unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

DESENVOLVIMENTO DE MAPA DINÂMICO PARA SISTEMA DE NAVEGAÇÃO TERRESTRE

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).

Edmur Azevedo Pugliesi

Orientador: Prof. Dr. *Nilton Nobuhiro Imai*
Co-orientador: Prof. Dr. *Júlio Kiyoshi Hasegawa*

Presidente Prudente
2002

Pós-Graduação Ciências Cartográficas

DESENVOLVIMENTO DE MAPA DINÂMICO PARA SISTEMA DE NAVEGAÇÃO TERRESTRE

Edmur Azevedo Pugliesi

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai (Orientador)

Prof. Dra. Claudia Robbi Sluter

Prof. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini

Presidente Prudente

2002

DADOS CURRICULARES
EDMUR AZEVEDO PUGLIESI

NASCIMENTO: 23 de janeiro de 1973 – P. Prudente / SP

FILIAÇÃO: Edésio Ângelo Pugliesi
Marina de Azevedo Pugliesi

2000-2002: Curso de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, nível de Mestrado
Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP

1993-1997: Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica
Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP

DEDICATÓRIA

Ao meu grande amigo Alex.

Aos meus pais Edésio e Marina.

Às minhas irmãs Eliane e Elizabete.

Aos meus sobrinhos Thais, Felipe e Thiago

AGRADECIMENTOS

À Deus. Aos meus pais Edésio Ângelo Pugliesi e Marina de Azevedo Pugliesi pelo incentivo e conforto nas horas difíceis e ao grande amigo Alex Ennes Cândido e Lima por todas as colaborações.

Ao professor orientador Nilton Nobuhiro Imai que tanto se empenhou na realização deste, estando sempre disponível a me ajudar.

À GEMPI Informática pela doação de licenças de MapObjects (ESRI) ao Departamento de Cartografia para a realização do trabalho e, também pela disponibilidade de espaço e utilização do software Fontographer (Macromedia).

Aos amigos João Batista de Andrade Neto pela leitura do trabalho, ao Gerson Caetano Cariello e Ylliomar de Oliveira Xatara, pelos pães e bolos e a amizade na cidade de Macaé-RJ, ao Evandro Sanchez pela amizade e leitura do exame de qualificação. Aos amigos: Evânia Voltarelli, Iracema Lomas, Josiane Ribeiro, Lucimeire Costa, Renata Camargo, Silvânia Moraes, Sueli Fernandes, pela amizade, incentivo e compreensão. À Jaqueline Vicente pela amizade e ajuda na preparação da base e do projeto cartográfico.

Aos amigos engenheiros cartógrafos "a*vanti-manos"*: Alfredo Spinelli Neto, Álvaro Aparecido da Silva, Elivagner Barros de Oliveira, Marcelo Aparecido Zuliani e Wilson José da Silva Júnior pelos "empréstimos" e a boa convivência de apartamento na cidade de Macaé (RJ).

Às secretárias do Departamento de Cartografia, Graça e Cidinha, à faxineira Gegê, e ao auxiliar de laboratório Geraldo, pela colaboração, paciência e simpatia. E, finalmente a todos os amigos e aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS ..... **x**

LISTA DE TABELAS ..... **xiii**

RESUMO ..... **xv**

ABSTRACT ..... **xvi**

1. INTRODUÇÃO **1**

1.2 OBJETIVOS 5
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
1.3 DESCRIÇÃO DO TRABALHO 6

2. SISTEMA DE NAVEGAÇÃO TERRESTRE **8**

2.1 NAVEGAÇÃO E COMUNICAÇÃO DE MAPA 9
2.2 ESQUEMA DE MAPA PARA NAVEGAÇÃO 10

3. CARTOGRAFIA TEMÁTICA **12**

3.1 COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA 12
3.1.1 Símbolos e Signos *14*
3.1.2 Processos de Comunicação Cartográfica *16*
3.1.3 Semiologia Gráfica: Representação Polissêmica e Monossêmica *17*
3.2 PROJETO CARTOGRÁFICO 22
3.2.1 Princípios do Projeto Cartográfico *22*
3.2.2 Fatores e Variáveis do Projeto Cartográfico *23*
3.2.2.1 Variáveis Interdependentes 23
4.2.2.2 Representações Cartográficas 24
3.2.2.3 Layout 24
3.2.3 Fatores envolvidos no projeto de símbolos cartográficos *24*
3.2.3.1 Leis da percepção 25
3.2.3.2 Legibilidade 29
3.2.3.3 Associações subjetivas 31
3.2.3.2 Associações convencionais 32
3.2.4 Projeto de Símbolos Cartográficos *32*
3.2.5 Generalização Cartográfica *35*
3.2.6 Mídia Eletrônica *35*
3.2.6.1 Visualização Cartográfica em Mapas Dinâmicos 36
3.2.6.2 Mapa Animado versus Mapa Interativo 37
3.2.6.3 Ferramentas de Desenvolvimento 39
3.2.6.4 Utilização de Som para Representar Dados Espaciais 39

4. MODELAGEM DE SISTEMA E DE DADO GEOGRÁFICO **41**

4.1 PRINCÍPIOS PARA A ADMINISTRAÇÃO DA COMPLEXIDADE 42
4.2 MODELAGEM ESTÁTICA 46
4.2.1 Localizando Classes de Objetos *48*
4.2.2 Dicionário de Dados *51*
4.2.3 Identificação de Estruturas *52*
4.2.4 Identificação de Assuntos *54*
4.2.5 Definição de Atributos *56*
4.2.6 Definição de Serviços *59*

4.3 MODELAGEM DINÂMICA 61
4.3.1 Eventos *61*
4.3.2 Eventos disparados por relógio *62*
4.3.3 Estados *62*
4.3.4 Relação entre o Modelo de Objetos e o Dinâmico *64*
4.4 MODELAGEM FUNCIONAL 65
4.4.1 Diagrama de Fluxo de Dados- DFD *66*
4.4.2 Processos *66*
4.4.3 Fluxos de Dados *67*
4.4.4 Atores *68*
4.4.5 Depósito de Dados *68*
4.4.6 Relação entre o Modelo Funcional e os Modelos de Objetos e Dinâmico *69*
4.5 MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS: MÉTODO GEO-OMT 70

5. PROJETO DE SISTEMA 78

5.1 COMPONENTE DOMÍNIO DO PROBLEMA 78
5.2 COMPONENTE INTERAÇÃO HUMANA 79
5.3 COMPONENTE GERENCIAMENTO DE TAREFAS 81
5.4 COMPONENTE GERENCIAMENTO DOS DADOS 82

6. MÉTODO 83

7. RESULTADOS 86

7.1 PROJETO CARTOGRÁFICO DO MAPA DINÂMICO 86
7.1.1 Definição das Variáveis Interdependentes *86*
7.1.2 Análise de Símbolos Existentes *89*
7.1.3 Projeto e Construção dos Símbolos do Mapa Dinâmico *100*
7.2 ESPECIFICAÇÃO BÁSICA DO SISTEMA 110
7.2.1 Análise de Sistemas Existentes *110*
7.2.2 Especificação da tecnologia *116*
7.2.3 Resolução do Vídeo e Dimensão do Mapa *118*
7.2.4 Características do MapObjects *119*
7.2.5 Requisitos Funcionais Básicos *122*
7.3 MODELAGEM DO SISTEMA 124
7.3.1 Modelo Estático *124*
7.3.1.1 Modelagem das Classes de Objetos da Base de Dados 127
7.3.1.2 Modelagem das Classes de Objetos do Sistema 145
7.3.1.3 Especificação das Classes de Objetos do *MapObjects* 150
7.3.2 Modelo Dinâmico *157*
7.3.4 Modelo Funcional *161*
7.4 ESTRUTURA DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA 167
7.5 IMPLEMENTAÇÃO DA BASE DE DADOS 168
7.6 TESTES E ANÁLISES 173

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 197

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 200

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Estrutura básica de um sistema de posicionamento e locomoção. Fonte: Hasegawa et al 1999. ... 3
Figura 1.2 - Localização da área teste na região de Presidente Prudente ... 4
Figura 1.3 - Área teste ... 4
Figura 3.1 – Conceito de signo. Fonte: Bordanave (1984) ... 15
Figura 3.2 – Diagrama de comunicação. Fonte: Bertin (1978) ... 18
Figura 3.3 – Comunicação monossêmica. Fonte: Bertin (1978) ... 19
Figura 3.4 – Comunicação polissêmica. Fonte: Bertin (1978) ... 19
Figura 3.5 – Exemplo de transcrição gráfica e relação entre objetos - adaptado de Martinelli (1991) 20
Figura 3.6 – Exemplo de representação polissêmica ... 21
Figura 3.7 – Fatores da acuidade visual. Fonte: Bos (1984) ... 26
Figura 3.8 – Representação do valor de contraste ... 27
Figura 3.9 – Diferença de valor no contraste do brilho. Fonte: Wong (1987). ... 28
Figura 3.10 – Diferença de valor no contraste da cor. Fonte: Wong, 1987. ... 28
Figura 3.11 – Percepção de símbolos proporcionais ... 29
Figura 3.12 – Variação na orientação. Fonte: Bos (1984) ... 30
Figura 3.13 – Variação na orientação. Fonte: Bos (1984) ... 30
Figura 4.1 – Notação de classe de objeto ... 50
Figura 4.2 – Notação utilizada para representar estrutura de generalização-especialização ... 53
Figura 4.3 – Notação utilizada para representar estrutura todo-parte (agregação) ... 53
Figura 4.4 – Notação de associação e restrição de cardinalidade ... 54
Figura 4.5 – Identificando assuntos ... 55
Figura 4.6 – Representando assuntos ... 55
Figura 4.7 – Notação de assunto parcialmente expandido ... 56
Figura 4.8 – Especificando atributos às classes de objetos a partir do emprego de generalização-especialização ... 58
Figura 4.9 – Notação de serviço ... 60
Figura 4.10 – Elementos de um diagrama de estados ... 65
Figura 4.11 – Elementos de um diagrama de fluxo de dados ... 69
Figura 4.12 – Pictograma de classe de objeto geográfico ... 73
Figura 4.13 – Notação gráfica de classe georeferenciada. Fonte: Borges & Davis, 2001. ... 74
Figura 4.14 – Notação gráfica de classe convencional. Fonte: Borges & Davis, 2001. ... 75
Figura 4.15 – Relacionamentos. Fonte: Borges & Davis, 2001 ... 75
Figura 4.16 – Restrições de cardinalidade. Fonte: Borges & Davis, 2001. ... 76
Figura 4.17 – Representação de generalização cartográfica ... 77
Figura 7.1 – Representação de símbolos de aeroportos. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000). ... 91
Figura 7.2 – Representação de símbolos de hospedagem. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000). ... 92
Figura 7.3 – Representação de símbolos de utilidade pública. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000). ... 93
Figura 7.4 – Representação de símbolos de Saúde. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000). ... 94
Figura 7.5 – Representação de símbolos de serviço automotivo. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000). ... 95
Figura 7.6 – Representação de símbolos de turismo e lazer. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000). ... 96
Figura 7.7 – Representação de símbolos de vias. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000). ... 98
Figura 7.8 – Mapa de caracteres do Windows para a fonte Times New Roman ... 102
Figura 7.9 – Mapa de caracteres do Windows para a fonte Mapa Dinâmico ... 102
Figura 7.10 – Apresentação do Fontographer para o fonte Sistema de Navegação Terrestre ... 103
Figura 7.11 – Ambiente de edição de símbolos do Fontographer ... 104
Figura 7.12 – Apresentação do sistema ArcPad para uso em navegação - ESRI ... 111

Figura 7.13 – ArcPad sem imagem de fundo 113
Figura 7.14 – ArcPad com imagem de fundo 113
Figura 7.15 – Apresentação do sistema de navegação Nazareh - CASH 114
Figura 7.16 – Nazareh com recurso de visão noturna ativada - CASH 115
Figura 7.17 – *Palmtop* 117
Figura 7.18 – Apresentação da ferramenta de modelagem – Visual Modeler 126
Figura: 7.19 – Diagrama de Informações Temáticas 127
Figura 7.20 – Especificação das classes de objetos 128
Figura 7.21 – Estrutura generalização-especialização para as classes Point e Veículo. 129
Figura 7.22 – Estrutura generalização-especialização para as classes Utilidade Pública. 130
Figura 7.23 – Estrutura generalização-especialização para as classes de Serviço Automotivo e Manutenção. 131
Figura 7.24 – Estrutura generalização-especialização para classe Local Atenção 134
Figura 7.25 – Estrutura generalização-especialização para classe Serviço Geral. 135
Figura 7.26 – Estrutura generalização-especialização da classe de Via. 137
Figura 7.27 – Estrutura da classe de Ferrovia 140
Figura 7.28 – Estrutura da classe de Rio 140
Figura 7.29 – Estrutura generalização–especialização das classes de Turismo e Lazer 141
Figura 7.30 – Estrutura da classe de Solo 143
Figura 7.31 – Estrutura de agregação para as classes Estado e Cidade 144
Figura 7.32 – Estrutura da classe de Navegação 145
Figura 7.33 – Estrutura da classe de Área de Armazenamento Temporário - AAT 146
Figura 7.34 – Estrutura da classe Timer 147
Figura 7.35 – Estrutura da classe Controlador 148
Figura 7.36 – Estrutura da classe GPS 149
Figura 7.37 – Estrutura da classe sndPlaySoundA 149
Figura 7.38 – Estrutura da classe DataConnection 150
Figura 7.39 – Estrutura de algumas classes resumidas do MapObjects Fonte: ESRI – modelo modificado. 151
Figura 7.40 – Diagrama de estados e eventos 158
Figura 7.41 – DFD de preparação do ambiente 162
Figura 7.42 – DFD de navegação 163
Figura 7.43 – DFD de gerenciamento de buffer 164
Figura 7.44 – DFD de verificação do estado da navegação 165
Figura 7.45 – DFD de Navegação fragmentado 166
Figura 7.46 – Estrutura das pastas de implementação 167
Figura 7.47 – Coordenadas aproximadas dos cantos da imagem 169
Figura 7.48 – Estrutura da base de dados vista no Windows Explorer 170
Figura 7.49 – Estrutura de um arquivo NMEA 172
Figura 7.50 – Arquivo de configuração do mapa dinâmico 174
Figura 7.51 – Apresentação do mapa dinâmico 176
Figura 7.52 – Interação entre as funcionalidades do sistema 179
Figura 7.53 – Aumentando o nível de visualização 180
Figura 7.54 – Utilizando move mapa 181
Figura 7.55 – Identificando elementos 182
Figura 7.56 – Visualizando a imagem de um local turístico do mapa 182
Figura 7.57 – Histórico de rota 183
Figura 7.58 – Resultado do desenho de rota 184
Figura 7.59 – Navegação ativada 185
Figura 7.60 – Selecionando o tipo de visão 185
Figura 7.61 – Selecionando funções de mapa e veículo dinâmico 186
Figura 7.62 – Exibição de mapa móvel e veiculo móvel 187
Figura 7.63 – Selecionando o tipo de vista 187
Figura 7.64 – Vista ampliada e reduzida 188
Figura 7.65 – Legenda 189
Figura 7.66 – Mapa com e sem imagem de fundo – vista diurna 190
Figura 7.67 – Mapa com e sem imagem de fundo – vista noturna 190

Figura 7.68 – Resultado da operação de distância 191
Figura 7.69 – Resultado da operação de posição 192
Figura 7.70 – Gerenciamento de consulta 193
Figura 7.71 – Visualização dos locais de atenção 194
Figura 7.72 – Configuração do mapa 194
Figura 7.73 – Barra de rolagem ativa 195
Figura 7.74 – Gerenciamento de rotas 196

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estrutura genérica de um dicionário de dados 51
Tabela 2 - Intervalos de visualização dos layers da base cartográfica 88
Tabela 3 - Simbologia para aeroporto 105
Tabela 4 - Simbologia para alimentação 105
Tabela 5 - Simbologia para hospedagem 106
Tabela 6 - Simbologia para utilidade pública 106
Tabela 7 - Simbologia para serviço automotivo 106
Tabela 8 - Simbologia para atenção e risco 107
Tabela 9 - Simbologia para saúde 107
Tabela 10 - Simbologia para turismo e lazer 107
Tabela 11 - Simbologia para Veículo 108
Tabela 12 - Simbologia para vias 108
Tabela 13 - Simbologia para áreas 109
Tabela 14 – Representação de imagens em visão diurna e noturna 109
Tabela 15 - Estrutura do arquivo *shapefile* 122
Tabela 16 - Dicionário de dados para classe veículo 129
Tabela 17 - Dicionário de dados para Utilidade Publica 130
Tabela 18 - Dicionário de dados para Polícia Rodoviária 130
Tabela 19 - Dicionário de dados para Torre de Celular 131
Tabela 20 - Dicionário de dados para Telefone 131
Tabela 21 - Dicionário de dados para Serviço Automotivo 132
Tabela 22 - Dicionário de dados para Posto de Combustível 132
Tabela 23 - Dicionário de dados para Guincho 132
Tabela 24 - Dicionário de dados para Manutenção 132
Tabela 25 - Dicionário de dados para Elétrica 133
Tabela 26 - Dicionário de dados para Mecânica 133
Tabela 27 - Dicionário de dados para Borracharia 133
Tabela 28 - Dicionário de dados para Pedágio 133
Tabela 29 - Dicionário de dados para Local de Atenção 134
Tabela 30 - Dicionário de dados para Escola 135
Tabela 31 - Dicionário de dados para Cruzamento 135
Tabela 32 - Dicionário de dados para Defeito 135
Tabela 33 - Dicionário de dados para Serviço Geral 136
Tabela 34 - Dicionário de dados para Aeroporto 136
Tabela 35 - Dicionário de dados para Saúde 136
Tabela 36 - Dicionário de dados para Alimentação 137
Tabela 37 - Dicionário de dados para Hospedagem 137
Tabela 38 - Dicionário de dados para Via 138
Tabela 39 - Dicionário de dados para Rodovia 138
Tabela 40 - Dicionário de dados para Rua Urbana 138
Tabela 41 - Dicionário de dados para Vicinal 139
Tabela 42 - Dicionário de dados para Ponte 139
Tabela 43 - Dicionário de dados para Caminho 139
Tabela 44 - Dicionário de dados para Rota 139
Tabela 45 - Dicionário de dados para Ferrovia 140
Tabela 46 - Dicionário de dados para Rio 140
Tabela 47 - Dicionário de dados para Turismo e Lazer 141
Tabela 48 - Dicionário de dados para Balneário 142
Tabela 49 - Dicionário de dados para Parque 142
Tabela 50 - Dicionário de dados para Camping 142
Tabela 51 - Dicionário de dados para Porto 142
Tabela 52 - Dicionário de dados para Pesque Pague 143

Tabela 53 - Dicionário de dados para Paisagem 143
Tabela 54 - Dicionário de dados para Solo 144
Tabela 55 - Dicionário de dados para Vegetação 144
Tabela 56 - Dicionário de dados para Estado 145
Tabela 57 - Dicionário de dados para Município 145
Tabela 58 - Dicionário de dados para Navegação 146
Tabela 59 - Dicionário de dados para AAT 146
Tabela 60 - Dicionário de dados para Timer 147
Tabela 61 - Dicionário de dados para Controlador 148
Tabela 62 - Dicionário de dados para GPS 149
Tabela 63 - Dicionário de dados para sndPlaySoundA 150
Tabela 64 - Dicionário de dados para DataConnection 150
Tabela 65 - Dicionário de dados para Map 152
Tabela 66 - Dicionário de dados para MapLayer 153
Tabela 67 - Dicionário de dados para ImageLayer 153
Tabela 68 - Dicionário de dados para Layers 154
Tabela 69 - Dicionário de dados para GeoDataset 154
Tabela 70 - Dicionário de dados para Symbol 155
Tabela 71 - Dicionário de dados para LabelRenderer 155
Tabela 72 - Dicionário de dados para TextSymbol 156
Tabela 73 - Dicionário de dados para LabelPlacer 156
Tabela 74 - Dicionário de dados para classe Point 157
Tabela 75 - Descrição da modelagem dinâmica para as classes Controlador e Navegacao 159
Tabela 76 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe Timer 159
Tabela 77 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe AAT 160
Tabela 78 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe Veículo 160
Tabela 79 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe Local de Atenção 161
Tabela 80 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe sndPlaySoundA 161
Tabela 81 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo de Desenho 162
Tabela 82 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo de Navegação 163
Tabela 83 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo AAT 164
Tabela 84 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo Timer 165
Tabela 85 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo Navegação 166
Tabela 86 - Outros arquivos da base de dados 171
Tabela 87 - Botões das funcionalidades do sistema 177

RESUMO

A orientação dos motoristas em rodovias é feita por meio de guias rodoviários e da sinalização convencionais existente, muitas vezes satisfatórios; entretanto, uma informação visual de compreensão imediata, transmitida num pequeno monitor de vídeo, seria mais funcional e muito mais agradável de ser consultada. Por esta razão, o objetivo deste trabalho é desenvolver um *mapa dinâmico* para representar informações geográficas em mapa de uso público e comunicá-las a um motorista, no transcorrer de uma viagem em rodovias, tendo como recurso de transmissão de informação, um monitor de vídeo com dimensões limitadas e, ainda, um usuário que não pode dedicar muita atenção ao mapa. O desenvolvimento compreende três grandes etapas: a) modelagem do sistema e da base de dados geográficos; b) elaboração do projeto cartográfico c) implementação da base de dados e de um protótipo que contemple as funcionalidades do mapa dinâmico. A avaliação final foi feita considerando os objetivos propostos e os requisitos básicos, com base na teoria de modelagem e projeto de sistema e, comunicação e projeto cartográfico. A área de experimento selecionada é um trecho da região de Presidente Prudente que contém várias informações de natureza turística e de serviço automotivo, além de vias e estabelecimentos de prestação de serviços a motoristas. Não se pretende que este trabalho resolva problemas técnicos em detalhes; mas que mostre um novo processo de orientação nas rodovias, compatível com os conhecimentos disponíveis no momento atual.

Palavras-chave: Mapa Dinâmico; Projeto Cartográfico; Comunicação Cartográfica; Sistema de Navegação Terrestre; Modelagem de Sistema.

ABSTRACT

Orientation of a driver on highways is usually done by road maps and existing conventional road signs, which are reliable, most of the time. Nevertheless, a set of visual data, sent through a small screen (*palmtop*) would turn out to be a more desirable and functional tool. Thus, the aim of this work is to develop a "dynamic map" so as to show geographic data on top of an existing map and display them to a driver, while he/she is in motion. The main focus is that the driver should receive instantly and pertinent data about his set trajectory and without having to handle maps which could result in time loss. The development comprises three major steps: system and geographic data modeling, cartographic project elaboration and database implementation, and a "dynamic map" prototype. Further consideration is made concerning the proposed targets and basic requirements, based on the system project and modeling theories, communication and cartographic project. The area chosen for this project is situated within the Presidente Prudente region, west of São Paulo State, Brazil. This region comprises a host of tourist data alongside several establishments aimed at the driver's need. It is not the purpose of this work to solve technical problems in detail but to present a new process of orientation in roads, compatible with the existing scientific knowledge.

Keywords: Dynamic Map; Cartographic Design; Cartographic Communication; Road Navigation System; System Modeling.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, muitos motoristas contam com um sistema convencional de localização terrestre que são os mapas rodoviários em papel. Neles encontram-se informações importantes para momentos antes, durante e depois de uma viagem. Os recursos tradicionais têm algumas limitações, como o fato de um motorista só conseguir se localizar no mapa depois que tenha obtido alguma informação sobre sua posição (segundo algum elemento de identificação) tal como o endereço do *logradouro* seguido de um número, por exemplo.

Um mapa convencional apresenta, ainda, uma desvantagem adicional: conforme sua finalidade, deve ser representado em escala grande e conseqüentemente, ser dividido em várias partes (assim como os guias rodoviários), dificultando a manipulação. Desta forma o usuário deve realizar uma busca dividida em etapas para localizar-se e obter as informações desejadas.

Por outro lado, se a proposta do mapa é mostrar as informações sobre o território de um estado ou país, estas devem ser representadas nas escalas adequadas aos graus de detalhamento exigido para a compreensão da informação. Tais problemas podem ser resolvidos com a utilização de vários mapas, projetados de acordo com objetivos específicos. Mas o usuário prefere fontes de informação que sejam funcionais e, nesse sentido, precisa e deseja obter, rapidamente, a informação necessária para tomar suas decisões.

Assim, o mapa de um sistema de navegação terrestre deve auxiliar o motorista a localizar-se no contexto geográfico no qual ele se encontra. As informações geográficas úteis aos diversos aspectos de uma viagem podem ser definidas com base nos problemas que geralmente ocorrem nas estradas.

Outros aspectos relevantes a serem considerados na concepção desse mapa são aqueles que dizem respeito à maneira com que a informação é apresentada ao usuário: a eficiência da transmissão da informação pode tornar o sistema útil, cômodo e pode influenciar o sistema emocional. O importante é que ela deve ser fidedigna e com grau de detalhamento necessário a sua finalidade e possa ser compreendida rapidamente.

Nesse contexto, a alternativa de solução proporcionada pela integração de *geotecnologias* vem sendo adotada por diversos sistemas comerciais. Porém, se por um lado não há dificuldades técnicas no aspecto operacional dessa integração, resta ainda o problema de comunicar a informação ao usuário.

Há duas limitações importantes nesse processo de comunicação, identificadas até o presente momento, que mereceram atenção neste trabalho. A primeira refere-se ao tamanho do monitor e a resolução do vídeo no qual são mostradas as informações gráficas e não gráficas. Essa limitação física do dispositivo de representação dificulta a compreensão da informação geográfica, de um mapa de uso público, para um usuário que não pode dedicar muita atenção ao sistema de navegação. Quanto à segunda limitação, deve-se considerar que o sistema possa fornecer informações no decorrer de uma viagem, resultando em um mapa dinâmico no qual podem estar associados os movimentos para a representação do veículo e do terreno. Geralmente, esse tipo de usuário pode não ser um especialista no entendimento de mapas e por isso a informação geográfica deve ser mostrada adequadamente, ou seja, deve ser clara.

O mapa dinâmico é a realização desse sistema de navegação terrestre e por isso é dada grande ênfase na modelagem considerando as visões estática, dinâmica e funcional. A representação gráfica de um mapa dessa natureza é dinâmica, pois o mapa e o veículo se movimentam na tela do computador a partir de interações com agentes externos que se comunicam com o sistema. Isso é necessário porque a informação transmitida ao usuário serve para ele tomar decisões em tempo real e, portanto, o princípio é dinâmico. O

usuário e o receptor GPS são os principais agentes externos que devem estar em constante interação com esse sistema de navegação.

A proposta deste trabalho é parte integrante do projeto *Sistema de Localização e Navegação Terrestre apoiado por GPS* (HASEGAWA *et al* 1999). Nesse trabalho foi desenvolvido um protótipo de um sistema de navegação terrestre para testes. A arquitetura preliminar do sistema foi definida por meio de uma combinação de posicionamento GPS com sistema de localização, visualização automática das informações geográficas e consultas de maior interesse ao usuário, por meio de uma estrutura de banco de dados geográficos. Nesse protótipo (Figura 1.1) a integração de dados coletados pelo receptor GPS na base de dados foi solucionada com um módulo baseado no formato NMEA (National Marine Eletronic Association) – maiores detalhes podem ser encontrados em Hasegawa *et al* (1999). Apesar de contar com os recursos necessários à visualização de dados geográficos, a representação cartográfica e as interfaces ainda não foram devidamente projetadas para adequar-se à finalidade de um sistema de navegação terrestre.

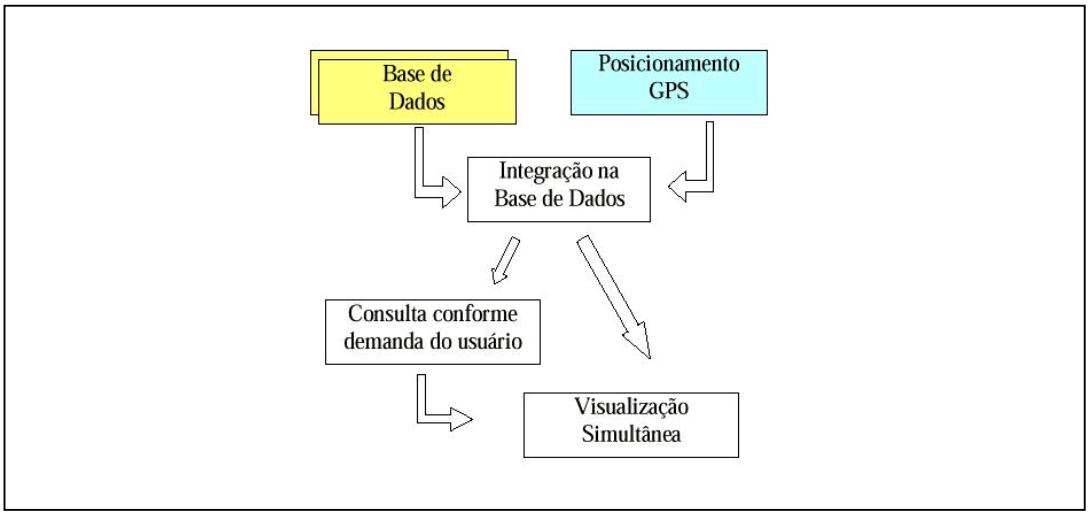


Figura 1.1 - Estrutura básica de um sistema de posicionamento e locomoção. Fonte: Hasegawa et al 1999.

De acordo com a figura anterior as informações da base de dados estão integradas com as informações da posição do veículo obtidas em "tempo real". A área

contemplada para testar o protótipo é um trecho da região de Presidente Prudente (Estado de São Paulo), (Figura 1.2). A figura 1.3 mostra a região representada no mapa dinâmico do protótipo.

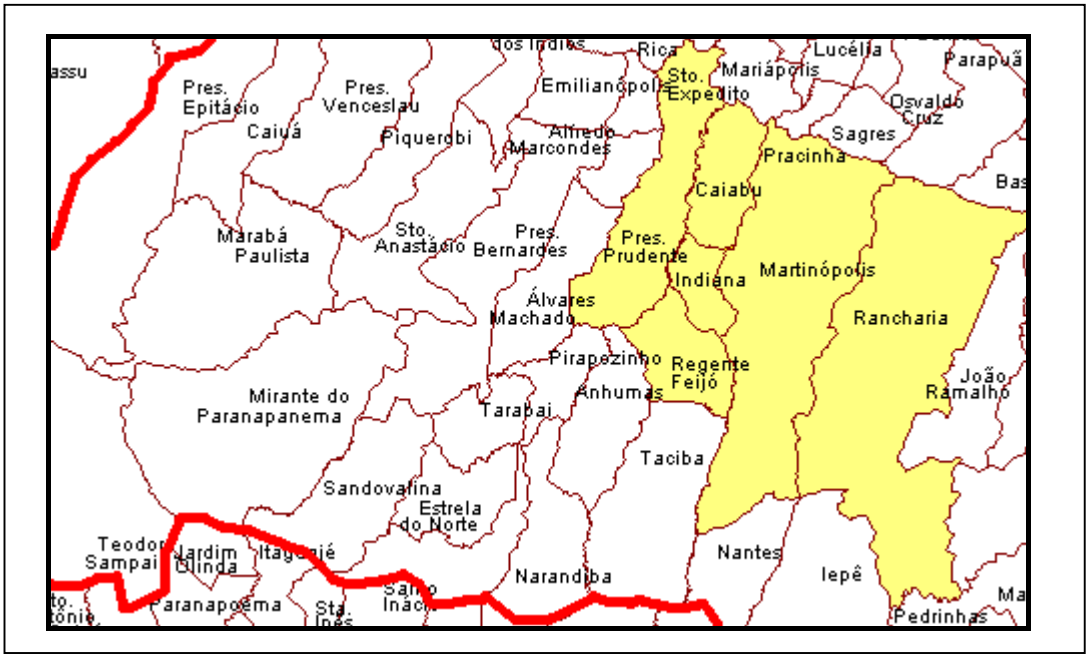


Figura 1.2 - Localização da área teste na região de Presidente Prudente

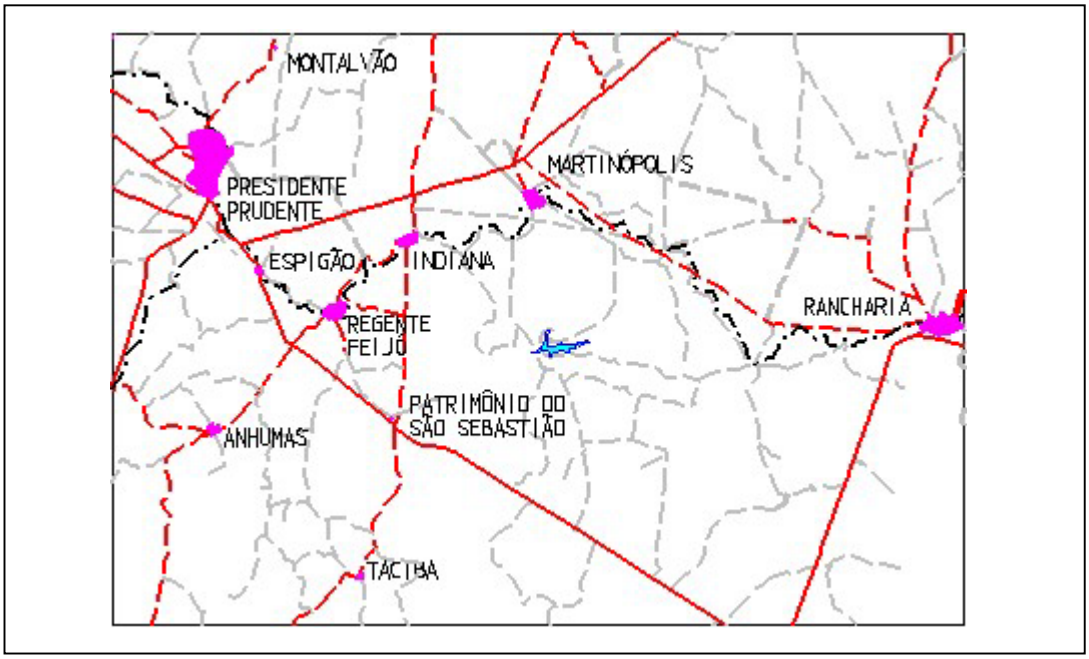


Figura 1.3 - Área teste

Embora a proposta do trabalho busque uma solução específica para navegação terrestre, a experiência pode ser utilizada como referência para desenvolvimento de um sistema de qualquer natureza.

1.2 Objetivos

Desenvolver um *mapa dinâmico* para representar informações geográficas em mapa de uso público e comunicá-las a um motorista, no transcorrer de uma viagem em rodovia, tendo como recurso de transmissão de informação, um monitor de vídeo com pequena dimensão e, ainda, um usuário que não pode dedicar muita atenção ao mapa.

1.2 Objetivos Específicos

- Análise das demandas do usuário (motorista);
- análise das variáveis interdependentes do projeto cartográfico;
- projeto dos símbolos cartográficos e do *layout* do mapa;
- implementação de rotinas de movimentação automática do mapa na tela do computador, conforme o deslocamento do veículo, resultando em um *mapa dinâmico*.
- desenvolver uma representação computacional que viabilize a implementação de um sistema para essa finalidade;
- investigar, desenvolver e avaliar representações cartográficas especialmente modeladas para o sistema.

1.3 Descrição do Trabalho

O presente trabalho está dividido em três fases: revisão bibliográfica, método e resultados. Na primeira fase está a revisão, a qual contempla assuntos que fornecem os conhecimentos básicos para que se possa atingir o objetivo proposto.

O capítulo dois investiga e descreve ***Sistema de Navegação Terrestre***. São apresentados os fatores de comunicação de mapas em navegação e também as funcionalidades disponíveis em alguns sistemas já desenvolvidos.

Antes da elaboração do projeto cartográfico é importante que o *desenvolvedor* do sistema tenha algumas noções de *Comunicação Cartográfica*. Esses princípios e fatores de troca de informações são apresentados no capítulo três. Esse mesmo capítulo, também, apresenta fundamentos de *Projeto Cartográfico*, o qual abrange fatores e variáveis envolvidos na concepção de projeto dos símbolos cartográficos além de uma breve discussão sobre mídia eletrônica para a realização do sistema.

Em seguida, no capítulo quatro é feito um estudo de ***Modelagem de Sistema e de Dado Geográfico*** que tem a finalidade de apresentar os fundamentos necessários em modelagem de sistema orientado a objetos, considerando as visões: estática (dos objetos), dinâmica (dos estados e eventos dos objetos) e funcional (fluxos de dados e processos). Para facilitar a implementação da base de dados e do sistema, o item *Modelagem de Dados Geográficos*, apresenta um método para projetar um modelo de dados espaciais.

Após tratar de modelagem do sistema, o capítulo cinco apresenta um método para o ***Projeto do Sistema***. É importante que se conheçam os componentes apontados nesse capítulo, pois ele fornece conhecimentos de refinamento da análise.

Na segunda fase do trabalho é apresentada a metodologia de trabalho, aplicando-se os conhecimentos adquiridos na revisão. Depois de descritos os aspectos

básicos que orientam o desenvolvimento do mapa dinâmico para realização do sistema, o capítulo seis descreve o ***Método*** de trabalho.

Na última fase, são apresentados os processos de elaboração do mapa dinâmico como realização do sistema de navegação terrestre. Então, finalmente, o Capítulo sete, ***Resultados***, descreve todas os resultados obtidos no desenvolvimento.

O Capítulo oito encerra o trabalho com a apresentação das ***Conclusões e Recomendações*** de melhoria do sistema.

2. SISTEMA DE NAVEGAÇÃO TERRESTRE

Nos últimos anos, foram desenvolvidos, em nível comercial, os primeiros sistemas de localização e navegação para veículos, os quais substituem com vantagem os mapas convencionais. Esses sistemas têm o propósito de buscar soluções para diversas necessidades. Essa nova técnica é composta basicamente de um receptor *GPS* acoplado a um computador no painel de um veículo.

A posição do veículo, obtida com um sistema de posicionamento por satélites e GPS, associada aos mapas digitais representados em monitores de computador, têm sido usados na concepção de sistemas de localização e navegação terrestre. Essa aplicação teve seu potencial ampliado com a eliminação da SA (*selective availability)*, pois permite obter dados de posição mais precisos, através da técnica de posicionamento absoluto realizada por *rastreadores* de navegação.

Ferreira (1998) apresenta um histórico sobre os primeiros sistemas de navegação automatizados no mundo, datando início em 1979, enquanto que os protótipos de sistema de navegação terrestre têm início em meados dos anos 80. No Brasil, o primeiro sistema dessa natureza é datado de 1991, por Cruz, denominado *Módulo Carta Eletrônica de um SIG*, desenvolvido pelo Instituto Militar de Engenharia – IME, FERREIRA (1998). Em seguida o protótipo de Ferreira em 1993 teve o objetivo de validar o trabalho de *Estrutura de Dados para Carta Eletrônica Terrestre*. No mesmo ano apareceu também um protótipo para controle de frotas na cidade de Sorocaba, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

Ferreira (1993) propôs o termo Carta Eletrônica para um mapa digital que exibe feições cartográficas simultaneamente com a posição georeferenciada de um dado móvel, em monitor de vídeo, em tempo real. Esse tipo de sistema conta com uma base de

dados denominada *base cartográfica*, entendida como o conjunto mínimo de representações das feições necessárias à realização da navegação, ou seja, o conjunto de informações básicas e fundamentais para localizar o móvel na região de interesse. Resumidamente, corresponde à malha viária, compreendendo todos os tipos de vias, Ferreira (1998).

2.1 Navegação e Comunicação de Mapa

De acordo com Morita (1993), uma das vantagens dos sistemas de navegação é que eles ajudam o usuário a determinar a sua próxima ação. Um simples atlas eletrônico não pode prover tal informação porque não tem interface humana para navegação. Portanto, a grande vantagem é que os sistemas que utilizam processos automatizados ajudam o motorista na tomada de decisões.

O mesmo autor entende que uma das principais funções do mapa é facilitar a navegação. O termo navegação trata não somente da navegação de carro, mas também a navegação humana. O autor cita, ainda, algumas questões relacionadas à navegação do tipo: “Onde estou?”, “Onde é meu destino?”, “Como eu chegaria lá?”; e ainda complementa a necessidade de responder mais uma questão, considerada a primeira delas: “Onde eu iria?”, e depois “Onde eu fui?”. Para Morita (1993) os principais componentes da navegação são: o usuário, a informação e a máquina de processamento da informação.

A dinâmica de um sistema dessa natureza transforma a informação de mapa para uma forma de representação visual ou oral. Assim, o mapa não é um instrumento estático, pois o usuário extrai informações ou recebe instruções necessárias.

Ainda, inserido nas idéias de Ratajski (1978), Morita (1993) cita o usuário e o mapa como componentes que descrevem o relacionamento entre os quatro maiores elementos de comunicação: realidade geográfica; informação, mapa e usuário. Para

os sistemas de navegação, existem ainda dois importantes elementos: o processamento da informação e o ambiente do processo interativo dinâmico.

Outra observação feita por Morita (1993) é a necessidade de se conhecer, além da espécie de informação, também o momento em que ela é necessária. Considerando a navegação, algumas questões principais que podem ser feitas pelo usuário são divididas em duas fases e três estágios. O estágio *antes da viagem*, fase de *planejamento*, as questões levantadas são: "Onde eu iria?", "Como eu chego lá?" e "Onde estou?". No estágio da *viagem*, fase de *planejamento*, a questão feita é "Onde ir agora?", enquanto na fase de ação as questões são: "Onde estou?", "O que fazer agora?". Já no *último estágio*, *depois da viagem*, é mencionada a fase de *ação*, indicando as seguintes questões: "Onde fui?", "Qual foi o meu percurso?", "O que eu fiz?".

2.2 Esquema de Mapa para Navegação

Outro assunto abordado lida com as transformações entre as diferentes dimensões, onde um processo dinâmico é desencadeado. Estudos indicaram que no momento em que alguém solicita a outra pessoa qual o caminho para seu destino, usando um mapa, é possível que sejam indicadas direções verbais e indicativas da rota com um dos dedos sobre o mapa e finalmente mostrando a direção com as próprias mãos.

Algumas funções analisadas por Morita (1993) nos sistemas de navegação existentes são classificadas e destacadas nas categorias abaixo:

- **Discriminação**: menu de visualização (menu base, menu suspenso); recuperação (lista de assunto, lista de nomes); entrada de informações vindas de outros locais (condições de tráfego, notícias do tempo);

- **disposição**: separa informação temática (principal) com informação de fundo (secundária), possuindo: configuração de mapa apropriado; mudança de escala (maior ou menor); emparelhamento de mapas; ajuste da localização atual; recuperação da informação de tráfego; orientação de melhor rota; registro de locais (origem, destino, pontos de cruzamento); marcador de locais de interesse;
- **representação**: as informações disponíveis podem ser representadas não só visualmente, como também verbalmente. As funções são: distância; direção para todos os lados; centralização do mapa; informação de escala, página ou índice do atlas; rotação do mapa; mudança de página; rolagem do mapa; ocultamento de detalhes quando estiver dirigindo; distância do próximo cruzamento; mapa detalhando interseções; direção de rota recomendada; opções de visualização para dia e noite;
- **instrução**: algumas poucas funções verificadas foram: mostrar a direção a ser tomada; mostrador de locais; destaque de sinais; sonante de alarme; guia de narração.

3. CARTOGRAFIA TEMÁTICA

Salichtchev (1973) apud Martinelli (1991) considera a cartografia como *"a ciência da representação e do estudo da distribuição dos fenômenos naturais e sociais, suas relações e suas transformações ao longo do tempo, por meio de representações cartográficas que produzem este ou aquele efeito da realidade de forma gráfica e generalizada"*.

3.1 Comunicação Cartográfica

De forma geral, *informação* pode ser entendida como um conjunto de dados munidos de significado e voltados a uma ou mais finalidades específicas. O seu uso requer que eles sejam classificados e isto estabelece as regras de como serão manuseados, isto é, acessados, armazenados, transmitidos ou rejeitados.

Para tanto, a *teoria da informação* forneceu os princípios considerados nas primeiras abordagens explicativas do processo de comunicação cartográfica. Sua contribuição é significativamente grande à evolução do conhecimento a respeito desse processo, tendo balizado, inclusive, as discussões de Kolácny (1977) sobre essa temática.

Por outro lado, tem-se a *teoria da comunicação* que é considerada útil desde que o mapa seja tratado como um veículo para *comunicar informação* ao usuário. O processo de comunicação de mapa descreve os processos de comunicação entre o comunicador e o recipiente usando mapas em diferentes fases.

Para Bordanave (1984) a comunicação pode ser entendida como uma das formas pelas quais os homens se relacionam entre si; é a forma de interação humana realizada através do uso de sinais. O mesmo autor não a considera como a única forma de

interação humana e, portanto, outras formas, tais como a luta, a relação sexual, a amamentação, os jogos, entre outros fatores são formas de interação que podem ser acompanhadas de comunicação.

A conclusão de Bordanave (1984) é de que a comunicação não é somente o reflexo dos tipos de relações sociais dominantes numa sociedade, mas um fenômeno ainda mais básico e mais universal de influência recíproca. Assim, não só os seres humanos influenciam-se mutuamente, mas os animais as plantas e as máquinas também.

Bos (1984) explica que a comunicação é uma transmissão de informações, idéias, emoções, habilidades etc. através do uso de símbolos, palavras, imagens, figuras, gráficos etc. É o ato ou o processo de transmissão, de informação. Para Bordanave (1984), a comunicação humana é apenas uma parte de um processo mais amplo: o processo da *informação*, que por sua vez é só um aspecto de um processo ainda mais básico, o processo de *organização*.

No processo de comunicação humana o primeiro passo é a *percepção*, a qual é um fenômeno de informação sobre o meio ambiente. Por exemplo, duas pessoas possuem repertórios diferentes, pois é impossível que as realidades sejam iguais: suas experiências, crenças, conhecimentos, valores atitudes etc. Em seguida inicia-se o processo de *interpretação* e a sua resultante é o *significado* das coisas. Conseqüentemente, mais um processo é desencadeado, o *estereótipo*, o qual as pessoas usam para classificar as outras. Caso seja um sistema computacional, talvez tenha o estereótipo da cor, posição dos elementos na janela e assim por diante. A troca de mensagens com seus correspondentes processos de *percepção*, *decodificação* e *interpretação* tem como resultado a formação de *novos significados*. Quando as propostas de mensagens são aceitas, pode-se considerar que iniciou um outro processo, o da *comunicação*. Seguindo as considerações de Bordanave (1984), verifica-se que o ato de comunicar revela o quanto é importante a *intenção* das pessoas enquanto determinante do processo de comunicação.

3.1.1 Símbolos e Signos

Bordanave (1984) diferencia *símbolo* de *signo* da seguinte forma: enquanto o primeiro representa idéias complexas tais como a paz, o cristianismo, o amor, o comunismo (a foice e o martelo) etc; os signos são qualquer coisa, ou estímulos físicos, utilizados para representar objetos, qualidade, idéias ou eventos.

As considerações sobre símbolo é que ele toma o lugar de algo que está em nossa mente ou em nossos sentimentos, fazendo visível e público o que é privado em cada um de nós. Então, o símbolo é uma representação observável e tangível de uma idéia não tangível. Já os signos podem ser relacionados às palavras, os sinais de trânsito, os gestos, as figuras, os desenhos etc. Eles são uma criação livre da imaginação humana.

Pignatari (1989) define signo como toda coisa que substitui outra, de modo a desencadear (em relação a um terceiro) um complexo análogo de reações. A explicação de Bordanave (1984) sobre o funcionamento dos signos é colocada da seguinte forma: imagine um objeto existente no mundo real, considere-o como *referente* porque o signo faz referência a ele. A imagem mental ou a idéia que o ser humano tem a respeito do objeto referente é o seu *significado* e a forma física que usamos para representar o significado do objeto, aquilo que se pode ver e tocar, apresentado no lugar do objeto é o *significante*. O significante é o elemento físico do signo, enquanto o significado é o elemento mental do mesmo, figura 3.1.

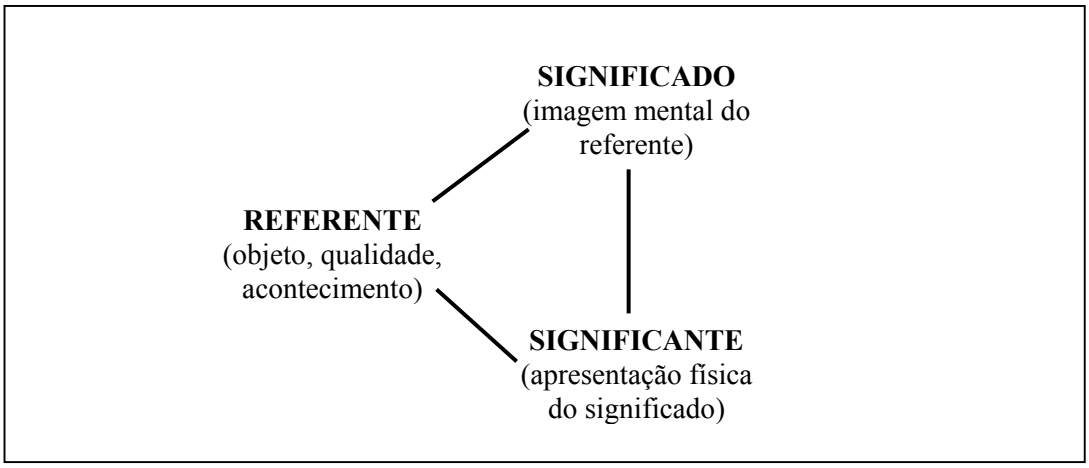


Figura 3.1 – Conceito de signo. Fonte: Bordanave (1984)

De acordo com o referente, Pignatari (1989) classifica os signos:

- Ícone: quando possui alguma semelhança ou analogia com seu referente, tal como uma fotografia, uma estátua, um pictograma etc;
- índice: quando mantém uma relação direta com seu referente ou a coisa que produz o signo. São exemplos: impressão digital, pegadas, chão molhado etc;
- símbolo: quando a relação com o referente é arbitrária e convencional. Exemplos: palavras escritas ou faladas, pronúncia de fonemas correspondentes a algum substantivo etc.

