
- \_\_\_\_ - MAPOBJECTS 2.0 – Programmer’s Reference. 1999.
- FERREIRA, L.F. Estrutura de Dados para a Carta Eletrônica Terrestre. Rio de Janeiro, 1993.152 p. Dissertação de Mestrado – Instituto Militar de Engenharia.
- FERREIRA, L.F. Avaliação e Integração de Bases Cartográficas para Cartas Eletrônicas de Navegação Terrestre. São Paulo, 1998. 183 p. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo.
- FIRKOWSKI, H.; CARVALHO, C. A. P.; SKROCH, L. S. D.; GONÇALVES, M. A. L. A. O Formato ‘Shapefile’ como Representação de Dados. IV Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, CD- ROM, Florianópolis, 2000.
- FOLEY, JAMES D., VAN DAM, A., FEINER, S. K., HUGHES, J. K. Computer Graphics - Principles and Practice, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- GAJDAMONWICZ, K. Module-Based Mobile Mapping System for Land and Airborne Plataforms. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MOBILE MAPPING TECHNOLOGY, 3., Cairo, International Archives..., ISPRS, CD-ROM. 12 p., 2001.
- GUARDIA, M. C.; REISS, M. L. L.; SILVA, R. A. C., Levantamento Topográfico usando o Sistema Móvel de Mapeamento Digital. Trabalho de Graduação do Curso de Engenharia Cartográfica. Presidente Prudente, 1999. 111p.
- GOMES, J.; VELHO, L. Computação Gráfica: v. 1. RJ, Impa/Sbm, 1998.
- GOVOROV, M.O. & KHOREV, A.G. Object-Oriented GIS and Representation of Multi-Detailed Data. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ISPRS, 18., 1996, Viena. International Archives... ISPRS, 1996, v. 31, t. B4, p. 445-50.

- HE, GUANGPING. Design of a Mobile Mapping System for GIS Data Collection. In: International Congress of ISPRS, 18., 1996a, Viena. International Archives..., ISPRS, 1996a, v. 31, t. B2, p. 154-159.
- KOFLER, M., REHATSCHEK, H. & GRUBER, M. A Database for a 3D GIS for Urban Environments supporting Photo-Realistic Visualization. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ISPRS, 18., 1996, Viena. International Archives... ISPRS, 1996, v. 31, t. B2, p. 198-202.
- MARQUES, O. F.; VIEIRA, H. N. Processamento Digital de Imagens. Brasport, 1999.
- MIANO, J. Compressed Image File Formats. Addison-Wesley, 1999.
- MURRAY, E. M.; VANRYPER, W. Encyclopedia of Graphics File Formats. O'Reilly & Associates, 1994.
- OLIVEIRA, R.A. & SILVA, J.F.C. Caminhamento Fotogramétrico Aplicados aos Sistemas Móveis de Mapeamento Digital Terrestre. X Congresso de Iniciação Científica, Livro de Resumos, Rio Claro. p83, 1998a.
- \_\_\_\_\_. Triangulação de uma seqüência de imagens digitais terrestres. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 3., Florianópolis, Anais..., CD-ROM. 8p, 1998b.
- \_\_\_\_\_. Calibração de um par de vídeo câmaras digitais. XIX Congresso Brasileiro de Cartografia, CD-ROM, Recife, 4 p., 1999.
- OLIVEIRA, R.A., SILVA, J.F.C. & GALLIS, R.B. Banco de imagens georreferenciadas obtidas por um sistema móvel de mapeamento digital. CONGRESSO BRAS. DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 4., Florianópolis, Anais..., CD-ROM, 10 p., 2000.
- ROGERS, D. F.; ADAMS, J. A. Mathematical Elements For Computer Graphics. Mcgraw-Hill Publishing Company, 2nd Edition, 1990.
- ROGERS, D. F. Procedural Elements For Computer Graphics. Mcgraw-Hill Publishing Company, 1985.
- SILVA, J.F.C.; OLIVEIRA, R.A. Caminhamento Fotogramétrico para Levantamentos Urbanos. XVIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, 1997, 8p.
- SILVA, A.R., BATISTA, J.C., OLIVEIRA, R.A., CAMARGO, P.O., SILVA, J.F.C. Surveying and mapping of urban streets by photogrammetric traverse. Mobile Mapping Technology Workshop, Anais..., Bangkok, 4 p., 1999.
- SILVA, J.F.C., CAMARGO, P.O., OLIVEIRA, R.A., GALLIS, R.B.A., GUARDIA, M.C., REISS, M.L.L., SILVA, R.A.C. Mapeamento de ruas com um Sistema Móvel de Mapeamento Digital. Revista Brasileira de Cartografia, Curitiba, v.53, p.82-91, 2001.



SILVA, J.F.C., CAMARGO, P.O., OLIVEIRA, R.A., GALLIS, R.B.A., GUARDIA, M.C., REISS, M.L.L., SILVA, R.A.C. A street map built by a mobile mapping system. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ISPRS, 19., Amsterdam, International Archives... ISPRS, v. 32, t. B2, p. 510-7, 2000.

SILVA, J.F.C. & OLIVEIRA, R.A. Triangulation of a sequence of terrestrial digital images. In: ISPRS Commission II International Symposium on Data Integration – Systems and Techniques, Anais..., Cambridge, 5 p., 1998.

SILVA, J.F.C., OLIVEIRA, R.A. & GALLIS, R.B. Georeferenced road image database. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MOBILE MAPPING TECHNOLOGY, 3., Cairo, International Archives..., ISPRS, CD-ROM. 8 p., 2001.