Em termos de comunicação cartográfica, símbolos cartográficos podem ser comparados com palavras numa linguagem: as palavras têm um significado próprio e um conjunto de palavras anotadas de acordo com certas regras gramaticais, caracterizam uma certa informação. Um símbolo único tem um significado específico (podendo ser explicado na legenda do mapa) e uma coleção de símbolos (localizados no mapa) concordando com a distribuição geográfica e a sua posição planimétrica apresentada, formam um total de informações (conteúdo semântico) a serem comunicadas ao usuário do mapa, BERTIN (1982).

3.1.2 Processos de Comunicação Cartográfica

A comunicação cartográfica tem como objetivo a otimização do significado dos elementos contidos no mapa para que haja compreensão por parte do usuário. Bertin (1982) formulou uma linguagem gráfica como um sistema de sinais gráficos com significado (conceito) e significante (imagem gráfica), ou seja, a informação e o tratamento gráfico.

Em termos de comunicação cartográfica, Keates (1982), indica as idéias de maior influência aquelas apresentadas por Kolacny (1969), Ratajaski (1971), Robinson e Petchnick (1976). Nesse sentido, o trabalho de Kolácny (1977), tem a finalidade de esclarecer o conceito que une num mesmo processo, a produção de um trabalho de cartografia com a sua utilização. A idéia do autor é que o mapa conte muito mais sobre a realidade do que se pode ser percebido através dos sentidos e para que isso aconteça, é necessário que as informações coletadas sejam completas para que então sejam transformadas em informações cartográficas.

Para Imai, (1996), existem diversas propostas, derivadas a partir do diagrama proposto por Kolácny (1977), que seguem a mesma visão e tem a finalidade de estabelecer uma conexão entre a criação do mapa e a sua utilização. O mesmo autor entende o processo de transmissão de informações cartográficas sob o ponto de vista da cognição, de forma que o efeito da transmissão de informações cartográficas depende do conhecimento prévio do usuário sobre o universo do mundo real, ou seja, da capacidade de interpretar os dados.

Morrison (1976) trabalha com o conceito de "dados básicos", no qual a linguagem cartográfica utilizada deve ser conhecida pelo usuário, e os domínios cognitivos deste e do Cartógrafo devem possuir informações em comum para que haja comunicação cartográfica. Na utilização de um mapa duma região completamente estranha ao usuário

(por exemplo, a área de um deserto desconhecida) pode não existir nenhum elemento comum referente ao conhecimento geográfico. Assim mesmo a utilização do mapa pode ser válida, à medida que a estrutura de localização do mapa e seu sistema de simbologia sejam compreensíveis (KEATES, 1982). Os fatores sociais e culturais prejudicam a forma das pessoas entenderem os símbolos e estes fatores devem ser resolvidos de forma a construir símbolos adequados para as diversas culturas regionais do mundo.

Baseado na teoria do mapeamento, Morita (1993) coloca que a necessidade do uso de sistemas de navegação não está muito clara, porque as pessoas podem caminhar ou dirigir um carro sem um sistema dessa natureza. Por outro lado a cartografia nos traz uma nova situação de uso de mapa, pelo fato deles serem utilizados em condições dinâmicas e interativas, incluindo a mudança de escala, a rotação de mapa, exploração de rotas, notação de informações adicionais e instruções para a próxima ação em "tempo real". A conclusão final da teoria do mapeamento para navegação é que a nova situação do uso do mapa demanda não somente o desenvolvimento interno tradicional da cartografia, mas também o desenvolvimento da teoria básica sobre ergonomia, psicologia, ciência cognitiva, lingüística, semiótica e etnologia, ajudando, portanto, no estímulo da construção de mais teorias relacionadas.

3.1.3 Semiologia Gráfica: Representação Polissêmica e Monossêmica

Joly (1990) considera a semiologia gráfica, aplicada à cartografia, como uma forma de avaliar as vantagens e os limites das variáveis visuais empregadas na simbologia cartográfica, formulando regras de uma utilização racional da linguagem cartográfica.

A utilização de uma "gramática gráfica" é sugerida aos diversos trabalhos que produzem uma representação cartográfica. Essa informação, em geral, passa de um mero conceito para uma utilização racional e de grande potencial. Bertin (1982) aponta que um mapa é construído e não desenhado, assim como se constrói uma frase em gramática e uma equação em matemática.

Martinelli (1991) entende a representação gráfica como a "composição de uma linguagem gráfica, bidimensional, atemporal, destinada à vista; tem supremacia sobre as demais, pois demanda apenas um instante de percepção; expressando-se mediante a construção da imagem (forma de conjunto captada num instante mínimo de percepção)".

O primeiro diagrama da obra de Warren Weaver e Claude Shannon (*The mathematical theory of communication*) é mostrado na figura 3.2 Bertin (1978). Atenção especial é dada à *fonte de ruído*. Isso mostra a obrigação do emissor em preparar uma boa mensagem ao destinatário, de forma que o ruído possa ser tão pequeno que não seja apresentado como problema.

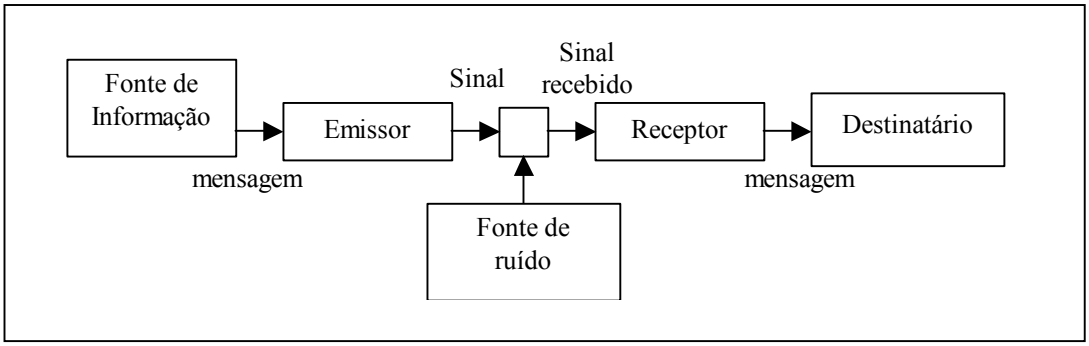


Figura 3.2 – Diagrama de comunicação. Fonte: Bertin (1978)

Bertin (1978) destaca a representação gráfica como parte da Semiologia (ciência do sistema de *signos* / sinais), propondo o paradigma da Semiologia Gráfica. Segundo esse paradigma a linguagem gráfica é universal necessitando apenas de dois instantes de percepção para que aconteça a comunicação:

a) que coisas os *signos* significam?;

b) quais são as relações entre as coisas?.

O primeiro momento de percepção utiliza os signos, onde toda a informação útil é percebida. Nesse instante ocorre a transcrição da representação polissêmica, pelo fato de identificar o signo. No segundo momento, a percepção não utiliza o signo. Agora sim, ocorre a transcrição monossêmica pelo fato de identificar as relações entre os signos e portanto, não apresenta ambigüidade, sem necessitar de convenções.

O autor coloca a necessidade de *aprender a ver*, de tal forma que a partir das propriedades da linguagem gráfica se possa obter instantaneamente a informação ali contida. Neste sentido, os mapas quando representados de forma adequada estarão usando uma representação *monossêmica* (Figura 3.3), diferente das imagens (obras de artistas plásticos e fotografias), que estabelecem uma representação *polissêmica*, dando margem à diversas interpretações (Figura 3.4). Na comunicação monossêmica só há uma solução, isto é, não há escolha.

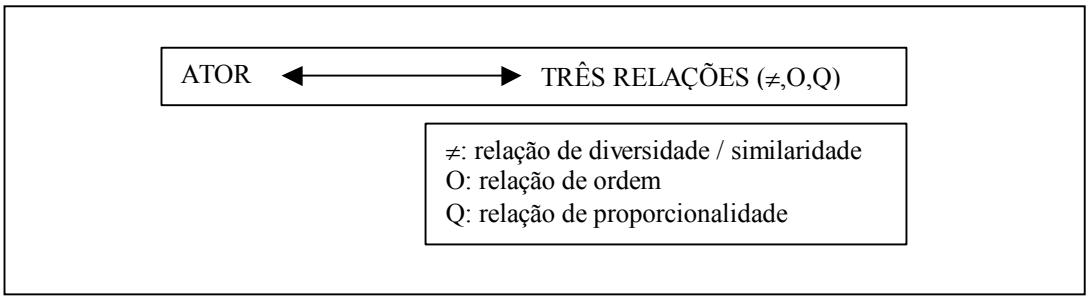


Figura 3.3 – Comunicação monossêmica. Fonte: Bertin (1978)

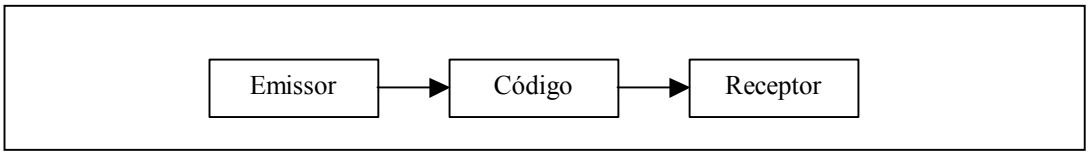


Figura 3.4 – Comunicação polissêmica. Fonte: Bertin (1978)

Na *comunicação monossêmica*, a representação gráfica deve transcrever relações universais, mais especificamente três relações fundamentais: *diversidade / similaridade*, *ordem* e *proporção*. O autor explora as relações entre dados representando-as como variáveis visuais.

O fato de a representação ser monossêmica e, portanto universal, coloca o emissor (cartógrafo / redator gráfico) e o receptor (usuário) numa fusão de mesma ação, definida pelas questões pertinentes a um determinado conjunto informacional (BERTIN, 1978).

A transcrição gráfica para representar uma cidade que tenha o dobro de habitantes em relação a uma outra não usa a arte, pois não haveria escolha em representar essa situação. A figura 3.5 indica que a monossemia, por definição, não necessita de código, ela é universal e, portanto não necessita de nenhuma convenção (BERTIN, 1967).

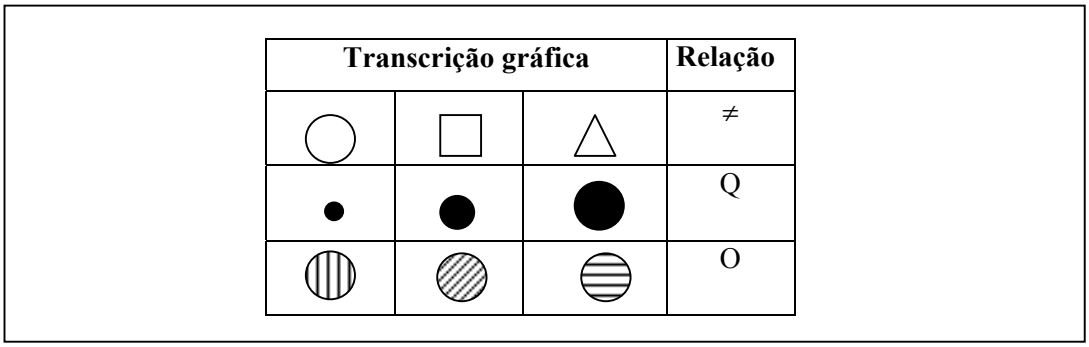


Figura 3.5 – Exemplo de transcrição gráfica e relação entre objetos - adaptado de Martinelli (1991)

Na representação gráfica, a imagem visual pode ser representada por diversos tipos de variações, chamadas de variáveis visuais: tamanho, valor, granulação, cor, orientação e forma (MARTINELLI, 1991; JOLY, 1990). Martinelli (1991) complementa o uso de mais duas variáveis, as dimensões do plano (X, Y), totalizando oito variáveis que têm as propriedades perceptivas que toda transcrição gráfica deve levar em conta, para traduzir

adequadamente as três relações fundamentais entre objetos: similaridade/diversidade (#), ordem (O), proporcionalidade (Q).

- *Similaridade / diversidade*: a variação ocorre entre dois objetos ou signos;
- *ordem*: as categorias são ordenadas seqüencialmente;
- *proporção*: quantidades diferentes são representadas proporcionalmente.

Martinelli (1991), relaciona as três relações fundamentais anteriores com a natureza do tema a ser representado, de acordo com os aspectos:

- *qualitativo(#)*: "*O que?*";
- *ordenativo(O)*: "*Em que ordem?*";
- *quantitativo (Q)*: "*Quanto?*".

Por outro lado, a *representação polissêmica* dá margem a diversas interpretações. Ela tem a finalidade de definir um conjunto, diante das infinitas possibilidades. Exemplo disso é uma placa de trânsito indicando *dê a preferência* (Figura 3.6). Para quem não conhece o Código Nacional de Trânsito, o sinal é ambíguo. Perceber um sinal de trânsito demanda apenas um instante de percepção, ou seja, o que o sinal significa? Assim, o objetivo é realizado quando o receptor identifica o conceito.

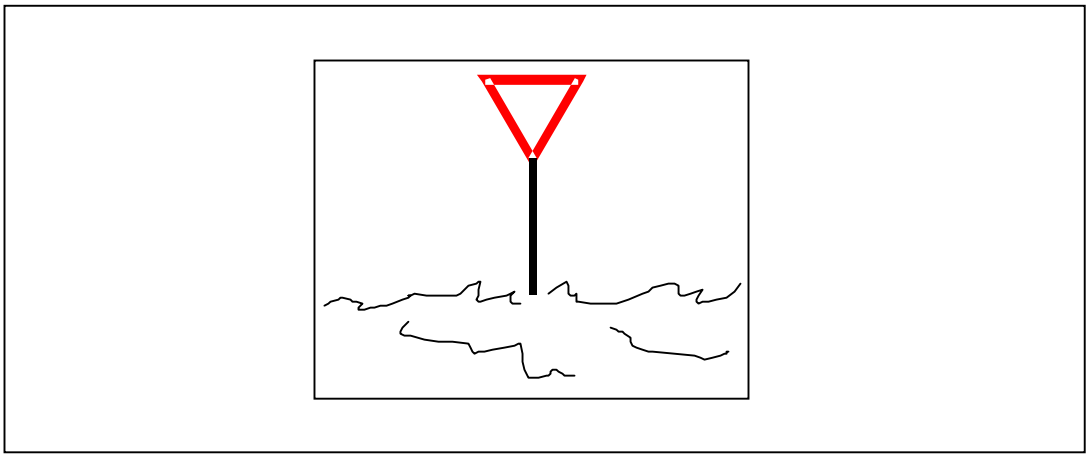


Figura 3.6 – Exemplo de representação polissêmica

3.2 Projeto Cartográfico

Para ROBINSON *et al* (1984) o projeto gráfico é uma parte vital da cartografia porque requer uma comunicação efetiva aos vários sinais (representações geométricas, cores, letras etc.) modulados e representados cuidadosamente.

Os objetivos do projeto cartográfico para sistemas de navegação estão relacionados com a representação dos diversos elementos geográficos que devem ser mostrados na tela de um computador, de forma clara e, portanto objetiva, expressando interesses de viajantes em uma determinada estrada.

3.2.1 Princípios do Projeto Cartográfico

Keates (1973), sugere que, antes de tomar decisões, é necessário examinar os fatores que influenciam um mapa em particular e estabelecer alguns objetivos básicos, tais como:

- **Conteúdo***:* deve ser examinado cuidadosamente, podendo ser aplicado a um intervalo de feições físicas. Por exemplo, num mapa de uso da terra deve prevalecer a representação das categorias de uso da terra;
- **nível visual***:* em todos os projetos de mapa, o propósito seria ter mais que um nível visual. Dessa forma, a informação mais importante apareceria como informação primária, enquanto as outras seriam secundárias;
- **contraste e equilíbrio***:* a divisão do conteúdo em diferentes níveis depende do contraste. *"Como princípio geral, o projeto geral deveria empregar o mínimo grau de contraste necessário para fazer todos os símbolos perceptíveis, e tornar dominante a percepção dos símbolos dominantes"*. Keates (1973).

3.2.2 Fatores e Variáveis do Projeto Cartográfico

O produto cartográfico final e adequado deve ser gerado através de um conjunto de variáveis e fatores, a saber: v*ariáveis interdependentes; representação cartográfica; layout,* (Bos (1984), Oxtoby & Van de Worm (1986) e Keates (1989) apud Decanini & Imai, 2001).

3.2.2.1 Variáveis Interdependentes

Levantadas a partir da literatura de Bos (1984), Oxtoby & Van de Worm (1986) e Keates (1989), elas são os elementos que estão intrinsecamente ligados entre si e a decisão sobre um tem efeito sobre o outro. Portanto, elas devem ser definidas no início do projeto: *propósito*; *área geográfica*; *forma*; *informação geográfica; escala*; *projeção*, que se dividem em suas categorias:

- **organização da informação**: compreende a definição da informação primária e da secundária. Abrange também a criação dos grupos de classes;
- **características da informação**: envolve propriedades dimensionais de ponto, linha e polígono. Os níveis de medida estão incluídos aqui e são: qualitativo, quantitativo e ordenativo.

Os níveis de medida são descritos assim:

- **nível qualitativo**: neste caso as feições são somente nomeadas e identificadas. Exemplo: restaurante e lanchonete.
- **nível ordenativo**: as feições são organizadas em hierarquias, por ordem de importância, sem discriminar quantidades. Exemplo: rodovia, vicinal, caminho;

- **nível quantitativo**: as feições são discriminadas por sua quantidade. Exemplo: tráfego das vias, turistas dos balneários, etc.

4.2.2.2 Representações Cartográficas

Os elementos cartográficos formam o corpo da representação gráfica do assunto mapeado. São eles os *fontes*, os quais incluem a especificação de toponímia e informação marginal e os *símbolos*, formados por (BOS, 1984):

- **variáveis visuais**, considerando as propriedades de percepção;
- **níveis de percepção visual** (primeiro e segundo plano);
- **convenções cartográficas** (normatizações);
- **especificação das dimensões dos símbolos pontuais** (considerando fatores de visibilidade e legibilidade).

3.2.2.3 Layout

Está relacionado com a disposição dos elementos gráficos no mapa. O *layout* determina a aparência estética, o equilíbrio e o bom uso do espaço disponível na folha do mapa.

3.2.3 Fatores envolvidos no projeto de símbolos cartográficos

A realização do projeto de símbolos depende muito dos aspectos envolvidos na leitura e compreensão do mapa. Esses aspectos estão relacionados com as leis de percepção; visibilidade e legibilidade; associações convencionais e subjetivas (BOS,

1984). Embora esses fatores tenham sido testados para a realização da mídia convencional, neste trabalho eles deverão ser examinados para a representação na mídia eletrônica. Deverá ser considerada a limitação do usuário que dispõe de sua atenção para dirigir e consultar o mapa de dimensões pequenas, no painel do veículo.

3.2.3.1 Leis da percepção

De acordo com Bos (1984), as leis da percepção estão relacionadas com o conhecimento do assunto a ser mapeado e com as ferramentas gráficas disponíveis para a criação dos símbolos, ou seja, das variáveis visuais. É necessário conhecer os aspectos relacionados com a leitura e a compreensão do mapa, intimamente ligados com a *percepção visual*. A *percepção visual* é a detecção de um objeto no campo visual e a habilidade de compreender seu significado. O processo desse tipo de percepção é dividido em três estágios:

a) **físico**: quantidade de luz, refletida pelo objeto e que alcança os olhos, que é registrada inicialmente na retina;

b) **fisiológico**: reação dos olhos à radiação incidente, ativando o sistema de lentes e causando a abertura da pupila e a emissão de sinais elétricos ao cérebro;

c) **psicológico**: a resposta e a habilidade do cérebro em receber sinais dos olhos e interpretar sua mensagem.

Neste terceiro estágio da visão existe o processo de construção do significado a partir da reação incidente. Um dos fatores do processo de comunicação humana estudado por Bordanave (1984) se encaixa perfeitamente aqui, pois a subjetividade depende do conhecimento e experiências prévias, das características pessoais, meio ambiente etc. A percepção visual ocorre realmente se a imagem gráfica do mapa é

corretamente interpretada. Sendo assim, um fator importante para a percepção visual é a acuidade visual.

- **acuidade visual ou visibilidade**: é definida como a habilidade dos olhos em detectar pequenos objetos ou detalhes espaciais, discriminando-os de seus vizinhos, colocados próximos ou distantes dos olhos. A acuidade visual é expressa como o tamanho mínimo de um objeto que pode ser detectado a uma certa distância de leitura sob certas condições de contraste. Bos (1984) descreve que tal habilidade é influenciada pelos seguintes fatores:

  - ***espacial***: expressa a relação entre tamanho do objeto (t), distância do objeto (d) e ângulo visual (α) (Figura 3.7).

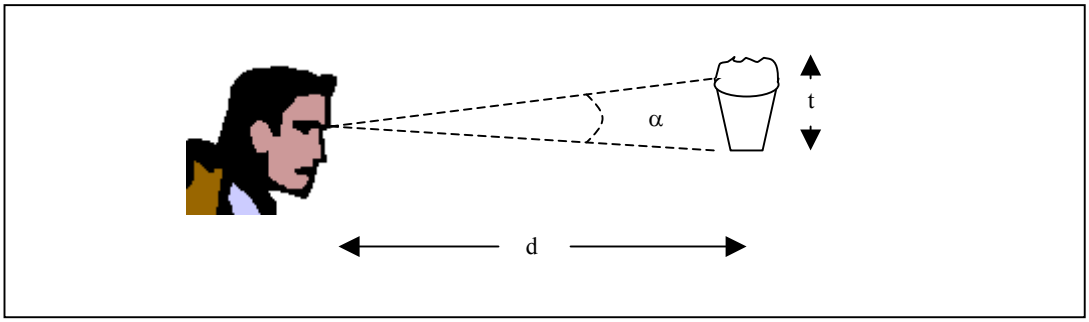


Figura 3.7 – Fatores da acuidade visual. Fonte: Bos (1984)

  - ***espectral***: fator que expressa a intensidade de luz refletida, cor e contraste. Verifica-se que o grau de contraste entre os símbolos e o fundo também afeta a acuidade visual. Exemplo: a representação da cor preta sobre fundo branco possui alto contraste, de fácil detecção (Figura 3.8 - a); enquanto uma linha de mesma espessura na cor amarela sobre um fundo branco é de difícil detecção, pois as duas cores possuem altos valores de brilhos, resultando em baixo contraste (Figura 3.8 - b).

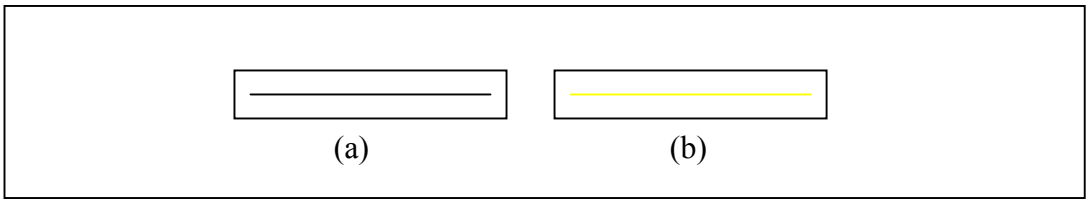


Figura 3.8 – Representação do valor de contraste

o ***dinâmico***: este fator está relacionado com o movimento dos objetos (animação). Maiores detalhes serão vistos, ainda, neste capítulo no item *3.2.6 Mídia Eletrônica*.

o ***temporal***: indica o tempo no qual o objeto fica no campo de visão.

- **fatores psicofísicos**: a psicofísica é a relação entre estímulo (a parte física que é vista) e a resposta resultante desse estímulo, ou seja, a relação entre *o que há* e *o que percebemos*. O autor verifica que as *constâncias e contrastes perceptivos* e a *percepção de símbolos* são fatores que devem ser considerados no projeto cartográfico. Eles são aplicados à forma, tamanho, valor e cor. Um exemplo é a cor dos objetos que permanece constante independente da mudança de estímulos. Assim, a visão de um objeto durante a noite ou dia não altera a cor ou forma original dele, pode-se chamar isso de *constância perceptiva*. Entretanto, os nossos olhos não são capazes de identificar. Uma cor pode parecer mais clara ou mais escura em relação ao fundo, pode-se chamar isso de *contraste perceptivo*.

o ***contraste e constância no valor (brilho)***: entende-se brilho como a quantidade de luz refletida por um objeto. O brilho de um objeto é constante seja quais forem as condições de iluminação, embora o julgamento dos olhos seja relativo. O resultado final do brilho é dependente da sua vizinhança. Na figura 3.9 (a) percebe-se que a cor preta sobre fundo branco se destaca melhor que a mesma sobre fundo cinza, figura 3.9 (b).

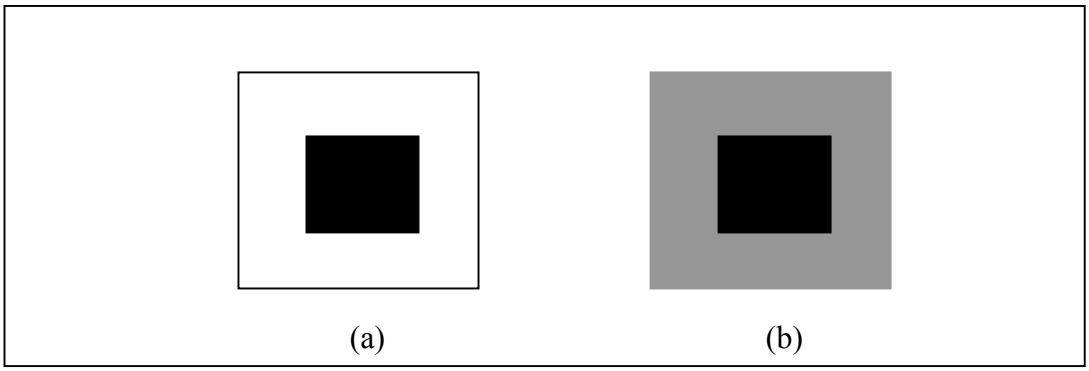


Figura 3.9 – Diferença de valor no contraste do brilho. Fonte: Wong (1987).

- ***contraste e constância na cor (tonalidade)***: a constância da cor também não se altera em certas condições de iluminação. No entanto, o julgamento da cor não é absoluto, pelo fato de ser influenciado pela que está no fundo. Exemplo: a cor vermelha colocada sobre um fundo verde (figura 3.10 – b) parece mais escura que quando colocada sobre um fundo de cor laranja (figura 3.10 – a).

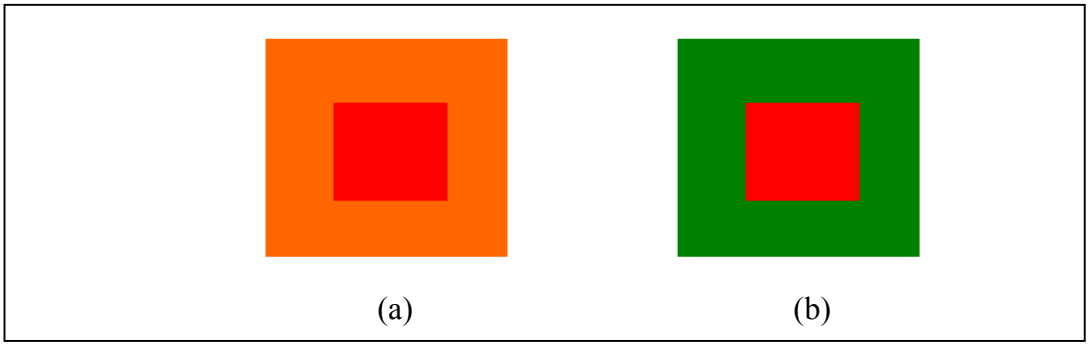


Figura 3.10 – Diferença de valor no contraste da cor. Fonte: Wong, 1987.

- ***percepção de símbolos proporcionais***: é utilizada a variação de tamanho de círculos, quadrados ou triângulos para representar a variação em quantidade Neste caso a superfície dos símbolos é proporcional à quantidade que ele representa. Na figura 3.11, verifica-se que cada círculo é o dobro do anterior.

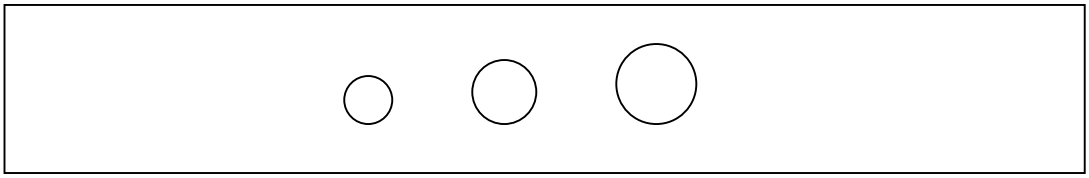


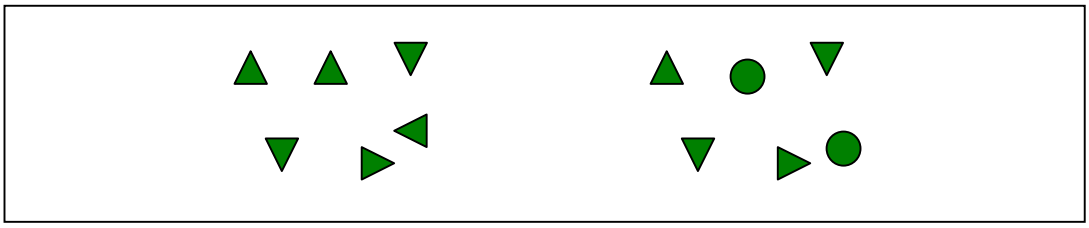
Figura 3.11 – Percepção de símbolos proporcionais

- ***percepção de valor (escala cinza)***: o intervalo visual é diferente do intervalo físico. Portanto, não é possível sequer perceber intervalos de 10% (intervalo físico) em uma escala de 0-100%.

3.2.3.2 Legibilidade

Mais complexo que a visibilidade, este conceito pode ser compreendido como a facilidade em que um mapa pode ser lido, ou tal conteúdo ser compreendido. Legibilidade é a habilidade de detectar diferenças, ou seja, a capacidade de alguém discriminar entre dois ou mais símbolos. Para Bos (1984), as condições mínimas para detecção dos símbolos se aplicam a algumas variáveis visuais:

- **forma**: elementos distintos, com variação na forma, devem ter um tamanho grande o suficiente para que possam ser discriminados entre si. Exemplo é a diferenciação entre um círculo e um quadrado, pois devem ter um tamanho mínimo para que possam ser discriminados, de acordo com a sua forma. Para dois símbolos geométricos de mesma natureza, como por exemplo, dois tipos de triângulos, a diferenciação na forma não é muito significativa, figuras 3.12 (a) e 3.12 (b).



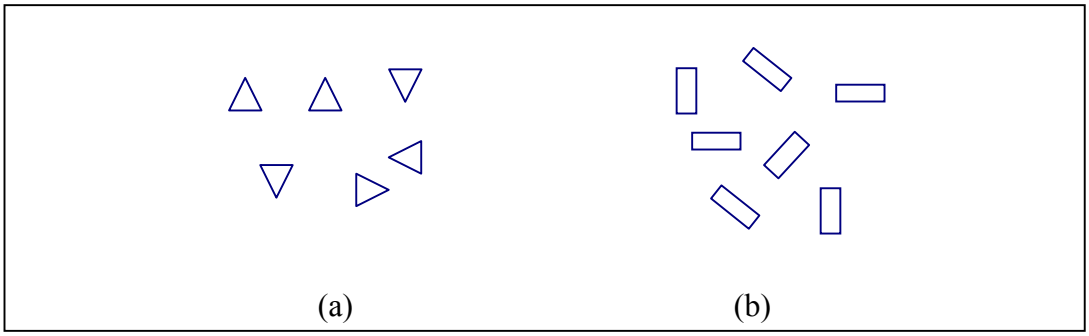
(a) (b)

Figura 3.12 – Variação na orientação. Fonte: Bos (1984)

Keates (1982), relaciona as variações na forma com diferentes aspectos, dentre eles:

- ***Forma plana***: a representação de uma porção de terreno, um poço de água ou uma construção pode ser considerado como base da forma.
- ***perfil***: uma das dimensões mais notáveis de uma feição individual é a altura. Um exemplo disso são as árvores, as torres de celular etc.
- ***função***: a forma do símbolo está bem relacionada com a função que ele representa, ou seja o seu aspecto. Um exemplo bastante claro disso é o símbolo de auto-mecânica.

- **orientação**: quando as diferenças entre determinados tipos de símbolos forem pequenas, maior é a dificuldade de perceber a diferença entre eles. Na figura 3.13 (b), os objetos são melhores discriminados que na figura 3.13 (a).



(a) (b)

Figura 3.13 – Variação na orientação. Fonte: Bos (1984)

- **valor**: numa escala cinza de valor graduada, o número de classes não deve ultrapassar o limite de sete a oito, pelo fato de os olhos não poderem discriminar mais que isso.

- **tamanho**: a discriminação entre os símbolos, para este tipo de variável, é a capacidade de julgar os tamanhos relativos desses símbolos entre si.

É importante que os símbolos, num mapa, sejam mais que detectados e sim legíveis, ou seja, que possam ser lidos e bem entendidos.

3.2.3.3 Associações subjetivas

De acordo com Bos (1984), está relacionada com algumas reações do usuário a certos símbolos e variáveis visuais. Algumas variáveis analisadas são:

- **forma**: no caso de linhas contínuas a impressão causada é de continuidade nas feições, enquanto nas linhas pontilhadas a impressão é de incerteza;

- **cor**: a cor é um elemento muito sensível na subjetividade, podendo causar várias sensações: a cor vermelha pode causar impressão de temperatura alta, de perigo, ou ainda de paixão; já a cor azul pode causar a impressão de frio, de calma; a cor verde pode causar a impressão de desimpedido, sem risco;

- **valor**: pelo fato de símbolos mais escuros representarem maior importância, utiliza-se símbolos mais escuros para destacar a relevância do objeto;

- **granulação:** quanto maior a densidade da região representada, maior o interesse;

- **tamanho**: os objetos que são maiores provocam a impressão de maior importância. Assim, o aumento do tamanho relaciona-se a um aumento dos valores absolutos.

3.2.3.2 Associações convencionais

São baseadas na experiência, mas em geral elas são padronizadas. Os símbolos em cartas topográficas são padronizados nacionalmente como, por exemplo, pelo DSG (Divisão do Serviço Geográfico do Exército) e pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística) etc. A variável visual, geralmente padronizada, é a cor:

- **água**: representada na cor ciano, utilizada para simbolizar hidrografia;
- **vegetação**: geralmente em tons de verde;
- **curva de nível**: na cor sépia;
- **rodovias principais**: com linha dupla, em magenta e linha em preto;
- **temperatura alta**: vermelho, laranja e amarelo;
- **temperatura baixa**: violeta, azul e ciano.

3.2.4 Projeto de Símbolos Cartográficos

No artigo de Blok (1987), encontra uma pesquisa na qual ela testou diversos símbolos pictóricos para mapa turístico. Nesse teste foi mensurada a compreensão desses símbolos com e sem uso de legenda. A autora coloca que um dos tópicos de pesquisa para projetar mapas novos está relacionado com a legibilidade ou a compreensão dos símbolos. O objetivo principal do teste realizado foi procurar distinguir entre os símbolos gráficos adequados e os inadequados, verificando se a mensagem decodificada pelo usuário do mapa era correspondente àquela codificada pelo cartógrafo. A partir dos resultados do teste, essa autora propõe critérios e orientações para o desenvolvimento de novos símbolos pictóricos. Decanini (1987), a partir do trabalho de Blok, realizou estudos semelhantes sobre

a eficácia desses símbolos, avaliando o problema a partir de dois métodos: método de produção, onde as pessoas entrevistadas tiveram que projetar símbolos para informação turística selecionada e o método de compreensão onde as pessoas analisadas eram de diferentes países, para o entendimento dos símbolos.

Símbolos pictóricos são importantes para mapas turísticos de uso público, no entanto devem ser testados para verificar a viabilidade de sua utilização dada às restrições do sistema de visualização (resolução e tamanho do monitor). Dependendo da escala de visualização desse símbolo ele deve ser representado de forma geométrica evitando compreensão diferente daquela pretendida.

A realização do projeto de símbolos cartográficos é uma das fases mais importantes no processo de comunicação cartográfica. O propósito do mapa coloca-se sempre como preocupação central para a sua realização, a demanda do usuário pode determinar o conteúdo e a escala do mapa.

De acordo com Bos (1984) o projeto de símbolos é um processo que segue alguma ordem e as fases do processo podem ser entendidas, resumidamente, assim:

- **determinação ou familiarização com o conteúdo do mapa**. Este é o momento de definir a escala, o tamanho da área geográfica e a projeção;

- **análise das necessidades quanto aos símbolos convencionais e padronizados**. A verificação feita pelo autor é que não há necessidade de se criar novos símbolos caso o mapa possa utilizar aqueles convencionais e padronizados, encerrando o processo neste estágio;

- **análise dos dados geográficos e análise dos elementos da base cartográfica**. A pessoa que confecciona o mapa deve entender as características da informação que será representada no mapa. Portanto ele deve analisar as *propriedades dimensionais*, que dependem da escala do mapa adotada.

É necessária a *organização dos dados geográficos*, preparando as feições em grupos ou classes para formar a legenda. Exemplo disso é a classe de via, a qual corresponde à generalização de rodovia, caminho, vicinal, ponte etc. Finalmente, analisam-se os *níveis de medida*:

- **definição dos níveis de percepção requeridos dos dados geográficos e da base cartográfica**. Esse é o momento de se definir as informações principais e as secundárias, também conhecidas como *informações de fundo*. Isso pelo fato de certos elementos geográficos necessitarem ser mais enfatizados que outros (dependente de sua função no mapa). Por exemplo, o automóvel e os elementos que compõem o mapa turístico são considerados como informação principal, enquanto que a imagem é considerada como informação de fundo. É necessário considerar as leis da percepção;

- **seleção das variáveis visuais**. É imprescindível considerar as leis da percepção, os conceitos de associações subjetivas e convencionais, visibilidade e legibilidade;

- **análise dos requisitos de mapas especiais**. Alguns mapas são utilizados em condições especiais, como é o caso de mapas digitais mostrados em computador e televisão. Um sistema de navegação terrestre se encaixa perfeitamente neste item, exigindo um projeto de símbolos cuidadoso;

- **implementação do projeto de símbolos**. É necessária muita experiência e o conhecimento de quem confecciona os símbolos, e também os materiais para a produção e reprodução. Quando for o caso de mídia eletrônica é importante o conhecimento de aplicativos gráficos que implementam o projeto de símbolos adequadamente;

- **avaliação do projeto de símbolos implementados**. Para que haja sucesso, o projeto deve considerar os símbolos no seu contexto real do mapa, no final do

processo do projeto cartográfico. Eles não devem ser implementados simplesmente considerando o projeto individual e o tamanho mínimo para serem detectados.

3.2.5 Generalização Cartográfica

O emprego da generalização cartográfica é como um dos requisitos básicos para a visualização dos elementos no mapa. Resumidamente, ela consiste na aplicação de estudos de simplificação, classificação, simbolização e indução. Essas quatro ações incluem: determinação das principais características dos dados; eliminação de detalhes, e possível exagero ao que for importante; escalonamento e agrupamento de dados; codificação gráfica de características essenciais e aplicação de processos lógicos de dedução, Keates (1982).

3.2.6 Mídia Eletrônica

Nos últimos trinta e cinco anos a mudança tecnológica na cartografia tem ocorrido radicalmente, passando da utilização de tinta e caneta para a tecnologia do computador, SLOCUM (1999). Esse mesmo autor cita algumas conseqüências no resultado dessas mudanças:

- a partir dessa transformação mais pessoas têm a oportunidade de criar mapas. E, apesar de proveitosa essa mudança é, também, problemática porque não há garantia de que os mapas resultantes serão projetados e precisos;
- habilidade de se produzir mapas que teriam sido difíceis ou impossíveis de serem criados por métodos manuais. Os mapas animados, caracterizados

pela mudança contínua ou dinâmica, são uma representação particular da capacidade da moderna tecnologia computadorizada;

- alteração na maneira de usar mapas. Com a aproximação do modelo de comunicação, os cartógrafos têm criado melhores mapas aos seus usuários;
- habilidade daqueles que fazem mapas em ligar mapas, textos, figuras, vídeos, e som em apresentações multimídias;
- habilidade de acessar mapas e informações relacionadas via internet e intranet;
- proliferação de mapas coloridos. Isso tem sido aumentado amplamente pelo aumento das capacidades, dos sistemas de visualização gráfica, impressoras coloridas e facilidade na transferência de informação digital via internet, atrelada ao baixo custo.

O mesmo autor entende que os cartógrafos têm se mantido atentos em desenvolver recursos para visualização científica.

3.2.6.1 Visualização Cartográfica em Mapas Dinâmicos

De acordo com McEachren e Kraak (1997) apud Slocum (1999), a International Cartographic Association (ICA), em 1995, estabeleceu a formação de uma comissão de Visualização cujos propósitos, dentre outros, foram:

- Estudar e relatar mudanças e regras de expansão de mapas em ciências, criação de resolução, formulação de política e sociedade para a chegada dos mapas dinâmicos inteligentes;
- Investigar e relatar as ligações entre *visualização científica* e *visualização cartográfica* e identificar maneiras de facilitar o intercâmbio de idéias entre cartógrafos e outros trabalhadores no problema da visualização.

Embora o termo visualização não tenha sido bem entendido no campo da cartografia, McEachren et all. (1992) apud Slocum (1999, pág. 11) definem da seguinte forma:

"Visualização geográfica será definido aqui como o uso de representações visuais concretas, seja em papel, vídeo de computador ou outra mídia, para contextualizar fenômenos espaciais e problemas visíveis, assim como o emprego da mais poderosa habilidade de processamento de informação humana, associados com a visão".

Slocum (1999) conclui que, numa base informal, a visualização tem sido usada para descrever algum método recente desenvolvido para exibição de dados. Deste modo, os cartógrafos tem utilizado animação e atlas eletrônicos apoiados no conceito de visualização.

3.2.6.2 Mapa Animado versus Mapa Interativo

Mapas animados são caracterizados pela mudança contínua ou dinâmica de fenômenos espaciais; eles são uma conseqüência importante da recente mudança tecnológica na cartografia, (SLOCUM, 1999).

O mesmo autor verificou, ainda, um estudo de DiBiase *et all* (1992), McEachren e seus colegas, no qual formularam um conjunto de variáveis visuais apropriadas para animação:

- *Duração*: definida como o tempo de duração que um *frame* (cena) de uma animação é mostrado, com pequena duração resultando em uma animação suave e completa;
- *intervalo de mudança*: definida como *m/d*, onde *m* é a magnitude de mudança entre frames e *d* é a duração de cada frame;

- *data de exibição*: definida como o momento em que alguma mudança na visualização foi iniciada. Por exemplo, a hora em que o veículo teve sua mudança de posição alterada no mapa;
- *freqüência*: é o número de estados identificáveis por tempo de unidade;
- *ordem*: é a seqüência no qual as cenas são apresentadas. Normalmente elas são apresentadas em ordem cronológica.

Um pouco parecido com o mapa animado, um mapa interativo é uma forma de representação de mapa assistida por computador que tenta imitar a visualização de um mapa mental no cérebro. Eles são caracterizados por uma interface intuitiva ao usuário consistindo de ícones gráficos, um dispositivo de apontamento e visualizações instantâneas de mapas. Um mapa interativo inclui ferramentas de zoom, pan, videoclipes de locais com figuras e sons (PETERSON, 1995).

Esse autor cita exemplo de interações com o mapa como sendo a mudança de escala (*zoom mais* e *menos*), de perspectiva (rotação no eixo tridimensional ou visualização oblíqua) ou de simbologia (incluindo a alteração por algum outro elemento gráfico). Além disso, a presença de atributos possibilita o aumento no número de manipulações. Outros tipos de interações poderiam ser obtidos a partir da combinação desses gráficos e atributos como, por exemplo, algumas análises dinâmicas de um veículo que se movimenta no mapa e verificação se existe algum local que tenha que ser identificado e apresentado ao motorista.

3.2.6.3 Ferramentas de Desenvolvimento

Softwares de animação são explicitamente entendidos como ferramentas de desenvolvimento de animações. Tecnologias mais recentes podem permitir aos usuários interagir com a animação e explorar os dados. Slocum (1999) classifica os softwares de animação como aqueles de *propósitos gerais* e os *especializados*. O primeiro permite vários tipos de animações técnicas tais como rotação, arremesso, queda etc; enquanto o segundo serve para criação de "vôos rasantes" entre outros recursos de natureza espacial, onde o observador pode sobrevoar a paisagem.

Para desenvolver animação, Slocum (1999) sugere a utilização de linguagens visuais tais como o Visual Basic da Microsoft, Delphi da Inprise e as linguagens C++ (C++ Builder da Inprise e Visual C++ da Microsoft). O mesmo acontece para sistemas interativos descritos por Peterson (1995).

Um problema apontado pelo autor é a ausência de ferramentas de visualização, geralmente não incluídas nos pacotes de linguagem de programação. Isto acaba requerendo o desenvolvimento de uma grande quantidade de códigos para implementar sistemas sofisticados de mapeamento para animação. Para tanto, Slocum (1999) sugere a utilização de ferramenta GIS (Sistemas de Informação Geográfica), para reduzir o tempo de desenvolvimento, tais como o Map Objects da ESRI (Environmental Systems Research Institute). Outra sugestão é o uso de software que possua linguagem de programação já embutida no "pacote", tal como o ArcView também da ESRI.

3.2.6.4 Utilização de Som para Representar Dados Espaciais

Krygier (1994) apud Slocum (1999) divide os sons utilizados para representar dados espaciais em duas formas:

- *Sons realísticos*: cujo significado é baseado na nossa experiência passada e que ainda pode ser dividido em narração e som mímico. Um exemplo de narração seria: “Cuidado! Cruzamento”; enquanto que um exemplo de som mímico seria de fogo ou a sirene de uma ambulância;
- Sons abstratos: são aqueles que não tem um significado óbvio e, deste modo, requerem uma legenda para explicar o seu uso. Nesse trabalho de Slocum (1999) e MacEachren (1995) pode ser obtida uma legenda de sons abstratos.

4. MODELAGEM DE SISTEMA E DE DADO GEOGRÁFICO

Também conhecida como *análise de sistema*, a modelagem é uma tarefa básica que deve ser realizada em um trabalho de desenvolvimento de sistema de qualquer natureza. Ela trata do delineamento de um modelo preciso, compreensível e correto do mundo real.

A fase de análise define *o que* o sistema irá fazer. Nessa fase toda a concentração está voltada à compreensão do *domínio do problema*. Para entender e transcrever claramente a necessidade básica do usuário é necessário que o analista ouça bem tudo o que ele tem a dizer sobre o problema. O usuário tem a maior parte da responsabilidade da tarefa neste momento. O papel do analista é escutar e anotar todas as informações que chegam até ele.

Coleman (1996) trata o desenvolvimento de *software* como uma atividade promissora, porém, ainda tratada de forma desorganizada. Ele aborda os problemas relacionados ao desenvolvimento de *software*, como:

- *Baixa capacidade de previsão*, no qual os sistemas acabam sendo entregues ao usuário muito tempo depois da data prevista;
- *programas com baixa qualidade*, nem sempre executam o que foi pedido pelo usuário ou travam, perdendo os dados;
- *altos custos de manutenção*, tanto para corrigir problemas quanto para evoluir com acréscimos de recursos;
- *duplicação de esforços*, para os projetos que são iniciados "da estaca zero", compartilhando poucos códigos de projetos anteriores.

Na intenção de resolver problemas como esses, este trabalho propõe o uso de uma técnica particular para o desenvolvimento de software, a *metodologia orientada a objetos*, diferente do enfoque tradicional, *baseada em funções*.

Rumbaugh (1994) entende que a análise orientada a objetos tem como propósito modelar o sistema do mundo real de uma forma que possa ser compreendida claramente. A *orientação a objetos* está baseada nos paradigmas da confiabilidade (melhoria na caracterização da complexidade existente entre o mundo real e o mundo computacional) e na produtividade (possibilita a criação de protótipos visuais, a reutilização do software e a manutenção do sistema).

Foram analisadas as principais características de quatro métodos, dentre os disponíveis, que utilizam técnicas de orientação a objetos:

- Fusion, proposto por Coleman (1996);
- Coad & Yourdon (1996);
- Rumbaugh (1994).
- UML – Linguagem de Modelagem Unificada.

Pertencente à empresa *Rational*, a UML é uma ferramenta de comunicação visual e serve para capturar os objetos e as lógicas do trabalho. Pode-se, através dela, visualizar, construir e documentar a arquitetura do sistema orientado a objeto.

4.1 Princípios para a administração da complexidade

De acordo com o método de Coad & Yourdon (1996), o domínio do problema e as responsabilidades do sistema são conduzidos através dos seguintes princípios de administração da complexidade: *abstração de procedimentos e de dados*;

encapsulamento; *herança*; *ligação* e *associação*; *comunicação com mensagens*; *método de organização*; *escala*; *categorias de comportamento* para causa imediata, *mudança com o tempo* e *similaridade de funções*.

- **abstração**: para Coad & Yourdon (1996) consiste na seleção que um analista faz de algumas características, ignorando outras. Uma definição semelhante é colocada por Rumbaugh (1994) explicando que a abstração consiste na concentração dos aspectos essenciais e próprios de uma entidade, ignorando as suas propriedades acidentais.

Coad & Yourdon (1996) acrescentam a abstração de procedimentos como uma forma de abstração utilizada extensivamente por analistas de requisitos, assim como por projetistas e programadores.

Rumbaugh (1994) define uma classe abstrata como aquela que não possui instâncias diretas, ao contrário das classes descendentes.

- **encapsulamento**: também chamado de *ocultamento de informações* por Rumbaugh (1994). O encapsulamento pode ser entendido como um empacotamento de dados e operações juntos, acrescentando, ainda, que este princípio esconde dos usuários dos objetos os detalhes da implementação interna.

Coad & Yourdon (1996) colocam que a maior vantagem no desenvolvimento de um novo sistema é a diminuição de trabalho, característica do encapsulamento. Outro fator importante é o agrupamento dos aspectos relacionados, minimizando o fluxo entre as diferentes partes do trabalho.

- **herança**: Coad & Yourdon (1996) tratam a herança como a representação de elementos comuns explicitamente. A *herança* permite a um analista especificar serviços e atributos comuns uma só vez, assim como especializar e estender estes atributos e serviços em casos específicos.

Rumbaugh (1994) trabalha com o conceito de *compartilhamento* e expõe que a herança da estrutura de dados e do seu comportamento permite que a estrutura comum

seja compartilhada por diversas subclasses semelhantes e sem redundâncias. O autor reforça o compartilhamento de códigos com utilização de herança, como uma das principais vantagens das linguagens orientadas a objetos. Tem-se dois tipos de associações: *generalização-especialização* e *todo-parte (agregação)*. Rumbaugh (1994) define *generalização* como o relacionamento entre uma classe e uma ou mais versões dela refinada. De forma sucinta considera a herança como o compartilhamento das características da *superclasse* para as subclasses, ou seja, cada subclasse herda características de sua *superclasse*.

Na abordagem de Coleman (1996) a característica de *generalização* permite que uma classe, denominada *supertipo,* seja formada pela fatoração das propriedades comuns de várias classes, denominadas de *subtipos*. *Especialização* representa o caso inverso, onde um novo *subtipo* será definido na forma de uma versão mais especializada de um *supertipo*.

Já a *agregação* é o relacionamento *todo-parte* ou *uma parte de*, no qual os objetos que representam os componentes de alguma coisa são associados a um objeto que representa a estrutura inteira, (RUMBAUGH, 1994).

O princípio básico para uma agregação é o fato de que a ligação entre os objetos seja extremamente forte. Deve-se pensar que um objeto agregado é feito de partes.

- **ligação e associação**: resumidamente, Rumbaugh (1994), define *ligação* e *associação* como meios para que se estabeleça relacionamentos entre objetos e classes. Uma *ligação* é uma conexão física ou conceitual entre *instâncias* de objetos como, por exemplo, um *automóvel* movimenta-se sobre uma *rodovia* (situação específica). Já o conceito de *associação* descreve um grupo de ligações com estruturas semânticas comuns como, por exemplo, o *veículo* movimenta-se sobre uma *via* (situação genérica, ind qualquer via).

- **comunicação entre mensagens**: Coad & Yourdon (1996) esclarecem que a *comunicação entre mensagens* corresponde ao modo imperativo nas linguagens, ou seja, os comandos ou as solicitações. Uma conexão de mensagem pode ser considerada como o mapeamento de um objeto para outro, onde o objeto emissor envia uma *mensagem* para o objeto receptor para realização de algum processamento, ou seja, uma *operação*.

- **métodos de organização**: Bordanave (1984) explica que um relógio, uma célula, uma árvore, um animal, um homem, uma empresa, uma cidade, são organizações. Organização pode ser considerada como um conjunto de partes ou elementos que de alguma forma se relacionam e se influenciam reciprocamente.

Em busca de uma definição sobre a forma das pessoas organizarem os seus pensamentos, Coad & Yourdon (1996) extraíram da Enciclopédia Britânica a seguinte definição para os métodos de organização:

- ***diferenciação***, baseada na experiência de cada um, de objetos particulares e seus atributos - por exemplo, quando se distinguem uma árvore e seu tamanho ou relações espaciais, com os outros objetos;

- ***distinção entre os objetos*** como um todo e entre suas partes componentes - por exemplo, quando separam uma árvore dos seus galhos;

- ***formação de*** e ***distinção entre*** as diferentes classes de objetos - por exemplo, quando se formam uma classe com todas as árvores, uma outra classe de todas as rochas e distinguem-nas.

Os três métodos de organização citados anteriormente correspondem respectivamente a usar "objeto e atributo", "todo e parte" e "métodos e distinção entre elas"; proporcionando um discernimento significativamente maior do domínio do problema e das responsabilidades de um sistema do que usar apenas "objetos e atributos", Coad & Yourdon (1996).

- **escala**: Coad & Yourdon (1996) enfocam esse princípio na decomposição todo-parte para auxiliar um observador a relacionar-se com alguma coisa muito grande, sem se perder. Isso pode facilitar o trabalho de um *programador* através de um modelo extenso. Os *assuntos* são exemplos de escala a serem discutidos adiante.

- **categorias de comportamento**: novamente, Coad & Yourdon (1996) extraíram da Enciclopédia Britânica conceitos elementares que pudessem auxiliar. Encontraram, apenas, três tipos de classificação de comportamento mais utilizados:

  - Com base na causa imediata;
  - conforme a similaridade de evolução histórica (mudança com o tempo);
  - conforme a similaridade da função.

4.2 Modelagem Estática

Também conhecida como modelagem de objetos, essa técnica é sugerida por Rumbaugh (1994), o qual propõe uma descrição da estrutura de objetos de um sistema, suas identidades, seus relacionamentos com outros objetos e seus atributos. Este é o momento de especificar toda a estrutura necessária para a execução do modelo dinâmico e funcional.

Coad & Yourdon (1996), esclarecem que um dos primeiros passos a serem tomados num processo de análise é compreender o domínio do problema. Eles propõem a seguinte definição de objeto e classe:

- **Objeto**: é a abstração de alguma coisa em um domínio de problemas, exprimindo as capacidades de um sistema de manter informações sobre ela, interagir com ela, ou ambos. Coleman (1996) descreve um objeto como um "elemento" que pode ser

identificado de maneira única. Em um nível apropriado de abstração tudo pode ser considerado como objeto.

- **Classe**: uma descrição de um ou mais objetos com um conjunto uniforme de atributos e serviços, incluindo uma descrição de como criar novos objetos na classe. Coleman (1996) descreve as *classes* como agrupamentos de objetos em conjunto. Uma classe é uma abstração que representa a idéia ou a noção geral de um conjunto de objetos similares.

A visão de Rumbaugh (1994) complementa as duas versões anteriores. O autor define *objeto* como um conceito, uma abstração, algo com limite nítido e significado em relação ao problema em causa. Os objetos servem a dois objetivos: eles facilitam a compreensão do mundo real e oferecem uma base para a implementação em computador. Segundo o mesmo autor, todos os objetos têm identidade e são distinguíveis. Para uma classe de objetos descreve-se um grupo de objetos com propriedades semelhantes (atributos), o mesmo comportamento (operações), os mesmos relacionamentos com outros objetos e a mesma semântica.

A maneira mais simples de identificar classes de objetos é feita por Coleman (1996), o qual sugere que seja considerando qualquer substantivo ou frase substantiva e, que para ser incluído no modelo de objetos o substantivo deve ter relação com conceitos importantes do domínio do problema. Por exemplo: objetos físicos, pessoas e organizações e, por fim, as abstrações.

4.2.1 Localizando Classes de Objetos

Coad & Yourdon (1996) descrevem em seu método, formas de procurar classes de objetos, o que procurar e o que considerar e recusar. Devem ser modelados diversos objetos, permitindo atender novas necessidades que venham surgir num outro momento. Para encontrar classes de objetos, esses autores apresentam uma metodologia mais interessante que a anterior, os quais sugerem que é necessário procurar por: *estruturas*, *outros sistemas*, *dispositivos*, *coisas ou eventos lembrados*, *papéis executados*, *procedimentos operacionais*, *lugares e unidades organizacionais*, descritas a seguir:

- **estruturas**: são aquelas que permitem que o trabalho tenha um alto nível intelectual, sendo representadas por meio de Generalização-Especialização e Todo-Parte. São exemplos de estruturas as classes que representam Vias, Serviços, etc.

- **outros sistemas**: são aqueles sistemas com os quais o sistema irá interagir. A interação pode ser através de um sistema externo ou o resultado de uma interação entre o homem e o computador;

- **dispositivos**: verificar os dispositivos com os quais o sistema irá interagir. No caso de um sistema de navegação terrestre, o GPS envia a posição do veículo para o computador. Isso faz com que uma informação externa desencadeie uma série de processos, que fazem parte do modelo dinâmico fazendo com que o veículo se movimente no mapa;

- **coisas ou eventos lembrados**: São aqueles instantes ou eventos históricos lembrados;

- **papéis executados**: São as ações executadas pelo usuário (*agente*). Nesse caso, o Motorista é quem tem o papel de dirigir o veículo e fazer consultas no sistema;

- **procedimentos operacionais**: São aqueles procedimentos no qual o sistema mantém funcionando e informando a situação de um determinado serviço num determinado momento. Esta característica é importante para o sistema quando for necessário lembrar algo na execução do trabalho;
- **locais**: Estão incluídos os locais que o sistema precisa conhecer. Podem ser localizações geográficas, utilizando latitude e longitude. As classes geográficas se enquadram bem neste perfil. Como exemplos, podem ser destacadas as Vias, os Serviços Automotivos, Serviços de utilidade Pública, Turismo e Lazer etc;
- **unidades organizacionais**: Aplicam-se às características de todos os itens citados anteriormente e principalmente aquelas que estão relacionadas à organização.

Após ter encontrado uma Classe de objetos, é importante seguir a orientação de Coad & Yourdon (1996) para verificar se ela deve ou não ser incluída no modelo:

- A lembrança é necessária? Considerar se o sistema precisa lembrar de alguma coisa sobre os objetos na classe;
- o processamento é necessário? Verificar se o objeto terá algum tipo de processamento de tal forma que altere o seu comportamento. Se a lembrança do objeto for necessária, então os serviços são necessários;
- possui atributos múltiplos? Existência de várias características para os objetos;
- possui mais de um objeto em uma classe? Recusar classes com apenas um objeto pode ser uma alternativa boa desde que o objeto não faça parte do domínio do problema. O Veículo é uma exceção, pois só vai existir um único no mapa;
- os atributos são sempre aplicáveis? Para cada atributo deve existir um valor;

- os serviços são sempre aplicáveis? Verificar se o comportamento é sempre aplicável. Pode ser possível aplicar uma estrutura de generalização-especialização se houver variação de comportamento entre objetos da mesma classe;
- possui requisitos básicos no domínio do problema? Independente da tecnologia utilizada, verificar se os requisitos fundamentados no domínio do problema farão parte do sistema;
- os resultados não são simplesmente derivados? Definir com clareza os atributos, evitando, por exemplo, que o resultado seja a idade em vez da data de nascimento.

A partir dessas recomendações, é possível levantar o modelo básico das classes de objetos. Outra consideração importante na definição das classes de objetos é utilizar os conceitos de abstração, implícita nas citações anteriores.

O símbolo a ser utilizado para representar uma classe de objeto convencional é derivado do método UML, extraído do software Visual Modeler. Esse símbolo (Figura 4.1) é utilizado também para colocar os atributos e os serviços referentes a cada objeto na classe. Na parte superior localiza-se o nome da classe, abaixo dela devem ser descritas as propriedades e na parte inferior as operações.

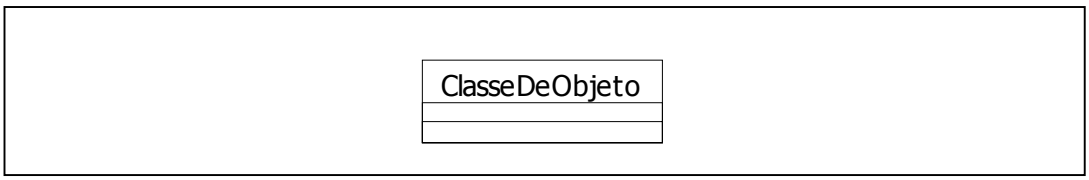


Figura 4.1 – Notação de classe de objeto

O nome dado à classe pode ser único, ou adjetivo ou substantivo. Os termos utilizados e sugeridos pelos autores são aqueles padronizados pelo assunto, muitas vezes possibilitando transmitir a idéia de solução do problema e não o problema em si.

4.2.2 Dicionário de Dados

É necessário que todas as classes de objetos do sistema sejam descritas em um dicionário de dados. Cada classe de objetos deve conter a descrição de acordo com o problema, podendo ser quaisquer restrições ou pressuposições, associações, atributos e operações.

Esse dicionário é um *depósito* das definições de termos e conceitos que esclarecem o conteúdo semântico dos modelos que são gerados (Tabela 1). Ele tem uma grande importância, pois armazena num único local todas as definições. Sua importância é dada, também, pelo fato de fornecer parâmetros necessários na compreensão do domínio do problema, forçando o entendimento da presença dos elementos no modelo, ajudando também na compreensão de pessoas que não estejam familiarizadas com o desenvolvimento do sistema.

Coleman (1996) aborda a necessidade de um dicionário de dados atender pelo menos aos seguintes requisitos:

- As definições devem ser facilmente acessíveis pelo seu nome;
- a ocorrência de sinônimos deve ser minimizada;
- os itens inseridos no dicionário não devem duplicar informações contidas nos modelos.

Tabela 1 – Estrutura genérica de um dicionário de dados

Classe: **NomeDaClasse**	
Descrição	Breve descrição da classe de objetos.

Na medida em que os modelos tomam dimensões de estados, eventos e funções, o dicionário de dados também ganha informações semânticas que ajudam na compreensão desses modelos.

4.2.3 Identificação de Estruturas

Estruturas refletem o domínio do problema e as responsabilidades do sistema. São utilizadas as estruturas *generalização-especialização* e *todo-parte*.

A estratégia para definir uma estrutura de generalização-especialização é considerar uma classe generalizada e verificar algumas condições para as especializações, conforme Coad & Yourdon (1996):

- Faz parte do domínio do problema?
- faz parte das responsabilidades do sistema?
- haverá herança?

A notação UML para representar generalização-especialização é a superclasse (classe generalizada) no topo e a subclasse (classe especializada logo abaixo), com linhas que as ligam. A notação desse conceito é representada por um triângulo (Figura 4.2).

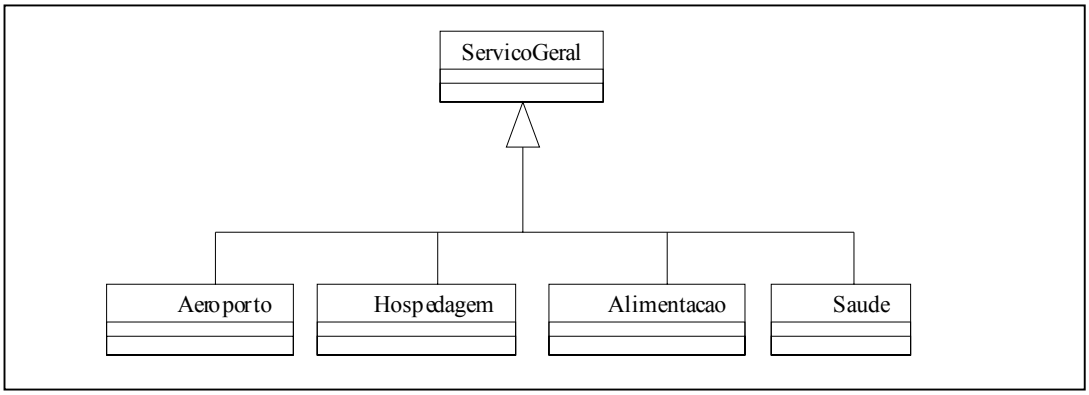


Figura 4.2 – Notação utilizada para representar estrutura de generalização-especialização

A sugestão de Rumbaugh (1994) para verificar o uso da estrutura todo-parte é:

- a expressão *parte de* pode ser usada?
- algumas operações executadas sobre *o todo* são aplicadas diretamente sobre as partes?
- há valores de atributos que se espalham do *todo* para algumas *partes*?

A notação UML utilizada para representar todo-parte é um objeto todo no topo e a subclasse abaixo, com linhas ligando-as. A notação desse conceito é representada por um losango (Figura 4.3).

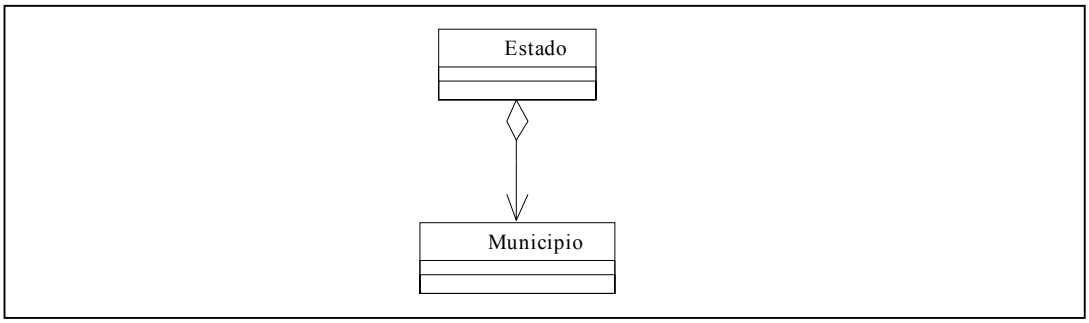


Figura 4.3 – Notação utilizada para representar estrutura todo-parte (agregação)

Para determinar a quantidade de objetos que devem participar de um relacionamento aplica-se o uso de *restrições de cardinalidade*.

As restrições de cardinalidade utilizadas pelo método *Fusion* são bastante simples. Elas são representadas por anotações feitas nas linhas que conectam o relacionamento às classes. As anotações podem assumir quatro formas: um único número (por exemplo, 1); um intervalo (por exemplo, 1..5); um asterisco (*), representando zero ou mais, e um sinal de adição (+), representando um ou mais. A figura 4.4 mostra um exemplo de restrição de cardinalidade.

Figura 4.4 – Notação de associação e restrição de cardinalidade

A representação da figura 3.4 indica que, neste sistema, somente um veículo está relacionado com nenhuma ou apenas uma via.

4.2.4 Identificação de Assuntos

Os assuntos têm a finalidade de proporcionar uma visão geral de um modelo de objetos extenso. Inicialmente é preciso identificar a complexidade do domínio do problema, realizando o mesmo procedimento para as estruturas de generalização-especialização e todo-parte. Em casos de modelo extenso, é necessário facilitar a comunicação e evitar o excesso de informações, gerando um modelo que conduza o analista pelas diversas partes do modelo. Resumidamente, Coad & Yourdon (1996) definem *assunto* como um mecanismo para a orientação do leitor em um modelo grande e complexo.

Utilizar *esquemas de assuntos* tem por finalidade controlar a *visibilidade* (ou seja, quais classes vão estar visíveis), estabelecendo um certo número de níveis. A forma de definir assuntos é transformar a classe que está no topo de cada estrutura em assuntos e em seguida converter cada classe de objeto que não faz parte da estrutura em um assunto.

No exemplo da figura 4.5 a classe Manutenção é o assunto do modelo que engloba os serviços de elétrica, borracharia e mecânica.

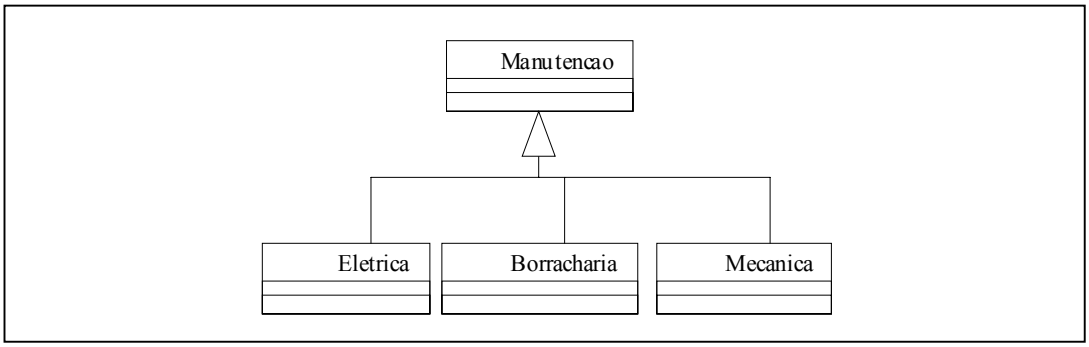


Figura 4.5 – Identificando assuntos

Os assuntos podem ser aperfeiçoados utilizando os *níveis* de estrutura, atributos e serviços e podem ser reorganizados de forma mais simples. É bom saber que uma classe de objeto pode estar em mais de um assunto. Outro ponto importante no entendimento é que um assunto pode estar dentro de outro, resultando em um diagrama com assuntos de vários níveis. A figura 4.6 mostra um esquema de representar os assuntos.

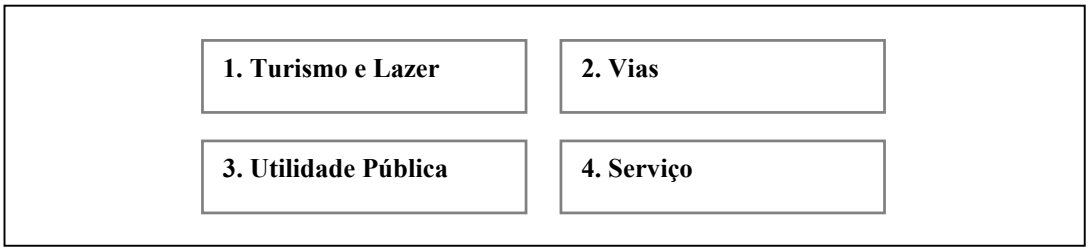


Figura 4.6 – Representando assuntos

Outra opção que ajuda a leitura do modelo é a listagem das classes de objetos dentro da caixa que representa os assuntos (Figura 4.7).

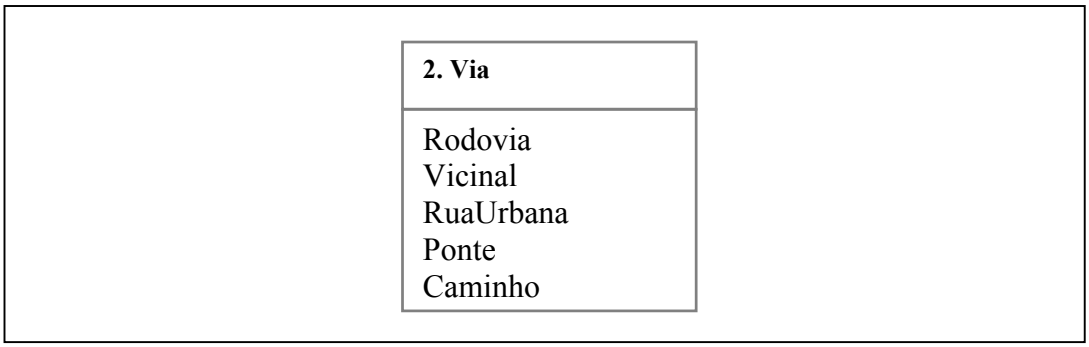


Figura 4.7 – Notação de assunto parcialmente expandido

4.2.5 Definição de Atributos

Atributos podem ser considerados como propriedades, qualidades ou características que se atribuem a algo ou alguém. Eles incluem detalhes às classes de objetos. A seleção de atributos é um processo de análise e escolha adequada.

A definição dos atributos segundo Coad & Yourdon (1996) é feita da seguinte forma:

- Identificação dos atributos;
- posicionamento dos atributos;
- identificação das conexões de ocorrências;
- verificação de casos especiais;
- especificação dos atributos.

De acordo com esse método, a identificação dos atributos é feita a partir de algumas verificações no objeto:

- Descrição do objeto;
- descrição do objeto no domínio do problema;
- descrição do objeto no contexto das responsabilidades do sistema.

Depois, pergunta-se:

- O que o sistema precisa saber sobre o objeto?
- Quais informações de estado devem ser lembradas?
- Quais delas podem ser os estados do objeto?

Os mesmos autores empregam o conceito de *atomicidade* para produzir um modelo mais simples de ser analisado, sugerindo uma quantia menor de nomes de atributos e agrupamentos naturais de dados para facilitar o entendimento. Isso ocorre, por exemplo, quando em uma classe de objeto chamada *Indivíduo* torna-se necessário colocar o atributo *endereço* em vez de colocar o *nome da rua*, o *número da residência* e assim por diante.

A descrição dos atributos pode ser feita empregando o uso de um dicionário de dados, observando as responsabilidades do sistema. Com respeito à posição deles num modelo de representação, a literatura sugere que seja verificada a posição mais adequada de cada atributo relativo a sua classe. Em primeiro lugar devem ser consideradas as classes que ficam no topo da estrutura de cada assunto, de acordo com a estrutura generalização-especialização. A figura 4.8 mostra que a localização dos atributos deve ocorrer de cima para baixo obedecendo a estrutura, para que possa ocorrer herança na hierarquia.

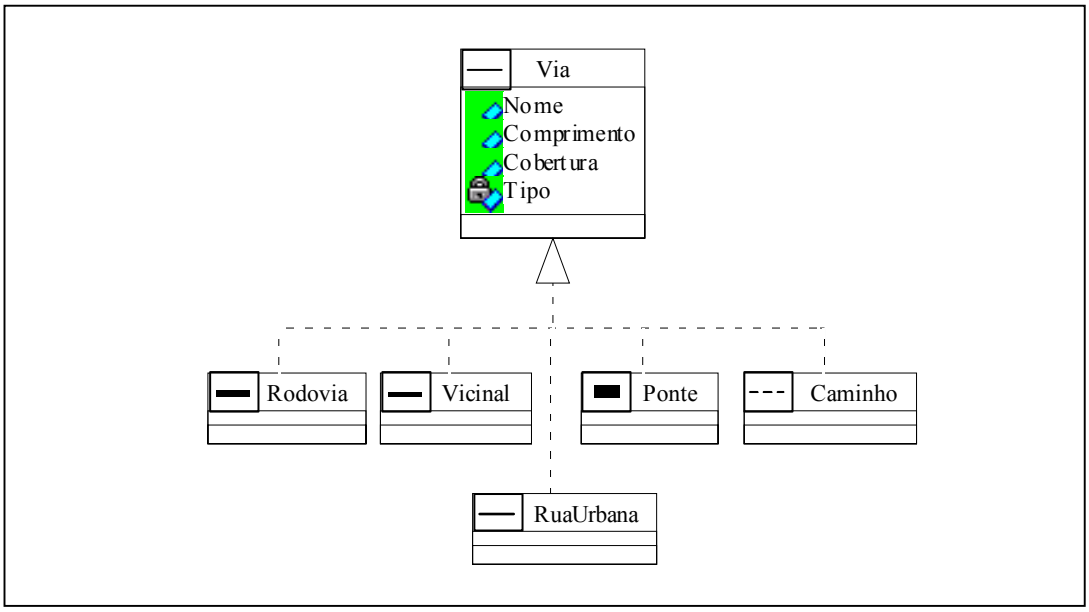


Figura 4.8 – Especificando atributos às classes de objetos a partir do emprego de generalização-especialização

Outras notações que aparecem no momento são os símbolos que representam propriedades, extraídos do Visual Modeler, indicando que a propriedade é:

pública, ou seja, utilizada para a classe generalizada ou agregada e todas as classes especializadas ou particionadas herdam as características;

privada, ou seja, é utilizada somente pela classe generalizada ou agregada, caso seja uma estrutura generalização-especialização ou agregação.

Cada atributo de cada classe de objeto deve ser verificado e, em seguida, se em algum momento ele deixa de ser aplicável. Caso isso ocorra, recuse o atributo ou verifique a necessidade de incluir uma nova classe no modelo. Considere as sugestões de Coad & Yourdon (1996), verificando:

- Os valores de atributos que se repetem em classes de objetos distintas. A solução para esse caso é rever a estrutura. Pode ser que apareça uma nova classe de objeto ou uma nova organização na estrutura do modelo;

- cada associação ou ligação *muitos para muitos*. Se em uma associação ou ligação entre objetos ocorrer uma relação de vários objetos de um lado podendo se conectar com vários objetos do outro lado, examine a possibilidade de incluir uma classe de objeto entre essas classes. Nada impede, ainda, que os objetos continuem se conectando diretamente;
- associação ou ligação entre objetos de uma mesma classe. Um exemplo disso é um proprietário casado com outro proprietário;
- múltiplas associações ou ligações entre objetos. Esse caso pode ser exemplificado por um objeto que lê e modifica um outro. Pode ser necessário criar uma outra classe de objeto do tipo "evento lembrado".

A especificação dos atributos é feita utilizando-se vocabulário adequado que descreve o domínio do problema e as responsabilidades do sistema. Esses nomes de atributos devem ser especificados juntamente com suas descrições.

4.2.6 Definição de Serviços

O principal objetivo da definição dos serviços é determinar o comportamento solicitado. Em segundo plano, outra finalidade é a comunicação entre os objetos. A definição desses serviços é feita nas especificações de classes de objeto. A partir da descrição feita anteriormente, quando foram definidos os atributos, deve-se descrever o processamento funcional que manipula esses dados.

Coad & Yourdon (1996) definem as seguintes estratégias para definição dos serviços:

- Identificação dos estados do objeto;

- identificação dos serviços;
- identificação das conexões de mensagens;
- especificação dos serviços.

A notação a ser utilizada para representação dos serviços de uma classe de objeto é mostrada na figura 4.9, para a classe AAT (área de armazenamento temporário).

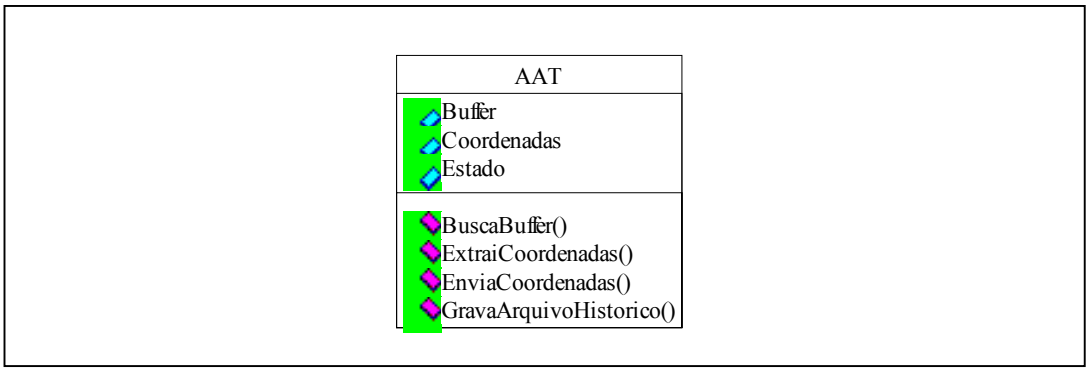


Figura 4.9 – Notação de serviço

Outra notação que aparece no momento é o símbolo que representa serviço, extraído do Visual Modeler:

Indica que a função é publica. Porém, neste trabalho a função será considerada como privada, ou seja, não será herdada para as classes especializadas.

A identificação do estado do objeto considera diversos momentos, ou seja, desde o instante da criação até a sua liberação. Dessa forma, o estado dele é mostrado pelos seus valores de atributos. Qualquer alteração nos valores implica na mudança de estado do objeto.

A descrição do serviço neste item foi suficiente para apresentar o modelo Coad & Yourdon (1996), sendo detalhada no método de Rumbaugh (1994) nos próximos itens.

4.3 Modelagem Dinâmica

A finalidade da modelagem dinâmica é diagramar os relacionamentos vinculados ao tempo. Segundo Rumbaugh (1994), este processo de modelagem se torna mais simples depois de realizada a modelagem estática dos objetos. Esta modelagem, por sua vez, considera apenas um instante de tempo. Parte-se neste momento para uma análise das modificações ocorridas nos objetos e seus relacionamentos de acordo com o tempo, fator determinante. Os principais conceitos da *modelagem dinâmica* são os *eventos,* que representam estímulos externos, e os *estados,* que representam os valores dos objetos.

Com o passar do tempo, os objetos estimulam uns aos outros, resultando em uma série de alterações em seus estados. Um *diagrama de estados* pode ser construído para representar eventos, estados e *transição de estado* de uma determinada classe; ele é uma *rede de estados e eventos* assim como o diagrama de objetos é uma rede de classes e relacionamentos. Portanto, um modelo dinâmico consiste em vários diagramas de estados para os objetos mais importantes do modelo.

4.3.1 Eventos

A descrição de *evento* dada por Rumbaugh (1994), considera esse tipo de estímulo como uma ocorrência que acontece em um certo momento e não tem duração de tempo suficiente para ser medida. Pode ainda existir a precessão ou a sucessão de eventos distintos. Quando isso ocorre chama-se o processo de *eventos concorrentes*, ou seja, eles não têm efeito um sobre o outro. Sua seqüência de ocorrer é aleatória, portanto, podem ocorrer em qualquer ordem. Um evento ocorre a partir da necessidade de comunicação entre

objetos e então podem trocar informações entre si. Uma ocorrência de evento pode ser um simples sinal de um acontecimento ou então pode ser a transmissão de valores de dados.

Cada evento é um acontecimento único, mas eles podem ser agrupados em *classes de eventos* que possuem nomes para lembrar comportamentos parecidos. Tal estrutura é organizada hierarquicamente da mesma forma que as classes de objetos.

Os eventos podem ser representados por cenários, os quais são seqüências de eventos que ocorrem durante uma determinada execução do sistema.

4.3.2 Eventos disparados por relógio

Martin (1994) cita esse evento como um tipo especial, onde o relógio, atingindo certa hora, desencadeia a operação. A notação utilizada por esse tipo de evento é um mostrador de relógio. Muitas das operações que causam esses eventos são externas ao sistema. O evento ocorre quando a marcação do relógio externo ocorre.

4.3.3 Estados

Rumbaugh (1994) descreve um *estado* como a representação da abstração de diversos valores de atributos e conexões de um objeto. O estado de um objeto mostra a reação dele em relação aos eventos de entrada. A reação de um objeto quando ocorre um evento, pode ser formada por meio da ação ou modificação de estado pelo objeto. Um exemplo disso é o estado que representa a posição do veículo que se altera, no momento que o motorista começa a dirigir o automóvel, a partir do recebimento de uma mensagem do *Timer* que informa a nova *localização*.

Um *estado*, de um objeto, é a correspondência de intervalo entre dois eventos recebidos. Enquanto os *eventos* representam *pontos no tempo*, os estados representam *intervalos no tempo*. O estado de um objeto está associado a sua atividade contínua, onde o objeto permanece, muitas vezes, satisfazendo alguma condição, como por exemplo, a situação do veículo *parado* ou em *movimento*.

Na representação do modelo de estados pode-se ignorar os atributos que não afetam totalmente o comportamento do objeto. Embora todos eles tenham algum tipo de efeito sobre o comportamento, alguns não afetam o padrão de controle e podem ser entendidos como simples valores de parâmetros num determinado estado. Utilizam-se níveis de abstração para representar os estados e os eventos.

A realização do modelo dinâmico se dá através da construção de diagramas compostos de estados e eventos. Esse diagrama especifica a seqüência de estados causados por uma seqüência de eventos. Um diagrama de estados especifica *quando* as coisas acontecem.

No momento que um evento é recebido, o seu estado depende daquele atual e do evento. A mudança de estado ocorrida através de um evento é chamada de *transição*.

Um diagrama de estados expõe o comportamento de uma única classe de objetos. Cada classe *instancia* vários objetos de mesmas características; todos eles compartilham o mesmo diagrama de estados e como cada um tem seu próprio valor de atributo, cada um tem seu estado próprio, conseqüentemente gerando um encadeamento de eventos recebidos. É importante saber que cada objeto tem seu próprio comportamento, fato que leva a compreender sua independência em relação a outros objetos.

Rumbaugh (1994), descreve a representação de diagramas de estado como simples ciclos de vida ou laços contínuos. O autor não define um diagrama de laço contínuo, mas ele pode ser compreendido como um *laço* de manifestações. Um diagrama de

ciclo de vida tem uma só passagem com um estado inicial e um final. O estado inicial ocorre na criação do objeto e a passagem para o estado final ocorre na destruição do mesmo. Um exemplo desse tipo de diagrama seria o jogo de xadrez que tem um início, um meio e um fim.

4.3.4 Relação entre o Modelo de Objetos e o Dinâmico

Resumidamente, o modelo dinâmico é um conjunto de diagramas de estados que interagem uns com os outros por meio de eventos comuns, especificando possíveis modificações nos objetos do modelo estático. Rumbaugh (1994) considera que um *cenário* está para o modelo dinâmico assim como o diagrama de instâncias está para o modelo de objetos. Os estados são classes equivalentes a valores de atributos e de ligações de objetos, enquanto os eventos podem ser representados como operações no modelo de objetos. É bom lembrar que a estrutura do modelo dinâmico fica relacionada e restrita pela estrutura do modelo de objetos.

A questão da herança também se aplica para o modelo dinâmico. Dessa forma, o modelo é herdado para as subclasses, que por sua vez herdam os estados e as transições de seus ancestrais. Cada subclasse pode ter seu próprio diagrama de estados. Os diagramas das subclasses não devem envolver os mesmos atributos do diagrama da superclasse. Os diagramas de níveis mais baixos devem ser um refinamento dos diagramas de níveis mais altos. Pode-se, então, aplicar generalização aos diagramas de estados.

A figura 4.10 apresenta as notações do modelo dinâmico onde, o *círculo preenchido* em cor preta indica o *início do estado* do objeto. O *retângulo* preenchido em cor azul representa o *estado* do objeto, enquanto as *setas* indicam os *eventos* que são disparados.

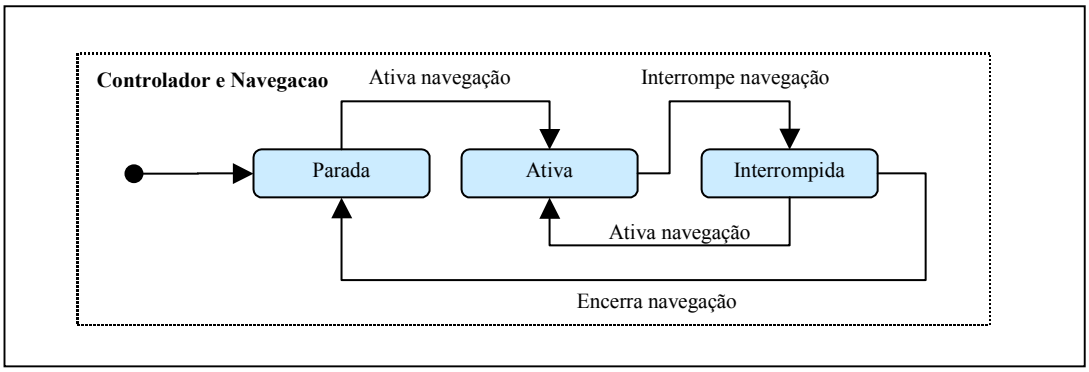


Figura 4.10 – Elementos de um diagrama de estados

4.4 Modelagem Funcional

Rumbaugh (1994) trabalha com especificação de *diagrama de fluxo de dados* (DFD). Observando suas considerações, o modelo funcional descreve os cálculos executados em um sistema. Ele é considerado pelo autor como o terceiro enfoque fundamental para a fase de análise do sistema. A diferença entre o modelo funcional e o dinâmico é que o primeiro especifica *o que* acontece, enquanto o segundo especifica *quando* acontece, respectivamente. Já o modelo de objetos especifica *o que acontece a quem*. Esse modelo tem o objetivo de mostrar os valores de entrada e os de saída num *processamento*, sem preocupação com a seqüência em que os valores são processados.

Um modelo funcional é composto de vários diagramas de fluxo de dados que mostram o fluxo dos valores das entradas vindas de fora passando por processamento e depósitos internos de dados seguindo para saídas externas. Ele aponta resultados de operações sem especificar como ou quando são processados.

4.4.1 Diagrama de Fluxo de Dados- DFD

Um DFD mostra como as informações estarão "circulando" entre os processos do sistema. São utilizados gráficos de processos com *fluxos de entradas* e *fluxo de saída dos dados*, bem como entidades externas. Um modelo funcional é composto por vários diagramas de fluxo de dados. Esse diagrama de fluxo de dados, por sua vez, detalha o significado das operações e restrições mostrando os relacionamentos funcionais dos valores calculados por um sistema. Esses valores são as entradas, as saídas e os depósitos internos de dados.

Este não é o momento para mostrar informações de controle, como por exemplo, o momento em que os processos são executados. Tais informações são detalhadas no modelo dinâmico. Um diagrama de fluxo de dados não mostra a organização dos valores no interior dos objetos, sendo que essa informação deve ser explicitada no modelo de objetos.

Um *diagrama de fluxo de dados* pode ser entendido como um modelo que contém *processos* que por sua vez manipulam *dados*. Os dados são transportados através de *fluxos,* produzidos e consumidos pelos *atores* e armazenados em *depósitos* sem alterá-los.

4.4.2 Processos

A função de um *processo* é transformar valores. Embora um DFD seja um grande processo de alto nível, os níveis de processos vão desde os mais altos até os mais baixos. Sendo assim, os níveis mais altos especificam abstrações sem detalhes do que ocorre no processo enquanto os níveis mais baixos são as funções propriamente ditas. Alguns tipos

simples de funções são a soma de dois elementos, a inclusão de um arquivo, o deslocamento do veículo no mapa etc.

A notação utilizada para representar um processo é uma elipse que possui um texto com a descrição da transformação. Para um determinado processo tem-se uma quantidade fixa de setas de dados que entram e saem carregando valores. Seguindo uma hierarquia de cima para baixo, os processos são implementados como métodos de operações em classes de objetos. Assim, os métodos mais genéricos e os mais específicos de uma operação podem ser especificados.

4.4.3 Fluxos de Dados

Um *fluxo de dados* conecta a saída de um objeto ou processo com a saída de um outro. Ele representa um valor intermediário de dados numa operação. Tais valores não são modificados pelo fluxo. A notação utilizada para representar esse fluxo é uma flecha que fica localizada entre o produtor e o consumidor de dados. Ao lado dessa flecha há uma descrição que indica o nome ou o tipo do fluxo de dados.

Para cada fluxo existe um valor sendo representado por algum processamento. Os fluxos de dados que ficam na parte interna do diagrama representam valores intermediários de uma operação, não tendo um significado importante para o mundo real. Os fluxos de entrada e saída (valores limites no diagrama) podem ser conectados a objetos de outro diagrama.

4.4.4 Atores

Ator é um objeto ou processo ativo que comanda o diagrama de fluxo de dados produzindo ou consumindo valores, geralmente localizados nas extremidades. Alguns exemplos de atores são: o usuário do sistema que dá início ao processo de navegação, o GPS que envia dados ao sistema, a locação do veículo no mapa etc. As ações dos atores ficam localizadas no modelo dinâmico. A notação utilizada para desenhar um objeto ator é um retângulo. As flechas são usadas para indicar as entradas e saídas no diagrama.

4.4.5 Depósito de Dados

Definido por Rumbaugh (1994), como um objeto passivo, o depósito de dados simplesmente armazena dados para uma possível utilização. Ele não realiza nenhuma operação e serve somente para guardar e disponibilizar informação. A ordem em que os dados podem ser recuperados não altera o significado do resultado.

Listas, tabelas e mapas são considerados depósitos de dados agregados e que podem ser acessadas via chave de indexação. A notação utilizada para representar um depósito de dados é uma espécie de caixa. No momento que uma seta aponta para o depósito, isso significa que as informações estão sendo transmitidas ou modificadas por operações de inclusão, alteração ou remoção dos dados. As setas que apontam em direção externa ao depósito indicam que as informações estão sendo recuperadas.

Pode-se afirmar que tanto os atores quanto os depósitos de dados são objetos. Um depósito de dados pode ser implementado como um arquivo e um ator como um dispositivo externo. Sua implementação pode ocorrer com o uso de arquivos. No exemplo da figura 4.11, os dados são requisitados para o processo de carregar *Layers*.

Os objetos de depósito de dados ou atores podem receber ou fornecer dados. No exemplo anterior suponha que no momento de fazer a carga dos *layers* houvesse a necessidade de registrar algo no banco. Haveria duas flechas, uma enviando dados do depósito à operação e outra enviando dados da operação para o depósito.

Na figura 4.11 o símbolo de relógio é o *ator*, também conhecido como *agente*. Todas as linhas com *seta* são os *fluxos de dados*. A *caixa* com o nome arquivo de histórico representa o *depósito de dados*, que além de armazenar os dados poderia também fornecê-los a um processo através de um outro fluxo. Os *retângulos arredondados* são os *processos*.

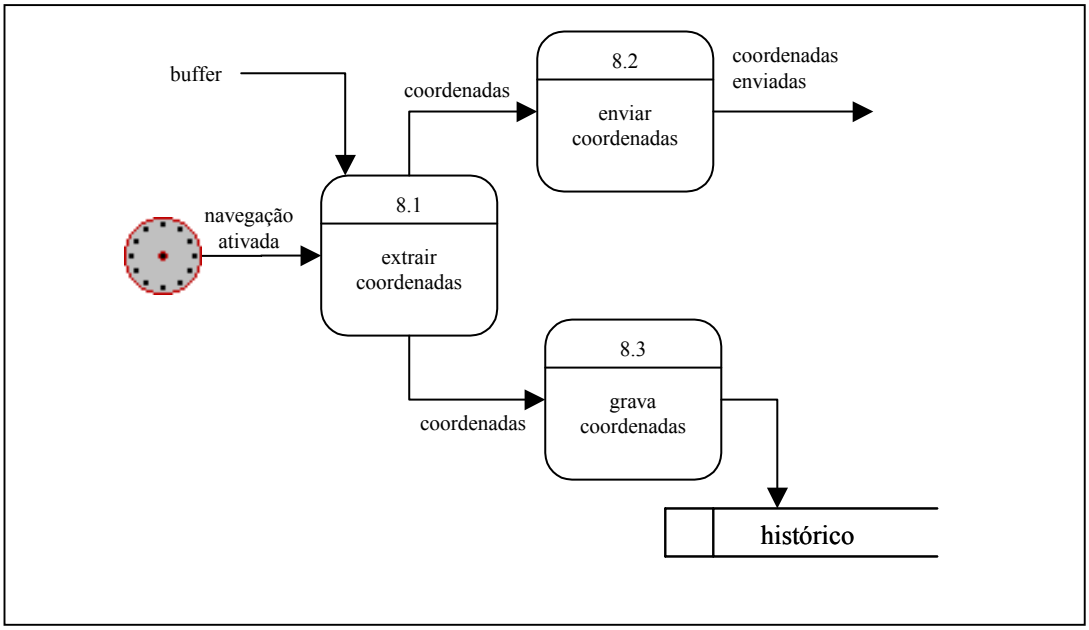


Figura 4.11 – Elementos de um diagrama de fluxo de dados

4.4.6 Relação entre o Modelo Funcional e os Modelos de Objetos e Dinâmico

Para relacionar os modelos, a estratégia de Rumbaugh (1994) mostra que os processos do modelo funcional correspondem às operações do modelo de objetos e esses estão relacionados por funções. Um processo, geralmente, pode ser implementado como um

método. Os atores são objetos explícitos no modelo de objetos. As operações de entrada ou saída desses objetos representam operações executadas sobre os objetos ou por eles. Os fluxos de dados são argumentos ou resultados de operações. Os depósitos de dados também são objetos que possuem fluxo de chegada ou saída. Esses fluxos são as operações de consulta ou atualização. Fluxos de dados propriamente ditos são valores no modelo de objetos. Os fluxos de dados podem ser elementos puros (seqüência de caracteres, números etc.) ou objetos normais.

4.5 Modelagem De Dados Geográficos: Método Geo-OMT

Durante muito tempo a modelagem de dados foi utilizada somente para banco de dados, onde os dados obtidos do mundo real eram representados em um modelo conceitual e em seguida em um modelo lógico ou de implementação, ou seja, traduzir o mundo real para o ambiente computacional.

Segundo Borges & Davis (2001), o modelo de dados busca sistematizar o entendimento que é desenvolvido a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado. Porém, os objetos e fenômenos do mundo real são complexos demais para permitir uma representação completa. Assim, é necessária uma abstração dos objetos e fenômenos do mundo real, de modo a obter uma forma de representação conveniente do banco de dados.

Para Gomes & Velho (1994) existe uma abordagem muito utilizada para entender melhor o processo de traduzir o mundo real para o ambiente computacional, chamada “paradigma dos quatro universos”, que distingue:

- **universo do mundo real**: que inclui as entidades da realidade a serem modeladas no sistema;

- **universo matemático (conceitual)**: que inclui uma definição matemática (formal) das entidades a serem representadas;
- **universo de representação**: onde as diversas entidades formais são mapeadas para representações geométricas e alfanuméricas no computador;
- **universo de implementação**: onde as estruturas de dados e algoritmos são escolhidas baseados em considerações com desempenho, capacidade do equipamento e tamanho da massa de dados. É neste nível que acontece a codificação.

Atualmente, a modelagem de dados vem sendo aplicada aos dados espaciais. Segundo Borges & Davis (2001), os métodos de modelagem de dados utilizados para modelar dados convencionais são: E-R (*entidade-relacionamento*), IFO (*Is-a relationships, Functional relationships, complex Objects*), OMT (*Object Modeling Technique*), OOA (*Object-Oriented Analysis Method*), os quais não serão detalhados, deram origem aos métodos para a modelagem de dados geográficos. Os métodos de modelagem de dados geográficos, nada mais são do que uma extensão dos métodos de modelagem de objetos convencionais (objetos que não possuem atributos espaciais): MGEO, GISER, GeoOOA, GMOD, Geo-OMT, os quais deram origem aos métodos para a modelagem de dados geográficos. Apesar da grande expressividade desses modelos, eles apresentam limitações para a adequada modelagem dessas aplicações, já que não possuem primitivas geográficas apropriadas para a representação de dados espaciais.

De acordo com Borges & Davis (2001), um modelo de dados geográficos pode ser detalhado através dos requisitos espaciais que são divididos em:

- **visão de campo e visão de objeto**: os elementos que são contínuos visualmente são chamados campos (ou geo-campos) e os elementos que são discretos ou bem definidos, são chamados de objetos (ou geo-objetos);

- **relacionamentos espaciais***:* as entidades existentes no mundo real estão cercadas por outras entidades;
- **temporalidade***:* pesquisas em temporalidade vêm sendo direcionadas para aplicações geográficas, mas ainda não se tem uma definição de como o fator tempo pode ser incluído no modelo conceitual;
- **qualidade dos dados***:* fornecerá qual a confiabilidade associada, para que possam ser utilizados;
- **múltiplas representações**: existe a necessidade de se trabalhar em diferentes escalas ou projeções para diferentes objetos espaciais, assim é preciso utilizar vários tipos de entidades espaciais para representar uma mesma entidade geográfica.