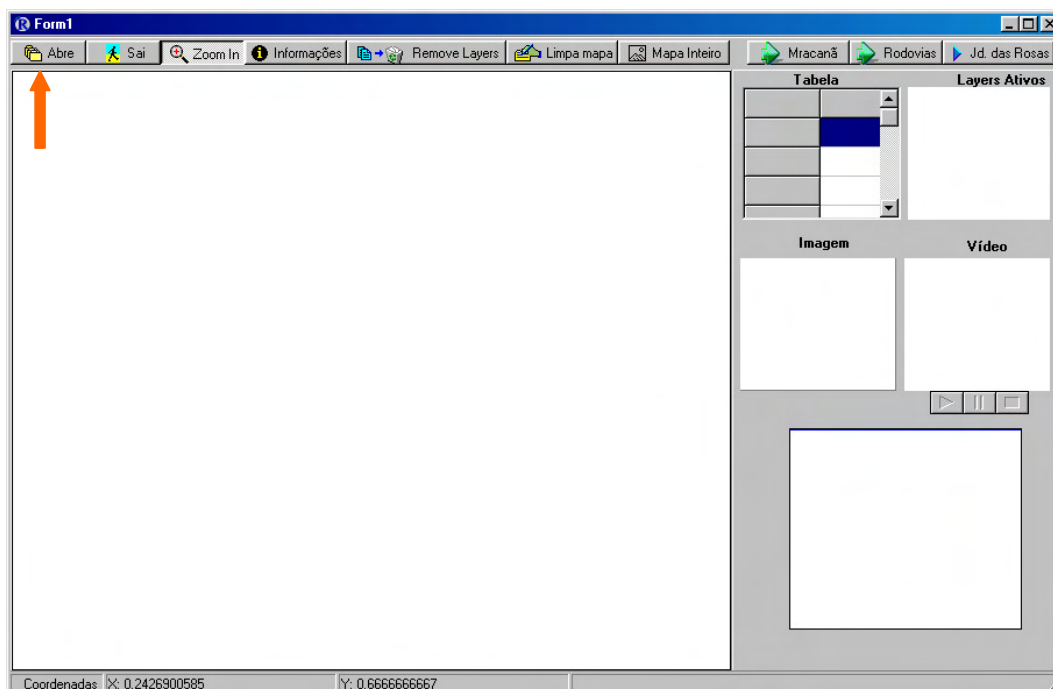
TOTH, C. Mapping with a mobile image acquisition system. GeoInfo System, p. 35-37, 1995.

WIRTH, N. Algorithms and data structures, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1986.

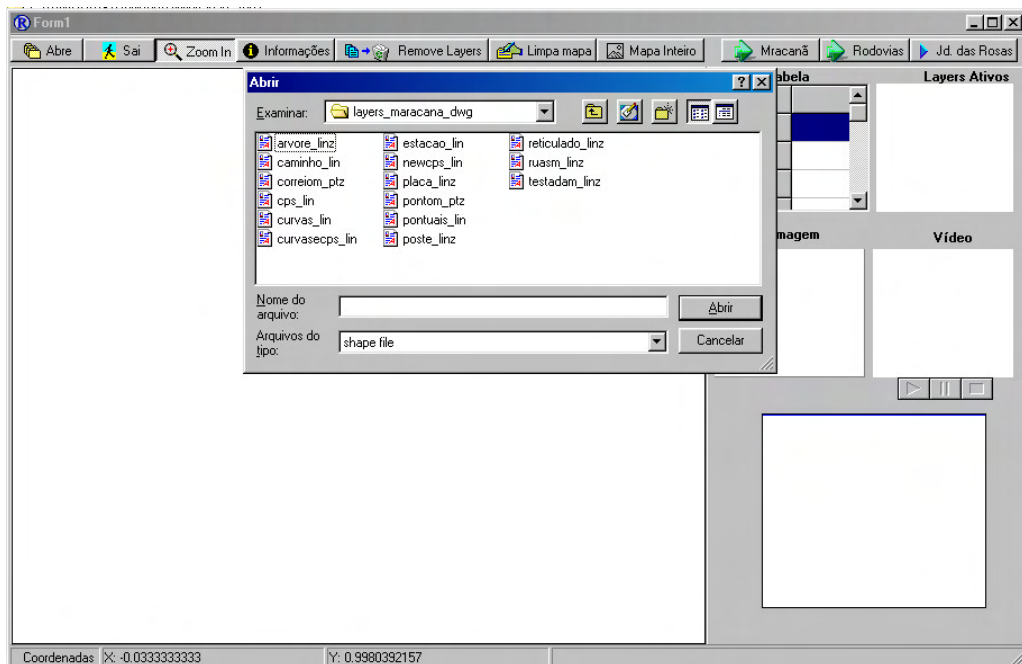
## ANEXO A – UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

### A.1 Visualizando Mapas

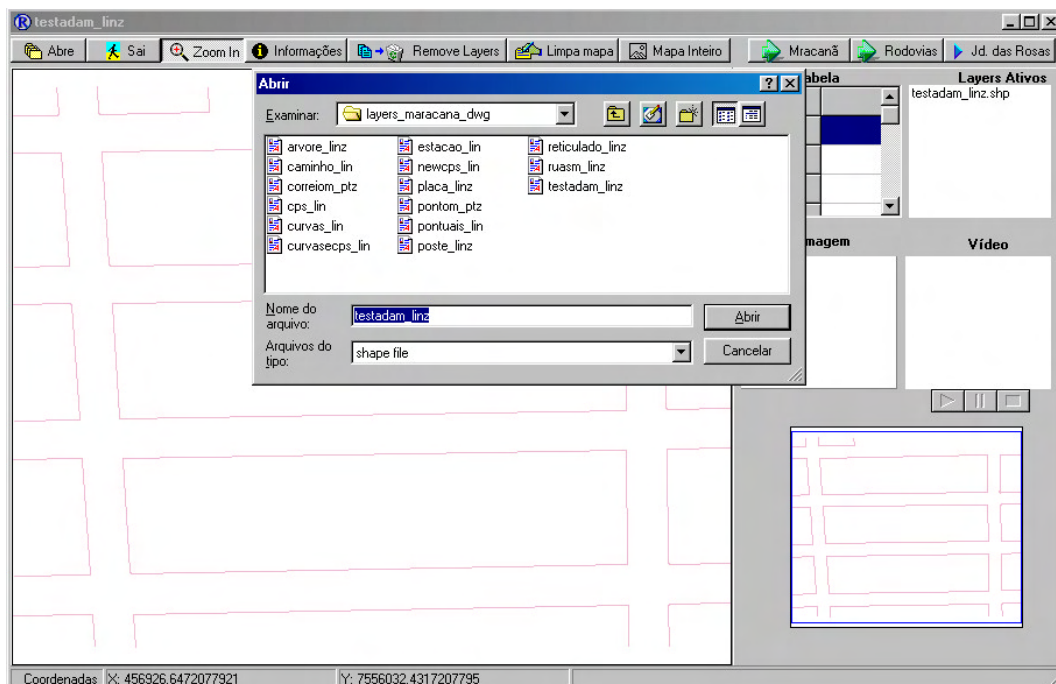
Na tela inicial do projeto, clica-se no botão com a opção **Abrir**.



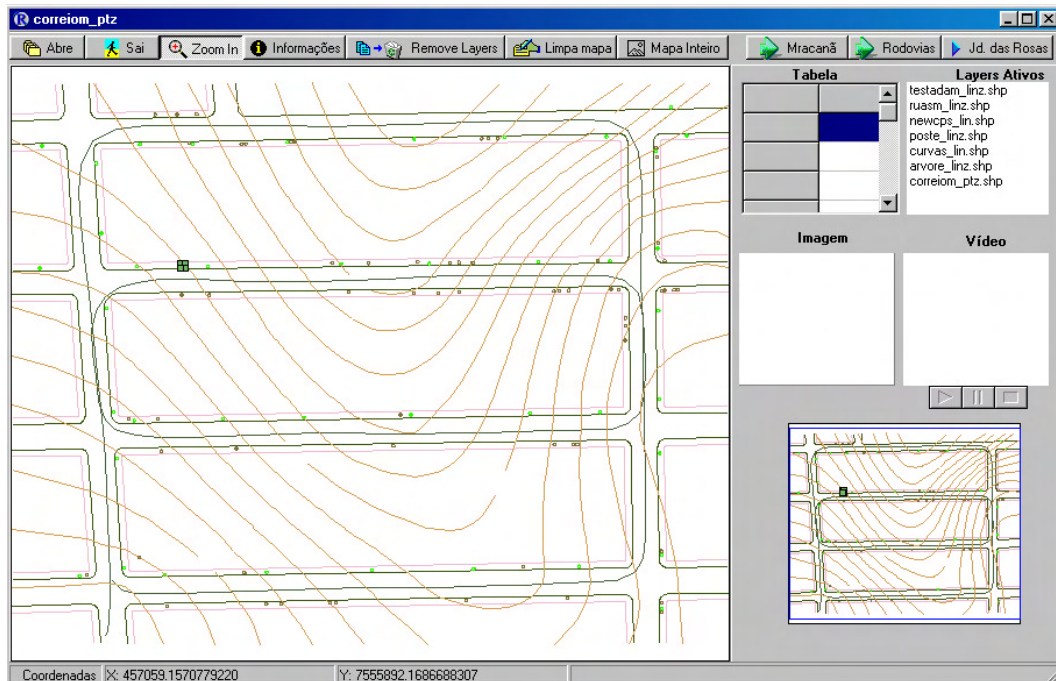
A seguinte caixa de diálogo se abre para escolher os planos de informação que irão ser visualizados.



Após a escolha do primeiro plano de informação (o programa monta o mapa em camadas), basta pressionar o botão abrir novamente que o programa buscará no diretório onde se encontrava o primeiro plano de informação, para o usuário escolher o próximo a ser visualizado.



Basta repetir a operação para que a montagem no mapa seja concluída com os planos de informação restantes.

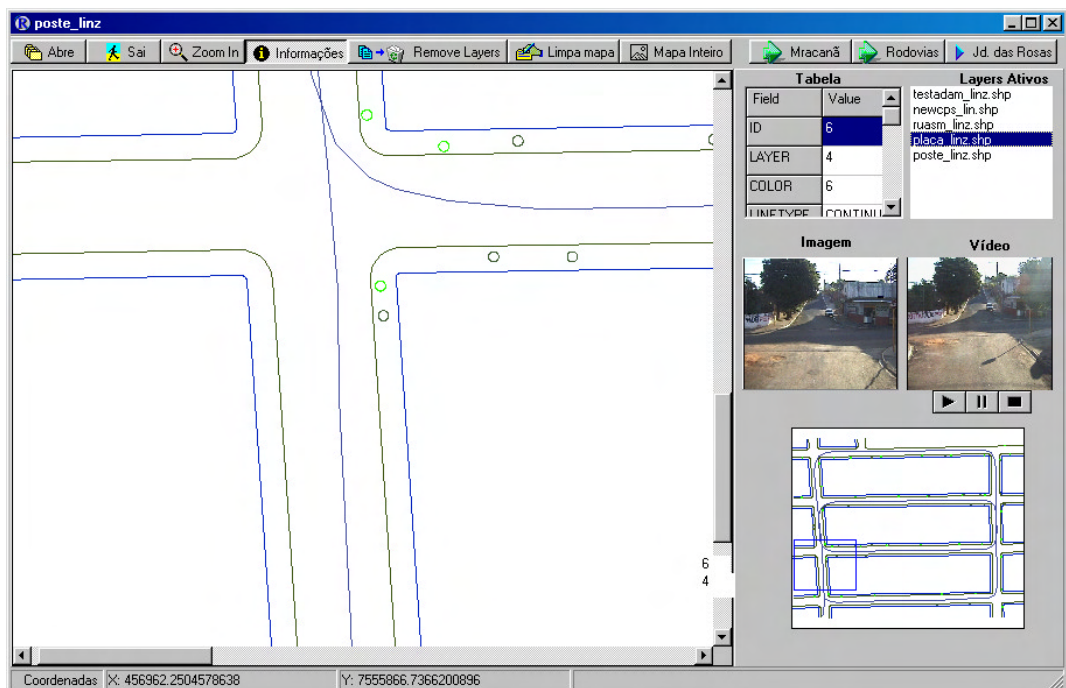
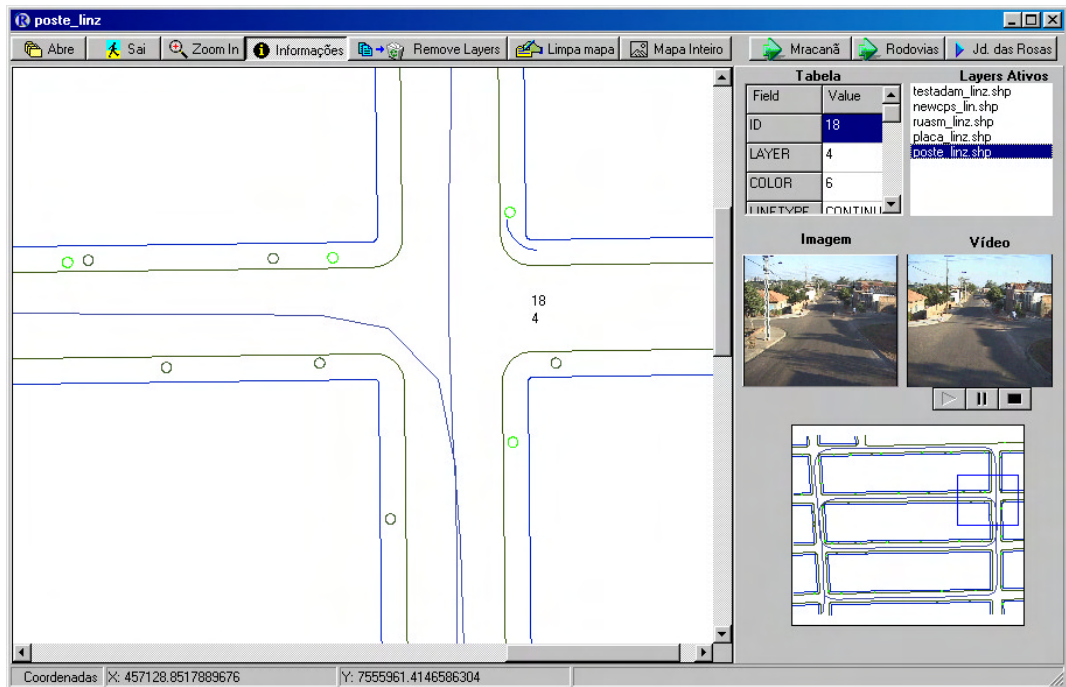


## A.2 Visualizando as imagens e vídeos

Com o mapa carregado, clica-se no botão **Informações** e seleciona-se na legenda o plano de informação desejado, a partir daí escolhe-se uma feição no mapa e ao selecioná-la aparecerá a imagem e o vídeo correspondente a mesma.