O método Geo-OMT será detalhado pelo fato de ter sido escolhido para a realização da modelagem de dados do mapa dinâmico. Ele é descendente do método OMT proposto por Rumbaugh (1994), utilizando primitivas convencionais e acrescentando primitivas geográficas que aumentam a sua capacidade semântica, diminuindo a distância entre o modelo mental do espaço a ser modelado e o modelo de representação normalmente utilizado. Dessa forma, as considerações textuais são substituídas por relacionamentos explícitos, podendo representar melhor a interação entre os vários objetos de natureza espacial ou não (BORGES & DAVIS, 2001).

De acordo com o mesmo autor, algumas das principais características do método Geo-OMT são:

- Segue o paradigma da orientação a objetos;
- faz uso de uma representação simbólica que possibilita a percepção imediata da natureza do dado;
- representa e diferencia, facilmente, classes com representação gráfica de classes convencionais;

- explicita as relações espaciais como associações simples;
- possibilita a representação de múltiplas visões de uma mesma classe geográfica, tanto baseada em variações de escala, como nas várias formas de se perceber o mesmo objeto do mundo real.

Esse modelo trabalha em um nível de conceituação e de representação, abordando *classes georeferenciadas* e *classes convencionais*. A primeira apresenta um conjunto de objetos que possuem representação espacial e estão associados a regiões da superfície terrestre, enquanto a segunda apresenta um conjunto de objetos com propriedades não geométricas, e comportamentos que possuem relacionamentos com os objetos espaciais. (BORGES & DAVIS, 2001).

A figura 4.12 mostra uma forma de descrever a geometria do objeto através da inclusão de símbolos geométricos nas classes de entidades geográficas. Bertin (1967) lembra que a linguagem visual é mais intuitiva e expressiva proporcionando uma percepção imediata do conteúdo analisado. Assim, o uso desse tipo de abstração, em modelagem de dados, elimina alguns relacionamentos entre as classes e ainda a necessidade de se modelar a geometria.

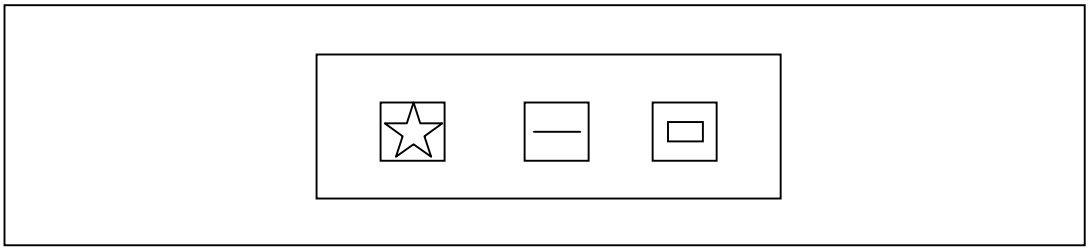


Figura 4.12 – Pictograma de classe de objeto geográfico

A estrela representa um símbolo como uma árvore, por exemplo; a linha representa segmentos de reta formados por uma linha simples (muro, trecho de rua, etc.) e o polígono representa uma área (por exemplo, edificação, etc.) (BORGES & DAVIS, 2001).

Segundo a notação Geo-OMT, uma classe georreferenciada é representada por um retângulo, subdividido em quatro partes. A primeira contém, à direita, o nome da classe e, à esquerda, o símbolo representando a forma gráfica da classe. Na segunda, aparece a lista de atributos gráficos, na terceira, a lista de atributos alfanuméricos (se existirem) e, na última parte, a lista das operações que são aplicadas à classe. No entanto, essa representação pode ser simplificada, considerando apenas uma subdivisão do retângulo, contendo o nome e a representação (Figura 4.13).

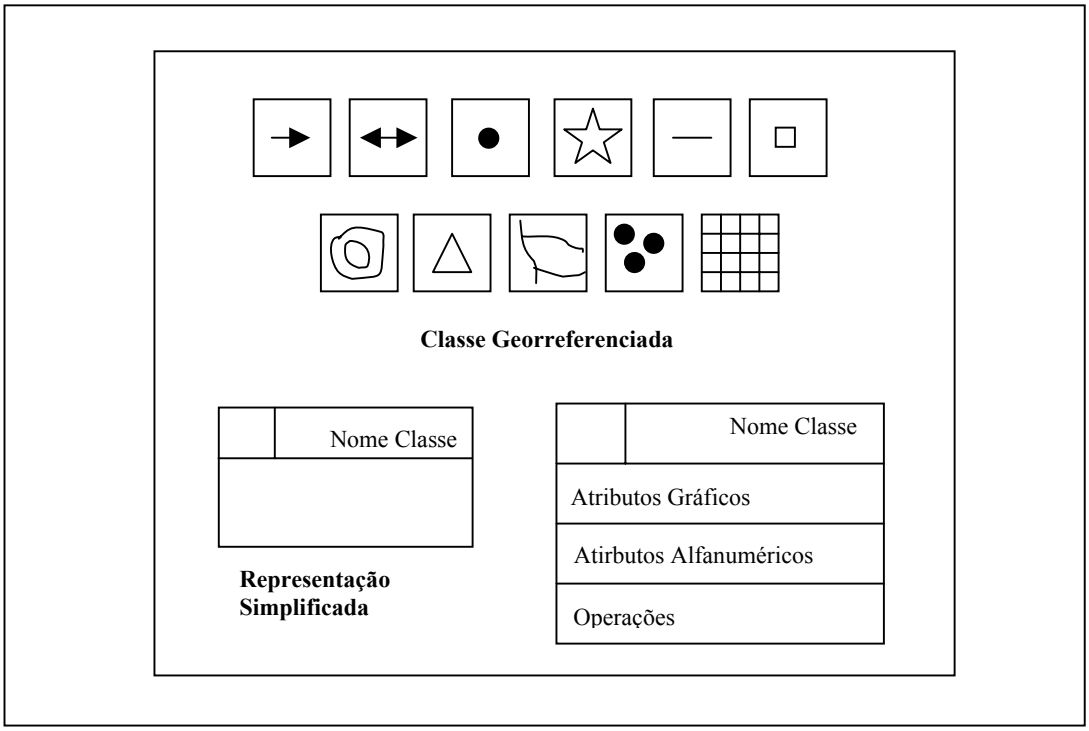


Figura 4.13 – Notação gráfica de classe georeferenciada. Fonte: Borges & Davis, 2001.

A classe convencional é representada por um retângulo, subdividido em três partes. A primeira delas com o nome da classe, a segunda com a lista de atributos e a terceira com a lista de operações (Figura 4.14).

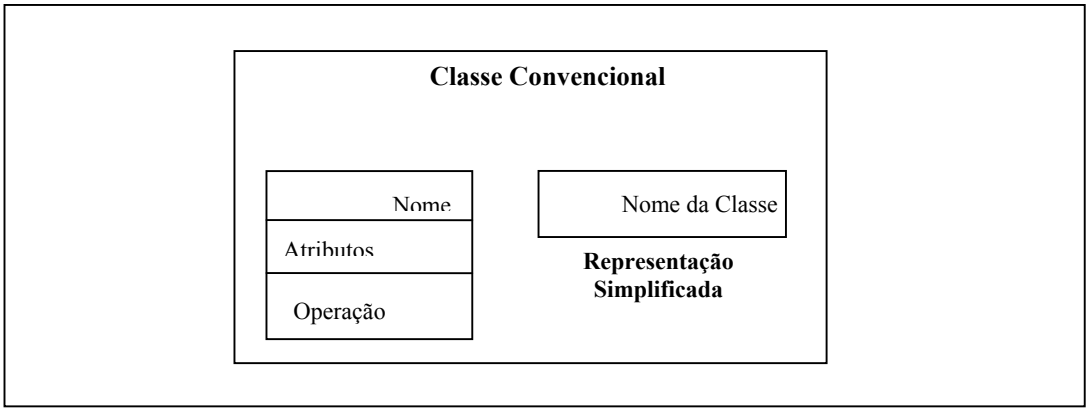


Figura 4.14 – Notação gráfica de classe convencional. Fonte: Borges & Davis, 2001.

Considerando a importância das relações espaciais e não espaciais na compreensão do objeto modelado, o modelo Geo-OMT representa os seguintes tipos de relacionamentos entre suas classes: associação simples, relações topológicas de rede e relações espaciais (alguns são mostrados na figura 4.15):

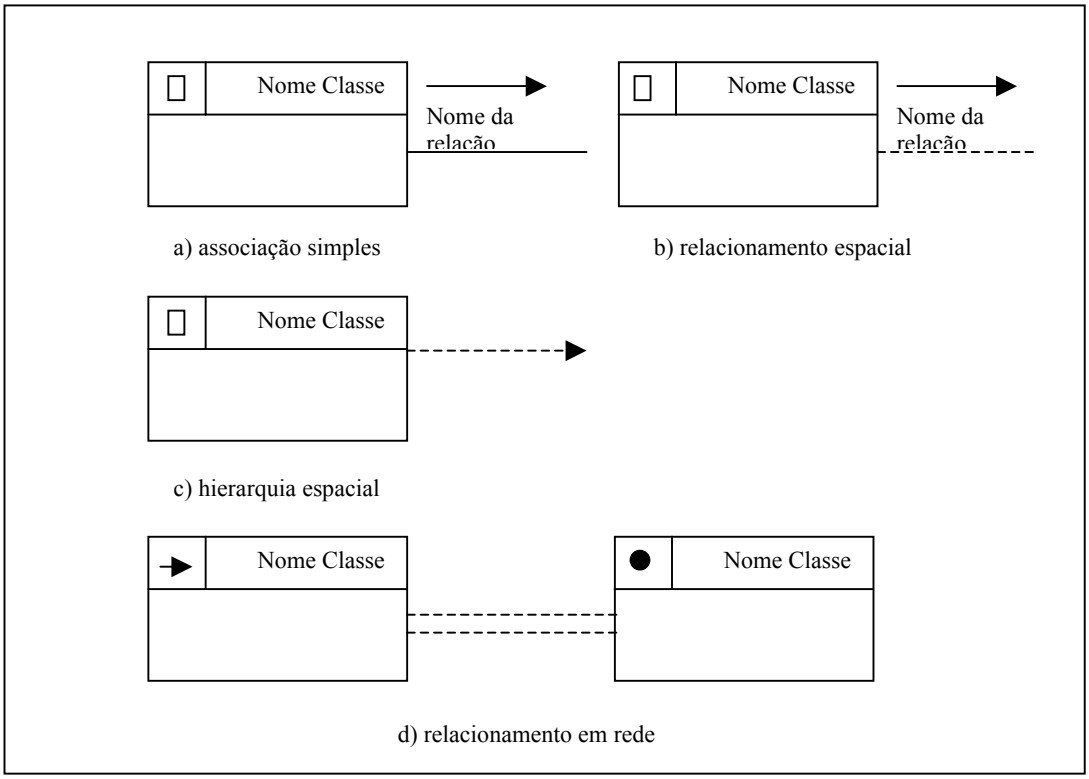


Figura 4.15 – Relacionamentos. Fonte: Borges & Davis, 2001.

Os relacionamentos são caracterizados pela cardinalidade. A cardinalidade representa o número de instâncias de uma classe que pode estar associado a uma instância de outra classe (Figura 4.16).

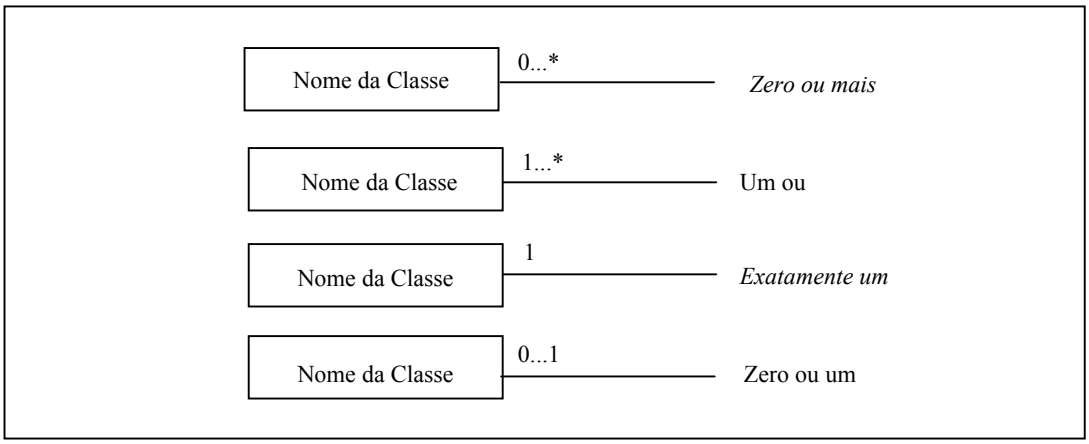


Figura 4.16 – Restrições de cardinalidade. Fonte: Borges & Davis, 2001.

No modelo Geo-OMT, as abstrações de generalização e especialização se aplicam tanto às *classes georreferenciadas* como às *classes convencionais*. A abstração de agregação é explicitada na forma de relacionamentos topológicos "todo-parte".

A representação para generalização cartográfica pode ser vista com uma série de modificações em algumas representações das informações espaciais, com o objetivo de melhorar a legibilidade e compreensão dos dados. Por exemplo, uma cidade pode usar diversas representações espaciais, como um ponto ou um polígono, dependendo da escala utilizada.

A representação de modelos para generalização cartográfica pode ser considerada de dois tipos: *variação pela forma e variação pela escala*. A variação pela forma é utilizada na representação da convivência simultânea das múltiplas formas geométricas de uma classe, dentro de uma mesma escala, (Figura 4.17 - a). A variação por escala é utilizada na representação de diferentes formas geométricas de uma mesma classe decorrente da mudança de escala, (Figura 4.17 - b), (Borges & Davis, 2001).

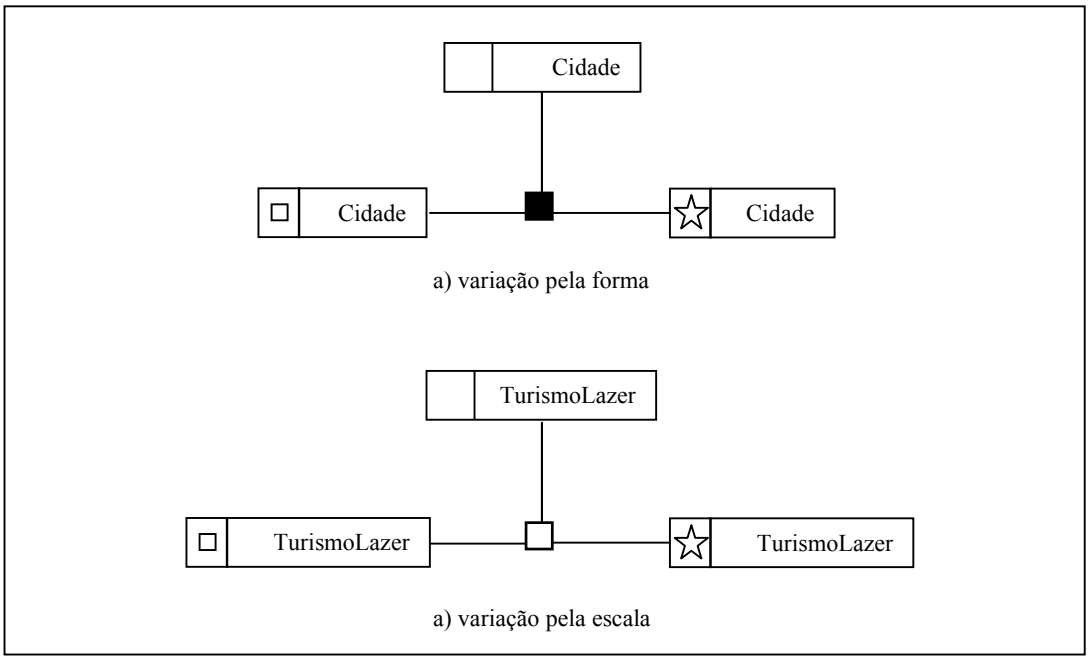


Figura 4.17 – Representação de generalização cartográfica

5. PROJETO DE SISTEMA

Na fase do projeto, Coleman (1996) coloca o projetista como responsável por definir ***como*** as operações do sistema serão implementadas pelo comportamento, em tempo de execução. A interface homem-máquina pode ser projetada neste momento.

Rumbaugh (1994), entende o projeto como uma estratégia de alto nível para resolver o problema e elaborar uma solução. Esta fase de projeto é o momento de incluir decisões sobre a organização do sistema em subsistemas.

Coad & Yourdon (1993) encaram o projeto como a elaboração de protótipos que são utilizados para demonstração funcional e obtenção de críticas dos usuários. O simples fato de trabalhar com desenhos de retângulos na fase da análise não é suficiente e, por isso, o desenvolvimento de um protótipo elimina as partes complicadas.

5.1 Componente Domínio do Problema

Consiste em aperfeiçoar a análise orientada a objetos utilizando os resultados dela, acrescentando melhorias. A elaboração de melhorias nesse momento tem a finalidade de manter o projeto e a programação sempre organizados de modo parecido com o domínio do problema. Alguns critérios para aperfeiçoamento dos resultados da análise, sugeridos por Coad & Yourdon (1993), são:

- Reutilização das classes de projeto e implementação de outras aplicações;
- agrupamento das classes específicas;
- acomodação do nível de herança suportado;

- aprimorar a performance;
- compatibilidade com o Componente Gerenciamento de Dados;
- acréscimo de componentes de nível mais baixo;
- modificar por questões de necessidade do projeto;
- revisão dos acréscimos.

5.2 Componente Interação Humana

Este componente tem como resultado o projeto da interação humana e seus detalhes, utilizando a *prototipação*, através da elaboração de janelas e relatórios, permitindo capturar a forma que o usuário conduzirá o sistema. Coad & Yourdon (1993) preocupam-se com as emoções e percepções mentais das pessoas que utilizarão o sistema, já que esse resultado pode ser positivo ou negativo. Além disso, a cultura da empresa também pode sofrer influência e até mudar e as repostas podem ser sentimentos de:

- Pavor, raiva, exasperação, constrangimento,
- tédio,
- criatividade, satisfação.

Os autores citados anteriormente propõem uma tática para projetar esse componente:

- **classificação das pessoas**: sugere-se estudar as pessoas que utilizarão o sistema, observando *empaticamente* o trabalho delas, lembrando que a vida dessas pessoas será influenciada pelo projeto do sistema, tanto para melhor quanto para pior. É aconselhável classificar as pessoas da seguinte forma:
  - ***nível de conhecimento***: iniciante, intermediário e avançado;

- ***nível na organização***: executivo, diretor, supervisor, auxiliar;
- ***associação em diferentes grupos***: funcionário, cliente.

- ***descrição das pessoas e seus cenários de trabalho***:
  - ***quem*** (motorista comum ou um viajante);
  - ***propósito*** (desejo da atividade do usuário);
  - ***características*** (idade do usuário, instrução, limitações);
  - ***fatores críticos para o sucesso*** (localizar o veículo e os serviços automotivos próximos da estrada);
  - ***nível de conhecimento para o trabalho*** (iniciante, intermediário, avançado);
  - ***cenários de trabalho*** (o motorista visualiza a posição do veículo, no mapa, dentro do veículo).

- **projeto da hierarquia de comando**: sugere-se estabelecer uma hierarquia dos comandos iniciais, utilizando telas e barras de menus e apresentando uma série de ícones que executam ações.
- **projeto da interação detalhada**: projeta-se termos consistentes; poucos passos, como o clique do mouse e a distância de acesso de ferramentas que se encontram no menu suspenso que executam algo; minimização de tempo necessário para obtenção dos resultados; informação ao usuário sobre a situação da operação que está sendo executada; informação de resposta ao usuário sobre a finalização da operação; operações de desfazer e refazer; não permitir que certas informações fiquem por conta somente da lembrança do usuário; minimização do tamanho da documentação do sistema; cuidado com o aspecto e a sensação, propiciando prazer e encanto na utilização do sistema, lembrando sempre que as pessoas usam mais aquilo que mais as agrada. Para cuidar do aspecto, Coad

& Yourdon (1993) sugerem que sejam aplicados princípios do projeto gráfico, enquanto que a sensação pode ser resolvida consultando as pessoas.

- **projeto das interfaces gráficas**: a interface gráfica com o usuário, GUI, projetada envolvendo o tipo de sistema operacional, *Windows* neste caso. Aqui são definidos os *fontes* da GUI (nome do fonte, tamanho, estilo); o sistema de coordenadas da GUI (a origem pode estar no canto superior esquerdo ou inferior esquerdo); as dimensões e a resolução do vídeo suportadas.

5.3 Componente Gerenciamento de Tarefas

A tarefa pode ser considerada como um fluxo de atividades. Ela tem a vantagem de simplificar o projeto e a codificação de comportamentos dos objetos. No processo de gerenciamento de tarefas procura-se dividí-las para facilitar o projeto e a codificação de tarefas que podem acontecer ao mesmo tempo ou independentemente:

- **tarefas dirigidas por eventos**, usada para comunicação com outro dispositivo, subsistema, sistema etc. Uma tarefa pode ser projetada para executar um evento a partir do recebimento de alguma informação proveniente de um local reservado. A área de armazenamento temporário pode ser compreendida como esse local;

- **tarefas dirigidas por tempo**, consideram o processamento num intervalo de tempo especificado. Alguns dispositivos podem precisar de aquisição e controle de dados. Um *timer* pode ser programado para disparar um evento no momento que o tempo marcado acontece. Isso é importante porque consome baixíssimo recurso de processamento;

- **tarefas prioritárias e críticas**, estabelecem as necessidades de baixa e alta prioridade. Podem ser divididas em tarefas de alta prioridade, baixa prioridade e altamente crítica;

- **identificação de coordenadores**, é utilizada para orientar e agrupar tarefas de tamanho menor em outras de tamanho maior.

- **definição de cada tarefa** especificando o significado de cada uma delas, nomeando-as e descrevendo-as. É importante definir se são dirigidas por evento ou por tempo. Para a primeira é definido o evento que a dispara; na segunda, o intervalo de tempo que a tarefa ocorre. Também podem ser definidas as comunicações entre as tarefas, inclusive de onde ela obtém os valores (área de armazenamento temporário) e para onde os envia (veículo no mapa).

5.4 Componente Gerenciamento dos Dados

Fornece a base necessária para a manipulação de objetos de um sistema de gerenciamento de dados. O componente gerenciamento dos dados trabalha as abordagens de *arquivos simples*, no qual os dados são arquivos rudimentares; *banco de dados relacionais*, onde se aplica a teoria relacional e; *banco de dados orientado a objetos*.

Um banco de dados orientado a objetos de uma linguagem de programação orientada a objetos proporciona uma abordagem de objetos persistentes, no qual os objetos podem continuar existindo mesmo após o encerramento do programa, tendo o seu estado armazenado em um meio físico (no disco rígido do computador) Nassu (1999). Os valores podem ser salvos e depois uma cópia dele mesmo pode ser criada. Assim o objeto salvo, inclusive com seu identificador interno, pode ser recuperado do seu estado de armazenamento, resultando em uma cópia idêntica daquele que existia.

6. MÉTODO

A modelagem e a implementação de um mapa dinâmico são o foco deste trabalho. O método a ser utilizado propõe uma seqüência de tarefas que se baseiam na fundamentação teórica apresentada anteriormente. Sua execução é iniciada com a análise de demanda por informação, necessária à modelagem do sistema.

Sendo assim, é necessário conhecer sistemas eletrônicos ou convencionais dessa natureza. É importante saber seus pontos fortes e fracos; entender quais são as necessidades de um usuário desse tipo de "sistema". Os aspectos culturais e regionais são fatores essenciais para se obter sucesso na sua realização, ou seja, na visualização e na recuperação da informação.

O conhecimento sobre comunicação cartográfica suporta a preparação do modelo de representação cartográfico, ou seja, o projeto cartográfico que determinará a representação gráfica e o *layout* do mapa para mídia eletrônica. Ela fornecerá suporte na preparação da informação geográfica a ser exibida. Portanto, é necessário, também, que se conheça os aspectos de transmissão e recepção que comunicarão a informação ao usuário.

Através de um projeto cartográfico adequado obteve-se uma representação para o mapa. Através dele os fenômenos geográficos são representados por meio de simbologia apropriada. Essa etapa foi iniciada com um levantamento das variáveis interdependentes (propósito*;* área geográfica*;* forma*;* informação geográfica; escala*;* projeção), além dos fatores de representação (simbologia e toponímia) e o próprio *layout* do mapa. A elaboração do projeto de símbolos, que representam os elementos da base cartográfica na tela do computador, foi realizada considerando a mesma seqüência como mostrado na revisão nas fases propostas por Bos (1984).

A elaboração do modelo de representação dos dados do projeto cartográfico deve ser integrada à representação do sistema e, dessa forma, é necessário voltar para o primeiro quando estiver realizando o segundo. Os modelo de representação e de projeto cartográfico foram analisados e eventualmente, forneceram subsídios para revisão do *modelo conceitual* (de objetos).

Parte-se, então, para o levantamento de informações necessárias ao desenvolvimento de um sistema de navegação terrestre, elaborando-se um documento de *requisitos básicos*, onde são especificadas as informações necessárias para o desenvolvimento do sistema. Nele estarão a descrição das funções básicas e a dos recursos tecnológicos que o sistema deverá contemplar.

A partir dos resultados anteriores e da compreensão no domínio do problema, é gerado o modelo da análise que será representado por um conjunto de diagramas contendo o modelo estático, o modelo dinâmico e o modelo funcional do sistema juntamente com as características e funcionalidades geográficas.

A investigação dos métodos de modelagem de sistemas e dados (esses últimos para bases de dados geográficos) mostrou a necessidade de utilizar conceitos de determinadas técnicas mais adequadas em certo momento do que outro, facilitando a representação do problema. Dessa forma, decidiu-se mesclar os quatro métodos de modelagem: Rumbaugh (1994), Fusion (1996), Coad & Yourdon (1996) e UML, e ainda utilizar o GEO-OMT (Técnica de Modelagem de Objetos Geográficos) que é uma extensão do método de Rumbaugh, que visa modelar informações espaciais. A representação final foi feita no software Visual Modeler que conta com as notações da UML. A fim de representar os dados espaciais são realizadas algumas modificações nesse modelo, acrescentando detalhes de aspecto espacial, tais como os símbolos projetados.

O trabalho é concluído com o desenvolvimento de um protótipo que serve para os processos de simulação e análise do conteúdo informacional e funcional. Esse

modelo foi implementado em compilador Visual Basic, versão 6.0, o qual conta com recursos de classes de objetos, possibilitando a reutilização em outros sistemas. O desenvolvimento do sistema contou com o apoio da biblioteca de classes de objetos geográficos, o Map Objects, sugerido por Slocum (1999).

O desenvolvimento do projeto do sistema conta com a consideração dos componentes de: domínio do problema; interação humana (incluindo o *layout* do sistema juntamente com o mapa); gerenciamento de tarefas e gerenciamento de dados.

A base de dados foi preparada no software ArcInfo versão 7.1.2 através de conversão de dados analógico para meio digital, geração de topologia e, em seguida exportada para formato *shapefile* do ArcView, utilizada também no *MapObjects*. Diversos arquivos de dados espaciais, atributos, imagens, figuras e som estão disponíveis na base de dados do sistema permitindo que diversas fontes de informações sejam integradas. A imagem foi georeferenciada com recursos do ArcInfo a fim de compatibilizar a estrutura de dados com o *MapObjects*.

Os símbolos foram implementados no Fontographer da Macromedia. Para tanto, foi necessário utilizar símbolos já prontos de paletas disponíveis no *MapObjects* e no ArcView. A maioria deles foi modificada de acordo com os aspectos de documentos já consagrados como o Guia Rodoviário Quatro Rodas edição 1999 e 2000, além daqueles utilizados pelo Detran. Assim, o sistema conta com uma paleta de símbolos no formato *True Type* do Windows.

Os testes foram realizados em "laboratório", no monitor de *desktop* com resolução de vídeo compatível com a de *palmtop*, e ainda realizados com o mapa dinâmico em movimento além de o próprio veículo estar se movendo sobre o mapa, com visão diurna e noturna.

7. RESULTADOS

Neste capítulo são descritas todas as tarefas realizadas para o desenvolvimento do mapa dinâmico de um sistema de navegação terrestre.

7.1 Projeto Cartográfico do Mapa Dinâmico

O mapa dinâmico conta com um projeto cartográfico de múltiplas representações em diversos níveis de visualização, incluindo, ainda, as imagens de satélite para visão diurna e para visão noturna.

O projeto cartográfico de um mapa dinâmico de sistema de navegação terrestre deste trabalho compreende as etapas de *definição das variáveis interdependentes*, a *análise de símbolos existentes* e o *projeto e construção dos símbolos do mapa dinâmico*. Também, é importante notar que a realização de um mapa dessa natureza depende da *especificação básica do sistema* e da *modelagem do sistema* (incluindo os dados da base cartográfica e os dados do sistema) responsável pela parte modelagem estática, dinâmica e funcional.

7.1.1 Definição das Variáveis Interdependentes

Responsáveis pela especificação cartográfica, elas são importantes para a elaboração do projeto cartográfico, como pretendido. A primeira fase de elaboração do projeto cartográfico é a definição das *variáveis interdependentes*, dentre as quais são definidas seqüencialmente:

- **propósito do mapa:** O propósito do mapa dinâmico é a exibição automática do veículo em movimento e de outros fenômenos geográficos, na tela do computador, podendo realizar movimentação dinâmica do mapa e do veículo sobre o mapa. Para que ele seja bem aproveitado, seu uso deve ser destinado a motoristas viajantes e turistas, que estejam em rodovias. A localização do mapa pode ser no painel do veículo.

- **área geográfica de estudo*:*** A área geográfica para a realização deste protótipo foi escolhida em função de possuir pontos turísticos e comerciais, diversos tipos de vias e serviços automotivos, saúde e utilidade pública, dentre outros detalhes que contemplam a maior parte dos elementos da base cartográfica, modelados no sistema. Além disso, é maior a facilidade de se trabalhar com informações de uma região conhecida, a qual pode facilitar a identificação dos aspectos sócio-culturais durante a elaboração do projeto cartográfico.

- **forma de apresentação*:*** O mapa dinâmico é destinado à mídia eletrônica, para ser apresentado em monitor de computador *palmtop*, a ser descrito no item *Especificação da Tecnologia*.

- **apresentação das informações*:*** De acordo com as escalas mencionadas na tabela 2, serão apresentadas as seguintes informações:

  - ***secundárias***: imagem de satélite, rio, vegetação, solo, ferrovia;

  - ***principais***: veículo, torre de celular, polícia rodoviária, telefone, guincho, pedágio, auto-elétrica, auto-mecânica, borracharia, posto de combustível, escola, cruzamento, defeito, aeroporto (internacional, nacional, regional, municipal), hospedagem (hotel, motel, pousada), alimentação (restaurante e lanchonete), saúde (hospital, pronto-socorro, posto de saúde), rodovia, vicinal, ponte, caminho, rota, porto, pesque-pague, parque, camping, balneário, estado, município.

- **escala*:*** O projeto cartográfico, para a elaboração do layout do mapa dinâmico, contempla alguns intervalos de visualização. O maior deles está na escala de

1:50.000, enquanto o menor em 1:500.000. Além disso, outros intervalos foram definidos. Os temas são exibidos nos intervalos mais adequados para o contexto da escala do mapa e a forma de apresentação. Nada impede que o motorista utilize uma escala maior que 1:50.000, como por exemplo, 1:25.000, porém, nessa escala, o mapa perde o contexto informacional. A única vantagem de usar uma escala maior é a diminuição dos borrões provocados pelos símbolos dos diversos tipos de serviços que estão muito próximos uns dos outros. Após diversos testes de implementação, os intervalos definidos são aqueles apresentados na tabela 2. Cada *layer* apresentado neste tabela poderá ser ligado ou desligado na legenda do sistema, como será visto mais adiante.

Tabela 2 - Intervalos de visualização dos layers da base cartográfica

	Intervalos das escalas				
Temas	**até 1:100.000**	**entre 1:100.000 - 1:200.000**	**entre 1:200.000 - 1:300.000**	**entre 1:300.000 - 1:500.000**	**menor que 1:500.000**
ferrovia	Sim	-	-	-	-
alimentação	Sim	Sim	-	-	-
cruzamento	Sim	Sim	-	-	-
auto-elétrica	Sim	Sim		-	-
hospedagem	Sim	Sim	-	-	-
pedágio	Sim	Sim	-	-	-
polícia rodoviária	Sim	Sim	-	-	-
saúde	Sim	Sim	-	-	-
telefone	Sim	Sim	-	-	-
torre de celular	Sim	Sim	-	-	-
pesque-pague	Sim	Sim	-	-	-
camping	Sim	Sim	-	-	-
parque	Sim	Sim	-	-	-
porto	Sim	Sim	-	-	-
defeito	Sim	Sim	-	-	-
imagem	Sim	Sim	-	-	-
borracharia	Sim	Sim	Sim	-	-
caminho	Sim	Sim	Sim	-	-
posto de combustível	Sim	Sim	Sim	-	-
auto-mecânica	Sim	Sim	Sim	-	-
guincho	Sim	Sim	Sim	-	-
aeroporto	Sim	Sim	Sim	Sim	-
balneário	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
cidade (toponímia)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
rodovia	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
vicinal	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

- **projeção*:*** A projeção utilizada é a UTM (Universal Transversa de Mercator) por envolver uma pequena área de mapeamento. O sistema de referência (Datum) é o Córrego Alegre e o fuso é o 22. Num mapa de extensão maior, seria necessária uma base de dados mais detalhada e, a aplicação poderia incluir procedimentos de conversão de projeção. Uma solução para um mapa de escala menor, onde regiões de dois fusos seriam mostradas, poderia ser a utilização de uma projeção cônica, disponível nas classes do MapObjects.

Na definição das propriedades dimensionais, as informações geográficas são exibidas de acordo com as propriedades dimensionais de ponto, linha e polígono, como apresentado no *modelo estático*, no item *Modelagem das Classes de Objetos da Base de Dados*. A toponímia também é exibida. Nela são apresentados os nomes das cidades, dos pontos turísticos e das rodovias.

7.1.2 Análise de Símbolos Existentes

Essa atividade foi parte do trabalho de iniciação científica, da aluna Jaqueline Vicente (2001), extraído do relatório *Projeto de Símbolos para o Sistema de Navegação e Localização Apoiado por GPS*, o qual encontra-se voltado ao mesmo projeto de pesquisa.

A análise geral foi feita em duas etapas: a primeira foi a investigação do Guia Rodoviário – Quatro Rodas, edição de 1999 e 2000 (em papel); a segunda foi a investigação dos símbolos em formato *TrueType* (digital) do MapObjects e do ArcView.

O Guia constitui-se de uma orientação totalmente voltada ao turismo, tanto doméstico quanto de negócios e, atende as necessidades de um possível usuário de sistema de navegação terrestre.

Os símbolos utilizados na edição de 1999 e 2000 são, em sua maioria, idênticos, porém, alguns sofreram modificações.

O projeto de símbolos deve levar em conta todos os aspectos de um projeto cartográfico para uma carta convencional (em mídia impressa), apesar de ser visualizado na tela de um computador e utilizar uma imagem de satélite como contexto. Por outro lado os testes com os símbolos foram realizados no monitor do vídeo do computador, permitindo extrair resultados para mídia eletrônica.

Os símbolos do Guia Rodoviário foram analisados levando em consideração as variáveis visuais que envolvem forma, tamanho e cor. A análise foi realizada com base na teoria relacionada a este modo de implantação.

Esses símbolos gráficos variam na forma (regulares: círculos e quadrados; irregulares, como é o caso dos pictóricos), na dimensão e no tamanho, de acordo com a escala do mapa e cor. Essa última é a variável mais forte, facilmente perceptível e intensamente seletiva, ou seja, o olho consegue isolar os elementos que possuem cores diferentes. Os símbolos analisados foram:

AEROPORTO

Os símbolos que o representam mostram o valor de cada um dos tipos de aeroportos, ou seja, a importância de cada um no seu contexto; expressando, também, o uso. Na figura 7.1 são mostrados quatro tipos de representação para essa categoria.

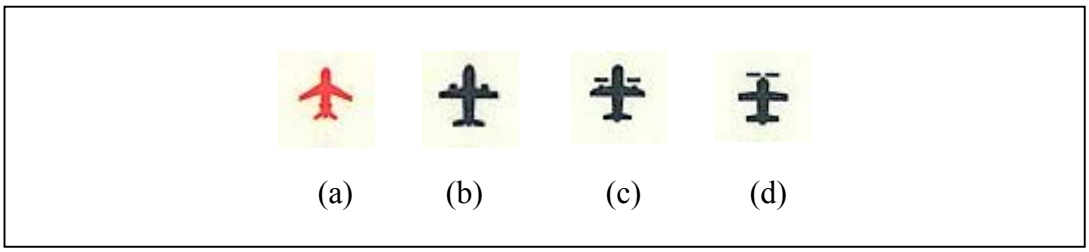


Figura 7.1 – Representação de símbolos de aeroportos. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000).

O conceito de importância é relativo, pois a impressão que se tem é que um aeroporto internacional é mais importante que um nacional e assim por diante. Porém, para uma determinada região isso pode não ser verdadeiro. Por exemplo, na região do oeste paulista a maioria dos aviões e vôos é de pequeno porte com poucos passageiros, portanto, a existência de um aeroporto internacional para aquela região poderia não ser muito apropriado. No entanto, sabe-se que nos grandes centros urbanos os aeroportos internacionais são mais importantes que os nacionais, estes por sua vez mais importantes que os regionais, e estes do que os municipais. Analisando cada um dos símbolos, tem-se:

- Figura 7.1 (a) – **aeroporto internacional**: possui uma forma irregular figurativa, a qual se relaciona com a sua função, o que permite uma qualificação precisa do objeto. O tamanho é o mínimo exigido para a identificação de tal feição no mapa, porém elaborado para que seja facilmente identificado, de acordo com a escala utilizada. Sua cor e sua forma diferenciam-se dos demais símbolos que compõe o seu grupo, dando a idéia de maior importância para esse símbolo.

- Figura 7.1 (b) – **aeroporto nacional**, (c) – **aeroporto regional**, (d) – **aeroporto municipal**: possuem formas irregulares figurativas, como é o caso do aeroporto internacional, porém contendo alguns detalhes diferentes, que podem ser observados em suas respectivas figuras. Com base em análise visual realizada pelo próprio projetista, o tamanho dos símbolos também é o mínimo exigido para sua identificação. No entanto, a cor

utilizada para os três é a mesma, como pode ser verificado. Esse fato pode causar uma confusão aos olhos do usuário, no momento de identificar os tipos diferentes de aeroportos. A sugestão para que isso não ocorra, é que a cor utilizada seja diferente para cada um deles.

HOSPEDAGEM

Os símbolos que representam essa categoria expressam pouco o tipo de serviço prestado pelo estabelecimento, muito menos a sua importância no contexto geral.

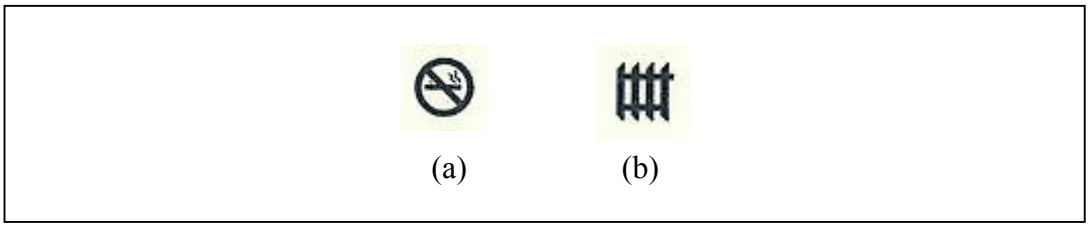


Figura 7.2 – Representação de símbolos de hospedagem. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000).

Analisando cada um dos símbolos, tem-se:

- Figura 7.2 (a) – **apartamento para não fumantes**, (b) – **calefação**:

Os símbolos mostrados possuem formas irregulares relacionadas com suas funções. Nota-se que os símbolos estão relacionados a algum tipo de hospedagem. O tamanho de cada símbolo gráfico foi elaborado de acordo com a escala do mapa, para simples localização das feições e/ou serviços. A cor utilizada nesses símbolos gráficos foi a mesma para ambos, podendo causar confusão. Esses símbolos possuem características de propriedade de percepção seletiva ($\neq$), pois são diferentes, porém se a escala do mapa for menor, eles podem ser confundidos, pois são representados na mesma cor. Se forem utilizadas cores diferentes à idéia de diversidade será reforçada e não haverá o risco de confusão.

De acordo com os elementos identificados no modelo de objetos em *hospedagem*, verifica-se a necessidade de projetar símbolos para hotel, motel e pousada.

UTILIDADE PÚBLICA

Os símbolos que representam essa categoria expressam o tipo e o uso de cada equipamento público, ou seja, a sua função, pois são pictóricos.

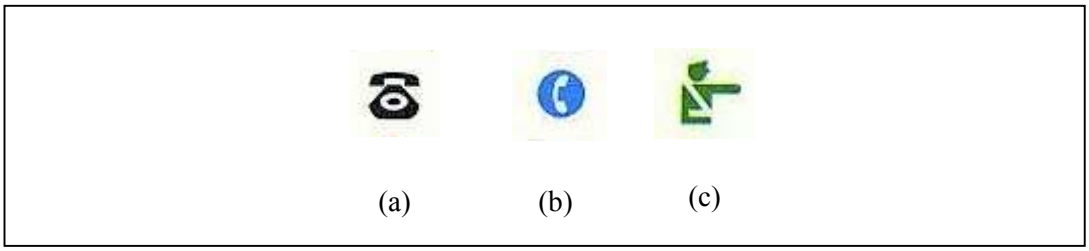


Figura 7.3 – Representação de símbolos de utilidade pública. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000).

Analisando cada um dos símbolos, tem-se:

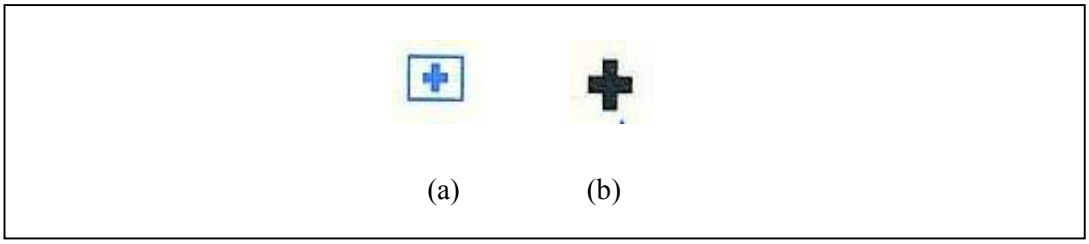
- Figura 7.3 (a) – **telefone**, (b) – **telefônica**, (c) – **polícia rodoviária**:

Estes símbolos possuem formas irregulares, relacionadas com suas funções, podendo ter forma também relacionada com seu perfil. Seus tamanhos foram calculados para identificação das feições que representam, de acordo com a escala do mapa. As cores são diferentes permitindo fácil diferenciação, o que não é relevante, pois eles possuem formas bem definidas e de fácil identificação.

No modelo de objetos deste trabalho a categoria para esses mesmos serviços não possui o serviço de central telefônica, porém conta com o de torre de celular, o qual deve ser projetado.

SAÚDE

Os símbolos que representam essa categoria expressam a função.



(a) (b)

Figura 7.4 – Representação de símbolos de Saúde. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000).

Analisando cada um dos símbolos, tem-se:

- Figura 7.4 (a) – **hospital**, (b) – **hospital** – O primeiro símbolo, utilizado em carta de grande escala é composto por uma forma regular geométrica de um quadrado e em seu interior uma cruz, relacionada com a função que representa. Como em todos os símbolos utilizados nas plantas do guia, sua cor é azul, o que pode confundir o usuário ou ainda, se a escala for menor que a utilizada, sua identificação pode tornar-se impossível. Para que isso não aconteça, ele deveria ser vermelho, modo como geralmente são representados os hospitais em grande parte do mundo. O segundo símbolo, também, representa hospitais, porém em carta de pequena escala. Sua forma também é irregular e geométrica relacionada com sua função, tem a forma de uma cruz. Seu tamanho é um pouco maior que o anterior, pois a escala do mapa é menor que a escala das plantas. A cor utilizada pode ser modificada: em vez de preto, o vermelho.

Esses símbolos devem ser modificados. Sugere-se criar outros para pronto-socorro e posto de saúde, todos eles relacionados à função e, com cor adequada.

SERVIÇO AUTOMOTIVO

Esses símbolos representam as funções de cada um dos elementos.

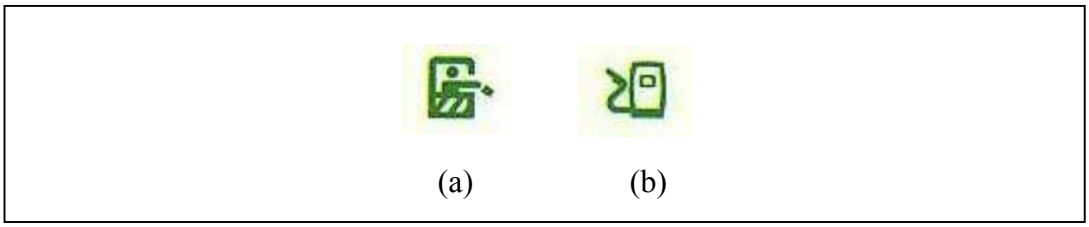


Figura 7.5 – Representação de símbolos de serviço automotivo. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000).

Analisando cada um dos símbolos, tem-se:

- Figura 7.5 (a) – **pedágio** , (b) – **posto de combustível** – Os dois possuem formas irregulares, bem definidas, relacionadas com as suas funções e com seus perfis. O primeiro símbolo possui maior número de detalhes, por isso, quando projetado numa escala menor, deve-se tomar cuidado para não perder as características. Uma solução seria utilizá-lo até um determinado nível de visualização, escondendo-o em outros menores, devido ao seu pouco grau de importância. Já o segundo símbolo é mais importante que o primeiro, num guia rodoviário. Ele representa uma necessidade básica dos motoristas. Mesmo que a escala seja menor, sua forma pode ser preservada, para não causar dúvida.

Nota-se que é necessário projetar símbolos para guincho, elétrica, borracharia e mecânica. O símbolo de pedágio tem muitos detalhes que seriam prejudicados no mapa dinâmico. Uma solução seria projetar um outro símbolo para ele também.

TURISMO e LAZER

Alguns estão relacionados às suas funções e outros aos perfis. Tem ainda, aqueles de área que são representados pelo uso de cores.

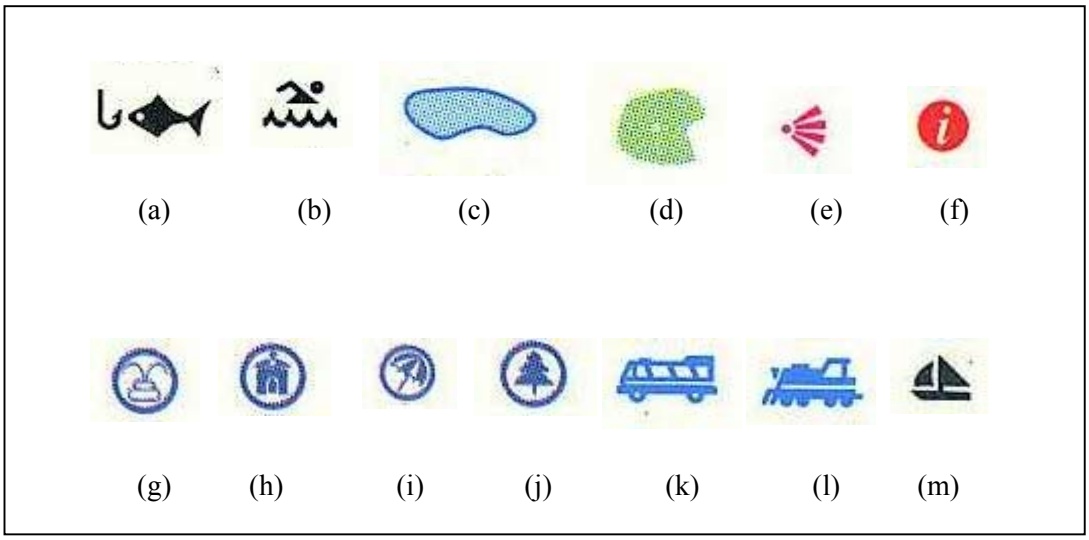


Figura 7.6 – Representação de símbolos de turismo e lazer. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000).

Analisando cada um dos símbolos tem-se:

- Figura 7.6 (a) – **pesca** , (b) – **piscina,** (k) – **estação rodoviária**, (l) – **estação ferroviária,** (m) – **barco**: estes símbolos têm formas irregulares, bem definidas, relacionadas às suas funções. Eles têm tamanhos proporcionais à escala do mapa, para possibilitar sua identificação;

- Figura 7.6 (c) – **área verde**, (d) – **lago**: diferentes dos demais, esses símbolos são caracterizados pelas diferenças na cor. Utilizam associações convencionais já padronizadas;

- Figura 7.6 (f) – **informações turísticas**: tem a forma geométrica regular de um círculo cheio com uma letra no seu interior.

- Figura 7.6 (g) – **cidade em estância**, (h) – **cidade histórica**, (i) – **cidade na praia**, (j) – **cidade na serra**: representam os diferentes tipos de cidade.

Geralmente utilizados em pequenas escalas, portanto com representação geométrica pontual, tem o propósito de localizar os elementos no mapa. Todos eles possuem a mesma cor, porém suas formas se resumem às suas funções. Dependendo do nível de visualização seus tamanhos devem ser preservados para que sejam visíveis e legíveis;

- Figura 7.6 (e) – **vista panorâmica**: consagrado nos mapas turísticos internacionais, sua forma irregular pretende expressar a sua função. Porém ele é abstrato demais para ser compreendido num primeiro momento, necessitando de uma legenda. Sua cor pareceu se diferenciar bastante das demais permitindo que fosse visto com mais facilidade.

A maioria desses símbolos não será utilizada neste trabalho e outros deverão ser projetados.

VIAS

Pertencem a esta categoria, as vias de automóvel e as ferrovias. A maioria das representações da figura 7.7 são padrões estabelecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

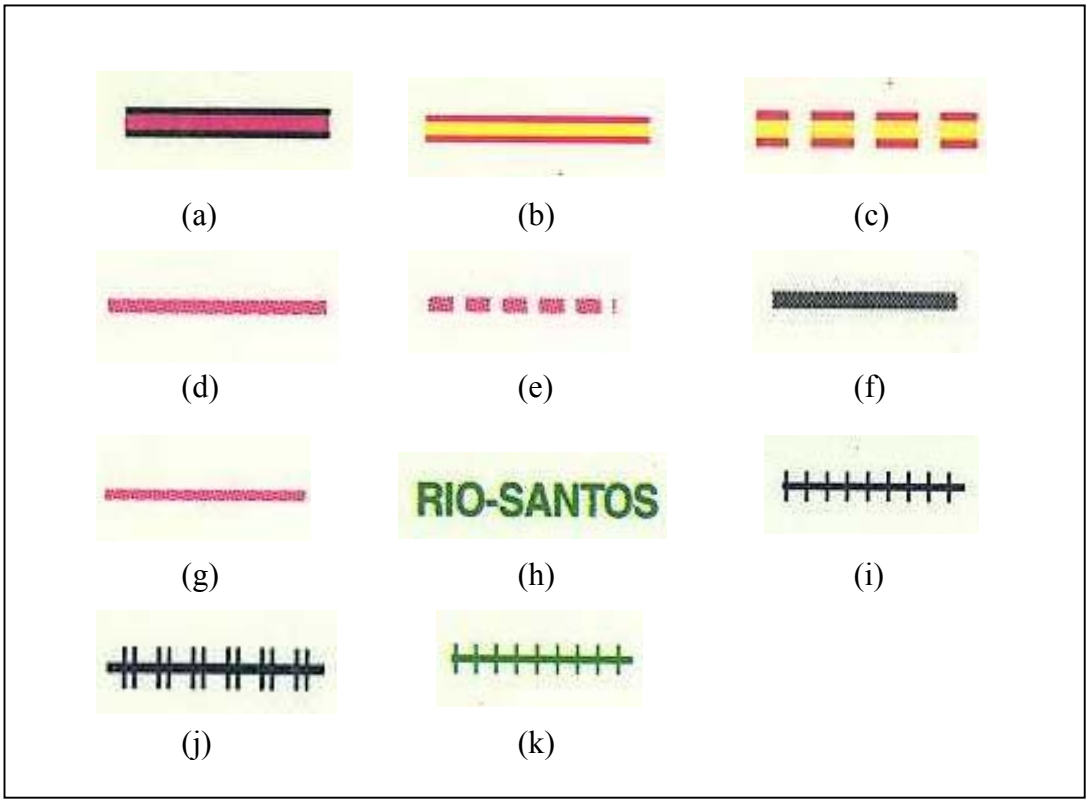


Figura 7.7 – Representação de símbolos de vias. Fonte: Guia Rodoviário Quatro Rodas (2000).

Analisando cada um dos símbolos, tem-se:

- Figura 7.7 (a) – **principais troncos rodoviários**: representado por linhas duplas. As linhas externas são representadas em preto e o preenchimento interno em *magenta* saturado, ambas as cores têm um excelente contraste com o branco e entre si. É uma linha contínua, pois representa uma característica que ocorre constantemente.

- Figura 7.7 (b) – **asfalto de pista dupla**: esta característica é representada por um símbolo semelhante ao símbolo anterior, apresentando duas linhas, as quais representam pista dupla. As cores utilizadas são diferentes, porém continuam tendo um contraste com o branco e entre si. A continuidade das linhas mostra que a pista é uma característica constante.

- Figura 7.7 (c) – **em duplicação**: semelhante ao símbolo anterior, utilizando linhas duplas com espaçamento e cores parecidas. Porém as linhas são interrompidas, para mostrar que a característica representada está sendo modificada, ou seja, está em duplicação e, ora pode ser interditada ora liberada.

- Figura 7.7 (d) – **asfalto**: esse símbolo linear representa uma característica constante de continuidade, ou seja, que não há "impedimentos", por isso utiliza uma linha contínua. A linha simples mostra que, no local onde ela está localizada no mapa, existe uma pista simples. A cor utilizada é forte e tem um grande contraste com outros tipos de vias.

- Figura 7.7 (e) – **em asfaltamento**: uma linha tracejada representa uma pista que está sendo modificada, que pode sofrer interdições ocasionais, quando forem necessárias. São utilizadas as mesmas cores e larguras que o símbolo anterior, pois representam a mesma característica, porém tomando o cuidado de mostrar a descontinuidade que representa possíveis interrupções.

- Figura 7.7 (f) – **terra**: uma linha contínua simples representa uma estrada de terra, com um grau de importância menor em relação as anteriores. Por isso é utilizada uma cor neutra, porém com excelente contraste. A linha é representada com uma largura mínima exigida para sua percepção.

- Figura 7.7 (g) – **principais vias de acesso** (mapas de grande escala): este símbolo é muito parecido com o de asfalto, porém menos espesso. Isso pode causar uma confusão nos olhos do usuário, porém elas têm funções parecidas. Entretanto, pode ser utilizada uma cor diferente das que foram utilizadas anteriormente.

- Figura 7.7 (h) – **nome da rodovia** – O nome da rodovia é mostrado em forma de texto, com letras legíveis e com o tamanho calculado de acordo com a escala da carta. A cor utilizada pode ser modificada, pode-se utilizar o preto em vez de verde.

- Figura 7.7 (i) – **ferrovia** (linha de passageiros), (j) **ferrovia** (linha de carga), (k) **ferrovia** (linha turística) – A ferrovias são representadas por linhas contínuas, com pequenos traços perpendiculares a elas, representando as vigas que unem os trilhos, com algumas variações específicas para cada tipo de ferrovia. O primeiro símbolo compõe-se de uma linha contínua com traços simples perpendiculares. O segundo é também uma linha contínua, porém com traços perpendiculares duplos, o que dá a idéia de um trilho mais reforçado, por isso representa linha de carga. Ambas utilizam a cor preta, que é neutra e possui grande contraste. O terceiro símbolo é idêntico ao primeiro, porém sua cor é diferente para que eles não sejam confundidos.

Para os símbolos que representam rodovias e ferrovias as sugestões se restringem as cores. Geralmente, os mapas e cartas rodoviários que trazem em seu conteúdo representações de rodovias utilizam símbolos parecidos aos mostrados na figura 7.8, diferindo somente nas cores.

A segunda etapa da análise foi verificar a biblioteca de símbolos do MapObjects e do ArcView a qual estava em formato *True Type*. A grande vantagem desses símbolos é estarem em formato digital e serem compatíveis com a estrutura do software de edição de símbolos (Fontographer). O resultado dessa verificação é mostrada no item seguinte, apreciando os resultados finais da compilação.

7.1.3 Projeto e Construção dos Símbolos do Mapa Dinâmico

Os símbolos cartográficos de representação pontual foram confeccionados no software *Fontographer*. Foi feita uma análise minuciosa daqueles símbolos digitais e em seguida extraiu-se os mais adequados para o projeto.

Os símbolos utilizados pelo mapa dinâmico devem ter os seguintes estilos: circular; quadrado; triângulo; cruz e *True Type*. São estes os estilos suportados pela biblioteca do MapObjects. Este trabalho utiliza somente símbolos *True Type*, pelo fato de serem melhores para compreensão instantânea num mapa dessa natureza e também por não serem experimentados por usuários, em testes de navegação.

Para tanto, foi necessária a construção de um arquivo de fontes. Resumidamente, ele é uma paleta que armazena caracteres (os símbolos gráficos) em intervalos compatíveis com a estrutura ASCII, para o idioma português. A estrutura válida da paleta de caracteres, no padrão ASCII, varia do índice 32 até 126 e do 160 até 255. Os outros intervalos não são suportados pelo MapObjects e por isso não devem armazenar nenhuma informação. Caso os outros espaços sejam utilizados, nada seria recuperado pelo mapa.

A figura 7.8 mostra o mapa de caracteres do fonte *Times New Roman* do Windows com seleção para o número *zero*. Isso é mostrado na parte inferior dela: *Keystroke: 0*. Já o fonte *Mapa Dinâmico* (Figura 7.9) possui, na mesma posição, um caractere que equivale ao símbolo do veículo. Ele é mostrado, novamente, na parte inferior direita dela: *Keystroke: 0*. Isso significa que o MapObjects recupera o símbolo através do índice do arquivo de fontes.

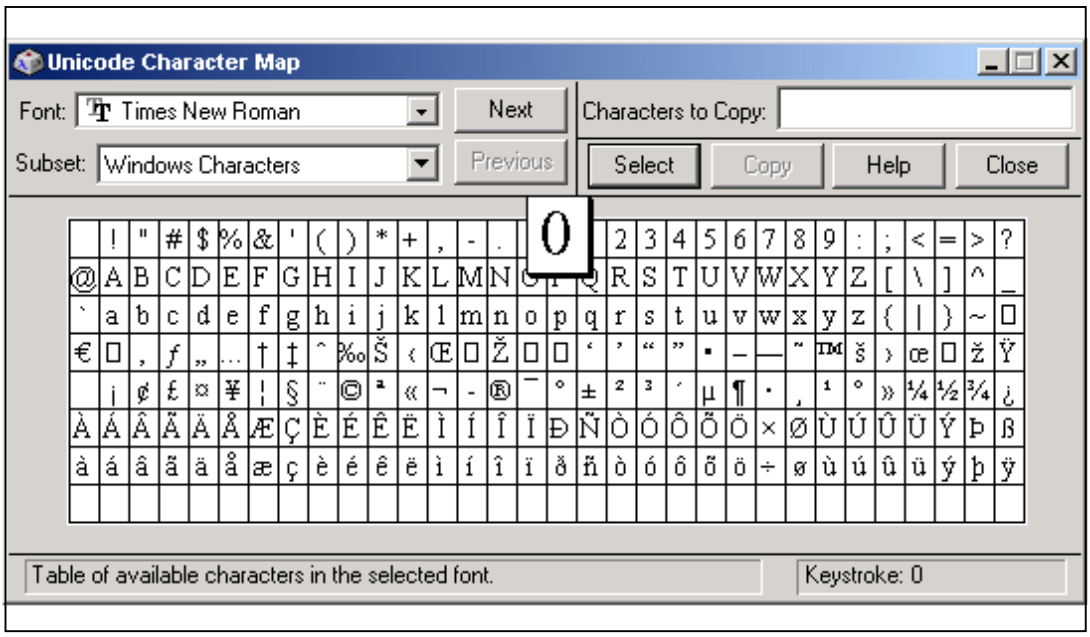


Figura 7.8 – Mapa de caracteres do Windows para a fonte Times New Roman

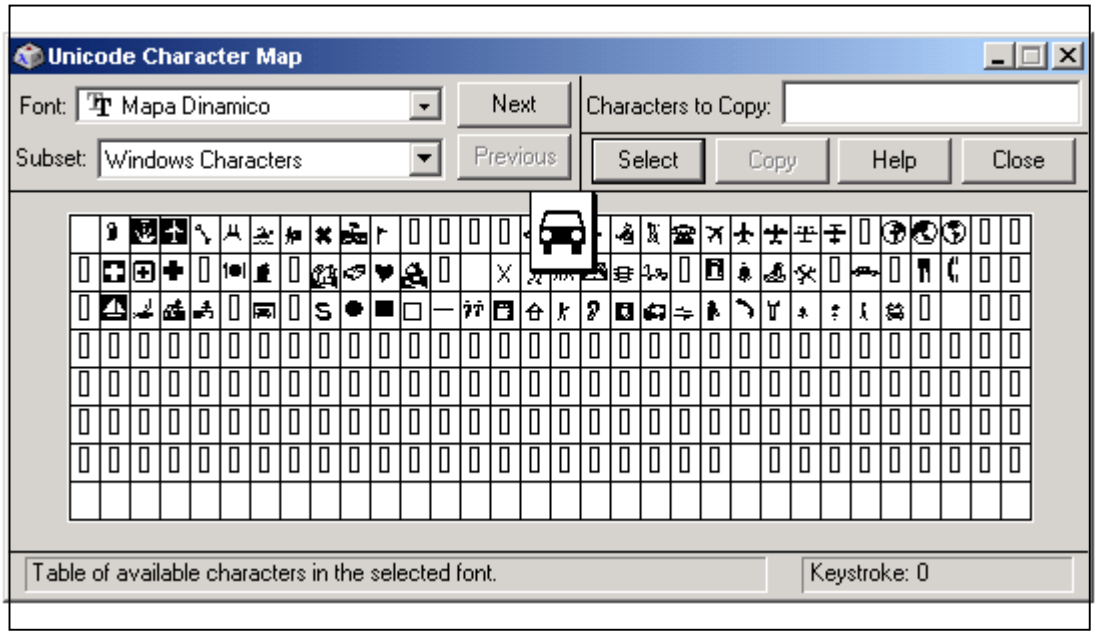


Figura 7.9 – Mapa de caracteres do Windows para a fonte Mapa Dinâmico

A figura 7.10 mostra a janela de apresentação do Fontographer com o fonte *Mapa Dinâmico*. É importante notar que o símbolo de aeroporto está selecionado. Quando ocorre qualquer seleção, vários atributos do símbolo são mostrados na região superior da figura, abaixo do menu. Lá encontra-se uma descrição do Caractere, onde:

- **Name**: indica o nome do caractere que é oito;
- **Key**: equivale à tecla do teclado que é 8;
- **Dec**: número decimal que equivale ao índice da paleta, equivalente a 56. Esse valor é recuperado pelo MapObjects, através da propriedade *CharacterIndex* do objeto *Símbolo*.

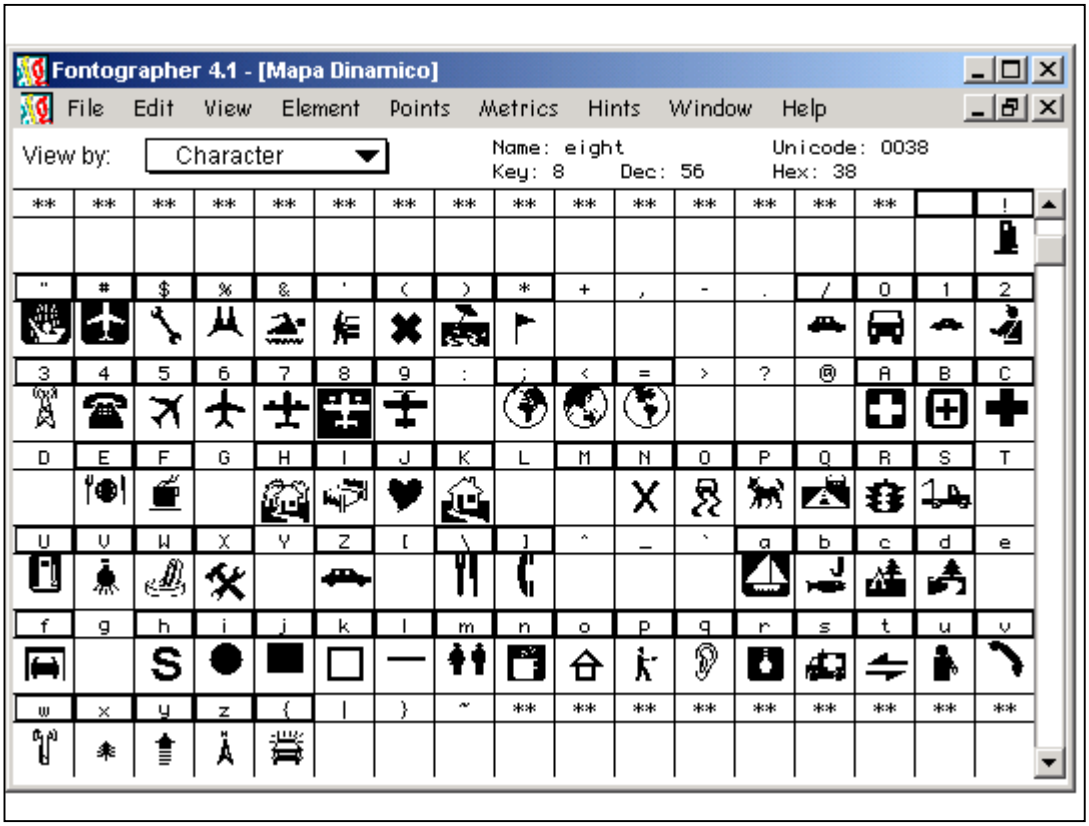


Figura 7.10 – Apresentação do Fontographer para o fonte Sistema de Navegação Terrestre

No Fontographer, algumas ferramentas gráficas foram utilizadas para adaptação de certas estruturas já existentes. Algumas foram criadas e outras modificadas

através de rotação, translação, escalonamento, combinação, remoção ou acréscimo de detalhes. A figura 7.11 mostra um símbolo em ambiente de edição.

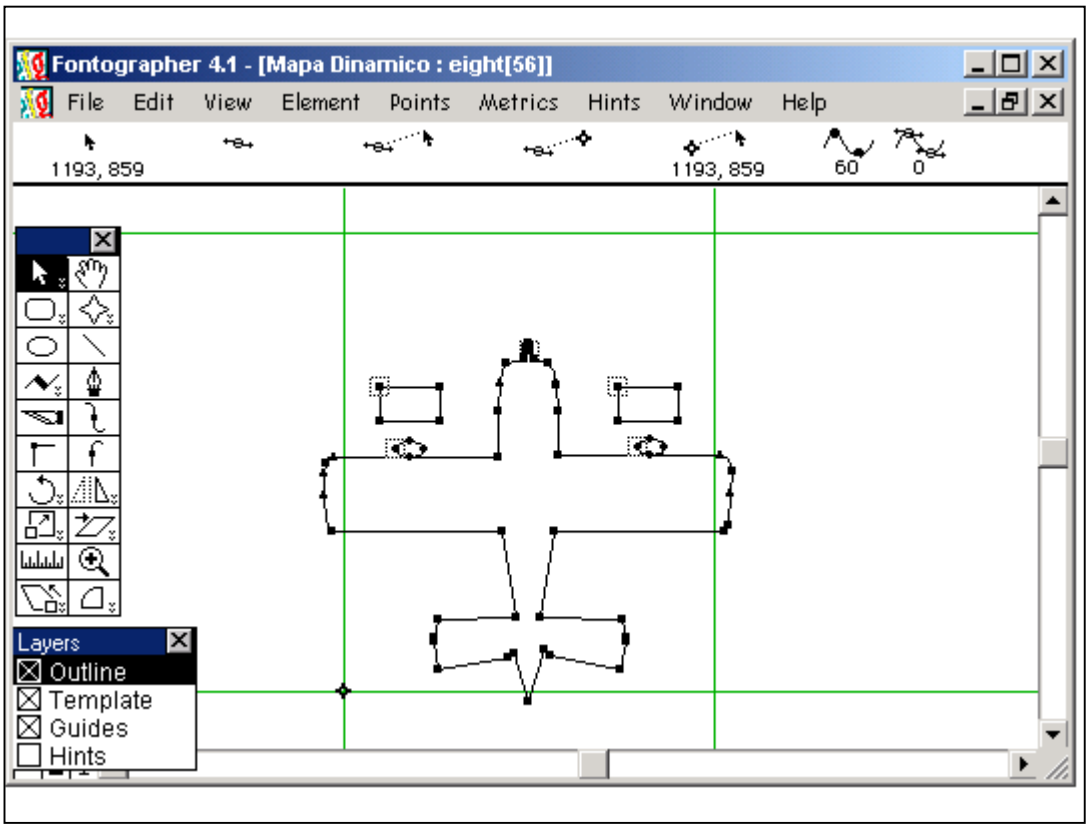


Figura 7.11 – Ambiente de edição de símbolos do Fontographer

O desenvolvimento dos símbolos pontuais foi feito na seqüência como apresentado na revisão bibliográfica.

Num mapa de uso público, em situações especiais, como é o caso de um mapa dinâmico para sistema de navegação terrestre de fins "turísticos", é importante que se utilize símbolos pictóricos, pois quando legíveis podem substituir a legenda e até mesmo outra forma de informação, como o uso de figuras.

Antes que o protótipo final fosse realizado, optou-se por selecionar e apresentar os símbolos mais convenientes para este projeto.

Para cada uma das classes geográficas especializadas de forma pontual, os símbolos finais são todos pictoriais. Além disso, o tamanho dos símbolos projetados é

cerca de 10% maior que o necessário devido às diferenças das resoluções dos vídeos do *desktop* e do *palmtop*.

Os resultados da compilação dos símbolos foram feitos, considerando-se os aspectos de iluminação em visão diurna e noturna. Cada tabela apresentada (3 a 11) possui cinco colunas: a primeira mostra o desenho do símbolo; a segunda o nome (tipo) dele; a terceira indica o índice no qual o símbolo está contido na paleta de fontes *True Type*,;na quarta está o caractere como apresentado no teclado e; o quinto a forma gráfica.

Tabela 3 - Simbologia para aeroporto

Aeroporto	**Descrição**	**Índice**	**Caracter**	**Forma gráfica**
6	Internacional	54	6	Função
7	Nacional	55	7	Função
8	Regional	56	8	Função
9	Municipal	57	9	Função
Propriedades dos símbolos				
Nível de medida	Qualitativo e ordenativo			
Variáveis visuais	Cor, tamanho e forma			

Tabela 4 - Simbologia para alimentação

Alimentação	**Descrição**	**Índice**	**Caracter**	**Forma gráfica**
E	Restaurante	69	E	Função
F	Lanchonete	70	F	Função
Propriedades dos símbolos				
Nível de medida	Qualitativo			
Variáveis visuais	Cor e forma			

Tabela 5 - Simbologia para hospedagem

Hospedagem	Descrição	Índice	Caracter	Forma gráfica
I	Hotel	73	I	Função
J	Motel	74	J	Função
K	Pousada	75	K	Perfil
Propriedades dos símbolos				
Nível de medida	Qualitativo			
Variáveis visuais	Cor e forma			

Tabela 6 - Simbologia para utilidade pública

Utilidade pública	Descrição	Índice	Caracter	Forma gráfica
2	Polícia Rodoviária	50	2	Função
3	Torre de celular	51	3	Perfil
4	Telefone	52	4	Função
Propriedades dos símbolos				
Nível de medida	Qualitativo			
Variáveis visuais	Cor e forma			

Tabela 7 - Simbologia para serviço automotivo

Serviço Automotivo	Descrição	Índice	Caracter	Forma gráfica
S	Guincho	83	S	Função e perfil
f	Pedágio	102	f	Função e perfil
V	Elétrica	86	V	Função
W	Borracharia	87	W	Função
X	Mecânica	88	X	Função
U	Posto de combustível	85	U	Função e perfil
Propriedades dos símbolos				

Continua...

Continuação.

Nível de medida	Qualitativo
Variáveis visuais	Cor e forma

Tabela 8 - Simbologia para atenção e risco

Atenção e risco	Descrição	Índice	Caracter	Forma gráfica
m	Escola	77	m	Função
N	Cruzamento	78	N	Função
O	Pista com defeito	79	O	Função
Propriedades dos símbolos				
Nível de medida	Qualitativo			
Variáveis visuais	Cor e forma			

Tabela 9 - Simbologia para saúde

Saúde	Descrição	Índice	Caracter	Forma gráfica
A	Hospital	67	C	Função
B	Pronto socorro	65	A	Função
C	Posto de saúde	66	B	Função
Propriedades dos símbolos				
Nível de medida	Qualitativo e ordenativo			
Variáveis visuais	Cor e forma			

Tabela 10 - Simbologia para turismo e lazer

Turismo e lazer	Descrição	Índice	Caracter	Forma gráfica
a	Porto	97	a	Função
b	Pesque pague	98	b	Função
c	Camping	99	c	Função e perfil
d	Parque	100	d	Função e perfil

Continua...

Continuação.

Propriedades dos símbolos	
Nível de medida	Qualitativo
Variáveis visuais	Cor e forma

Tabela 11 - Simbologia para Veículo

Veículo	Descrição	Índice	Caracter	Forma gráfica
0	Veículo – visão diurna	48	0 (Zero)	Função e perfil
0	Veículo – visão noturna	48	0 (Zero)	Função e perfil
Propriedades dos símbolos				
Nível de medida	Qualitativo			
Variáveis visuais	Cor			

Os resultados finais para símbolos de linhas estão limitados com os recursos disponíveis pela tecnologia. O uso de símbolos mais sofisticados, como por exemplo, linhas duplicadas para rodovias e linhas interceptadas por outras menores para ferrovias podem ser construídas com linguagem de baixo nível como o Delphi ou o C++Builder. As tabelas 12 e 13 apresentam os elementos de linha e de área, respectivamente, enquanto a tabela 14 mostra a representação das imagens em visão diurna e noturna.

Tabela 12 - Simbologia para vias

Vias	Descrição
	Rodovia
	Vicinal
	Caminho
	Ponte
	Rota
	Ferrovia

Tabela 13 - Simbologia para áreas

Áreas	Descrição
	Balneário
	Vegetação
	Solo

Teste realizado em laboratório permitiu verificar que o uso da imagem não é imprescindível, porém, torna o mapa esteticamente mais agradável, aceitando que se vejam os aspectos de uso do solo. Entretanto, a imagem de visão diurna tem apresentado melhor contraste que a de visão noturna, permitindo facilitar o relacionamento entre a representação e a realidade.

Tabela 14 – Representação de imagens em visão diurna e noturna

Tipo de imagem	Imagem
Visão noturna	

7.2 Especificação Básica do Sistema

A solução adotada para este caso foi o levantamento de algumas fontes de informações como: guia rodoviário; características das funções de sistemas de navegação terrestres existentes no mercado, analisadas por Morita (1993); um sistema para uso em navegação terrestre em equipamento do tipo *palmtop* e outro utilizado tanto para navegação terrestre como para atividades marítimas em equipamento do tipo *desktop*.

7.2.1 Análise de Sistemas Existentes

Analisou-se dois sistemas que podem ser utilizados para navegação, disponíveis no mercado. Dentre eles o *ArcPad* da ESRI que pode ser utilizado tanto para tecnologia *desktop* quanto para *notebook* e *palmtop* e, também, o *Nasareh* da CASH Computadores, utilizado para *desktop* e *notebook*.

ArcPad: foi instalado no *desktop* com Windows 2000 e então analisado. Na apresentação inicial (Figura 7.12) o software dispõe de poucos botões que podem ser acessados via *mouse* ou caneta. Quando acessados, esses botões possuem diversas janelas para configuração e monitoramento.

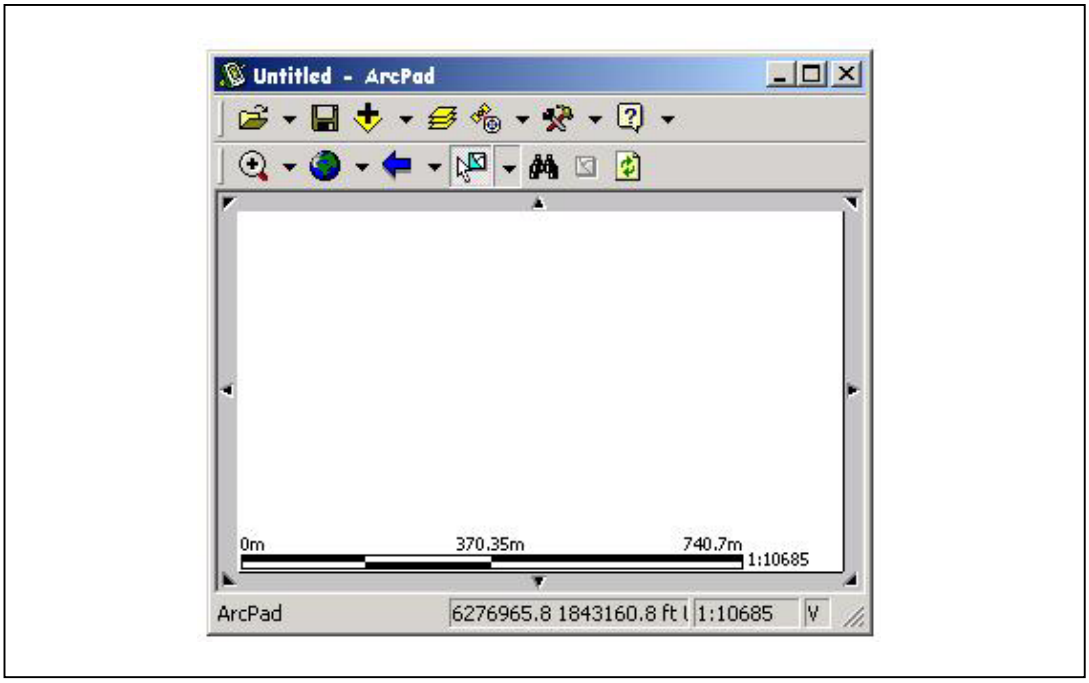


Figura 7.12 – Apresentação do sistema ArcPad para uso em navegação - ESRI

Ele dispõe de recursos para configuração da base de dados, do *layout* do mapa e do sistema, dentre elas:

- **estrutura de dados**: utiliza arquivos vetoriais de extensão *shapefile*, natural do ArcView; *sid* para imagens de cartas topográficas e satélite; além de outros;
- **funções de mapa**: adição e remoção de layers de base de dados local e de internet; criação, abertura e fechamento de projeto; propriedades de mapa; aumento e diminuição do nível de visualização (*zoom mais* e *zoom menos*); movimentação do mapa (*pan*); visualização da extensão total; ativação e histórico do GPS; configuração e exibição de toponímia, simbologia, atributo, datum, projeção, escala gráfica e nominal; visualização da listagem de atributos; medida de distância e raio; locação de pontos de destino; consultas; movimentação automática do mapa; aumento do tamanho da janela de visualização para *desktop* e *notebook*; edição de elementos gráficos espaciais, dentre outros;
- **funções de sistema e de navegação**: configuração de protocolos de comunicação (como o NMEA), portas de comunicação; qualidade dos dados recebidos;

sinais de alerta; fontes para visualização de textos, endereço da base de dados e outros tipos de arquivos; além de outras funções.

Nos *palmtops* esses recursos mencionados podem ser acionados via caneta pressionando-se o monitor do vídeo.

O layout do mapa foi examinado com a ausência e a presença de imagem, como mostra a figura 7.13 e 7.14, respectivamente. Embora não esteja presente tudo aquilo que interessa na base de dados para a realização da navegação, pode-se verificar que a presença de imagem parece enriquecer o contexto do mapa. Por outro lado, a disponibilidade de mais dados e um bom projeto cartográfico poderia suprir a necessidade do uso da imagem.

Verificou-se que o maior problema desse sistema é a precariedade do projeto cartográfico: as dimensões dos símbolos de ponto não são alteradas quando o nível de visualização é aumentado ou diminuído. Além disso, os símbolos confeccionados para esse mapa são dependentes do conhecimento de quem gerou o sistema. Uma provável solução para o problema pode ser a *customização* juntamente com a empresa que desenvolveu o sistema; portanto, é necessário desenvolver um projeto cartográfico para o mapa.

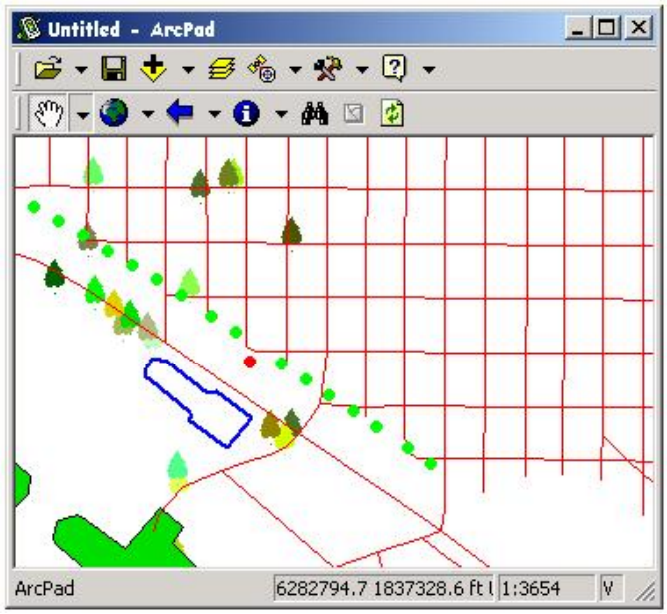


Figura 7.13 – ArcPad sem imagem de fundo

Figura 7.14 – ArcPad com imagem de fundo

Nasareh: também instalado no *desktop* com Windows 2000 e então analisado (Figura 7.15).

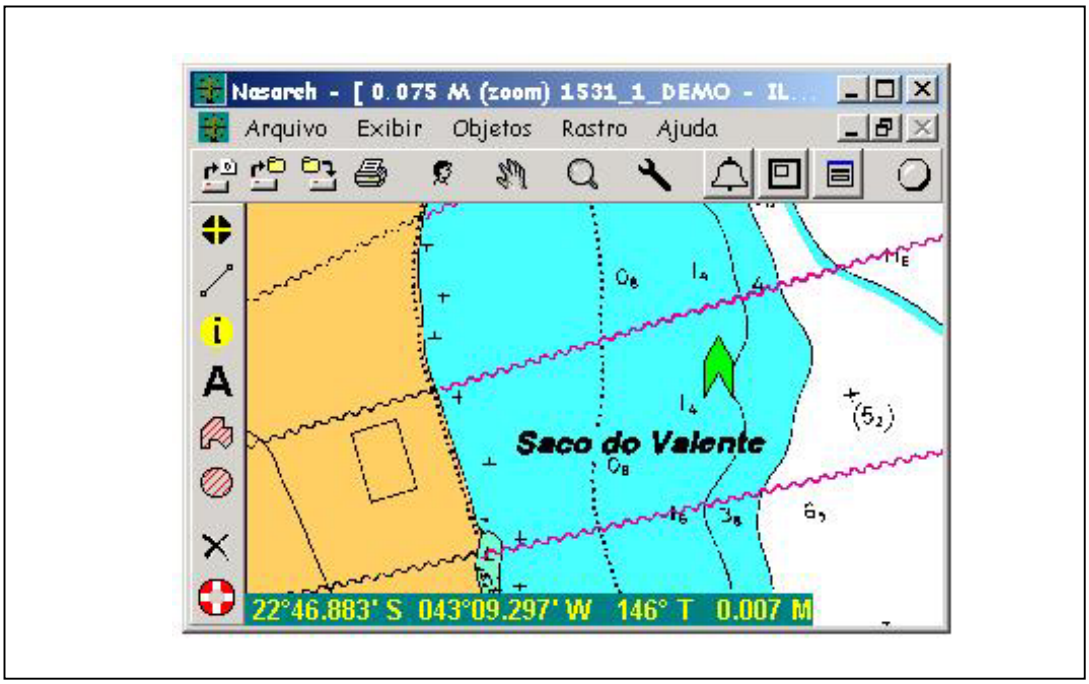


Figura 7.15 – Apresentação do sistema de navegação Nazareh - CASH

Esse sistema de navegação tem funções parecidas com as do ArcPad. Dispondo de menu e vários botões, ele é recomendado para *desktop* e *notebook* em navegações que requerem a utilização de mouse e teclado. Pode ser utilizado para navegação terrestre, apesar de ser mais recomendado para navegação marítima porque suas funções exigem a utilização desses periféricos computacionais.

Foram realizados testes com esse sistema em embarcação marítima da *Petrobrás SA*, os quais demonstraram grandes vantagens na sua utilização. Algumas das funções presentes nele são:

- **estrutura de dados**: utiliza arquivos vetoriais de extensão *shapefile* natural do ArcView; *bmp* para cartas; *dbf* para atributos; dentre outros;
- **funções de mapa**: posicionamento e carga automática das cartas (em formato matricial) e dos *layers* (formato vetorial) na medida que eles são necessários;

propriedades da carta; generalização automática das cartas quando há diminuição e aumento do nível de visualização, permitindo que uma carta de escala maior tome o lugar de outra de escala menor e vice-versa; abertura manual de cartas; emenda de cartas; movimentação do mapa; visualização da extensão total; exibição de toponímia da carta e dos layers também; medição de distância; coordenadas do cursor durante o movimento do mouse; centralização automática da embarcação; mapa menor com vista total; atributos da carta; cálculos de rotas, dentre outras;

- **funções de sistema e de navegação**: criação e remoção de zonas de alarme; carga de rotas; escolha de porta de comunicação; seleção de visão diurna (Figura 7.15) ou visão noturna (Figura 7.16), permitindo que todo o *desktop* fique escuro; tela inteira sem menu nem botões; dentre outras.

Figura 7.16 – Nazareh com recurso de visão noturna ativada - CASH

Visto que o mercado possui grande quantidade de sistemas dessa natureza que dispõem de muitas funcionalidades, resta aos cartógrafos a preocupação com a representação cartográfica do mapa. Nesse campo, uma das tarefas que compete a ele é a

elaboração de recursos e normalização na área de visualização cartográfica para mídia eletrônica.

7.2.2 Especificação da tecnologia

A descrição das características da tecnologia é fundamental à documentação desse tipo de sistema, pois o mapa dinâmico será desenvolvido em um computador do tipo *desktop* para ser utilizado em *palmtop*.

A configuração da tecnologia para desenvolvimento do sistema pode variar entre as versões dos produtos e até mesmo na capacidade de processamento; a configuração utilizada neste trabalho foi:

- Microcomputador *desktop*: Pentium III – 866 Megahertz, 128 Megabytes de memória RAM e monitor de 15 polegadas;
    - resolução do monitor: 1024 x 768 pontos;
    - freqüência de atualização: 75 Hertz;
- Softwares:
    - sistema operacional: Windows 2000 – Microsoft;
    - gerador da base cartográfica: ArcInfo 7.1.2 – ESRI.
    - linguagem de programação: Visual Basic 6.0 – Microsoft;
    - biblioteca: Map Objects 2.1 – ESRI;
    - editor de fontes do Windows do tipo True Type Font: Fontographer – Macromedia;
    - modelagem visual do sistema: Visual Modeler 2.0 – Microsoft.

Outros itens que participaram do desenvolvimento do trabalho foram:

- GPS Garmim 12 XL;

- Calculadora e régua.

Para a navegação, são descritas as características, ideais, de um *palmtop* (Figura 7.17):

- Compaq IPAQ H3870, processador de 206 Mhz, memória de 64 Megabytes, 1 GigaBytes de espaço de armazenamento de dados;
- Vídeo LCD colorido (até 65,536 milhões de cores), resolução de 240 x 320 pontos;
- Dimensões (largura x altura): 8,38 cm x 13,46 cm para o monitor;
- Sistema Operacional: Microsoft Windows para *HandHeld*;
- Conectores: conector serial, infravermelho e USB;
- Acessórios: fone de ouvido, gravador, saída de som;
- Métodos de entrada: toque em tela com caneta, microfone.

Figura 7.17 – *Palmtop*

7.2.3 Resolução do Vídeo e Dimensão do Mapa

As resoluções dos vídeos dos computadores de desenvolvimento e de navegação são diferentes. Portanto, é necessário prever esses fatores no projeto cartográfico. Pelo fato do monitor de desenvolvimento ser de resolução inferior ao da navegação, será necessário encontrar valores de dimensão apropriados para compatibilizar a apresentação, do mapa, em ambos. Foi necessário calcular essas dimensões em ambiente de desenvolvimento para que fique compatível com o outro ambiente no momento da apresentação e utilização. As dimensões aproximadas dos vídeos são:

- Número de *pontos* na horizontal, para o *palmtop*: 240;
- número de *pontos* na vertical, para o *palmtop*: 320;
- número de *pontos* na horizontal, para o *desktop*: 1024;
- número de *pontos* na vertical, para o *desktop*: 768;
- largura do vídeo no *desktop*: 28,6 cm (estimado com régua);
- altura do vídeo do *desktop*: 25,0 cm (estimado com régua);
- largura do vídeo do *palmtop:* 6,0 cm (estimado com régua a partir da figura 7.17);
- altura do vídeo do *palmtop*: 7,3 cm (estimado com régua a partir da figura 7.17).

A partir dos valores acima, calculou-se a resolução do vídeo do *palmtop* encontrando um valor de 100 *pontos* (unidades de *pixel*) por polegada linear, tanto na linha horizontal quanto na linha vertical. Por outro lado, a resolução do vídeo do *desktop* encontrada foi de 90 *pontos* por polegada na linha horizontal e 78 para a vertical.

Visto que as resoluções do vídeo do *desktop* e do *palmtop* são diferentes, concluiu-se que as dimensões dos *pontos* não são iguais. Além disso, os pontos do vídeo do *desktop* têm formatos retangulares onde a altura é maior que a largura.

Para eficácia do projeto cartográfico a melhor decisão seria projetar os símbolos diretamente no *palmtop*. Como não foi possível fazer isso neste trabalho por questões de limitações de recursos, decidiu-se desenvolver em *desktop* mesmo.

Para o monitor do *desktop*, de quinze polegadas, configurado na resolução de 1024 x 768 encontrou-se uma região de, aproximadamente 7,0 cm x 11,0cm que equivale às dimensões do vídeo do *palmtop* na resolução de 240 x 320 pontos. Porém, decidiu-se diminuir essas dimensões para melhorar a apresentação do mapa e do sistema, no ambiente de desenvolvimento. Após realizar testes, as dimensões finais da área total da janela do sistema, no *desktop*, ficaram com 6,7cm de largura e 8,1cm de altura. Esses valores foram utilizados para implementação do mapa dinâmico, no *desktop*.

7.2.4 Características do MapObjects

O Map Objects é um conjunto de componentes de software para mapeamento, que permitem criar e manipular mapas numa aplicação, inclusive podendo ser combinados com produtos de multimídia. Ele compreende um controlador *ActiveX* chamado *Map* e um conjunto de, aproximadamente, quarenta e seis objetos de automação.

Com ele é possível desenvolver mapas para diversas finalidades, utilizando compiladores visuais como o Visual Basic. Algumas funções, na versão 2.1, que podem ser implementadas através do uso de *propriedades*, *métodos* e *eventos* desses objetos são:

- Visualização de mapa com diversos *temas*;

- Movimentação do mapa (*pan*) e mudança no nível de visualização (*zoom mais* e *zoom menos*);
- Desenho de feições gráficas tais como pontos, linhas, elipses, polígonos e retângulos;
- Desenho de toponímia;
- Identificação de feições através de apontamento com o mouse;
- Seleção de feições ao longo de linhas ou dentro de caixas, áreas, polígonos ou retângulos;
- Seleção de feições dentro de uma distância especificada;
- Seleção de feições através do uso de expressões SQL (Linguagem de Consulta Estruturada);
- Cálculos estatísticos para as feições selecionadas;
- Pesquisa e atualização de atributos associados às feições selecionadas;
- Apresentação de feições com métodos temáticos tais como: valores, quebra de classes, densidade de pontos, gráficos, eventos ou valores de Z;
- Feições com texto a partir dos valores dos atributos;
- Desenho de imagens de sensoriamento remoto;
- Visualização dinâmica de dados (através de GPS, por exemplo) em tempo real;
- Projeção dos dados em diferentes sistemas de coordenadas.
- Acesso de informações geográficas via WEB.

Outras funções podem ser derivadas a partir dessas com mais facilidade que desenvolver tudo em compiladores visuais, visto que até o momento eles não possuem muitas ferramentas para visualização de dados gráficos e menos ainda para informações geográficas.

As classes de objetos do Map Objects 2.1 são classificadas a seguir:

- **visualização de mapa**: Map, Layers collection, Maplayer, ImageLayer, TrackingLayer, GeoEvent, GroupRenderer, EventRenderer, Zrenderer, ChartRenderer, LabelPlace, TextSymbol, Symbol, ClassBreakRenderer, ValueMapRenderer, DotDensityRenderer;
- **geométricos**: Point, Points, Line, Parts, Polygon, Rectangle, Ellipse;
- **localização de endereço**: AddressLocation, Standardizer, Geocoder, PlaceLocator;
- **acesso aos dados**: DataConnection, GeoDatasets, GeoDataset, Recordset, Fields, Fiels, TableDesc, Table, Statistics, Strings collection;
- **projeção**: GeoTransformation, ProjCoordSys, Projection, GeoCoordSys, Unit, Datum, Spheroid, PrimeMeridian;
- **acesso a dados via WEB**: WebLink.

É importante que se conheçam os aspectos gerais da estrutura dos recursos que irão armazenar e representar os dados espaciais. O ArcView e o MapObjects utilizam a mesma estrutura *shapefile* para manipulação dos dados. Um *shapefile* armazena a geometria não topológica e também informações de atributos para objetos espaciais. Pelo fato de não possuir códigos extras para armazenamento de estruturas topológicas, ele tem a vantagem sobre outras estruturas de dados tais como a rápida visualização e edição dos dados. Os atributos são armazenados em arquivos no formato de banco de dados *dbase* e, geralmente, cada registro tem relacionamento *um para um* com o registro do *shapefile* associado. Cada arquivo *shapefile* tem a estrutura mostrada na tabela 15.

Tabela 15 - Estrutura do arquivo *shapefile*

Nome do Campo	Descrição
Id	Identificador do objeto
Shape	Estrutura geométrica do objeto

7.2.5 Requisitos Funcionais Básicos

A partir dos conhecimentos adquiridos na análise dos sistemas e também da tecnologia que irá manipular os dados, bem como a que irá mostrar e interagir com o usuário de acordo com as suas necessidades, verifica-se a possibilidade de relacionar os requisitos básicos do sistema. O mapa dinâmico deve apresentar particularidades que atendam ao objetivo de representar, de forma eficiente, as informações de interesse a motoristas e turistas viajantes de rodovias, em automóvel equipado com o sistema. Neste projeto, os requisitos abaixo são de extrema importância:

Base de dados: armazenará todas as informações de natureza espacial, os atributos, as imagens e os sons;

Representação cartográfica: deverá contemplar um mapa (inclusive imagens de satélite) com a finalidade de exibir uma quantidade ideal de informações ao motorista:

- apresentar informações (da base cartográfica) de um mapa rodoviário, dentre elas: estradas, sinalizações, cidades, serviços (automotivos, utilidade pública, hospedagem, alimentação, saúde) etc;
- apresentar imagem de fundo, possibilitando visualizar aspectos relativos à superfície e o uso do solo;
- exibir imagens de locais relacionados com turismo e lazer;

- aproximar e afastar o nível de visualização do mapa aumentando e diminuindo a sua escala;
- mostrar os níveis de informação em escalas apropriadas;
- apresentar o mapa em visão diurna e noturna com e sem imagem para os dois casos.

Mapa dinâmico: neste contexto, é o mapa digital que se movimenta na tela do computador para representar o veículo sobre o mapa, de acordo com interações de agentes externos como, por exemplo, o GPS que envia coordenadas. Ele deve mostrar a localização do veículo, de modo que permita:

- Posicioná-lo geograficamente e mostrá-lo em "*tempo real*" considerando: (a) veículo no centro permitindo somente o deslocamento do mapa; (b) veículo em qualquer posição, na região do mapa mostrado no vídeo, deslocando o veículo e, o mapa somente quando o veículo estiver próximo da borda;
- informar os locais de atenção, como por exemplo, a ocorrência de algum cruzamento de vias, exibindo uma área circular de atenção e emitindo um som intermitente quando estiver dentro dessa área.

Roteamento: encontrar o caminho mais próximo entre a localização de origem e a de destino.

Este é o momento de decisão em alto nível porque não se conhecem, ainda, os objetos e nem as características deles. A melhor fase para detalhar as funcionalidades do sistema é a do projeto, pois nela é possível prever todos os recursos que fazem parte das necessidades bem como da disponibilidade de ferramentas para desenvolvimento.

Depois que o modelo estático estiver concluído, será possível elaborar os modelos dinâmico e funcional a fim de estabelecer as conexões entre os requisitos básicos e as funcionalidades. Isso ocorre porque a fase de modelagem do sistema determinará os atributos e os serviços de cada objeto do sistema.

7.3 Modelagem do Sistema

O trabalho de análise do sistema permitiu gerar diversos diagramas referentes às classes de objetos (suas propriedades e seus serviços), seus estados e seus eventos e, suas funções. Os diagramas confeccionados representam modelos da base de dados e do sistema. O item seguinte (modelo estático) aponta e descreve todas as classes do modelo de objetos, incluindo suas propriedades e seus métodos, enquanto o item Modelo Dinâmico descreve os estados e os eventos das classes de objetos e, finalmente o item Modelo Funcional trata das funcionalidades do sistema, através de fluxo de dados, processos, agentes e repositórios de dados. A partir deste momento os modelos utilizarão um conceito de *buffer* para se referir a uma lista de caracteres, geralmente, vindos da porta serial (a partir do GPS) e contém informações sobre o posicionamento e deslocamento do veículo.

7.3.1 Modelo Estático

A elaboração dos diagramas foi feita após o levantamento e definição de todas as classes pertencentes ao modelo de objetos. Essas classes foram identificadas e localizadas de acordo com os princípios de administração da complexidade vistos em

Coleman (1996), Rumbaugh (1994), Borges & Davis (2001) e principalmente Coad & Yourdon (1996).

O dicionário de dados utiliza um item chamado *nível de abstração* para mostrar a forma de implementação das classes, as quais podem ser:

- **geográfica abstrata generalizada**: espacial de alto nível e abstrata;
- **geográfica especializada**: espacial de baixo nível e física, ou seja, aquelas localizadas no mundo real;
- **geográfica agregada**: espacial e física;
- **convencional**: podem ter ou não relação com elementos espaciais;
- **convencional abstrata**: podem ter ou não relação com elementos espaciais e são utilizadas normalmente como as convencionais;
- **MapObjects**: classes que podem se dividir em outros tipos de categorias, como mostrado no item *Características do MapObjects*.