As feições postes, placas e árvores de ambos os mapas possuem ligação com as imagens e vídeos.

Nas figuras abaixo verifica-se a visualização de imagens e vídeos ligadas as feições de postes e placas.



O programa também permite que o usuário visualize a imagem da feição em outra tela em uma área maior, permitindo melhor análise da cena. Basta clicar na imagem disponível na tela de visualização dos mapas.

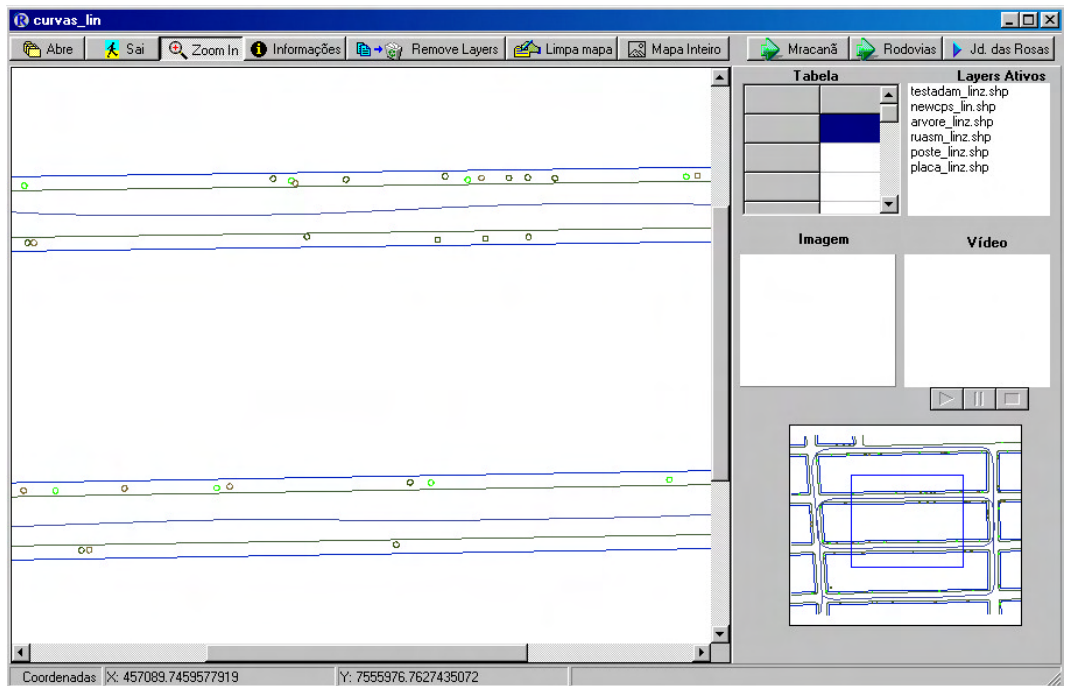
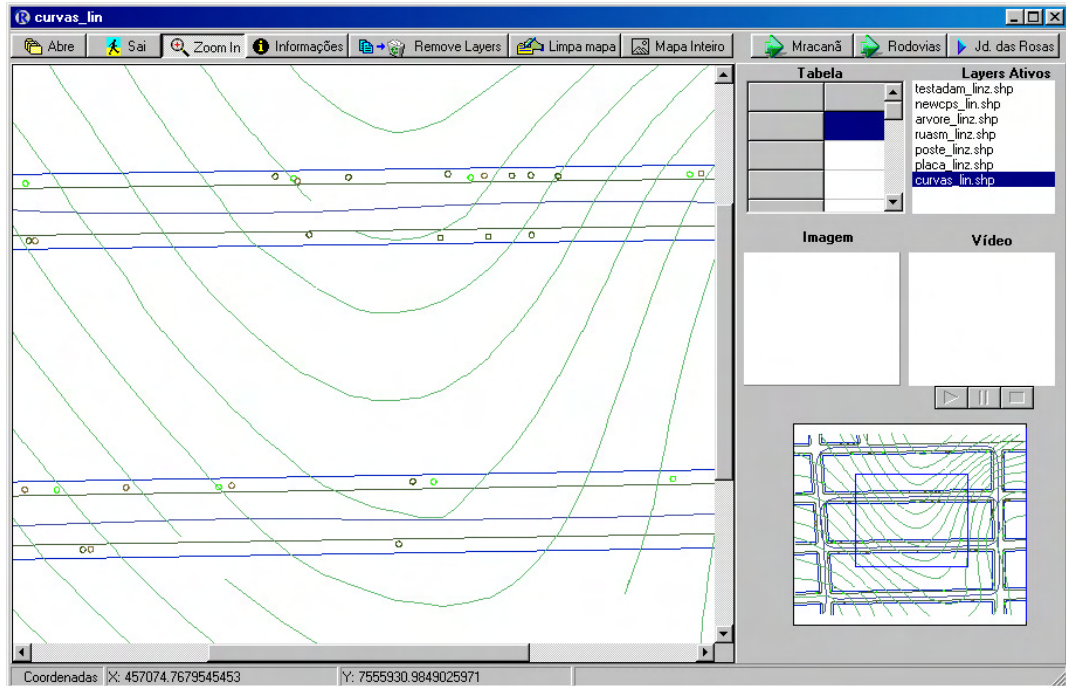


O programa possui uma ferramenta chamada **Remove Layers**, que permite ao usuário excluir um plano de informação individualmente, sem precisar limpar o mapa inteiro. Esta ferramenta se mostra útil quando a visualização do mapa está muito carregada.

Para retirar um plano de informação da visualização deve selecioná-lo na legenda de *layers* ativos e clicar no botão **Remove Layers**.

Abaixo mostra-se na figura o mapa disponibilizado com o plano de informação curvas, e na seqüência a visualização sem o mesmo.