Neste trabalho, as classes geográficas abstratas podem não interferir diretamente na implementação. Elas fazem parte do modelo e são descritas, porém, não foram implementadas.

Algumas classes do *MapObjects* que também participam da modelagem, estão presentes aqui. Outras propriedades, operações e eventos das mesmas classes não serão descritos no presente trabalho porque não fizeram parte desta implementação. O mesmo ocorre com outras classes que não estão incluídas nesta modelagem. A figura 7.18 mostra a ferramenta de edição dos diagramas das classes de objetos, Visual Modeler.

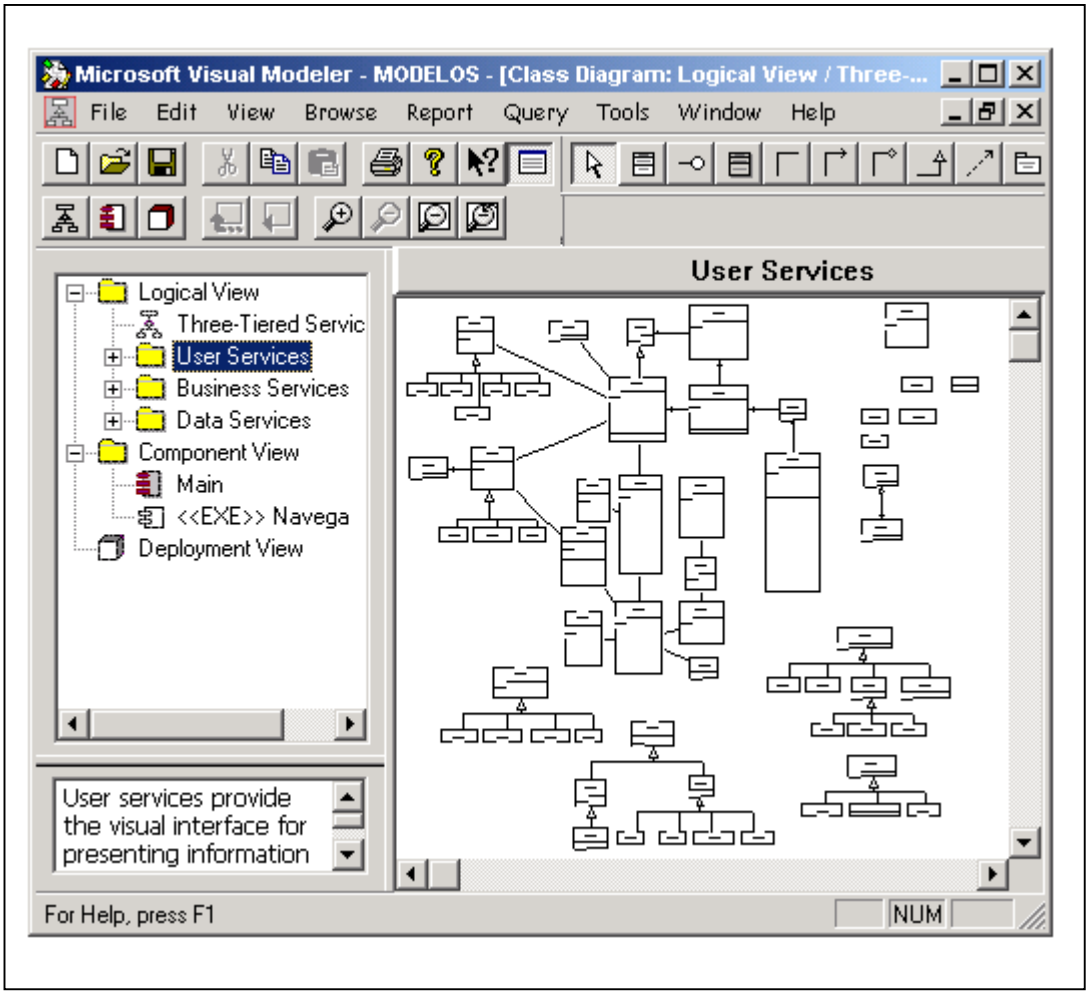


Figura 7.18 – Apresentação da ferramenta de modelagem – Visual Modeler

A apresentação da modelagem é feita em três categorias: na primeira é mostrada a modelagem das classes de objetos da base de dados, na segunda a modelagem dos objetos do sistema e, na última é mostrado um modelo resumido das classes de objetos do *MapObjects*. Nessa modelagem são descritas as estruturas das classes, suas propriedades e suas operações.

7.3.1.1 Modelagem das Classes de Objetos da Base de Dados

Estão incluídas neste item, todas as classes de objetos de natureza espacial. Cada uma delas contém um símbolo que representa a propriedade de dimensão. Quando o símbolo for pontual ou pictórico, entende-se uma classe de ponto; se o símbolo for linha, a classe é de linha e, caso seja um retângulo, a classe é de polígono.

A figura 7.19 apresenta uma síntese do modelo na forma de diagrama temático do banco de dados geográfico. Ele indica uma síntese do modelo geral das classes de objetos da base de dados e será descrito seqüencialmente.

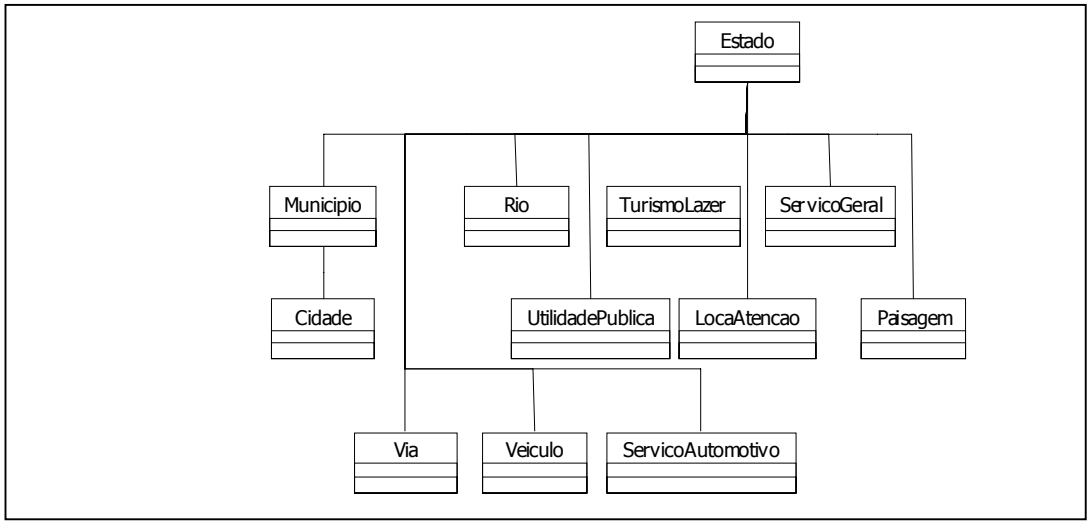


Figura: 7.19 – Diagrama de Informações Temáticas

A figura 7.20 mostra um exemplo de especificação das propriedades e dos métodos das classes de objetos.

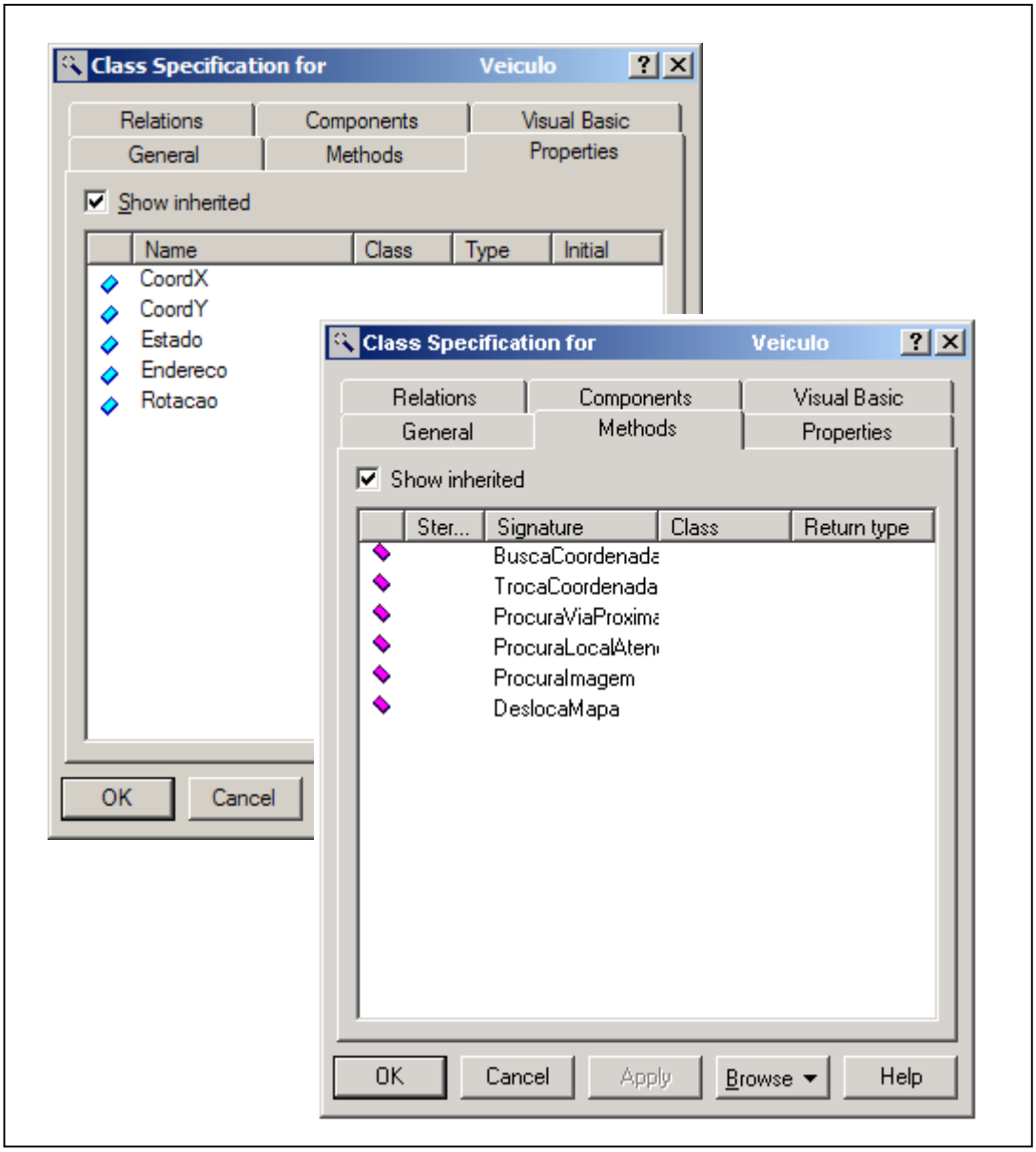


Figura 7.20 – Especificação das classes de objetos

Na modelagem das classes de objetos do sistema e dos dados da base geográfica, detalhes específicos das propriedades e dos métodos não foram mencionados porque fazem parte da implementação.

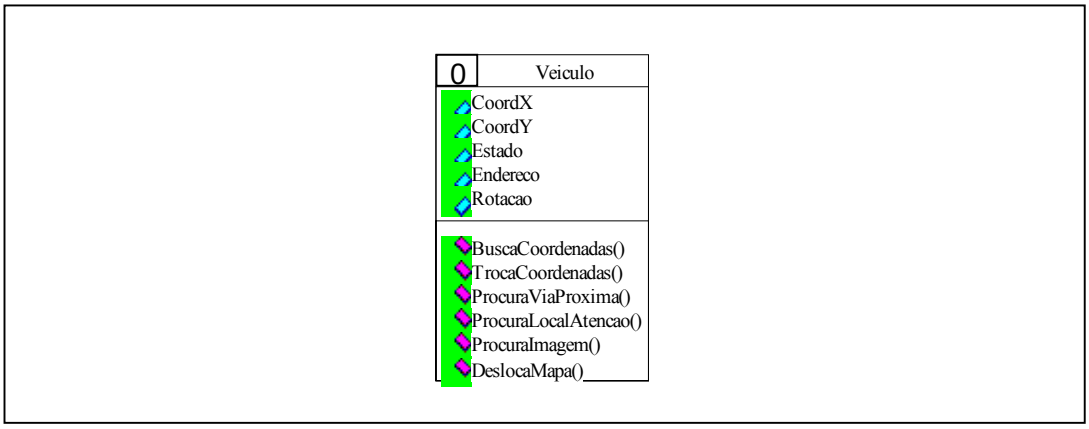


Figura 7.21 – Estrutura generalização-especialização para as classes Point e Veículo.

Cada classe de objeto é definida a partir dos recursos de especificação para a classe, onde são definidos as propriedades, os métodos e os relacionamentos (Figura 7.20).

Tabela 16 - Dicionário de dados para classe veículo

Classe: **Veiculo**	
Descrição	Qualquer meio utilizado para transportar ou conduzir pessoas, objetos e animais, de um lugar para outro. Neste trabalho é o meio de locomoção do motorista. O veículo possui localização geográfica dinâmica.
Nível de Abstração	Geográfica especializada.
Propriedades	
CoordX	Retorna ou configura a coordenada X, equivalente à coordenada E na projeção UTM.
CoordY	Retorna ou configura a coordenada Y, equivalente à coordenada N na projeção UTM.
Estado	Retorna ou configura o estado do veículo: parado, em movimento ou sem navegação.
Endereco	Retorna ou configura o endereço do veículo, como por exemplo, o nome da via onde ele se encontra.
Rotacao	Retorna ou configura a rotação do veículo.
Operações	

Continua...

Continuação.

VerificarEstadoNavegacao()	Verifica o estado da navegação.
BuscaCoordenadas()	Busca as coordenadas do veículo.
TrocaCoordenadas()	Troca as coordenadas do veículo no mapa.
ProcurarViaProxima()	Procura uma via mais próxima.
ProcurarLocalAtencao()	Procura um local de atenção.
ProcurarImagem()	Procura uma imagem que esteja na região do veículo.
DeslocarMapa()	Desloca a área do mapa.

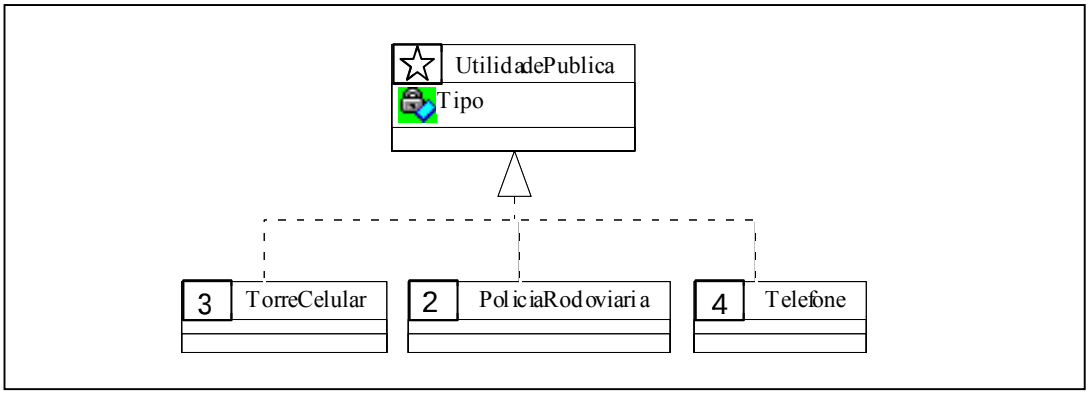


Figura 7.22 – Estrutura generalização-especialização para as classes Utilidade Pública.

Tabela 17 - Dicionário de dados para Utilidade Publica

Classe: **UtilidadePublica**	
Descrição	São os serviços públicos prestados à comunidade.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Subclasses	PolíciaRodoviária, TorreCelular, Telefone
Nível de Medida	Qualitativo
Propriedades	
Tipo	Retorna o tipo de utilidade pública.

Tabela 18 - Dicionário de dados para Polícia Rodoviária

Classe: **PoliciaRodoviaria**	
Descrição	São os postos de polícia fiscal e rodoviária que prestam serviços de socorro e fiscalização de veículos, localizados, geralmente, ao lado da rodovia.

Continua...

Continuação.

Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	UtilidadePublica

Tabela 19 - Dicionário de dados para Torre de Celular

Classe: **TorreCelular**	
Descrição	As torres de transmissão de sinais de telefonia móvel são destacadas ao usuário com o objetivo de informar os locais de comunicação via aparelhos celulares.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	UtilidadePublica

Tabela 20 - Dicionário de dados para Telefone

Classe: **Telefone**	
Descrição	Os "orelhões" ou cabinas de telefone público, destinados às ligações locais, interurbanas ou internacionais.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	UtilidadePublica

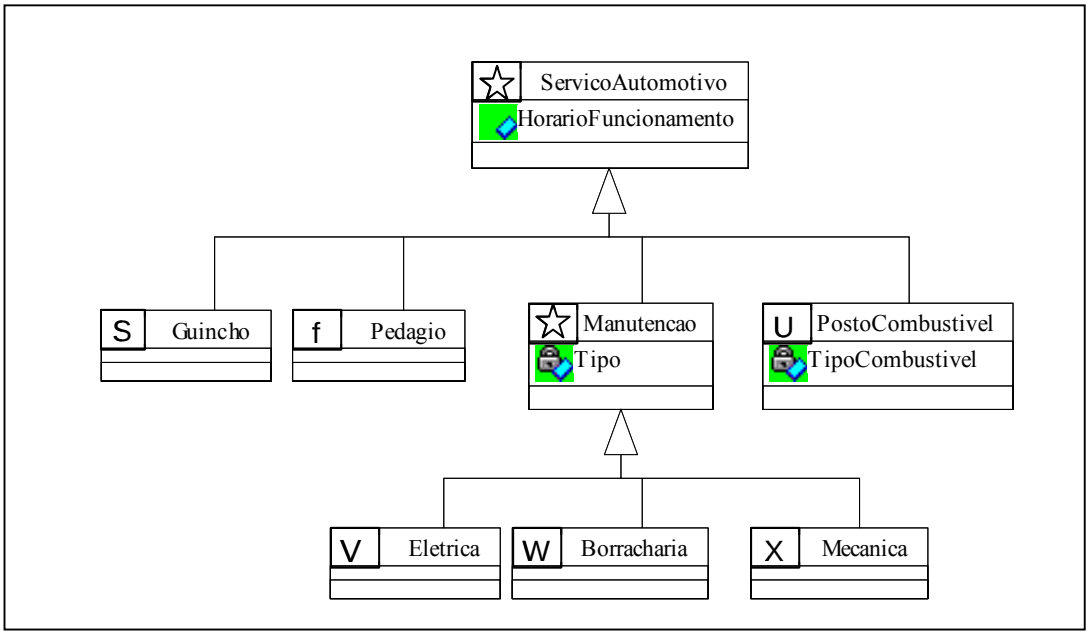


Figura 7.23 – Estrutura generalização-especialização para as classes de Serviço Automotivo e Manutenção.

Tabela 21 - Dicionário de dados para Serviço Automotivo

Classe: **ServicoAutomotivo**	
Descrição	São os locais que prestam serviços de socorro, manutenção e abastecimento do veículo.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Subclasses	Guincho, Pedágio, Manutenção, PostoCombustivel
Nível de Medida	Qualitativo
Propriedades	
HorarioFuncionamento	Retorna o horário de funcionamento.

Tabela 22 - Dicionário de dados para Posto de Combustível

Classe: **PostoCombustível**	
Descrição	Postos que dispõem de serviços de abastecimento de combustíveis podendo dispor de outros serviços de lavagem e lubrificação.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	ServicoAutomotivo
Propriedades	
TipoCombustivel	Retorna o tipo de combustível: gás, gasolina, óleo diesel, álcool.

Tabela 23 - Dicionário de dados para Guincho

Classe: **Guincho**	
Descrição	Prestação de serviço do tipo reboque.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	ServicoAutomotivo

Tabela 24 - Dicionário de dados para Manutenção

Classe: **Manutencao**	
Descrição	Prestação de socorro ou manutenção do veículo.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Subclasses	PolíciaRodoviária, TorreCelular, Telefone
Nível de Medida	Qualitativo
Classe Pai	ServicoAutomotivo
Propriedades	
Tipo	Retorna o tipo de manutenção.

Tabela 25 - Dicionário de dados para Elétrica

Classe: **Eletrica**	
Descrição	Local de conserto e manutenção de componentes elétricos de veículos automotivos.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Manutencao

Tabela 26 - Dicionário de dados para Mecânica

Classe: **Mecanica**	
Descrição	Local de conserto e manutenção de componentes mecânicos de veículos.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Manutencao

Tabela 27 - Dicionário de dados para Borracharia

Classe: **Borracharia**	
Descrição	Local de conserto e manutenção de pneus e rodas de automóveis.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Manutenção

Tabela 28 - Dicionário de dados para Pedágio

Classe: **Pedagio**	
Descrição	Local de cobrança de taxa pelo direito de passagem por uma via de transporte terrestre.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	ServicoAutomotivo

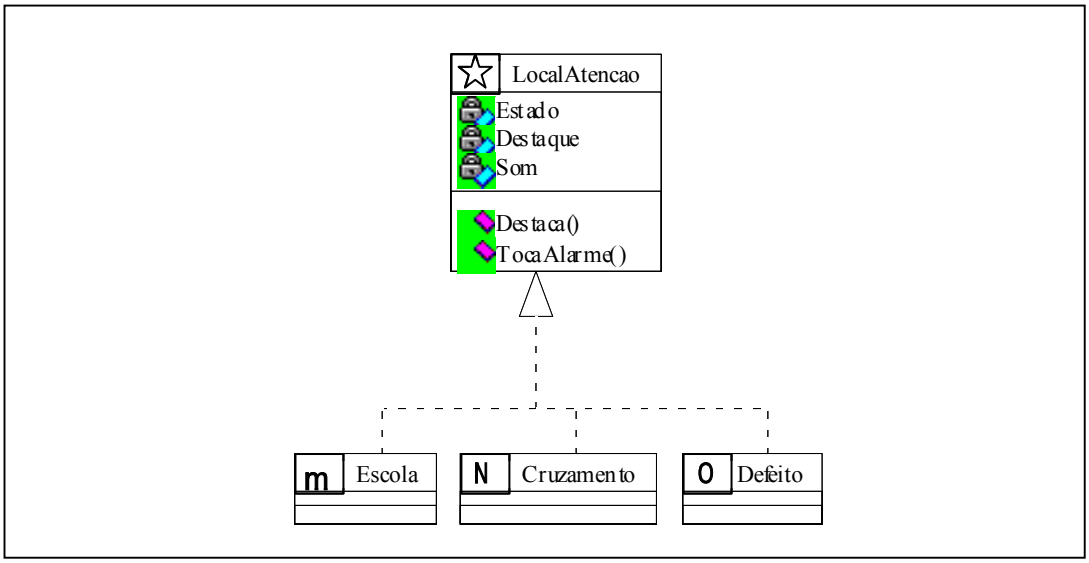


Figura 7.24 – Estrutura generalização-especialização para classe Local Atenção

Tabela 29 - Dicionário de dados para Local de Atenção

Classe: **LocalAtencao**	
Descrição	Locais que merecem destaque por representar perigo e exigir mais atenção do motorista.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Subclasses	Escola, Cruzamento, Defeito
Nível de Medida	Qualitativo
Propriedades	
Estado	Retorna ou configura o estado de destaque para ativo ou inativo.
Destaque	Retorna ou configura automaticamente o estado de destaque: True ou False.
Som	Retorna ou configura o estado do som para ativo ou inativo.
Operações	
Destaca()	Exibe os locais quando o veículo se aproxima deles.
TocaAlarme()	Solicita ao componente *sndPlaySoundA* o toque de um alarme intermitente.

Tabela 30 - Dicionário de dados para Escola

Classe: **Escola**	
Descrição	Estabelecimento público ou privado onde se ministra ensino coletivo. Sua importância é devida ao tráfego de alunos nas proximidades.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	LocalAtencao

Tabela 31 - Dicionário de dados para Cruzamento

Classe: **Cruzamento**	
Descrição	Locais onde as vias se cruzam.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	LocalAtencao

Tabela 32 - Dicionário de dados para Defeito

Classe: **Defeito**	
Descrição	São os locais de movimento de massa (por exemplo: deslizamento, "corrida" de lama), buracos na pista etc.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	LocalAtencao

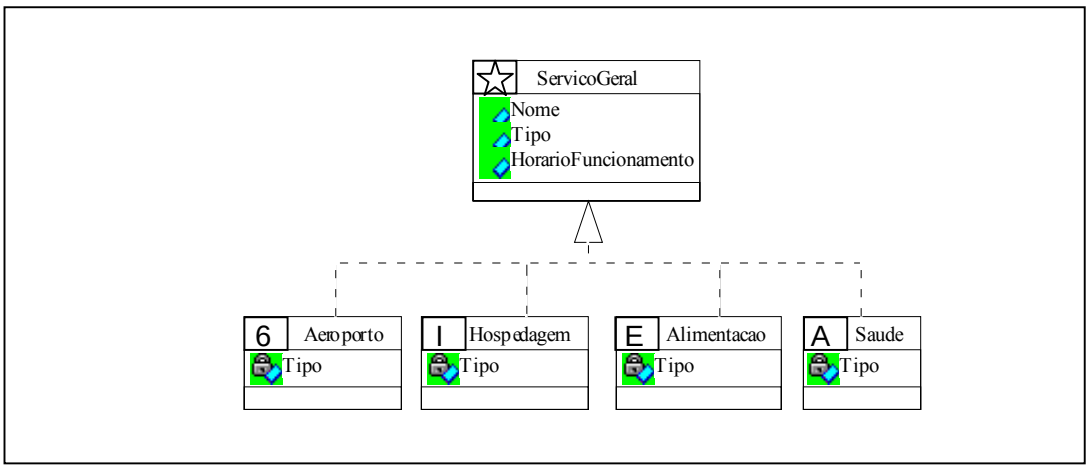


Figura 7.25 – Estrutura generalização-especialização para classe Serviço Geral.

Tabela 33 - Dicionário de dados para Serviço Geral

Classe: **ServicoGeral**	
Descrição	São os locais que podem prestar serviços gerais ao motorista. Pelo fato das propriedades serem públicas, cada uma das classes especializadas herda essas características.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Subclasses	Aeroporto, Hospedagem, Alimentação, Saude
Nível de Medida	Qualitativo
Propriedades	
Nome	Retorna o nome do estabelecimento.
Tipo	Retorna cada um dos tipos de serviços de cada uma das classes especializadas.
HorarioFuncionamento	Retorna o horário de funcionamento dos estabelecimentos.

Tabela 34 - Dicionário de dados para Aeroporto

Classe: **Aeroporto**	
Descrição	Local que dispõe de instalações próprias para os serviços de embarque e desembarque de passageiros, carga e descarga. Estão incluídos os aeroportos: internacionais, nacionais, regionais e municipais.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Classe Pai	ServicoGeral
Propriedades	
Tipo	Retorna o tipo de serviço do estabelecimento.

Tabela 35 - Dicionário de dados para Saúde

Classe: **Saúde**	
Descrição	São os estabelecimentos de atendimento e tratamento de pessoas. Estão incluídos os hospitais, pronto-socorro e postos de saúde (também conhecidos como unidade básica de saúde).
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Classe Pai	ServicoGeral
Propriedades	
Tipo	Retorna o tipo de serviço do estabelecimento.

Tabela 36 - Dicionário de dados para Alimentação

Classe: **Alimentação**	
Descrição	Estabelecimentos comerciais que servem algum tipo de refeição ou lanche rápido, sucos etc. Estão incluídos os restaurantes e as lanchonetes.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Classe Pai	ServicoGeral
Propriedades	
Tipo	Retorna o tipo de serviço do estabelecimento.

Tabela 37 - Dicionário de dados para Hospedagem

Classe: **Hospedagem**	
Descrição	São os locais que recebem hóspedes mediante remuneração. Estão incluídos os hoteis, moteis e pousadas.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Classe Pai	ServicoGeral
Propriedades	
Tipo	Retorna o tipo de serviço do estabelecimento.

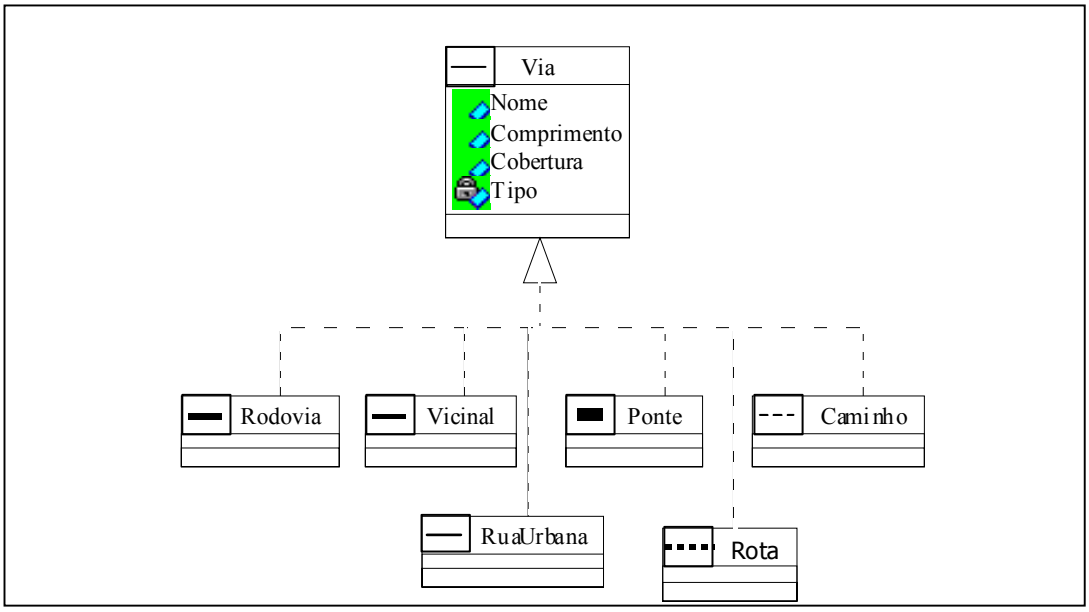


Figura 7.26 – Estrutura generalização-especialização da classe de Via.

Tabela 38 - Dicionário de dados para Via

Classe: **Via**	
Descrição	São os espaços livres em áreas urbanas ou rurais, destinados à circulação de veículos terrestres e pessoas.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Subclasses	Rodovia, Vicinal, RuaUrbana, Ponte, Rota, Caminho.
Nível de Medida	Qualitativo
Propriedades	
Nome	Retorna o nome da via.
Comprimento	Retorna a extensão do trecho da via
Cobertura	Retorna o tipo de cobertura da via: terra ou asfalto.
Tipo	Retorna o tipo de via.

Tabela 39 - Dicionário de dados para Rodovia

Classe: **Rodovia**	
Descrição	Via destinada ao tráfego de veículos que se deslocam rapidamente. Também é considerada como as mais importantes que as outras, devido ao tráfego de mercadorias e passageiros, resistência da pavimentação e das dimensões.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Via

Tabela 40 - Dicionário de dados para Rua Urbana

Classe: **RuaUrbana**	
Descrição	É a via simples que se encontra dentro do limite urbano. Por sua vez, pode ser classificada em outros tipos: arterial; coletora; local etc.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Via

Tabela 41 - Dicionário de dados para Vicinal

Classe: **Vicinal**	
Descrição	Via simples que geralmente liga povoados próximos.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Via

Tabela 42 - Dicionário de dados para Ponte

Classe: **Ponte**	
Descrição	Passagem que une dois segmentos de outros tipos de via, ocorrida por algum acidente geológico, presença de rios ou erosão.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Via

Tabela 43 - Dicionário de dados para Caminho

Classe: **Caminho**	
Descrição	Faixa de terreno não asfaltada destinada ao trânsito, de pessoas, animais e veículos, de um local para outro.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Via

Tabela 44 - Dicionário de dados para Rota

Classe: **Rota**	
Descrição	Via utilizada para representar caminhos que serão, ou que já foram, percorridos pelo veículo. Em caso de planejamento a rota pode fornecer estradas com as melhores localizações de passagem.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Via

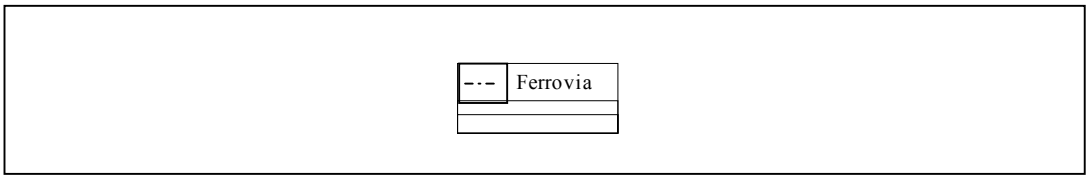


Figura 7.27 – Estrutura da classe de Ferrovia

Tabela 45 - Dicionário de dados para Ferrovia

Classe: **Ferrovia**	
Descrição	É um sistema de transporte sobre trilhos, compreendendo a via permanente e outros equipamentos.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Via

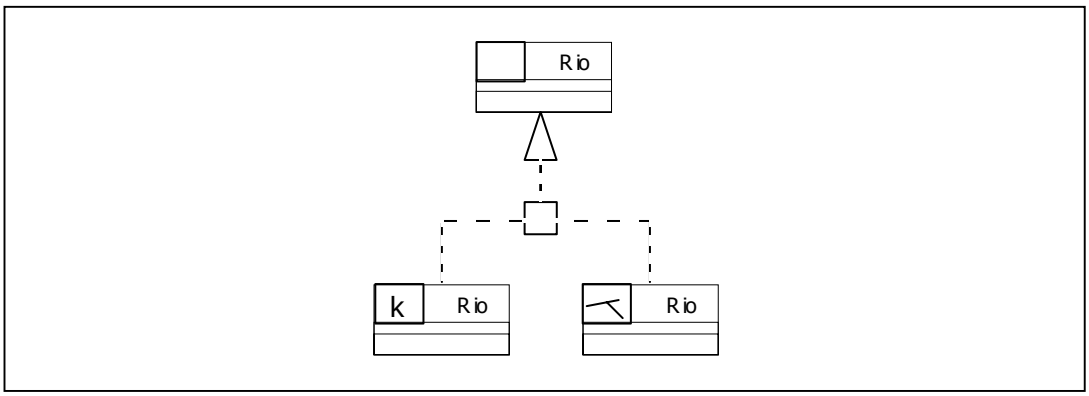


Figura 7.28 – Estrutura da classe de Rio

Tabela 46 - Dicionário de dados para Rio

Classe: **Rio**	
Descrição	Região de água represada ou curso de água natural, de extensão mais ou menos considerável, que se desloca de um nível mais elevado para outro mais baixo; compreendendo as águas pluviais e fluviais.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Subclasses	Rio linha e rio polígono
Nível de Medida	Qualitativo

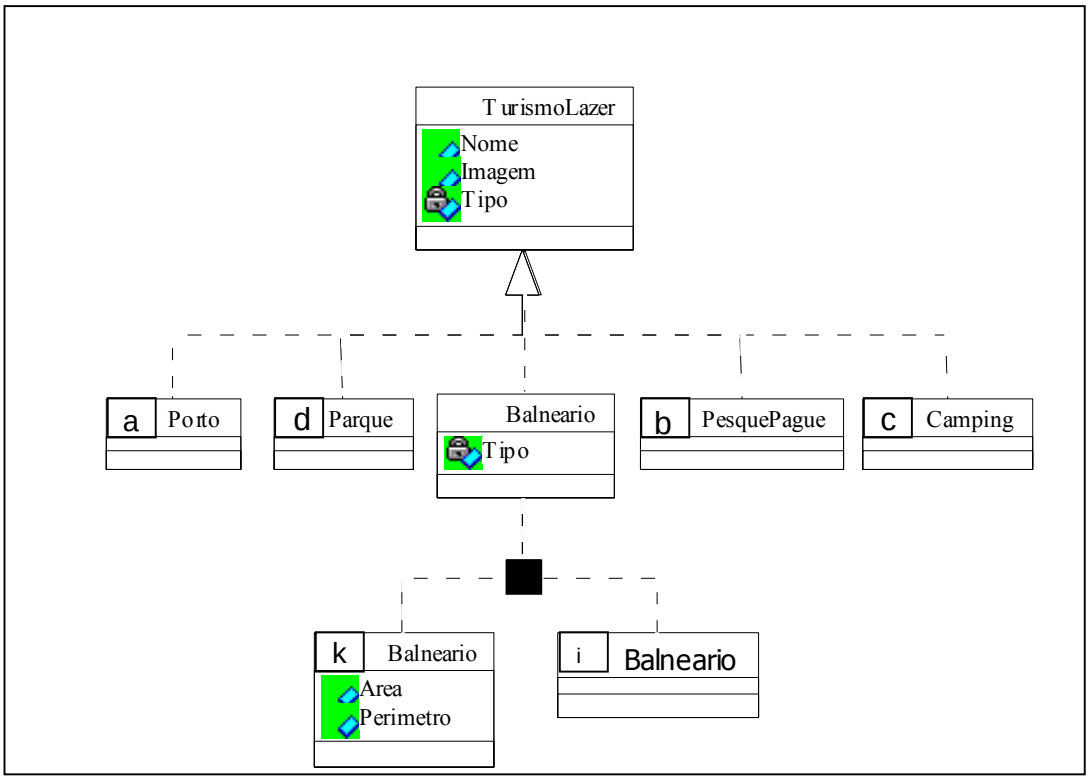


Figura 7.29 – Estrutura generalização–especialização das classes de Turismo e Lazer

Tabela 47 - Dicionário de dados para Turismo e Lazer

Classe: **TurismoLazer**	
Descrição	Compreende regiões e locais turísticos, recreativos, de lazer e diversão, com serviços necessários à atração e diversão daqueles que fazem turismo.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Subclasses	Porto, Parque, Balneário, PesquePague, Camping
Nível de Medida	Qualitativo
Propriedades	
Nome	Retorna o nome do local ou da região de turismo e lazer.
Imagem	Retorna o nome do arquivo de imagem.
Tipo	Retorna o tipo de turismo e lazer.

Tabela 48 - Dicionário de dados para Balneário

Classe: **Balneario**	
Descrição	Áreas públicas destinadas a banhos.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata generalizada
Classe Pai	TurismoLazer
Propriedades	
Tipo	Retorna o tipo de balneário: artificiais, naturais e marítimos.
Area	Área do balneário.
Perimetro	Perímetro do balneário.

Tabela 49 - Dicionário de dados para Parque

Classe: **Parque**	
Descrição	Locais de preservação de meio ambiente, destinados à visita de turistas.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	TurismoLazer

Tabela 50 - Dicionário de dados para Camping

Classe: **Camping**	
Descrição	Local previamente preparado para atividades de acampamento ao ar livre.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	TurismoLazer

Tabela 51 - Dicionário de dados para Porto

Classe: **Porto**	
Descrição	Local de passagem de uma costa, rio, lagoa etc. para a terra através do uso de embarcações.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	TurismoLazer

Tabela 52 - Dicionário de dados para Pesque Pague

Classe: **PesquePague**	
Descrição	Local destinado à pesca comercial.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	TurismoLazer

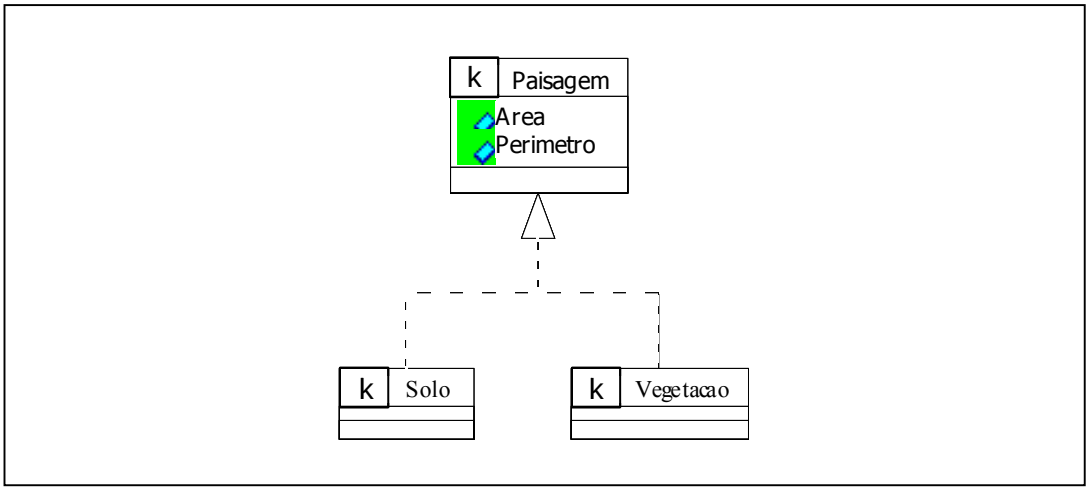


Figura 7.30 – Estrutura da classe de Solo

Tabela 53 - Dicionário de dados para Paisagem

Classe: **Paisagem**	
Descrição	Extensão de território que se abrange num lance de vista. Tem a finalidade de apresentar os aspectos de uso do solo.
Nível de Abstração	Geográfica abstrata
Subclasses	Solo, Vegetação
Nível de Medida	Qualitativo
Propriedades	
Area	Área da paisagem (solo ou vegetação).
Perimetro	Perímetro da paisagem (solo ou vegetação).

Tabela 54 - Dicionário de dados para Solo

Classe: **Solo**	
Descrição	Alguns aspectos da terra como, por exemplo, a presença de areia ou argila em determinados locais, que podem ocasionar a interrupção do tráfego em dias de chuva ou tem a função de facilitar o relacionamento entre a representação e o universo real.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Paisagem

Tabela 55 - Dicionário de dados para Vegetação

Classe: **Vegetacao**	
Descrição	Compreende áreas de vegetação, podendo ser plantações, pastagens, matas, etc.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Classe Pai	Paisagem

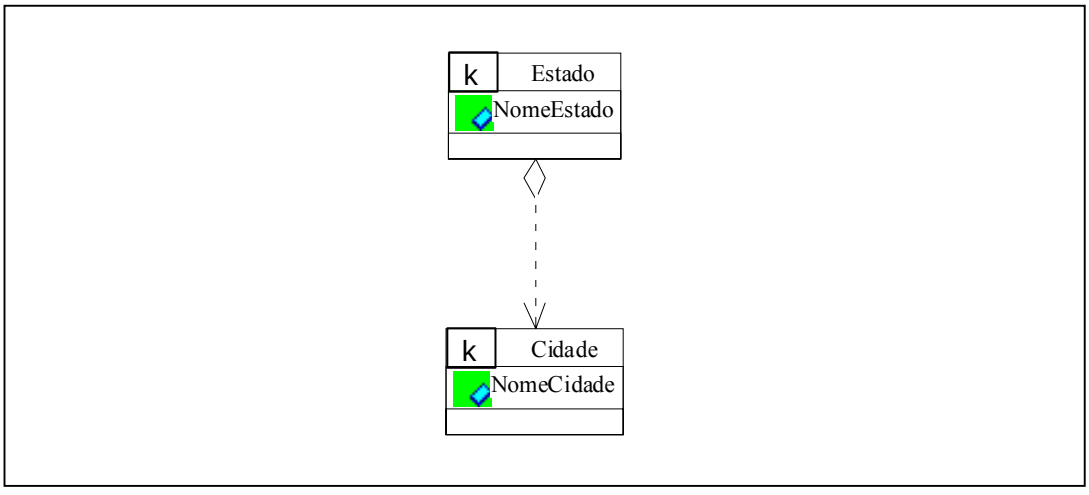


Figura 7.31 – Estrutura de agregação para as classes Estado e Cidade

Tabela 56 - Dicionário de dados para Estado

Classe: **Estado**	
Descrição	Organismo político administrativo que ocupa um território determinado e é reconhecido internacionalmente. É dirigido por governo próprio e constitui pessoa jurídica de direito público.
Nível de Abstração	Geográfica agregada
Subclasses	Cidade
Nível de Medida	Qualitativo
Propriedades	
NomeEstado	Nome do estado.

Tabela 57 - Dicionário de dados para Cidade

Classe: **Cidade**	
Descrição	Compreende o limite urbano de uma cidade.
Nível de Abstração	Geográfica especializada
Propriedades	
NomeCidade	Nome da cidade
Classe Pai	Estado

7.3.1.2 Modelagem das Classes de Objetos do Sistema

Aqui estão incluídas as classes que não tem natureza espacial, nem fazem parte da biblioteca de objetos do *MapObjects*.

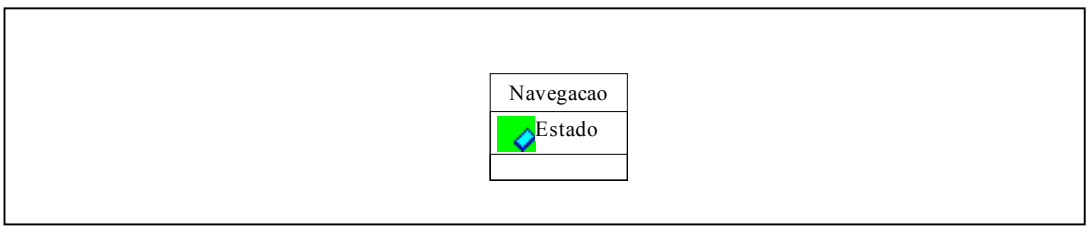


Figura 7.32 – Estrutura da classe de Navegação

Tabela 58 - Dicionário de dados para Navegação

Classe: **Navegacao**	
Descrição	Utilizada para controlar a situação da navegação.
Nível de Abstração	Convencional
Propriedades	
Estado	Retorna ou configura o estado da navegação: ativa, interrompida ou sem navegação.

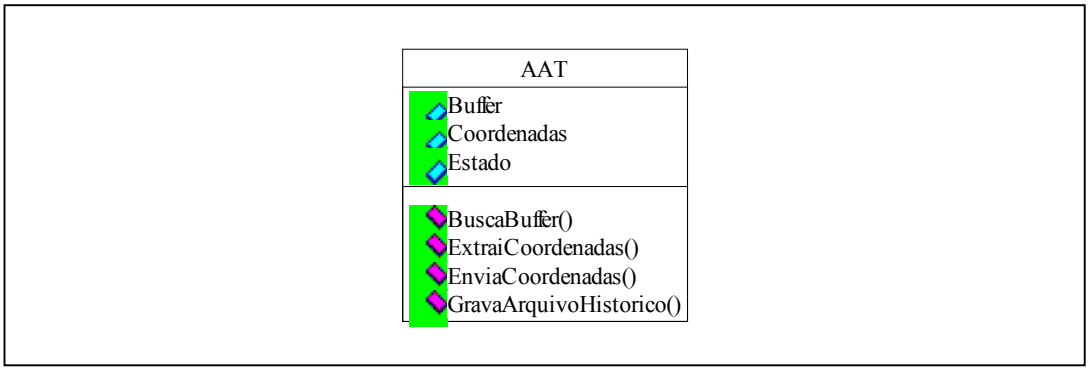


Figura 7.33 – Estrutura da classe de Área de Armazenamento Temporário - AAT

Tabela 59 - Dicionário de dados para AAT

Classe: **AAT**	
Descrição	Configura informações vindas da porta serial ou de um arquivo de histórico no formato NMEA. Na forma de uma lista de caracteres, essas informações devem ser decodificadas de forma adequada. Neste projeto esta classe obtém somente as coordenadas do veículo.
Nível de Abstração	Convencional
Propriedades	
Buffer	Retorna ou configura uma lista de caracteres, vindo do arquivo NMEA, ou da porta serial.
Estado	Retorna ou configura o estado da *string* (lista de caracteres) podendo ser preenchida ou vazia.
Coordenadas	Retorna ou configura as coordenadas do veículo.
Operações	
BuscaBuffer()	Busca uma lista de caracteres no arquivo NMEA.

Continua...

Continuação.

ExtraiCoordenadas()	Extrai as coordenadas E, N da lista de caracteres.
EnviaCoordenadas()	Envia as coordenadas do veículo.
GravaArquivoHistorico ()	Grava as coordenadas do veículo num arquivo de histórico.

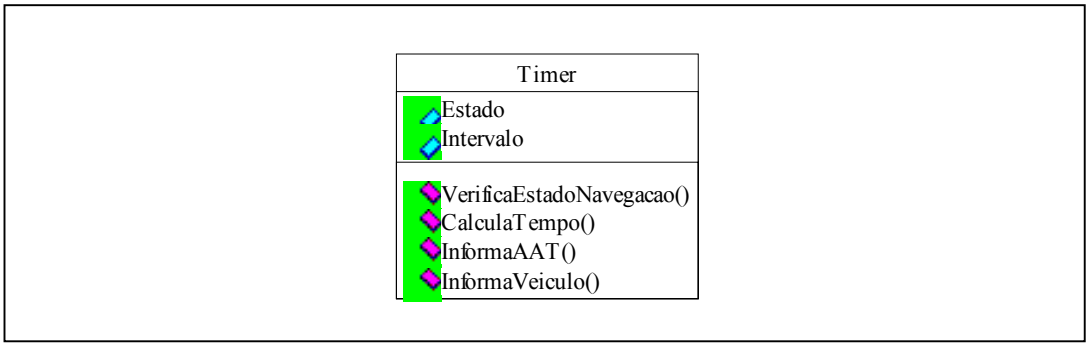


Figura 7.34 – Estrutura da classe Timer

Tabela 60 - Dicionário de dados para Timer

Classe: **Timer**	
Descrição	Controlador de tempo para atualização da posição do veículo no mapa e verificação do estado da navegação.
Nível de Abstração	Convencional
Propriedades	
Estado	Retorna ou configura o estado da navegação se ativo ou inativo.
Intervalo	Retorna ou configura o intervalo que verifica o estado da navegação.
Operações	
VerificaEstadoNavegacao()	Verifica o estado da navegação.
CalculaTempo()	Calcula o tempo, através do sistema operacional.
InformaAAT()	Informa a AAT sobre o estado da navegação.
InformaVeículo()	Informa o veículo sobre o estado da navegação.