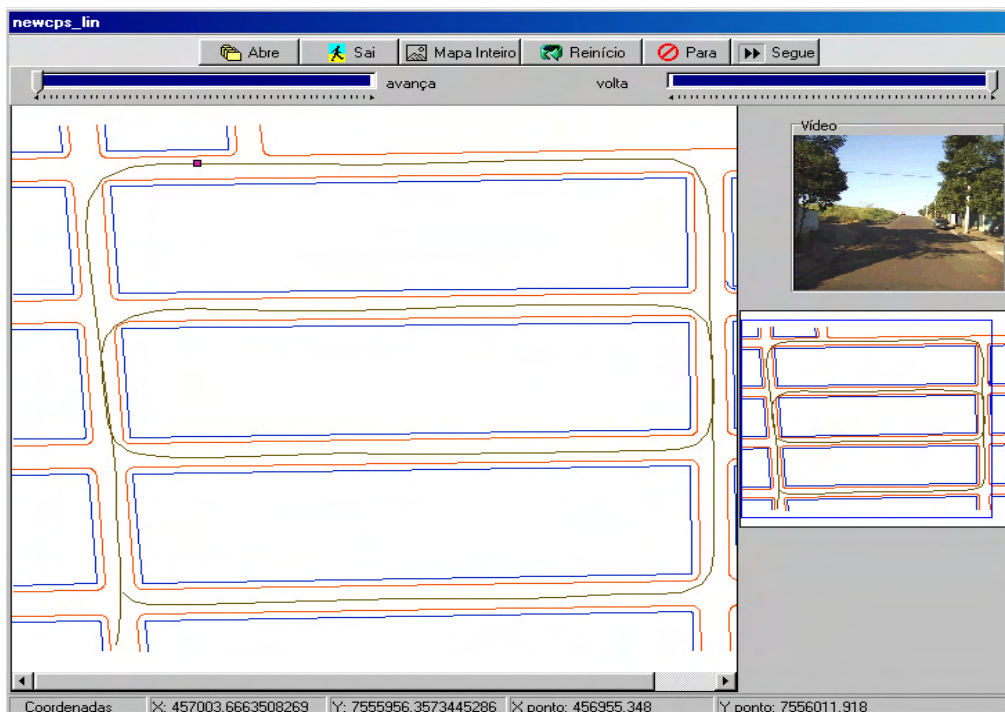


### A.3 Utilizando os módulos de visualização da trajetória

Para utilizar os módulos que mostram a trajetória da UMMD no levantamento basta escolher na tela principal do programa as seguintes opções: Jardim Maracanã, Rodovias e Jardim das Rosas.

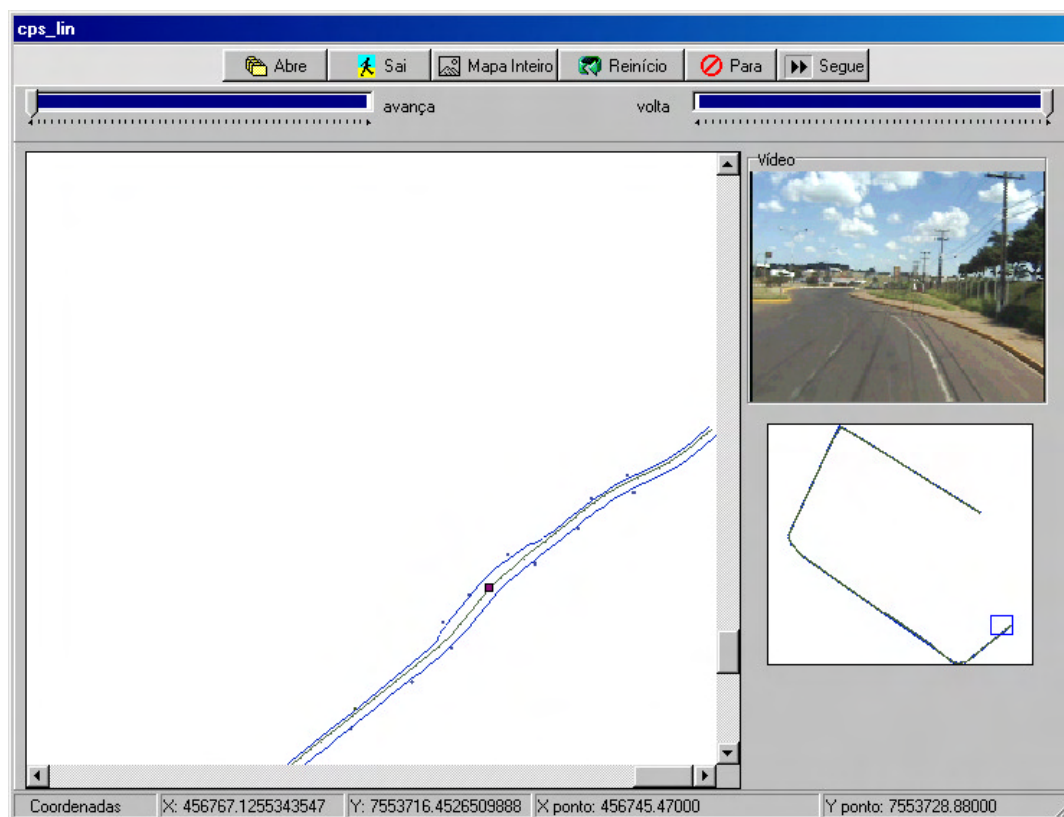
Ao escolher a opção, uma tela irá se abrir com alguns planos de informação do local mapeado já previamente carregados (testada de quadra, ruas, percurso). O programa também permite a inserção dos outros planos de informação que juntamente com os já disponibilizados formam o mapa.

Para dar-se início a navegação o usuário deve segurar a tecla *Shift* no teclado e com o botão esquerdo do mouse clicar no início da linha do que mostra o percurso realizado no levantamento. Se o usuário somente clicar na linha sem utilizar a tecla *Shift*, a tecla esquerda do mouse funcionará apenas como uma ferramenta de zoom.

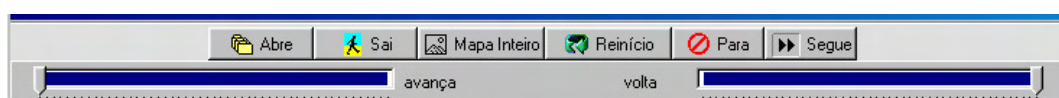




O programa possui algumas ferramentas que facilitam a navegação e a visualização do usuário. A principal é a janela que mostra em que posição do mapa a UMMD se encontra. Na janela principal, o usuário pode usar recursos de *zoom*, para localizar e visualizar uma feição com maiores detalhes, enquanto que na janela secundária ele continuará a ter a visão total do mapa, com a indicação da área em que ele se encontra no mapa.



Outras ferramentas, utilizadas para controlar o ponto que percorre a linha que representa o percurso juntamente com o vídeo também auxiliam a utilização do programa.



O botão **Reinício**, como o nome já diz, reinicia o percurso virtual da UMMD.

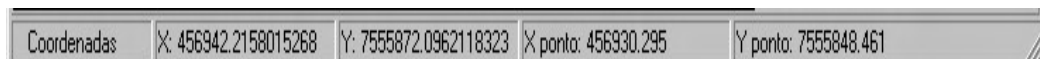
O Botão **Pára** faz com que o ponto que simboliza a UMMD fique parado no local onde ele se encontra.

O botão **Segue** faz com que o ponto continue em movimento.

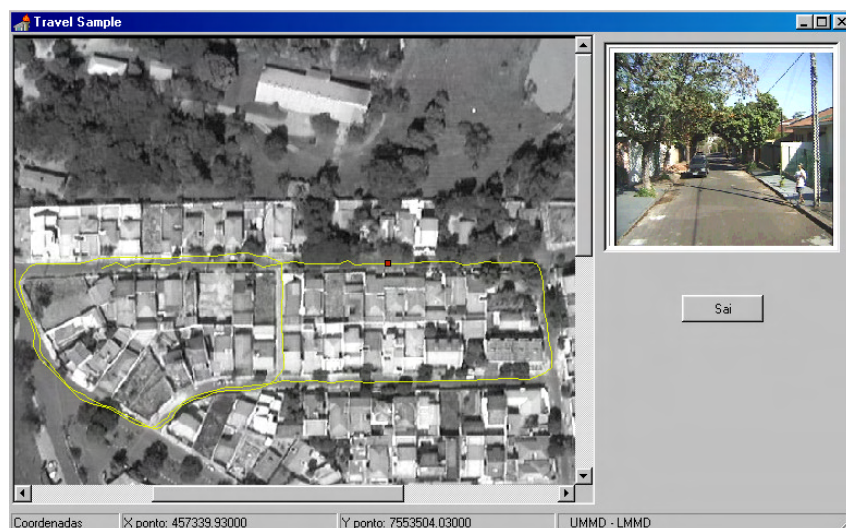
Há ainda duas barras, uma que realiza o avanço do vídeo e do ponto na linha e outra que retrocede o vídeo e também a posição do ponto na linha, permitindo o usuário posicionar o vídeo e o ponto na posição do mapa que ele desejar.

Na parte inferior da tela há a indicação das coordenadas do mapa no segundo e terceiro campo, mostradas toda vez que o mouse é movimentado sobre o mapa.

Nos dois últimos, é mostrada as coordenadas de cada estação de deslocamento do ponto na linha que representa o percurso da UMMD.

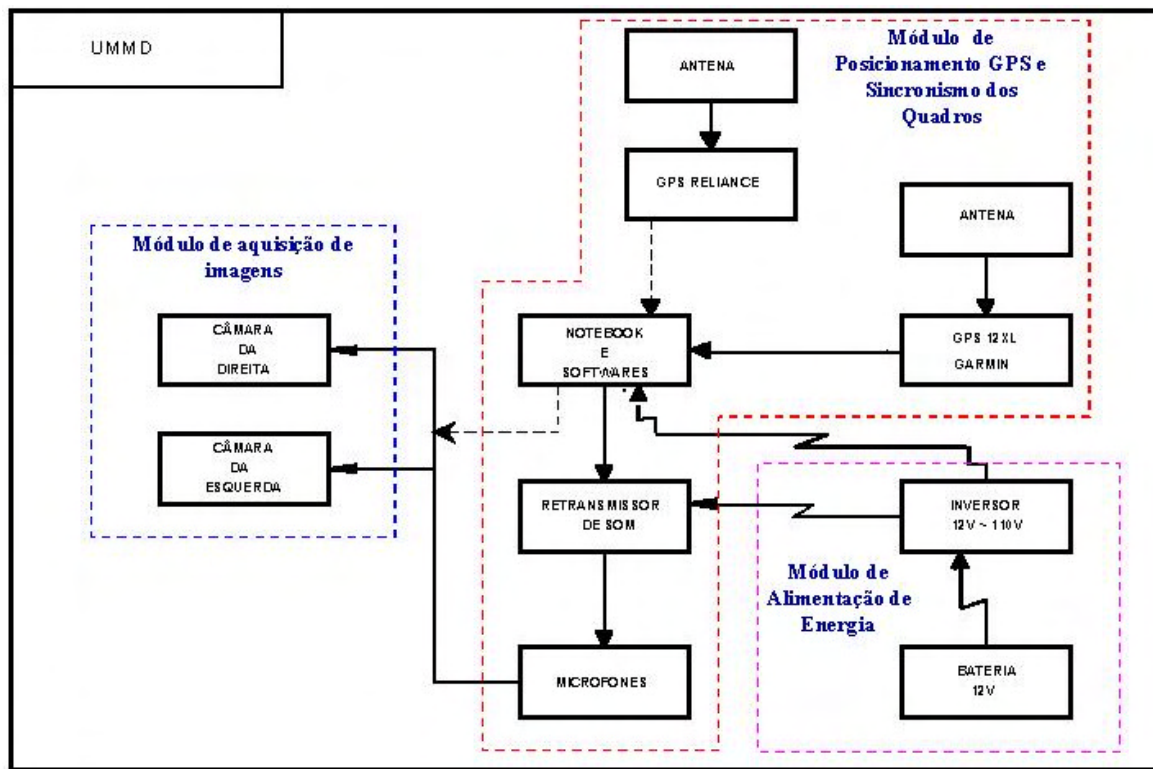


Na simulação do Jardim das Rosas o propósito é o mesmo das anteriores, mostrar o deslocamento da UMMD no levantamento. Aqui utiliza-se uma imagem aérea tendo como finalidade proporcionar uma vista do ambiente a partir de duas perspectivas: a visão terrestre dada pelo vídeo e a imagem aérea do local mapeado.



## ANEXO B – MÓDULOS QUE COMPÕEM A UMMD

De um modo geral pode-se dividir o sistema em três partes ou módulos: Módulo de Posicionamento GPS e Sincronismo dos Quadros, Módulo de Aquisição de Imagens Digitais e Módulo de Alimentação de Energia.



Estruturação dos Módulos que compõem a UMMD (Fonte: Guardia 1999)

### B.1 Módulo de Posicionamento GPS e Sincronismo dos Quadros

Este módulo é composto pelos seguintes equipamentos: receptores GPS (*Reliance* da *Ashtech*, *ZXII* e *12 XL* da *Garmin*), uma antena do receptor *Reliance*, um microcomputador *notebook* e um sincronizador sonoro. Tal módulo tem a finalidade de determinar a posição dos centros perspectivos e a correlação dos sinais sonoros com os quadros das câmaras de vídeo.