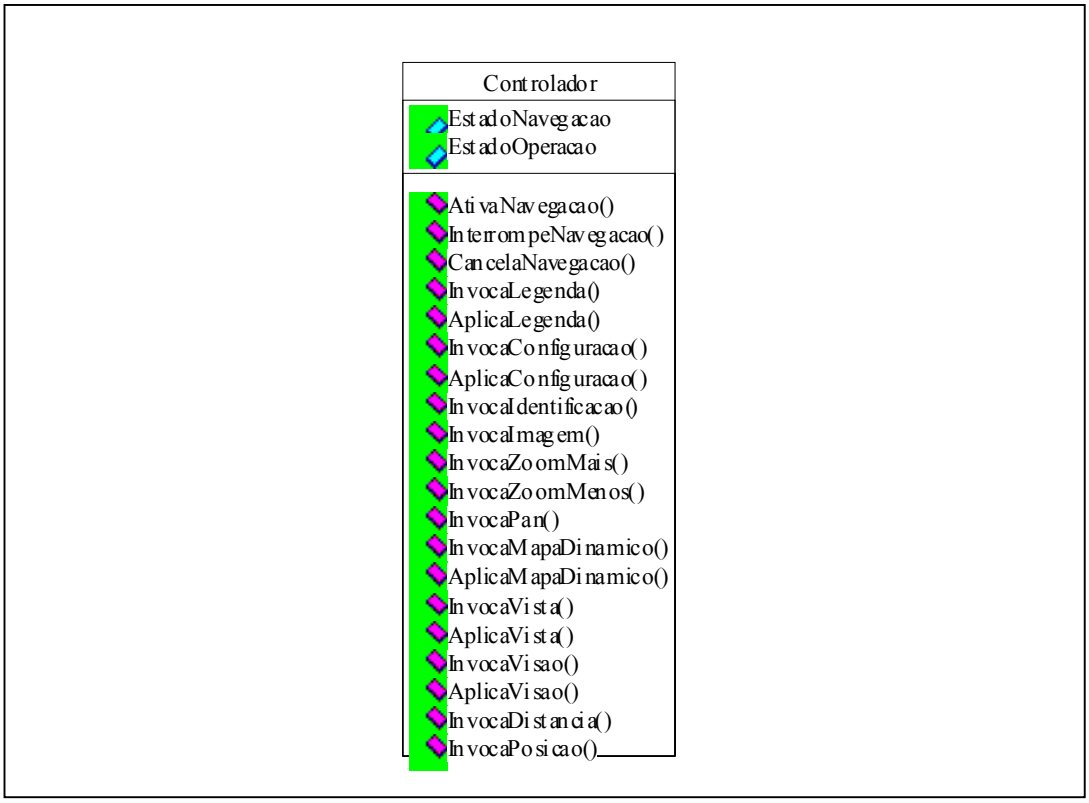


Figura 7.35 – Estrutura da classe Controlador

Tabela 61 - Dicionário de dados para Controlador

Classe: **Controlador**	
Descrição	Configura e estabelece propriedades e funções aos objetos do sistema, em geral.
Nível de Abstração	Convencional
Propriedades	
EstadoNavegacao	Configura o estado da navegação.
EstadoOperacao	Configura o estado da operação ativa do sistema de navegação, como por exemplo, a ativação do zoom etc.
Operações	
AtivaNavegacao()	Aplica estado de navegação ativa.
InterrompeNavegacao()	Aplica estado de navegação interrompida.
CancelaNavegacao()	Aplica estado de navegação cancelada.
InvocaLegenda()	Solicita legenda.
AplicaLegenda()	Aplica configurações da legenda.
InvocaConfiguracao()	Solicita ambiente de configuração.

Continua...

Continuação.

AplicaConfiguracao()	Aplica as configurações.
InvocaIdentificacao()	Solicita identificação de elementos.
InvocaImagem()	Solicita imagem.
InvocaZoomMais()	Solicita zoom mais.
InvocaZoomMenos()	Solicita zoom menos.
InvocaPan()	Solicita movimentação do mapa com o mouse.
InvocaMapaDinamico()	Solicita configuração de mapa ou veículo dinâmico.
AplicaMapaDinamico()	Aplica a configuração de mapa ou veículo dinâmico.
InvocaVista()	Solicita configuração de vista.
AplicaVista()	Aplica configuração de vista.
InvocaDistancia()	Solicita medição de distância.
InvocaPosicao()	Solicita coordenadas de uma determinada posição do mapa.
InvocaVisao()	Solicita configuração de visão (diurna ou noturna).
AplicaVisao()	Aplica configuração do tipo de visão escolhida.

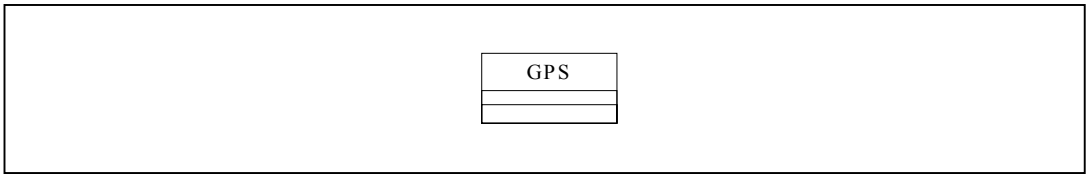


Figura 7.36 – Estrutura da classe GPS

Tabela 62 - Dicionário de dados para GPS

Classe: **GPS**	
Descrição	Representa o equipamento de posicionamento e localização do veículo. Tem a função de enviar as coordenadas para a AAT. Ele não será discutido neste trabalho pelo fato de ser um sistema externo.
Nível de Abstração	Convencional

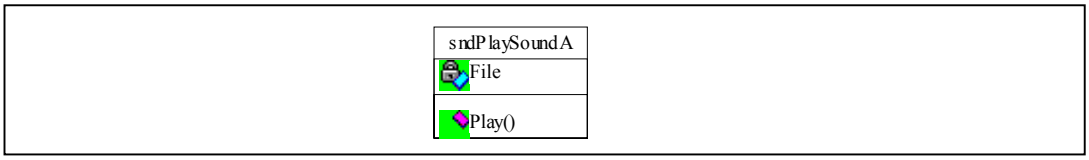


Figura 7.37 – Estrutura da classe sndPlaySoundA

Tabela 63 - Dicionário de dados para sndPlaySoundA

Classe: **sndPlaySoundA**	
Descrição	API do Windows que reproduz (toca) arquivos de som em formato *.wav.
Nível de Abstração	Convencional
Propriedades	
File	Nome do arquivo de som.
Operações	
Play	Toca o arquivo de som.

7.3.1.3 Especificação das Classes de Objetos do *MapObjects*

Somente algumas classes de objetos do *MapObjects* estão contempladas nesta apresentação e, ainda, nem todas as propriedades e métodos estão presentes porque não foram utilizados pelo mapa.

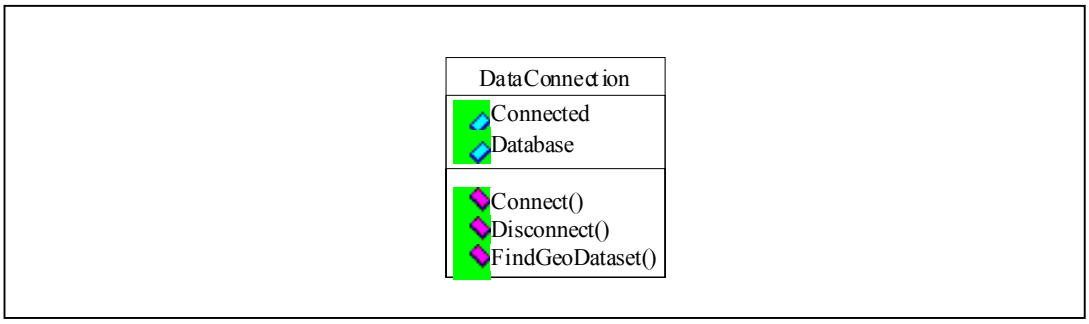


Figura 7.38 – Estrutura da classe DataConnection

Tabela 64 - Dicionário de dados para DataConnection

Classe: **DataConnection**	
Descrição	Conexão com os dados onde são armazenadas e recuperadas todas as informações de natureza geográfica.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
Connected	Verifica a situação da conexão: conectado ou desconectado.
Database	Nome da base de dados.

Continua...

Continuação.

Operações	
Conect()	Realiza conexão com a base.
Disconnect()	Desconecta a base da aplicação.
FindGeoDataset()	Procura a base de dados

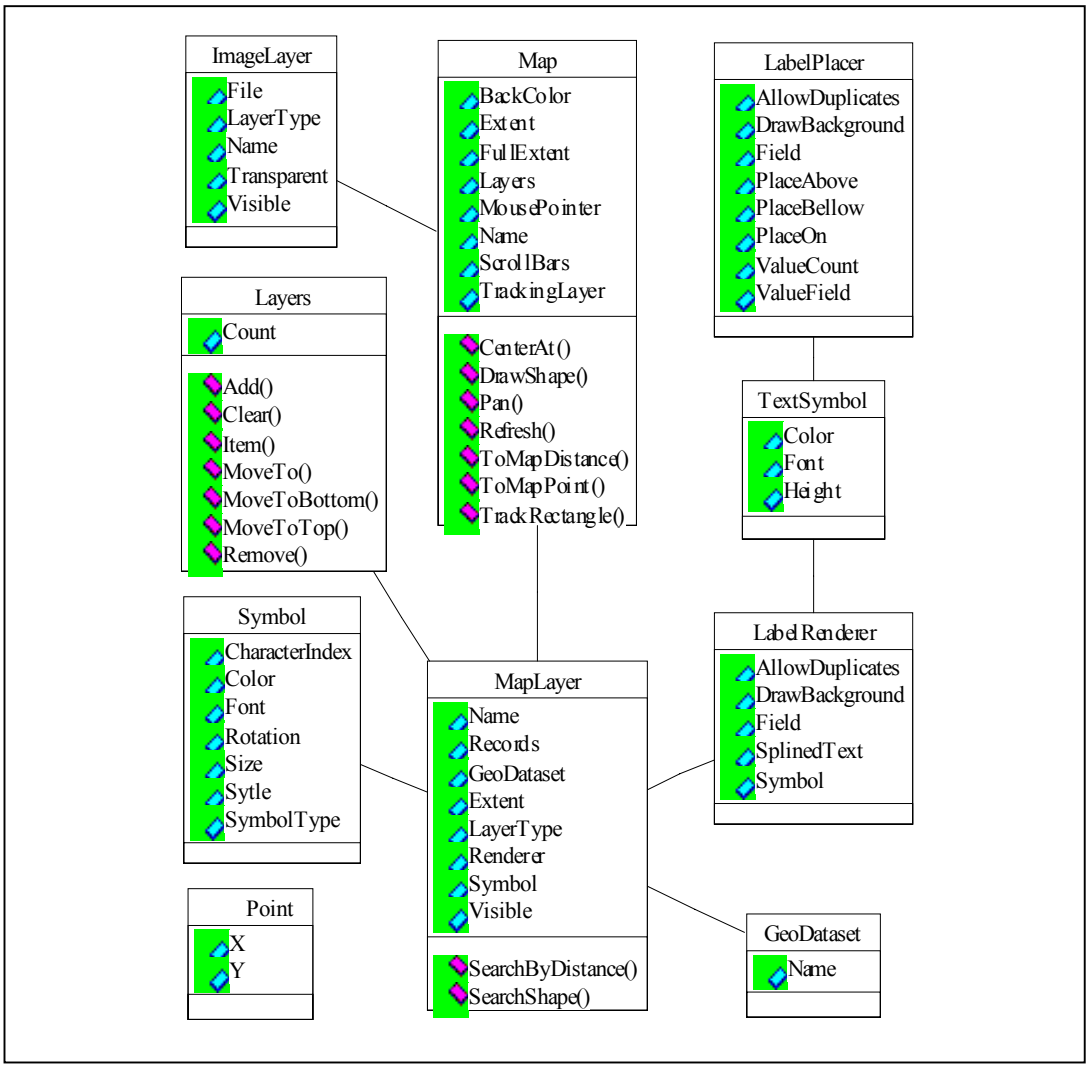


Figura 7.39 – Estrutura de algumas classes resumidas do MapObjects Fonte: ESRI – modelo modificado.

Tabela 65 - Dicionário de dados para Map

Classe: **Map**	
Descrição	É o controle de visualização geral do mapa.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
BackColor	Retorna ou configura a cor de fundo do mapa.
Extent	Retorna ou configura a extensão espacial de um objeto.
FullExtent	Retorna ou configura um objeto *Rectangle* que representa a extensão dele.
Layers	Retorna uma referência para uma coleção de *MapLayer* ou *ImageLayer*.
MousePointer	Retorna ou configura um valor indicando o tipo de ponteiro de mouse.
Name	Retorna ou configura o nome do mapa definido pelo usuário.
ScrollBars	Retorna ou configura um valor sobre as barras de rolagem horizontal e vertical.
TrackingLayer	Usado para visualizar e manipular objetos *GeoEvents* referenciados a uma posição geográfica que pode ser alterada.
Operações	
CenterAt()	Move o centro do mapa para uma localização especificada.
DrawShape()	Desenha um símbolo sobre o mapa.
Pan()	Movimenta o mapa para os lados.
Refresh()	Atualiza o mapa.
ToMapDistance()	Converte uma medida linear de um sistema de tela para uma distância em unidades de mapa.
ToMapPoint()	Converte um ponto de um sistema de tela para unidades de mapa.
TrackRectangle()	Constrói um retângulo transparente sobre o mapa.

Tabela 66 - Dicionário de dados para MapLayer

Classe: **MapLayer**	
Descrição	Representa um *layer* de dados georeferenciados no mapa.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
Extent	Retorna ou configura a extensão espacial de um objeto.
Name	Retorna ou configura o nome do *layer* definido pelo usuário.
GeoDataset	Configura a conexão dos dados para o *layer*.
LayerType	Retorna um valor indicando se o *layer* é do tipo *MapLayer* ou *ImageLayer*.
Renderer	Retorna ou configura uma referência para a simbologia de um *layer* usando o objeto *Renderer*.
Records	Representa um conjunto de registros.
Symbol	Configura a simbologia para elementos do *layer*.
Visible	Retorna um valor indicando se o *layer* está visível ou invisível.
Operações	
SearchByDistance()	Cria um conjunto de registros de todas as feições que definem um critério de busca por todos os elementos que estejam dentro de uma distância do local ou elemento indicado.
SearchShape()	Cria um conjunto de registros de todas as feições que vão de encontro ao critério de busca espacial.

Tabela 67 - Dicionário de dados para ImageLayer

Classe: **ImageLayer**	
Descrição	Representa um *layer* que é baseado em um arquivo de dados matriciais georeferenciado.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
File	Retorna ou configura o caminho e o nome do arquivo de imagem.
LayerType	Retorna um valor indicando se o *layer* é do tipo *MapLayer* ou *ImageLayer*.
Name	Retorna ou configura o nome da imagem definido pelo

Continua...

Continuação.

	usuário.
Transparent	Retorna ou configura um valor indicando se a imagem será desenhada com uma cor transparente.
Visible	Retorna um valor indicando se o *layer* está visível ou invisível.

Tabela 68 - Dicionário de dados para Layers

Classe: **Layers**	
Descrição	Representa uma coleção de layers.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
Count	Retorna o número de objetos de uma coleção.
Operações	
Add()	Adiciona um membro a uma coleção. Por exemplo, um layer ao mapa.
Clear()	Remove todos os membros de uma coleção.
Item()	Retorna um membro específico de uma coleção.
MoveTo()	Move um membro de uma posição para outra.
MoveToBottom()	Move um membro de sua posição na coleção de layers para a última posição.
MoveToTop()	Move um membro de sua posição na coleção de layers para a primeira posição.
Remove()	Remove um membro de uma coleção

Tabela 69 - Dicionário de dados para GeoDataset

Classe: **GeoDataset**	
Descrição	Representa um *layer* de dados geográficos.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
Name	Retorna ou configura um nome definido pelo usuário.

Tabela 70 - Dicionário de dados para Symbol

Classe: **Symbol**	
Descrição	Consiste de atributos que configuram a forma de apresentação da feição geográfica.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
CharacterIndex	Retorna ou configura um caractere do arquivo de fontes *true type* de símbolos.
Color	Retorna ou configura uma cor para o objeto.
Font	Retorna uma referência para o objeto *Font*.
Rotation	Retorna ou configura um ângulo de rotação para o objeto.
Size	Retorna ou configura o tamanho de um objeto *Symbol.*
Style	Retorna ou configura o estilo de um objeto *Symbol*. Aqui é definido o estilo *true type* para símbolos pontuais; linha sólida, tracejada ou pontilhada para símbolos lineares; e área com preenchimento sólido ou tracejado, transparente; etc.
Symboltype	Retorna ou configura um valor que indica o tipo de símbolo (*Symbol*) que está associado a um objeto.

Tabela 71 - Dicionário de dados para LabelRenderer

Classe: **LabelRenderer**	
Descrição	É um objeto que representa uma maneira de simbolizar feições desenhando texto sobre elas.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
AllowDuplicates	Retorna ou configura um valor indicando se um mesmo texto de uma feição poderá ser desenhado novamente em outra feição.
DrawBackground	Retorna ou configura um valor indicando se o símbolo será desenhado abaixo das feições ou não.
Field	Retorna ou configura um campo da tabela de atributos no qual são usados os valores para desenhar o texto.
SplinedText	Retorna ou configura um valor indicando se o símbolo de texto será desenhado de acordo com as quebras das feições lineares.

Continua...

Continuação.

Symbol	Configura a simbologia para o texto.

Tabela 72 - Dicionário de dados para TextSymbol

Classe: **TextSymbol**	
Descrição	Consiste de atributos que controlam como o texto será mostrado.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
Color	Retorna ou configura uma cor para o objeto.
Font	Retorna uma referência para o objeto *Font*.
Height	Retorna ou configura a dimensão vertical de um objeto.

Tabela 73 - Dicionário de dados para LabelPlacer

Classe: **LabelPlacer**	
Descrição	Objeto que simboliza feições desenhando um texto em cada feição do *layer*.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
AllowDuplicates	Retorna ou configura um valor indicando se um mesmo texto de uma feição poderá ser desenhado novamente em outra feição.
DrawBackground	Retorna ou configura um valor indicando se o símbolo será desenhado abaixo das feições ou não.
ield	Retorna ou configura um campo da tabela de atributos no qual são usados os valores para desenhar o texto.
PlaceAbove	Retorna ou configura um valor indicando se o texto será colocado acima da feição selecionada.
PlaceBelow	Retorna ou configura um valor indicando se o texto será colocado abaixo da feição selecionada.
PlaceOn Continuação.	Retorna ou configura um valor indicando se o texto será colocado sobre a feição selecionada.
ValueCount	Retorna ou configura um número de valores das propriedades dos campos que são associadas a um símbolo.

Continua...

Continuação.

ValueField	Retorna ou configura o campo da tabela do conjunto de registros do *layer*.

Tabela 74 - Dicionário de dados para classe Point

Classe: **Point**	
Desrição	Armazena informações de ponto.
Nível de Abstração	MapObjects
Propriedades	
X	Configura a coordenada X, equivalente à coordenada E na projeção UTM.
Y	Configura a coordenada Y, equivalente à coordenada N na projeção UTM.

7.3.2 Modelo Dinâmico

Decidiu-se diagramar os eventos e estados mais importantes. Como estão vinculados ao tempo e ao instante em que são acionados, os diagramas mostram a interação de estados e eventos de algumas classes que representam com maior freqüência as relações do mapa dinâmico.

Como já mencionado anteriormente, os fatores mais importantes da modelagem dinâmica são os eventos e os estados. Na medida que ocorrem determinados processos, outros objetos passam a ter as suas propriedades e ações alteradas. A representação de eventos e estados é um diagrama elaborado para atender às classes mais importantes do sistema. Somente alguns eventos foram modelados porque não se pretende um detalhamento para cada classe mas possibilitar um entendimento geral.

O modelo dinâmico é muito importante para redefinição dos atributos e das operações. Na medida que a complexidade da modelagem aumenta, as responsabilidades dos objetos ficam mais claras de serem definidas. A figura 7.40 mostra o diagrama de estados e eventos do mapa dinâmico.

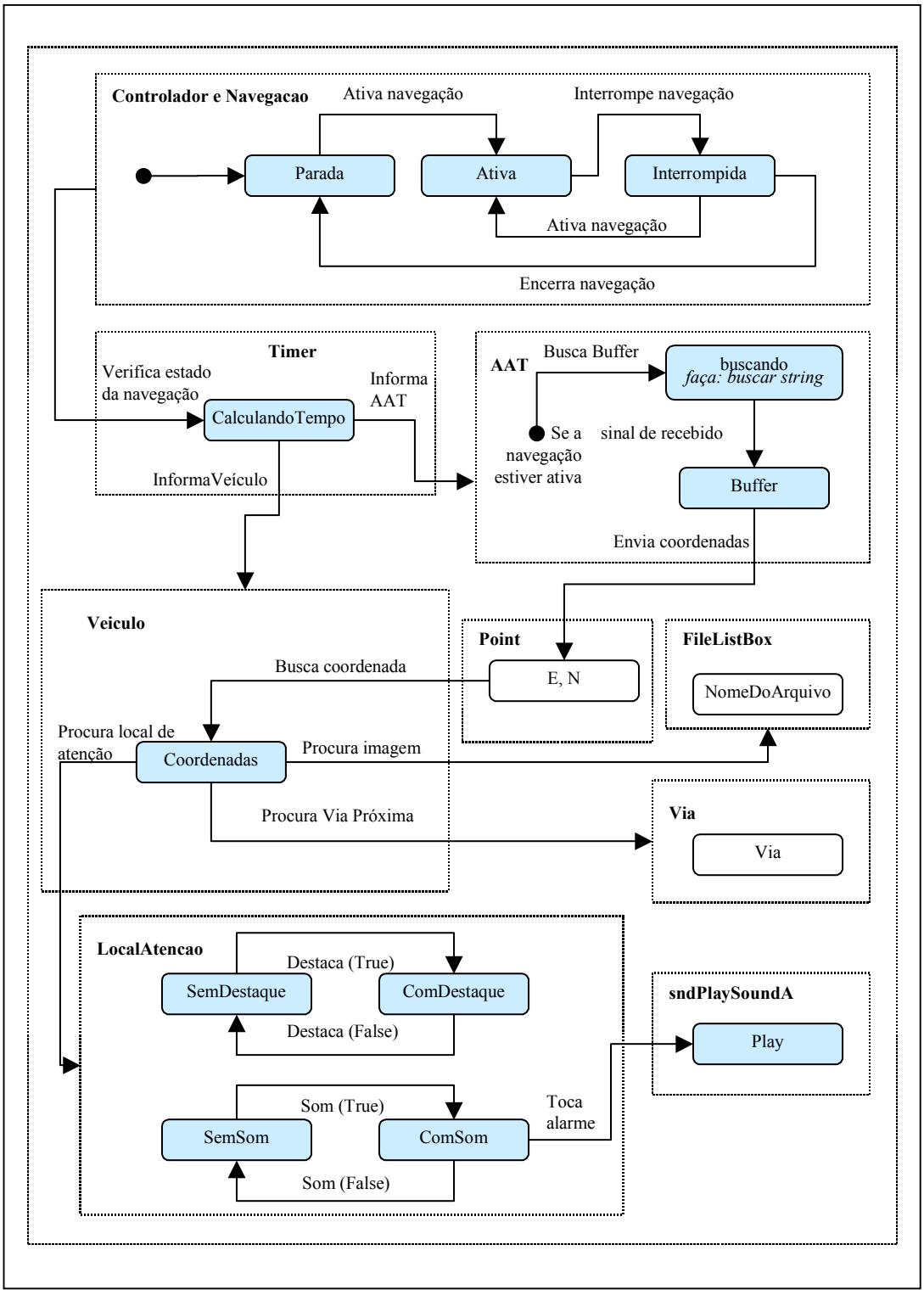


Figura 7.40 – Diagrama de estados e eventos

Tabela 75 - Descrição da modelagem dinâmica para as classes Controlador e Navegacao

Classes: **Controlador e Navegacao**	
Eventos	
Ativa navegação	Ativa a navegação.
Interrompe navegação	Interrompe a navegação.
Encerra navegação	Encerra a navegação.
Estados	
Parada	Estado da navegação quando o sistema é carregado ou quando a navegação é encerrada.
Ativa	Quando a navegação é ativada.
Interrompida	Quando a navegação é interrompida.

Tabela 76 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe Timer

Classe: **Timer**	
Eventos	
Verificar estado da Navegação	Verifica o estado da Navegação.
Informa AAT	Após verificar o estado da Navegação, o *timer* informa a situação à AAT, fazendo disparar as operações dela.
Informa Veículo	Após verificar o estado da Navegação e informar a AAT, o Timer informa a situação ao Veículo, fazendo disparar os seus processos.
Estados	
Verificando estado da Navegação	A cada intervalo de dois segundos, verifica-se o estado da Navegação.
Informando AAT	Permanece informando o estado da Navegação à AAT.
Informando Veículo	Permanece informando o estado da Navegação ao Veículo

Tabela 77 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe AAT

Classe: **AAT**	
Eventos	
Busca Buffer	Busca o *buffer* vindo da porta serial.
Envia coordenadas	Envia as coordenadas ao objeto *Point*.
Estados	
Buscando buffer	Permanece buscando *buffer*.
Enviando coordenadas	Enviando as coordenadas que foram extraídas do *buffer*, ao *Point*.

Tabela 78 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe Veículo

Classe: **Veiculo**	
Eventos	
Busca coordenada	Após ter sido informado pelo timer que a navegação está ativa, busca a coordenada do objeto *Point*.
Procura imagem	Depois de recebidas as novas coordenadas, ele procura uma imagem, numa lista de definição de arquivos de imagens (localizadas na base de dados), cuja extensão abrange a posição do veículo.
Procura via próxima	Procura a via que esteja mais próxima do veículo para posicioná-lo sobre ela.
Procura local de atenção	Procura local de atenção e risco para informar o usuário.
Estados	
Buscando coordenadas	Permanece buscando as coordenadas.
Procurando imagem	Permanece procurando uma imagem na base de dados.
Procurando via próxima	Permanece procurando uma via próxima.
Procurando local de atenção	Permanece procurando um local de atenção.

Tabela 79 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe Local de Atenção

Classe: **LocalAtencao**	
Eventos	
Destaque	Destaca os locais de atenção.
Toca Alarme	Toca alerta intermitente quando encontrar locais de atenção.
Estados	
Destacando	Permanece destacando os locais de atenção encontrados.
Tocando alarme	Permanece tocando alarme quando encontra os locais de atenção.

Tabela 80 - Descrição da modelagem dinâmica para a classe sndPlaySoundA

Classe: **LocalAtencao**	
Estados	
Tocando	Permanece tocando o alarme.
Parado	Permanece parado sem tocar o alarme.

7.3.4 Modelo Funcional

O modelo funcional foi elaborado mostrando somente algumas funcionalidades do sistema que mais interessam à navegação, e em alto nível. O primeiro diagrama de fluxo de dados – DFD – de nível 0 (zero) faz parte do desenho do mapa no momento que o sistema é carregado (Figura 7.41). Neste momento ocorre a configuração do sistema, a inclusão de layers e o desenho do mapa, respectivamente.

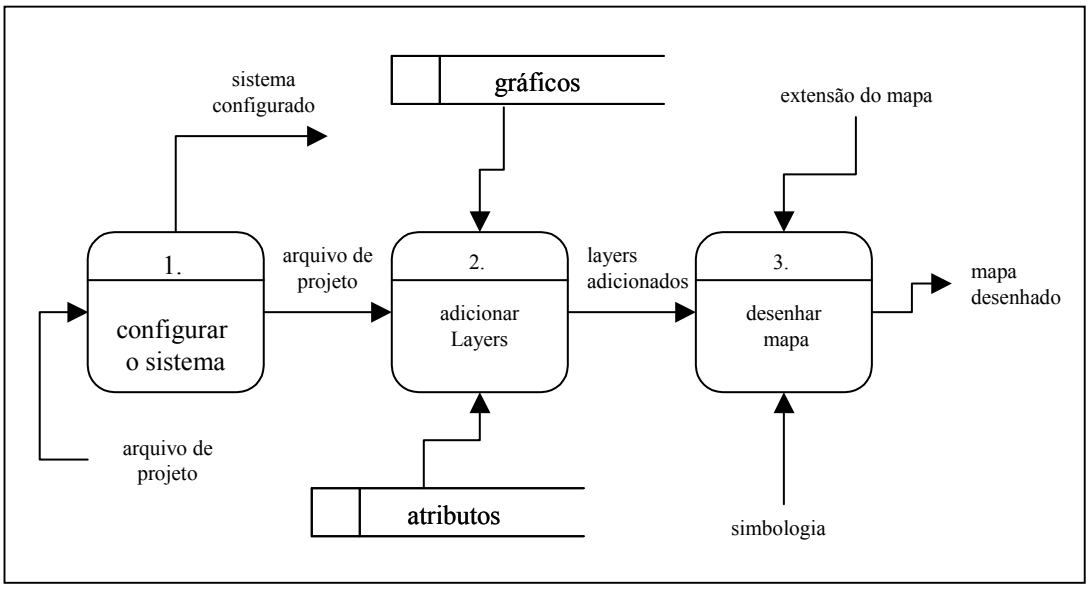


Figura 7.41 – DFD de preparação do ambiente

Tabela 81 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo de Desenho

Processo	Descrição
1.	Configurar o sistema com base nos valores recebidos de um arquivo de projeto.
2.	Adicionar os arquivos de gráficos e de atributos (*shapefiles*) que estão localizados na base de dados.
3.	Desenhar o mapa a partir dos layers que foram adicionados, da área de extensão do mapa e da simbologia.

O próximo DFD, também de nível 0 (zero), (Figura 7.42) representa outra fase do sistema, porém, agora, sendo ativado pelo usuário e pelo GPS (agentes externos).

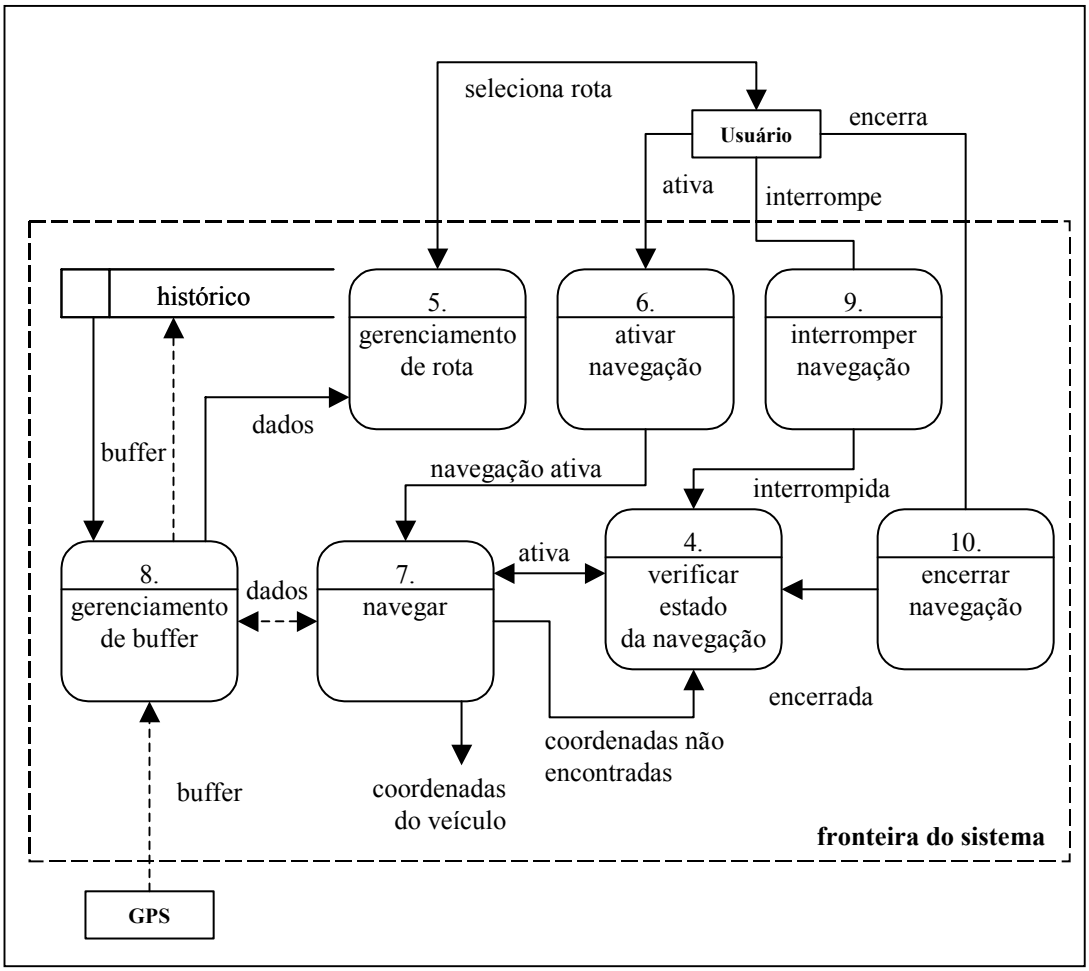


Figura 7.42 – DFD de navegação

Tabela 82 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo de Navegação

Processo	Descrição
4.	A cada dois segundos verificar o estado da navegação enviando sinal à navegação.
5.	Gerenciar rota: incluir, excluir etc.
6.	Ativar a navegação.
7.	Navegar.
8.	Gerenciar o buffer da AAT ou do arquivo de histórico. As linhas tracejadas indicam que a funcionalidade está, somente, projetada.
9.	Interromper a navegação.
10.	Encerrar a navegação.

O DFD da figura 7.43 mostra o funcionamento do processo *recuperar buffer*. O agente externo *Timer*, representado por um relógio, informa a *AAT* que a navegação está ativa e dispara as funções dela, extraindo as coordenadas e as enviando ao *Point*.

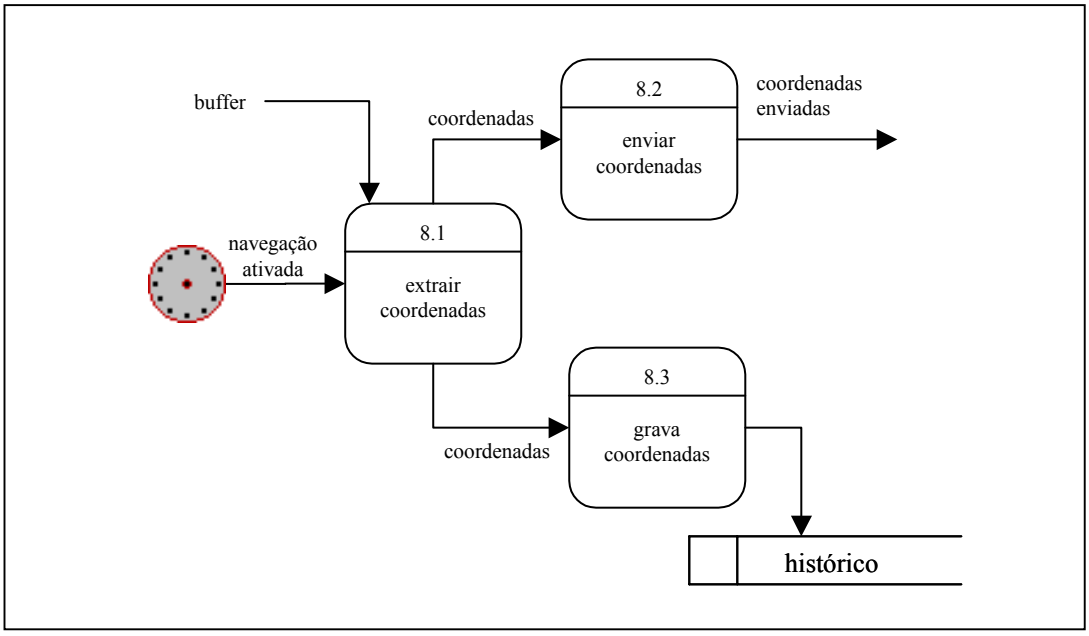


Figura 7.43 – DFD de gerenciamento de buffer

Tabela 83 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo AAT

Processo	Descrição
8.1	Após ter sido informado sobre o estado da navegação, extrair as coordenadas do buffer vindo da porta serial.
8.2	Enviar as coordenadas extraídas ao Point.
8.3	Gravar as coordenadas num arquivo de histórico.

O próximo diagrama de fluxo de dados refere-se ao funcionamento da verificação do estado da navegação (Figura 7.44). Quando ao controlador (agente externo) ativa a navegação, o *Timer* dispara os processos da *AAT* e do *Veículo*.

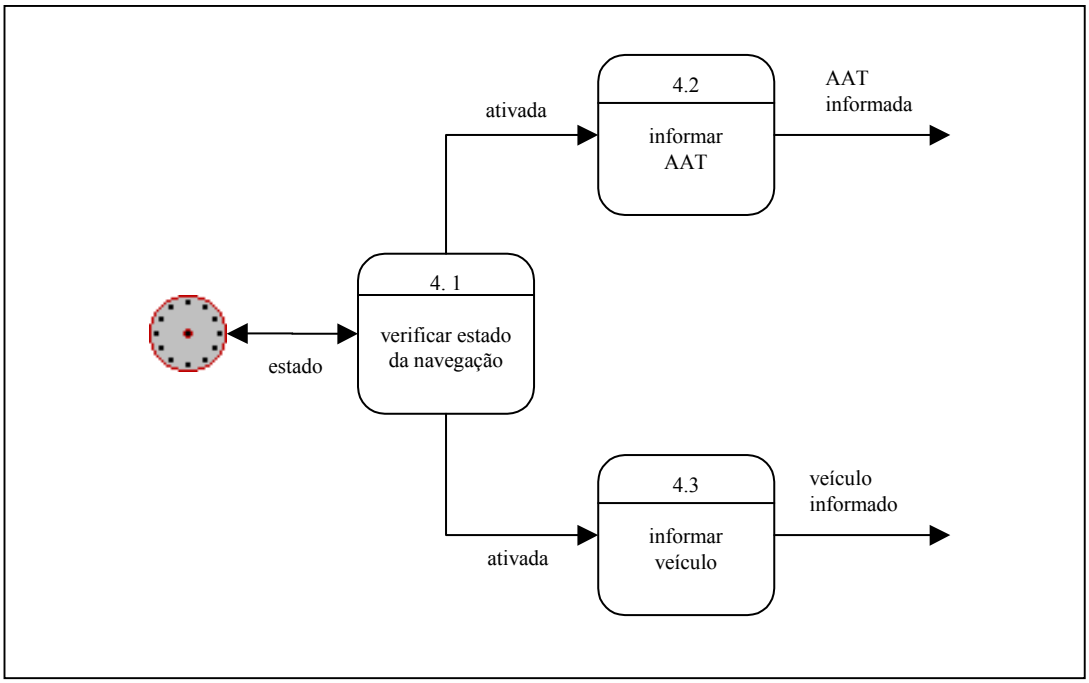


Figura 7.44 – DFD de verificação do estado da navegação

Tabela 84 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo Timer

Processo	Descrição
4.1	Verificar o estado da navegação a cada dois segundos. Quando o controlador, ativa a *Navegação*, o estado dela passa a ser *ativo*, fazendo com que o Timer tenha estado *ativo*.
4.2	Informar a *AAT* que a navegação está *ativa*, fazendo disparar os processos internos dela mesma.
4.3	Informar o *Veículo* que a navegação está *ativa*, fazendo disparar os processos internos dele mesmo.

Finalmente é representado o funcionamento do módulo de navegação (Figura 7.45). Após ter sido informado e disparado pelo Timer, várias funções são executadas até que a próxima chamada pelo Timer seja executada novamente, dentro do intervalo de dois segundos. Dentre as funções podem ser destacadas: trocar coordenadas onde o veículo troca a sua posição no mapa; procurar via mais próxima e deslocar para a via mais próxima (função não implementada neste sistema, somente projetada); procurar um local de atenção; procurar imagem; deslocar mapa.

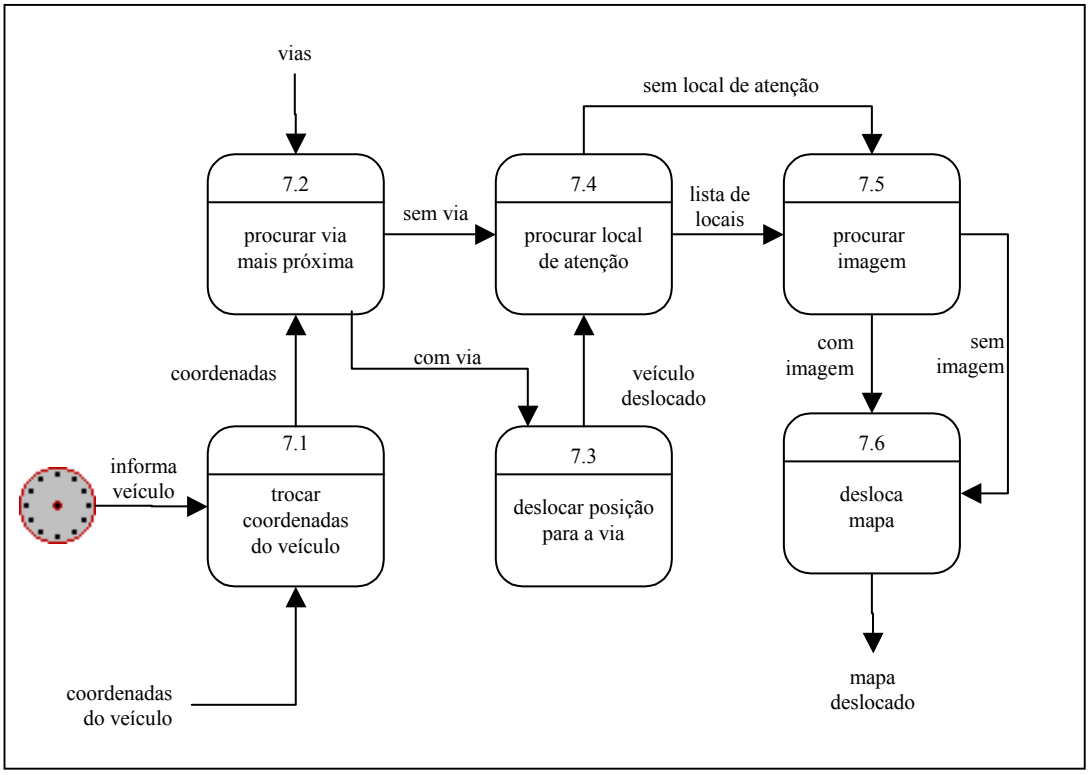


Figura 7.45 – DFD de Navegação fragmentado

Tabela 85 - Descrição dos processos e dos fluxos de dados para o módulo Navegação

Processo	Descrição
7.1	Após ter sido informado e disparado pelo *Timer*, trocar as coordenadas do veículo pelas que vieram da *AAT*.
7.2	Procurar uma via mais próxima do veículo.
7.3	Caso tenha encontrado uma via próxima, deslocar a posição do veículo para essa via.
7.4	Tendo encontrado ou não a via mais próxima, procurar os locais de atenção, a uma distância de quinhentos metros (valor arbitrário).
7.5	Encontrados ou não os locais de atenção, procurar imagens na base de dados que estejam na região do veículo.
7.6	Mesmo não encontrada a imagem, deslocar e atualizar o mapa, seja com o veículo no centro do mapa ou o veículo em movimento na região exibida.

É importante notar que os processos 5, 7.2, 7.4, 7.5, 7.6 e 8.1 podem ser fragmentados em outros processos menores. Porém, aqueles mostrados acima mostram uma

visão geral do funcionamento do sistema, facilitando o entendimento da implementação e de possíveis manutenções e melhorias.

7.4 Estrutura da Implementação do Sistema

A estrutura de implementação do sistema foi organizado de forma a tornar fácil a recuperação dos diversos arquivos, tanto na compilação do programa, quanto do banco de dados e de outros dados em geral.

De acordo com a figura 7.46 foram criadas várias pastas, para armazenar os diversos arquivos:

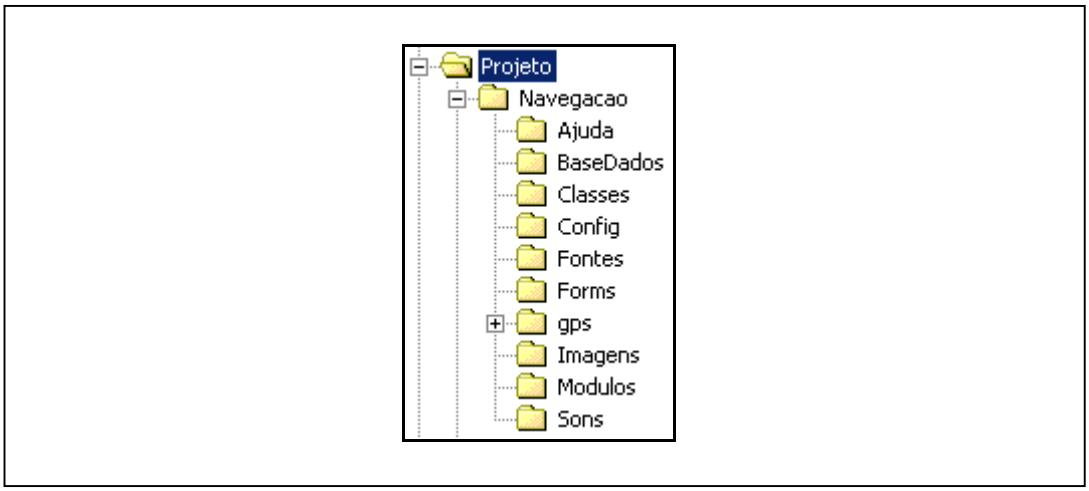


Figura 7.46 – Estrutura das pastas de implementação

- **Navegacao**: arquivos do projeto Visual Basic (*.vbp), e executável, que armazena, inclusive, as outras pastas do sistema;
- **Ajuda**: arquivo de ajuda do sistema;
- **BaseDados**: arquivos gráficos, imagens e atributos (de natureza espacial);
- **Classes**: arquivos de classes de objetos do sistema;

- **Config**: arquivo de configuração do mapa;
- **Fontes**: arquivos de fontes True Type;
- **Forms**: arquivos de formulários (“janelas” em tempo de projeto);
- **gps**: arquivos de gps no formato NMEA ou de histórico de rotas percorridas;
- **Imagens**: imagens, do tipo fotografias, associadas a elementos da base de dados;
- **Módulos**: arquivos de módulos do Visual Basic, utilizados geralmente para armazenar rotinas genéricas que são chamadas através de funções e parâmetros;
- **Sons**: arquivos de sons para alarme, em extensão *.wav.

É importante notar que o sistema, depois de instalado no local de destino, não terá todos esses diretórios. Ficarão somente: Navegacao, Ajuda, BaseDados, Config, gps, Imagens e Sons.

7.5 Implementação da Base de Dados

O projeto físico da base de dados contempla a descrição dos arquivos de dados (gráficos, atributos, imagens e sons) que irão compor a base cartográfica geral do mapa dinâmico. As estruturas de dados, em formato *shapefile*, também podem ser acessadas via linguagem de programação de baixo nível como a linguagem C++ e o Delphi.

Utilizou-se cartas do IBGE na escala de 1:50.000 de alguns municípios da região de Presidente Prudente. Essas cartas foram digitalizadas em *scanner* e vetorizadas com ArcInfo, gerando uma série de *coverages* (estrutura de armazenamento).

Após tratamento adequado, essas *coverages* foram convertidas para a estrutura *shapefile* do ArcView, gerando uma série de arquivos, um para cada classe geográfica especializada, definida anteriormente no modelo estático.

A imagem de satélite de extensão *bitmap* foi georeferenciada no ArcInfo e suavizada gerando duas imagens de mesma extensão: uma para visão diurna e outra para visão noturna.

Dados sobre localização e atributos de serviços automotivos, polícia rodoviária, torre de celular e outros que não estavam disponíveis nos mapas, foram levantadas no campo com GPS Garmim, sem preocupação com a precisão do posicionamento.

A sistemática de nomeação das imagens foi feita considerando-se as coordenadas aproximadas dos cantos: superior esquerdo e inferior direito. Para a coordenada *E* utilizaram-se os quatro primeiros números e para a coordenada *N* os cinco primeiros.

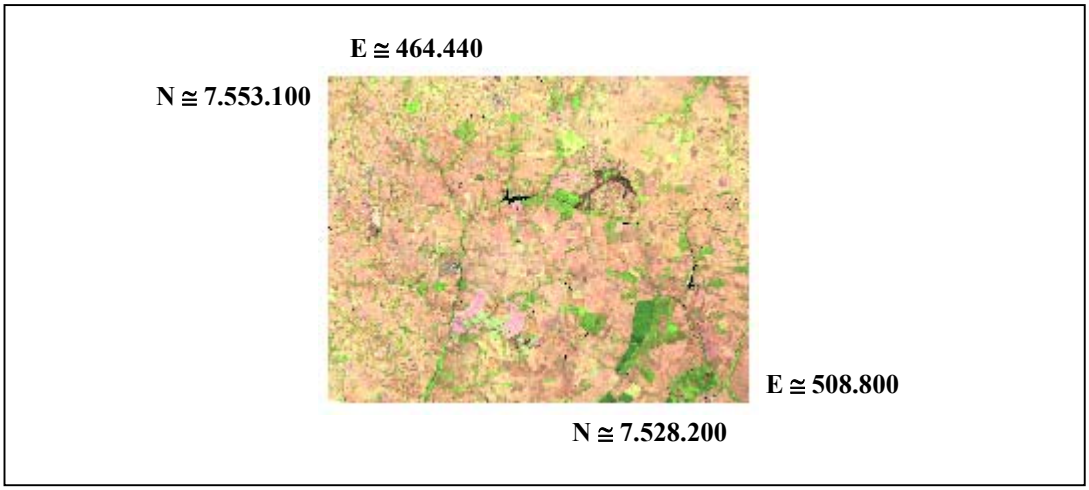


Figura 7.47 – Coordenadas aproximadas dos cantos da imagem

O resultado parcial do nome da imagem é ***4644x75531x5088x75182.bmp*** usando a letra x como separador, de forma a tornar fácil a recuperação de imagens, na qual o veículo esteja dentro de sua extensão.