O sistema de emissão do sinal sonoro é formado por uma caixa acústica, um par de microfones com cabos para conexão às câmaras, um receptor GPS de navegação (12 XL), um microcomputador *notebook* e um programa de recepção do sinal GPS e emissão de um sinal sonoro.

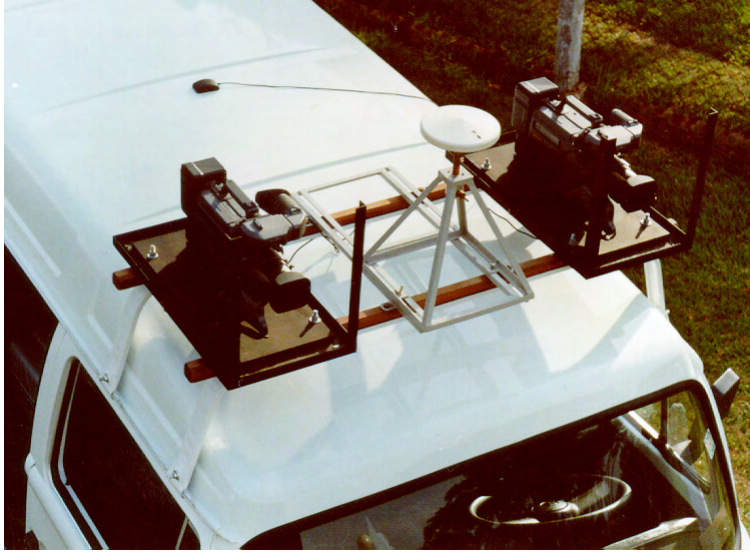
Com relação às propriedades do sistema de posicionamento GPS, pode-se considerar que todos os receptores estejam sincronizados com o tempo GPS<sup>1</sup>. Ao mesmo tempo que o sinal GPS é recebido pelo receptor *Reliance* e também pelo 12XL, sendo este conectado ao *notebook* (que teve antes seu relógio sincronizado manualmente ao tempo fornecido pelo receptor *Reliance*), há a emissão de um pulso elétrico para uma caixa acústica, gerado pelo programa GPS12XL. O pulso elétrico é convertido em sinal sonoro pela caixa acústica e é, então, captado por um par de microfones, que retransmite este sinal para a entrada de microfone das câmaras.

Este módulo permite a determinação das coordenadas dos centros perspectivos (CPs) das câmaras e, posteriormente, o sincronismo dos quadros para a identificação das imagens correspondentes da direita e da esquerda. Com tal mecanismo resolve-se o problema de sincronização, tanto entre as vídeo câmaras, como entre as câmaras e o receptor GPS.

Para garantir a geometria de colinearidade entre as câmaras e a antena GPS, a antena GPS fica fixa em um suporte que permite o seu deslocamento longitudinal (para frente e para trás) e vertical da antena.

---

<sup>1</sup> O tempo GPS, conservado por relógios atômicos, caracteriza-se pelo número da semana GPS (contada a partir da meia noite (TUC) de 5 para 6 de janeiro de 1980) e o número de segundos desde o início da semana em questão, que varia de 0 a 603799.



Suporte da Antena GPS e do par de Vídeo Câmaras

## B.2 Módulo de Aquisição de Imagens Digitais

Este módulo consiste de um par de câmaras de vídeo digitais DSR 200A da *Sony*, que são colocadas sobre um suporte estável, fixado no topo do veículo (Kombi), de modo que seus eixos óticos estejam em direções aproximadamente paralelas e perpendiculares à base formada pelas câmaras.

Cada câmara recebe um sinal sonoro gerado pelo *Módulo de Posicionamento GPS e Sincronismo dos Quadros* e através deste sinal sonoro, na etapa de processamento dos dados, os centros perspectivos são posicionados no sistema de referência do espaço objeto, e além disso, possibilita a seleção das correspondentes imagens da direita e da esquerda, que formará o par estereoscópico.

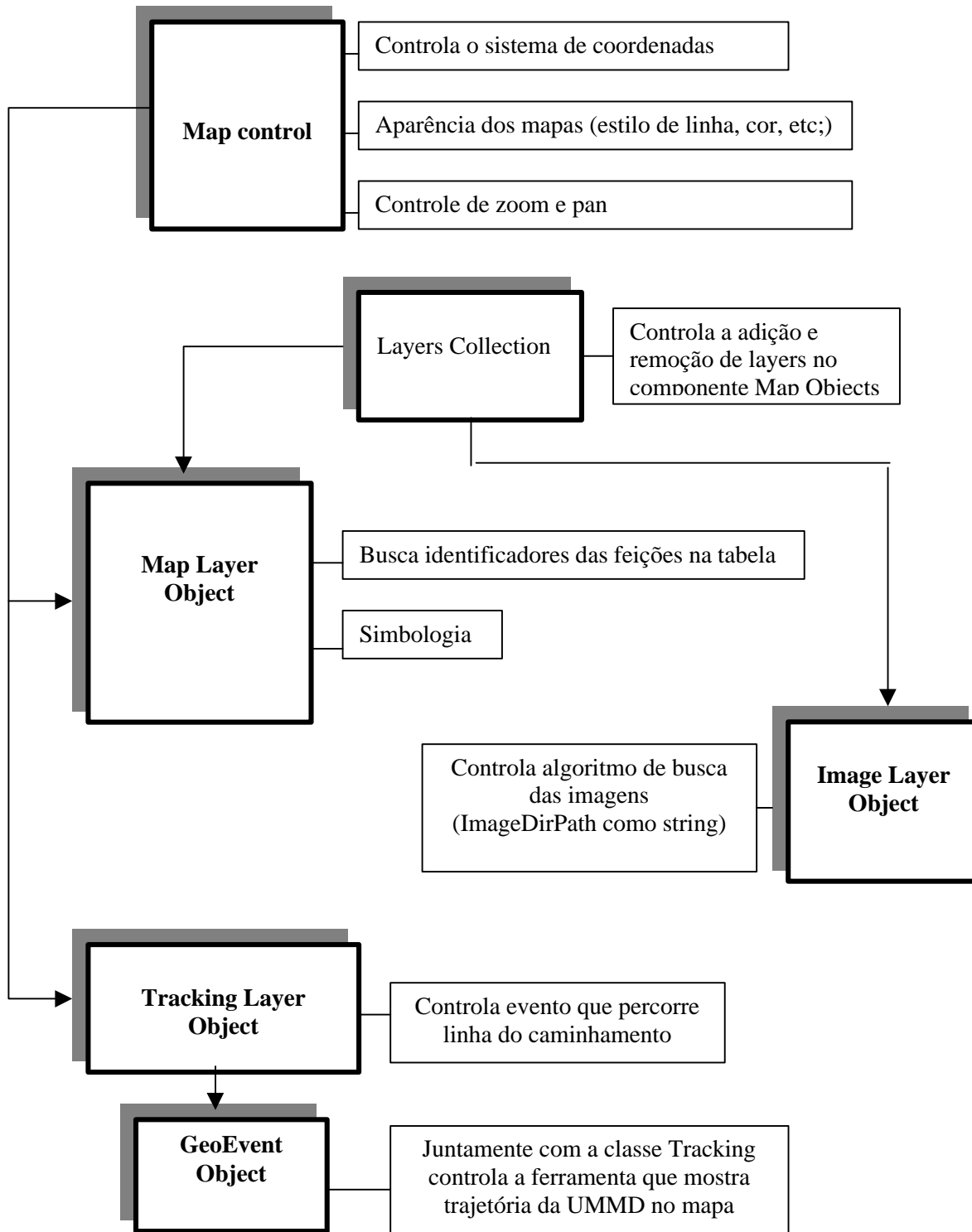
Durante os levantamentos de campo as câmaras ficam protegidas por uma caixa proteção de fibra de vidro revestida com isopor e três aberturas (uma para as lentes, outra para ligar as câmaras e outra para possibilitar o início da gravação por controle remoto).

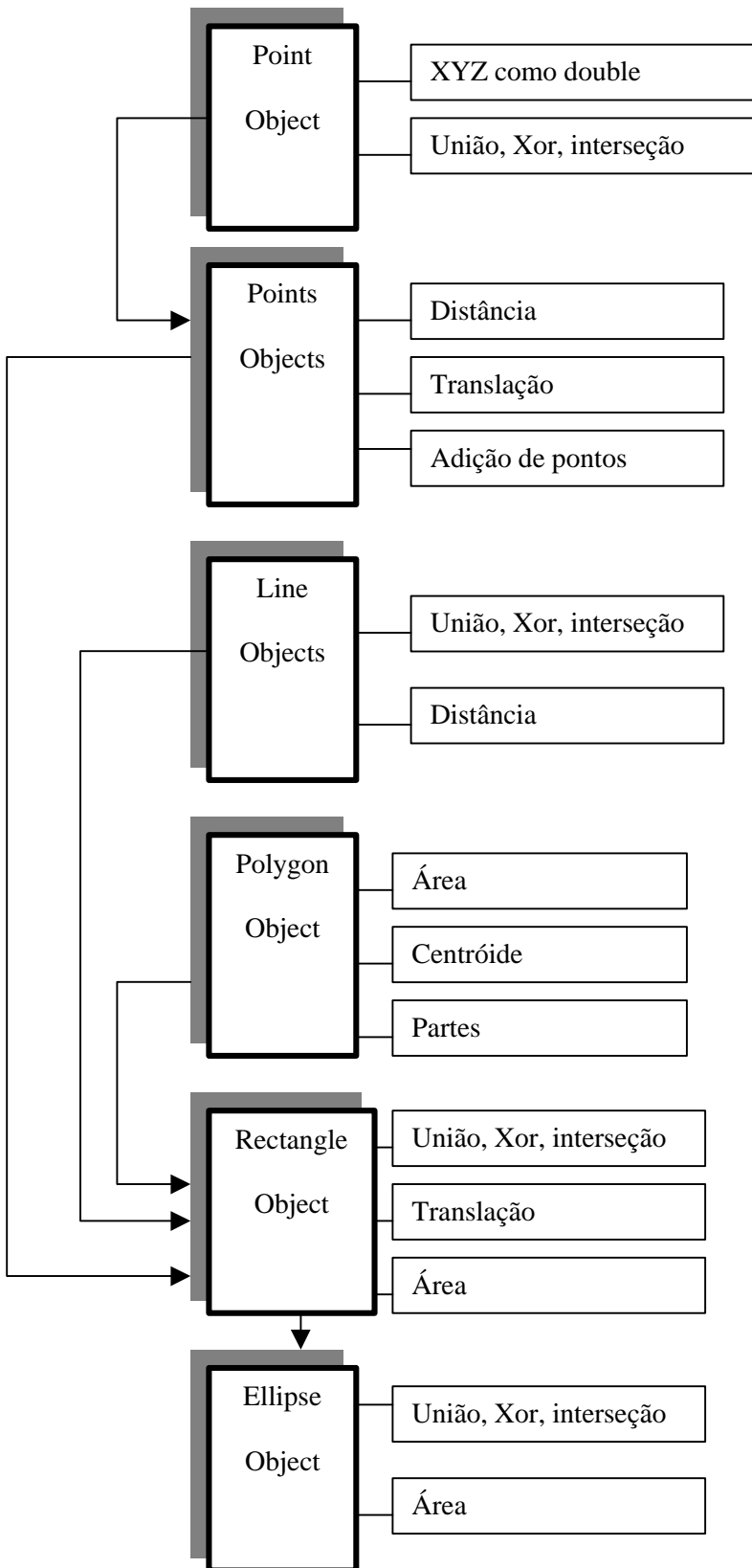
### **B.3 Módulo de Alimentação de Energia**

Este módulo é composto por uma bateria de 12V e um inversor de energia (12V ~ 110V), e é responsável por prover energia elétrica para o funcionamento do *Módulo de Posicionamento GPS* e *Sincronismo dos Quadros*. O nesse módulo que são conectados o *notebook* e à caixa acústica.

## ANEXO C – DIAGRAMA DE CLASSES MAP OBJECTS

### C.1 CLASSES MAP DISPLAY



**C.2 CLASSES GEOMETRIC OBJECTS**



### ***ABSTRACT***

Cartography and Computer Science together have helped the process of planning and decision making. The horizon of Cartography has been expanded as a consequence of the availability of equipment with larger processing and storage capacity and the aid of Graphics Computation. The use of digital technology for acquisition, storage, manipulation, analysis and exhibition of objects and information is an undiscussible reality. A mobile system of digital mapping is one of the most recent methods of surveying that explores the fusion of Cartography and digital techniques. In the Mobile Mapping Laboratory of Unesp (campus of Presidente Prudente), the mobile unit of digital mapping (UMMD) has been under development. Experiments have been made looking forward to customizing the system for urban and road surveying. After processing the data acquired with UMMD, pictures, videos, and digital maps of the travelled roads are available for use. The present work will show the functional concept of the computer solution for the connection among the digital maps, pictures and video clips. The usability of such resources will be discussed as well as a general consideration on the methods used for manipulation of vectorial archives and for the linking of the map features to their original images and video clips. The work is concluded with a discussion about the results obtained with this technique.

Autorizo a reprodução parcial ou completa deste trabalho.

Presidente Prudente, 20 de setembro de 2002.

RODRIGO BEZERRA DE ARAÚJO GALLIS