Após ter nomeado as imagens com os valores iniciais das coordenadas dos cantos da imagem, partiu-se para a solução de uma nova questão: distinguir imagens de visão diurna de imagens de visão noturna. Para isso decidiu-se acrescentar a letra ***d***, para diurna, e ***n***, para noturna. O resultado final dos nomes das imagens ficou da seguinte forma:

- **imagem para visão diurna**: 4644x75531x5088x75182d.bmp
- **imagem para visão noturna**: 4644x75531x5088x75182n.bmp

Outra tarefa foi a organização da base de dados. Ela foi estruturada de forma que a conexão de objetos do sistema e os objetos da base de dados ficassem simples. Nada impede que seja configurada mais de uma base de dados. Dessa forma optou-se por colocar todos os arquivos de dados gráficos, inclusive imagens, e atributos num mesmo diretório. A figura 7.48 mostra a estrutura da base de dados do sistema de navegação. Foi criada uma pasta chamada *Projeto*, na raiz da unidade de disco e outra chamada *Navegação*; a pasta *BaseDados* vem logo abaixo.

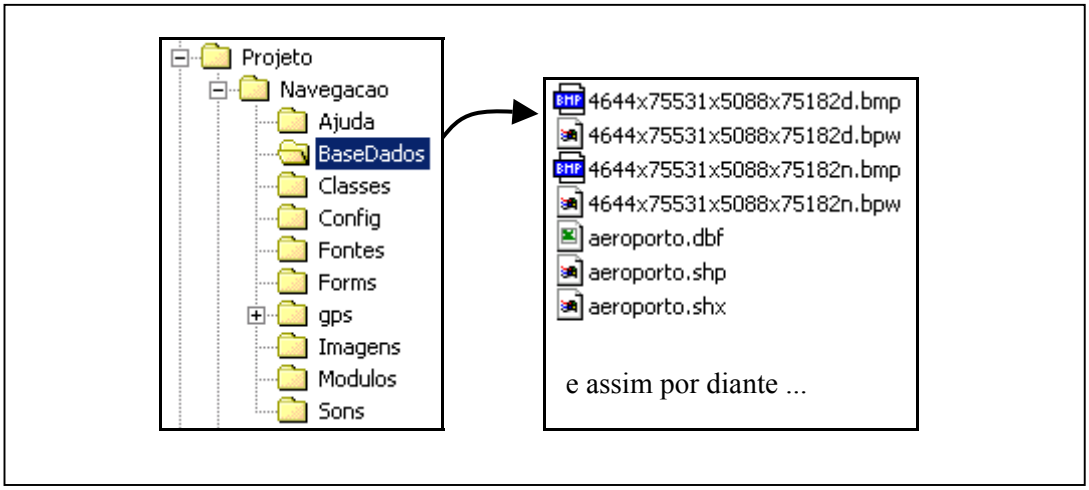


Figura 7.48 – Estrutura da base de dados vista no Windows Explorer

Os arquivos que compõem a base de dados foram criados de acordo com a existência de informações na região de estudo. Caso algum *layer* referente a alguma classe

de objeto geográfico especializada não tenha sido criado, ela pode ser criada com base nos valores dos atributos do modelo de objetos e posteriormente inserida na implementação.

Cada *layer* implementado tem suas propriedades chamadas de atributos e, cada arquivo *shapefile* que contém atributos associados, possui um arquivo de atributos. Neste trabalho nem todos eles possuem atributos e nem todos aqueles que possuem estão preenchidos com valores.

É importante verificar que a modelagem orientada a objetos para elementos geográficos contempla os mesmos recursos utilizados na administração da complexidade, embora quando implementados, o mesmo não ocorre se comparados com objetos não geográficos, onde a implementação é feita como modelado. Isso acontece devido à *persistência* dos objetos geográficos, ou seja, eles devem armazenar os atributos ao longo do tempo mesmo depois do encerramento da aplicação.

A grande vantagem da modelagem orientada a objetos utilizada neste trabalho foi a definição sucinta dos objetos e de seus atributos, seus relacionamentos com os outros e a clareza de entendimento do modelo do sistema.

Arquivos de imagens de satélite, imagem de atributos e som ficaram como mostra a tabela 86.

Tabela 86 - Outros arquivos da base de dados

Nome do Arquivo	Descrição	Tipo
4644,75531,5088,75182d.bmp	Imagem para visualização diurna.	Imagem
4644,75531,5088,75182n.bmp	Imagem para visualização noturna.	Imagem
reptotal.jpg	Imagem de atributo de balneário.	Imagem
alerta.wav	Alarme para locais de atenção.	Som

Para não prejudicar os resultados, é importante notar que os nomes dos campos não devem exceder um número máximo de dez caracteres, uma vez que nem todas as versões da estrutura *dbase* permitem que isso aconteça.

Outra estrutura de dados a ser apresentada é o arquivo de recebimento de dados do GPS. Como mencionado anteriormente, sua estrutura é baseada no formato NMEA. Os dados recebidos do GPS são capturados pela porta serial e então armazenados em um arquivo, como mostra a figura 7.49.

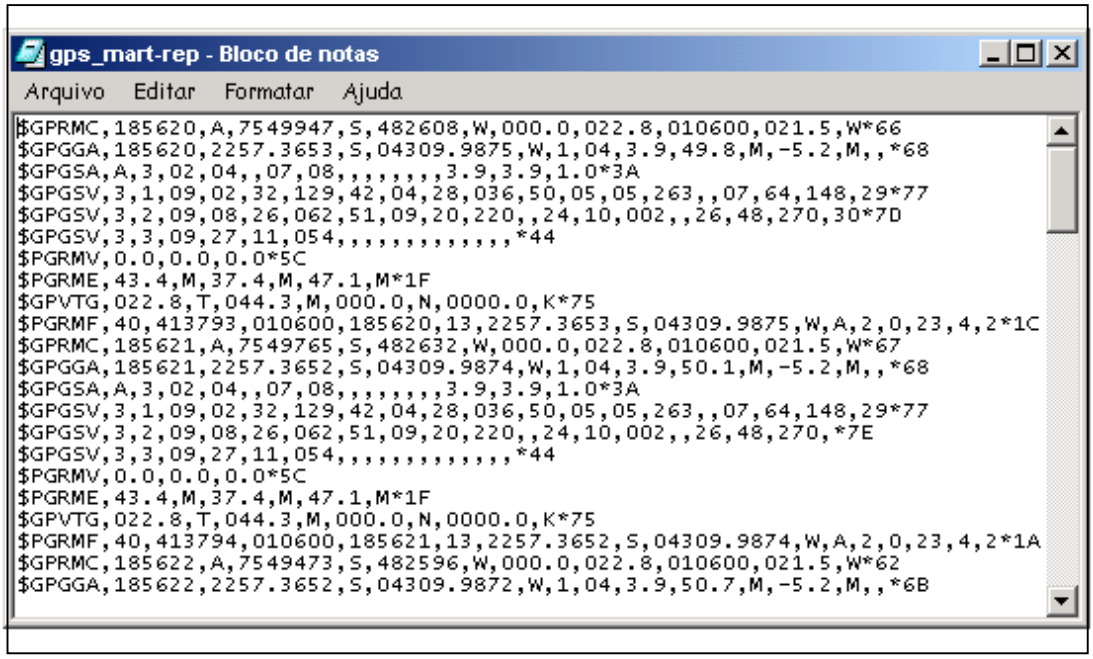


Figura 7.49 – Estrutura de um arquivo NMEA

7.6 Testes e Análises

Os testes realizados no mapa foram feitos pelo projetista e se basearam na avaliação visual do mesmo.

A configuração inicial de alguns aspectos do mapa dinâmico é estabelecida a partir de um arquivo de configuração, mostrado na figura 7.50. Nesse arquivo estão descritos alguns itens que fazem parte da configuração do mapa.

Depois que o sistema estiver carregado, o mapa é apresentado com contexto para a região mapeada, mostrando somente alguns layers definidos no projeto cartográfico.

Quando o sistema lê o arquivo de configuração, ele considera somente aquelas informações que estão dentro dos colchetes. Por exemplo: a linha que contém os colchetes [ ] será avaliada pelas funções. Caso a palavra chave seja IMAGEM, funções específicas serão chamadas para avaliação, caso seja PONTO, outras funções serão invocadas, e assim por diante.

A ordem de entrada dos layers é muito importante para que eles não fiquem escondidos embaixo de outro. Por isso, a imagem vem em primeiro lugar. Em seguida vêm os layers de vias que definem a extensão do mapa. Depois, os layers de polígono que não podem ficar sobre os símbolos de ponto. Finalmente são adicionados os layers de ponto.

A figura 7.50 mostra o conteúdo do arquivo de projeto: (a) mostra o início do arquivo e (b) a sua continuação:

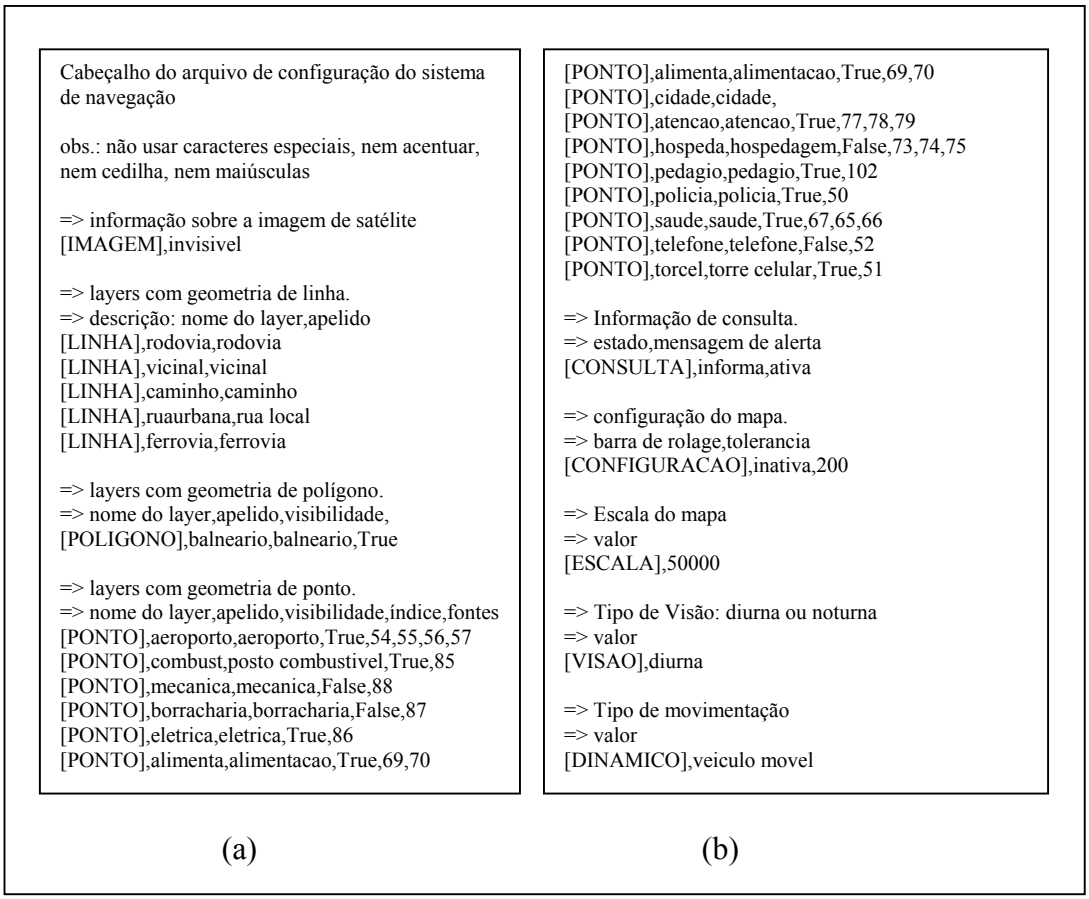


Figura 7.50 – Arquivo de configuração do mapa dinâmico

Cada linha que possui colchetes [ ] é entendida, pelo compilador, da seguinte forma:

- [IMAGEM]: configura o estado de visualização: visível ou invisível. A verificação da existência de alguma imagem na base de dados fica por conta das funções do veículo;
- [POLIGONO] e [LINHA]: configura o nome do layer, um apelido para ele e o estado de visualização dele;
- [PONTO]: configura o nome do layer, um apelido, o estado de visualização e os índices para o arquivo de fontes TRUE TYPE, os quais representam os objetos;

- [CONSULTA]: configura o estado da consulta em locais de atenção (informa ou não informa) e o estado da mensagem de alerta (ativa ou inativa);
- [CONFIGURACAO]: configura o estado da barra de rolagem (ativa ou inativa) e a tolerância para identificação de elementos do mapa;
- [ESCALA]: configura a escala do mapa;
- [VISAO]: configura o tipo de visão (diurna ou noturna);
- [DINAMICO]: configura o estado de movimentação, ou para o mapa ou para o veículo.

Assim que as opções de legenda são aplicadas para o mapa, o arquivo de projeto recebe os mesmos valores. Quando o sistema é carregado novamente ele faz com que o mapa seja aberto com as configurações salvas na última vez que foi encerrado.

Como já mencionado no item *resolução do vídeo e dimensões do mapa***,** o tamanho da janela de visualização do mapa ficou reduzido para tornar funcional o projeto do mapa para um *palmtop* (considerando a menor perda de informação possível) e, principalmente porque o projeto cartográfico foi elaborado com base na pequena área de visualização disponível ao motorista.

O tempo de atualização da posição do veículo é de dois segundos, suficiente para:

- Manter a posição do veículo no mapa com pouca diferença em relação à sua posição terrestre;
- realizar todas as operações de medição;
- realizar consultas, como por exemplo, procurar locais de atenção;
- aplicar propriedades ao mapa e ao sistema, com pouca perda de resposta;
- trocar a imagem quando as visões forem alteradas, e assim por diante.

A figura 7.51 mostra a janela de apresentação do mapa dinâmico em dois momentos: visão diurna (a) e visão noturna (b). A apresentação delas depende do tipo de visão escolhida na última vez que o usuário selecionou. A escala para qualquer situação é a de vídeo e não a de impressão em papel. Pode-se notar também que nesse primeiro momento o estado da navegação é *Sem Navegação*, ou seja, parado.

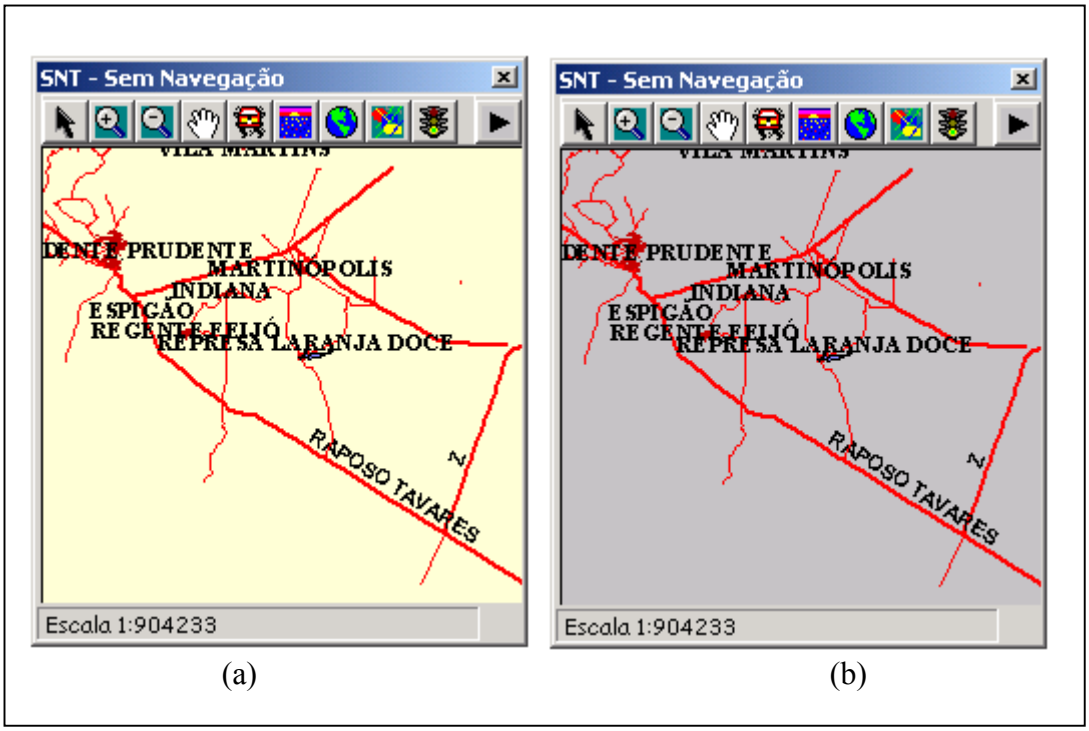


Figura 7.51 – Apresentação do mapa dinâmico

Nesse nível de visualização, os layers apresentados mostram as informações mais importantes ao contexto. Outros layers não são mostrados porque não são importantes nesta escala, ou porque não seriam legíveis, prejudicando a leitura do mapa. A toponímia das estradas se desloca sobre o mapa, na medida que o mapa se movimenta por causa da interação com o GPS, permitindo que os nomes das vias sejam mostrados com a mesma equivalência de comprimento do texto e da via.

A cor amarela claro para visão diurna foi a que obteve melhor resultado nos testes feitos em ambiente com muita iluminação, durante o dia, visto que além de enriquecer a estética, reflete menos luz que o branco, diminuindo o brilho do mapa. Além disso, ela dá a impressão de preenchimento, ou seja, de que há mais informação do que existe. Caso a base cartográfica dispusesse de muita informação, seria necessário utilizar a cor branca. Como existem muitos espaços vazios, em condições de muita luminosidade a tela do computador reflete muita luz prejudicando a visibilidade e a legibilidade do conteúdo do mapa.

Já a cor cinza em ambiente com pouca iluminação, durante a noite, foi a que obteve melhor resultado nos testes. Em ambientes escuros, os excessos de claridade proporcionados pelas cores branca e amarela claro prejudicam a visão do motorista e conseqüentemente a direção dele. A cor cinza é muito boa, visto que os softwares em geral e o sistema operacional a utilizam em todas as suas janelas. É importante reforçar que a noite, o painel do veículo, deve ter a menor quantidade possível de iluminação.

A tabela 87 mostra os botões do sistema, que podem ser acessados via mouse ou caneta. Cada um deles tem a seguinte função:

Tabela 87 - Botões das funcionalidades do sistema

	Ponteiro: desativa as demais funções.
	Zoom mais: aumenta o nível de visualização do mapa.
	Zoom menos: diminui o nível de visualização do mapa.
	Move mapa: movimenta o mapa.
	Mapa dinâmico: seleção de mapa móvel ou veículo móvel sobre o mapa.
	Visão: seleciona a visão diurna ou noturna.
	Vista: seleciona a vista ampliada ou reduzida.

Continua...

Continuação.

	Legenda.
	Ativa a navegação.
	Interrompe a navegação.
	Cancela a navegação.
	Muda a barra de ícones – botões.
	Distância: cálculo de distância.
	Posição: recuperação de uma posição no mapa.
	Identificação: identifica algum elemento do mapa.
	Configuração do sistema: configura elementos do mapa e do sistema.
	Histórico: permite a navegação de uma rota já percorrida.
	Ajuda: auxílio de utilização do sistema.
	Fechar tudo: Encerra a aplicação.

Qualquer função pode ser recuperada durante a navegação do veículo, no mapa. Com exceção ao cálculo de distância, a posição dele será sempre desenhada independente da realização das operações. Um atraso poderá ocorrer caso a operação consuma muito recurso do sistema operacional, como é o caso da troca de imagem quando passar de visão diurna para noturna. A figura 7.52 mostra os módulos gerais de funcionamento do sistema.

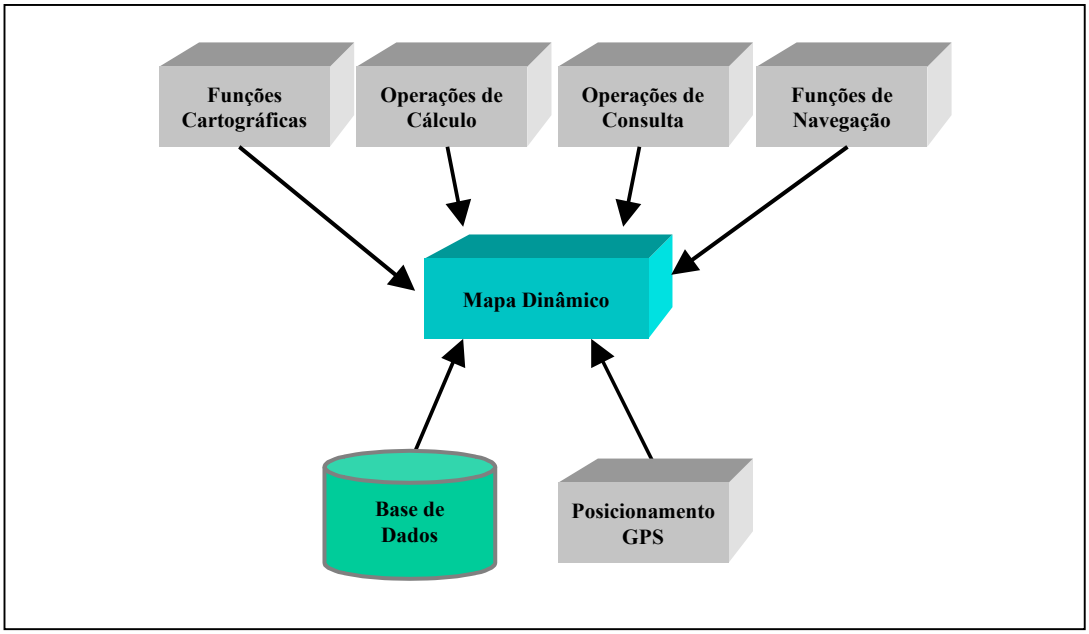


Figura 7.52 – Interação entre as funcionalidades do sistema

A descrição a seguir explora as funcionalidades do sistema com base na colocação feita por Morita (1993):

FASE DE PLANEJAMENTO, ANTES DA VIAGEM

Nessa fase o motorista pode utilizar funções básicas de localização, identificação e medição de distâncias, assim como ativar ou desativar certos elementos da legenda possibilitando fazer um prévio reconhecimento do roteiro de sua viagem. Nada impede que esses recursos possam ser utilizados durante ou depois da viagem. Segue, abaixo, uma descrição das funcionalidades que mais interessam neste momento:

Zoom mais: permite aumentar o nível de visualização de uma determinada região de interesse. Pressionando-se o mouse (ou a caneta) sobre o local de interesse, arrastando e liberando depois de definido o retângulo transparente, obtém-se o resultado, figura 7.53 (a) e (b);

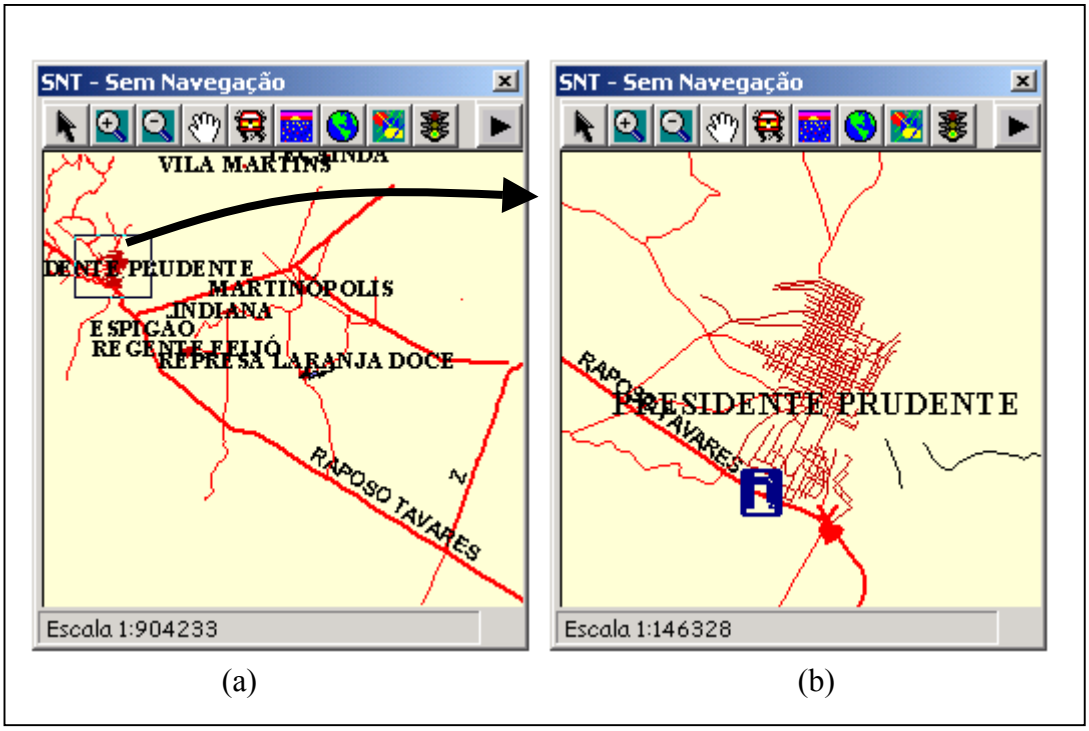


Figura 7.53 – Aumentando o nível de visualização

Zoom menos: diminui o nível de visualização de uma determinada região. Pressionando-se o mouse (ou a caneta) sobre o local de interesse e liberando em seguida obtém-se o afastamento da região;

Move mapa: movimenta o mapa na tela do computador. Pressionando o mouse (ou a caneta) sobre o mapa e arrastando para o local que deverá ser visualizado e o liberando em seguida é possível mover e mostrar a área. Veja exemplo da figura 7.54 (a) e (b), onde o mapa foi arrastado para o lado superior esquerdo.

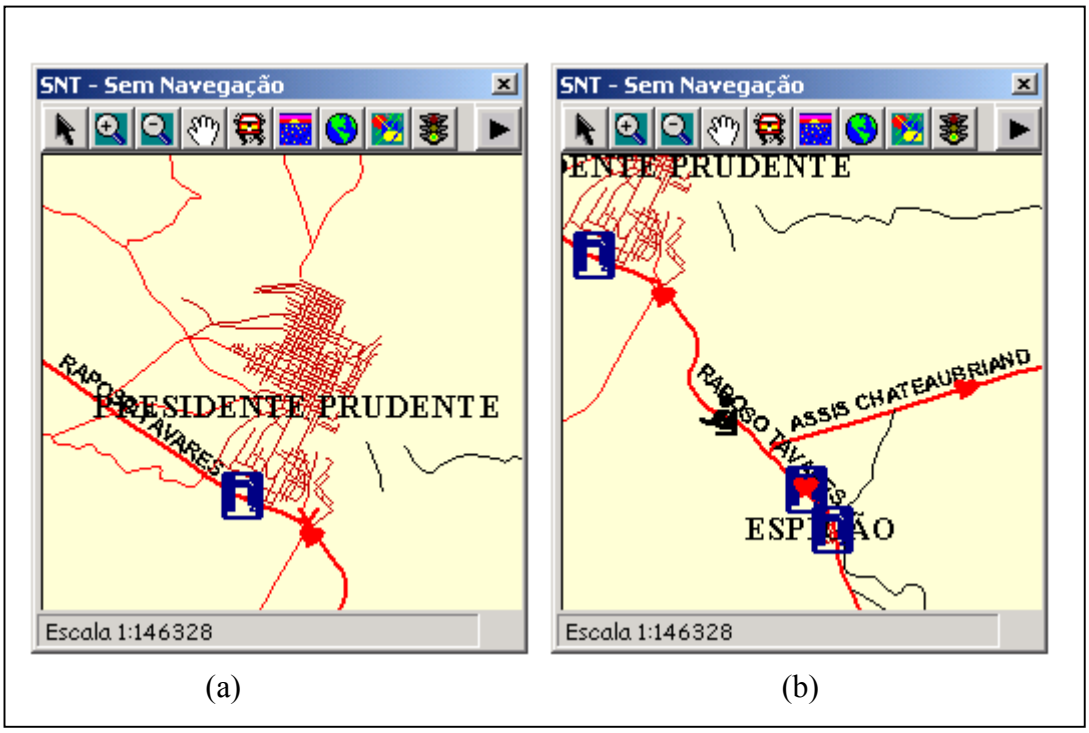


Figura 7.54 – Utilizando move mapa

Identificação: identifica elementos do mapa, informando os seus valores de atributos. Pressionando o mouse (ou a caneta) sobre o elemento, aparece uma janela para seleção dos elementos localizados, veja 7.55 (a) e (b).

Essa busca é feita através de um valor que é determinado por um raio. A janela de configurações possui recurso para mudá-lo, figura 7.70.

Escolhendo um deles os seus valores são mostrados na parte inferior. Caso ele tenha alguma imagem associada, um botão chamado *Imagem* estará visível; clicando nele, figura 7.55 (b), ela será exibida, como mostra a figura 7.56 (b).

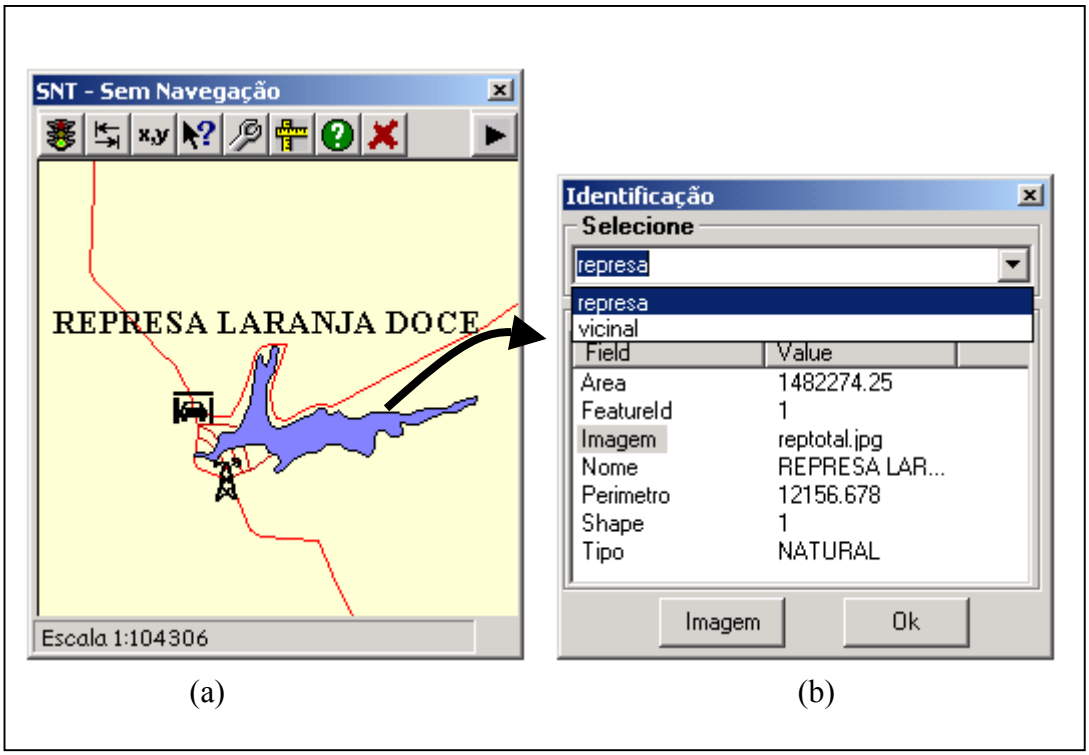


Figura 7.55 – Identificando elementos

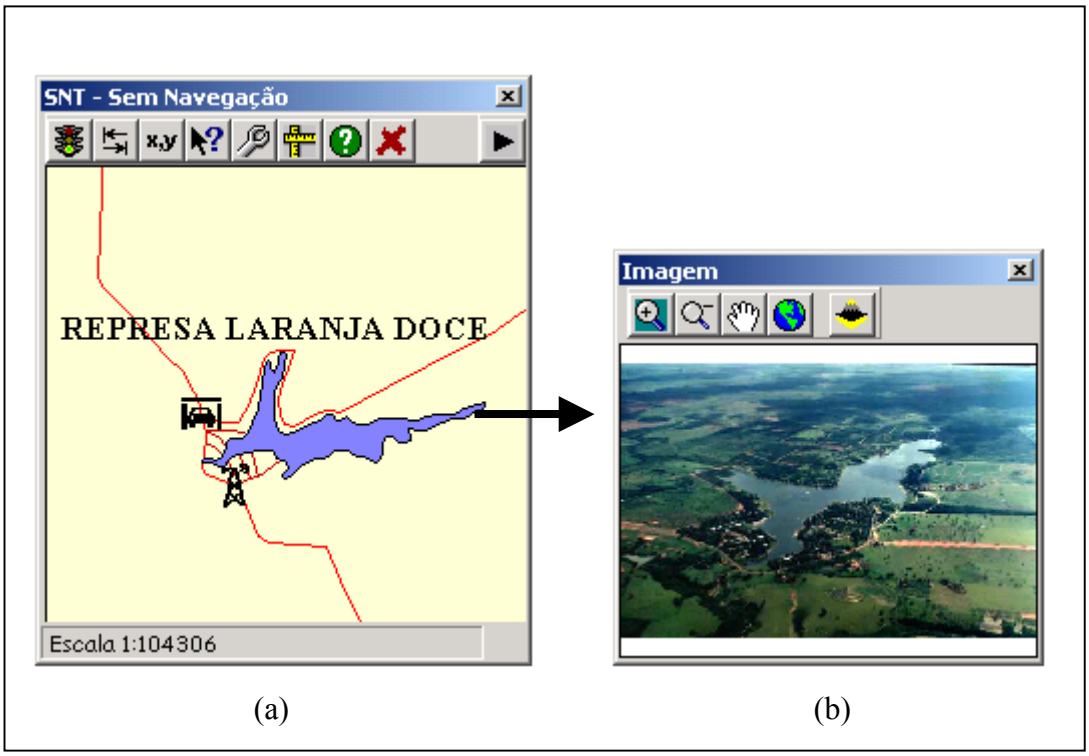


Figura 7.56 – Visualizando a imagem de um local turístico do mapa

Na janela de visualização da imagem aparecem alguns botões básicos. Com eles podem ser realizados: *zoom mais* e *menos*, *pan* e *visualização da extensão total*.

FASE DE PLANEJAMENTO, DURANTE A VIAGEM

Nesse momento, todos os recursos poderiam ser obtidos, com exceção dos arquivos de histórico.

Histórico de Rotas: contém a descrição das rotas percorridas. Elas podem ser desenhadas e apagadas no mapa, carregadas para navegação (simulação). A figura 7.57 mostra a janela de histórico de rotas.

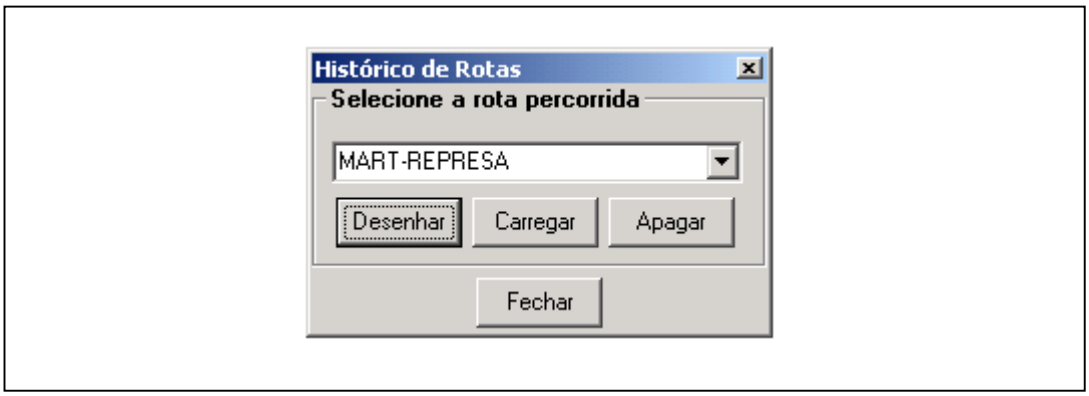


Figura 7.57 – Histórico de rota

A rota desejada deve ser selecionada na lista e, em seguida ela pode ser desenhada, como mostra os resultados das figuras 7.58, em (a) visão diurna e em (b) visão noturna, respectivamente.

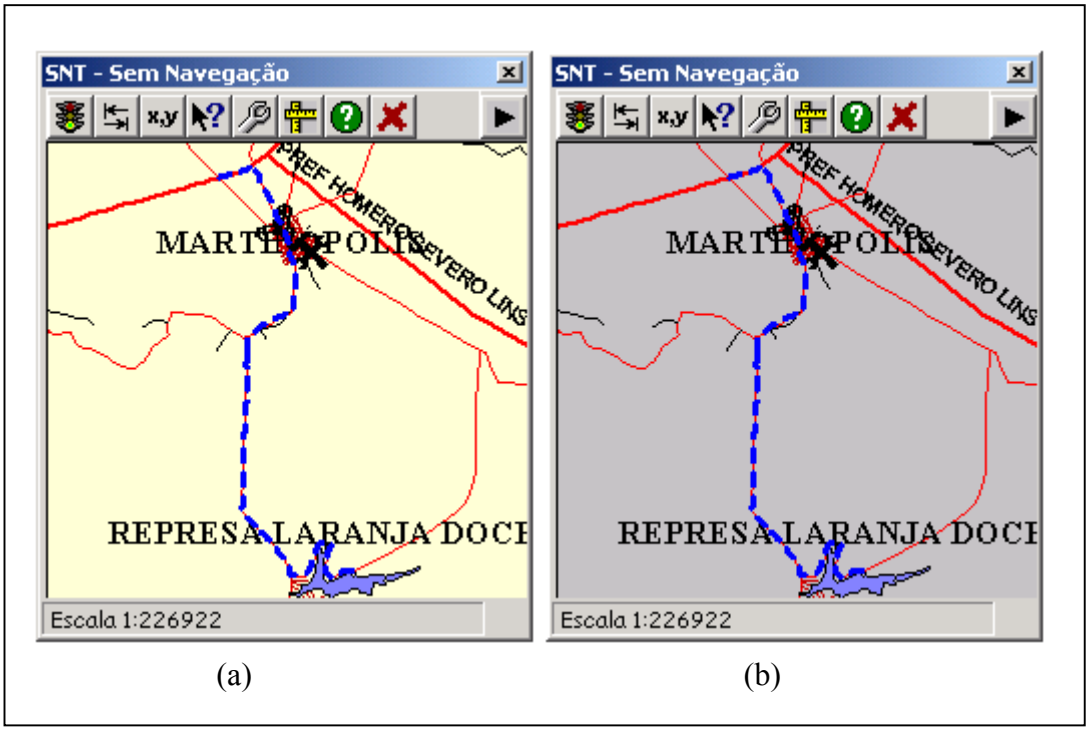
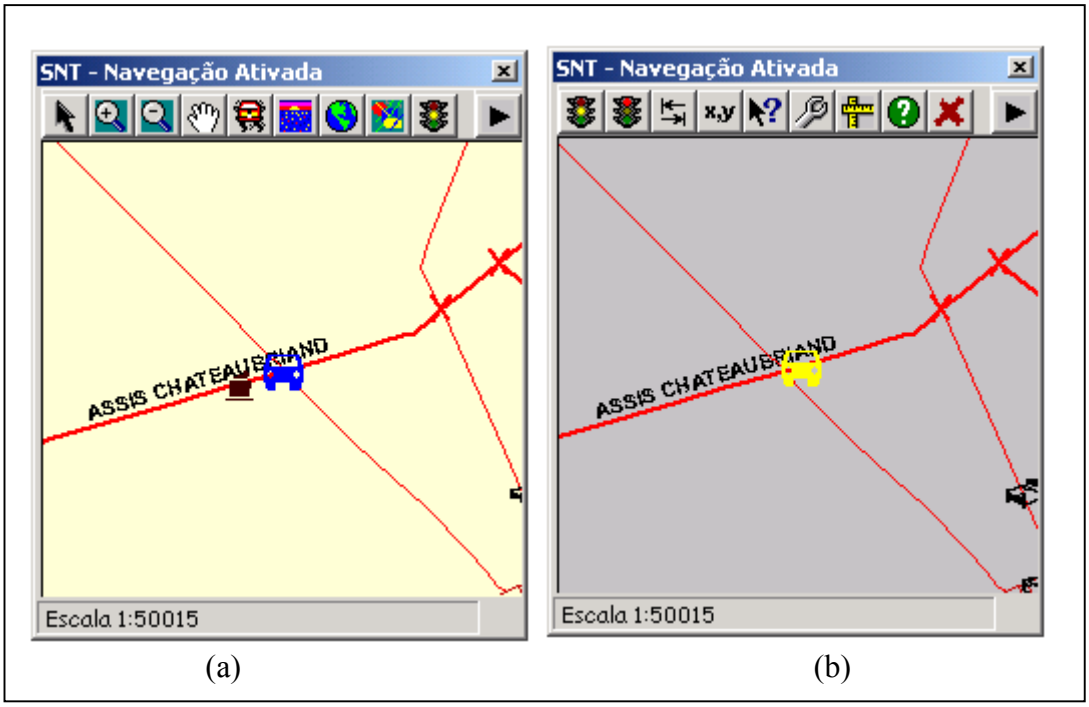


Figura 7.58 – Resultado do desenho de rota

Nas figuras 7.58 (a) e (b), pode-se notar que a extensão do mapa foi exibida para a extensão da rota, independente do tamanho dela. Isso ocorre depois de clicado no botão *Desenhar*, figura 7.57. Depois de desenhada, ela fica carregada no mapa. Caso a navegação seja ativada, ela continuará sendo exibida e o veículo também será mostrado. Para apagá-la do mapa, a janela *Histórico de rotas* deve ser acessada novamente e o botão *Apagar* deve ser invocado. Caso ela seja utilizada somente para simulação da navegação e não para desenho, pode-se utilizar o botão *Carregar*.

Depois que a rota estiver carregada, a navegação pode ser iniciada.

Ativa a navegação: inicia a navegação mostrando a extensão do mapa para a região do veículo com escala aproximada de 1:50.000, conhecida como *Vista Ampliada*, a qual será descrita mais adiante. A figura 7.59 (a) mostra a navegação em visão diurna e a figura 7.59 (b) mostra a navegação em visão noturna.



(a) (b)

Figura 7.59 – Navegação ativada

Visão: permite escolher uma configuração de mapa dependendo das condições de luminosidade do ambiente.

As figuras 7.59 (a) e (b) mostram o resultado da seleção feita quando configurada a janela de visão, como mostra a figura 7.60.

Figura 7.60 – Selecionando o tipo de visão

Mapa dinâmico: a opção de *mapa móvel* é utilizada para posicionar o veículo no centro do mapa, enquanto o mapa se desloca. Já a opção de *veículo móvel*

permite ao veículo se deslocar sobre o mapa parado. A figura 7.61 mostra a janela de configuração do mapa dinâmico.

Figura 7.61 – Selecionando funções de mapa e veículo dinâmico

A figura 7.62 (a) mostra o resultado da escolha de *mapa móvel*, onde o veículo permanece no centro e o mapa se movimenta para os lados de acordo com o deslocamento dele. A figura 7.62 (b) mostra a opção de *veículo móvel* o qual o mapa fica parado e o veículo se movimenta sobre ele até encostar próximo à borda, quando isso acontece o veículo é posicionado para o centro do mapa e continua se movimentando de acordo com as coordenadas recebidas.

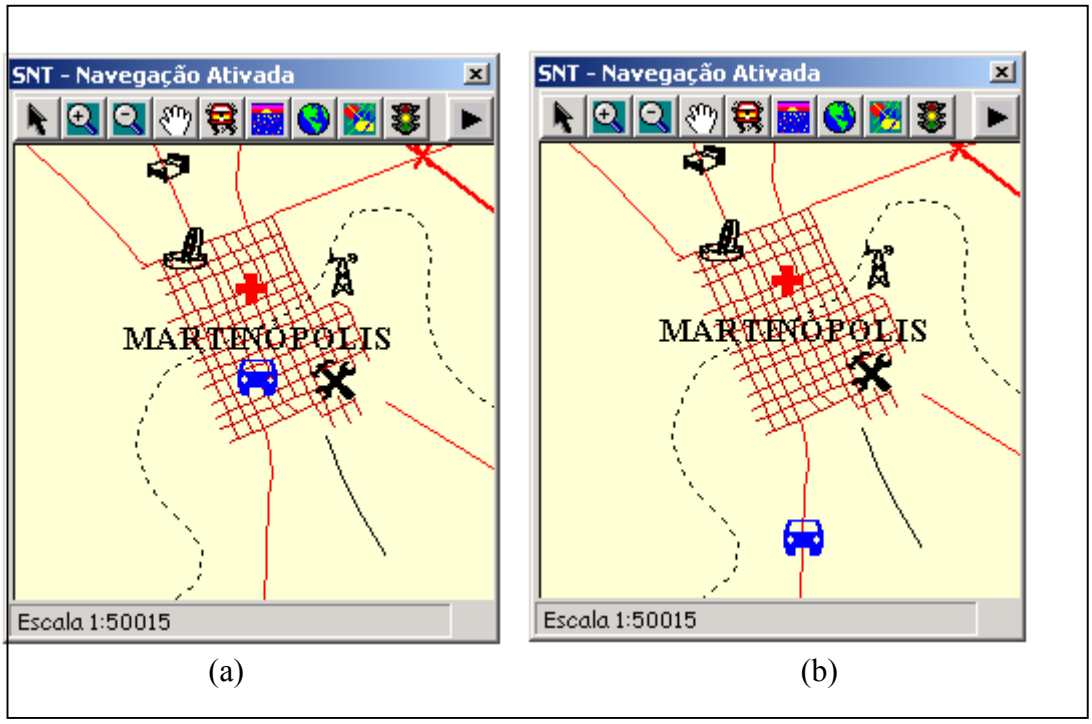


Figura 7.62 – Exibição de mapa móvel e veiculo móvel

Vista: considera-se *vista ampliada* aquela que apresenta escala aproximada de 1:50.000, como mostra a figura 7.64 (a), pode-se *reduzi-la* a uma escala aproximada de 1:300.000, figura 7.64 (b). A figura 7.63 mostra a janela de configuração do tipo de vista. A vantagem é poder aumentar e diminuir o nível de visualização para encontrar detalhes próximos do veículo ou ter uma vista geral do local.

Figura 7.63 – Selecionando o tipo de vista

Neste momento é importante observar que nem tudo que foi exibido na vista ampliada é mostrado na vista reduzida. Esse processo, como visto anteriormente, é conhecido como *generalização cartográfica de temas* e seus intervalos foram definidos na tabela 2.

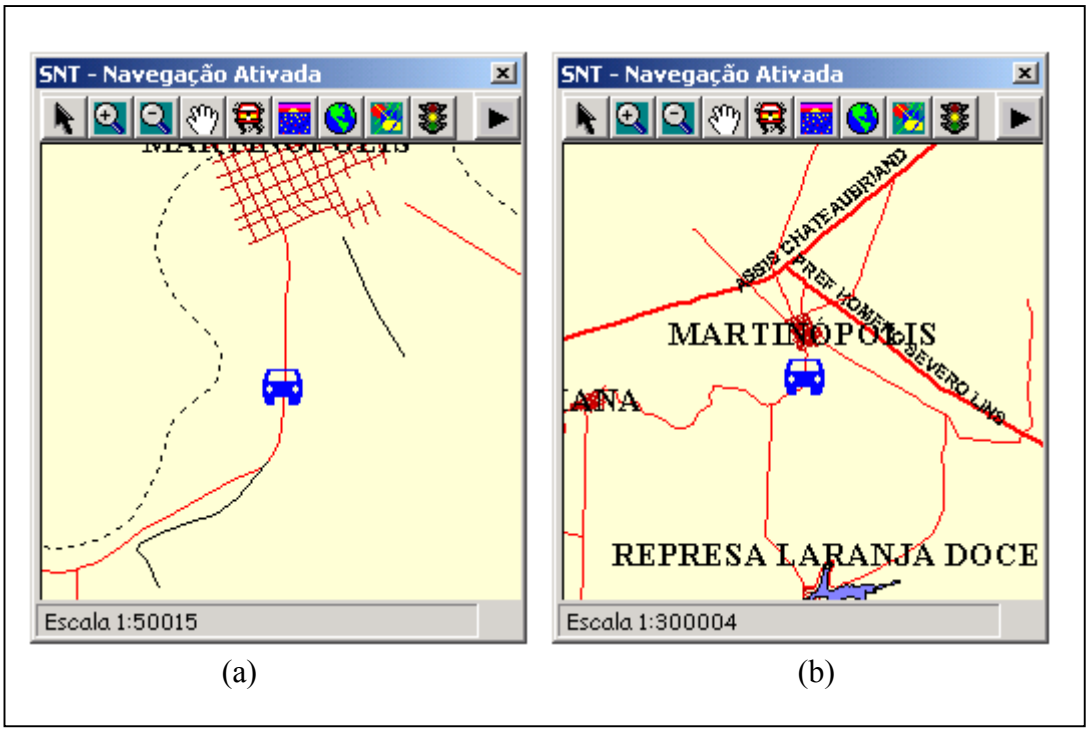


Figura 7.64 – Vista ampliada e reduzida

Legenda: permite exibir ou esconder os temas do mapa. A legenda é composta de uma janela com vários temas para exibição. Caso estejam selecionados eles serão mostrados na medida que a área da base dispor de informação e estiverem dentro do intervalo válido de visualização estabelecido no projeto cartográfico, tabela 2.

A figura 7.65 (a) mostra uma das abas da legenda e, (b) mostra a outra parte dela. Decidiu-se por essa forma de representação porque nem todos os elementos cabiam dentro da mesma aba. Além disso, o uso de um componente de desenvolvimento chamado *TreeView*, parecido com a árvore de pastas do *Windows Explorer* (posicionado do

lado esquerdo da janela) obrigaria o usuário deslizar a barra de rolagem para recuperar temas que estivessem escondidos, podendo dificultar o acesso aos itens.

É importante lembrar que o sistema deve responder rapidamente as "questões", pertinentes, que o motorista solicitar. Caso contrário a sua utilização poderia frustrar as expectativas.

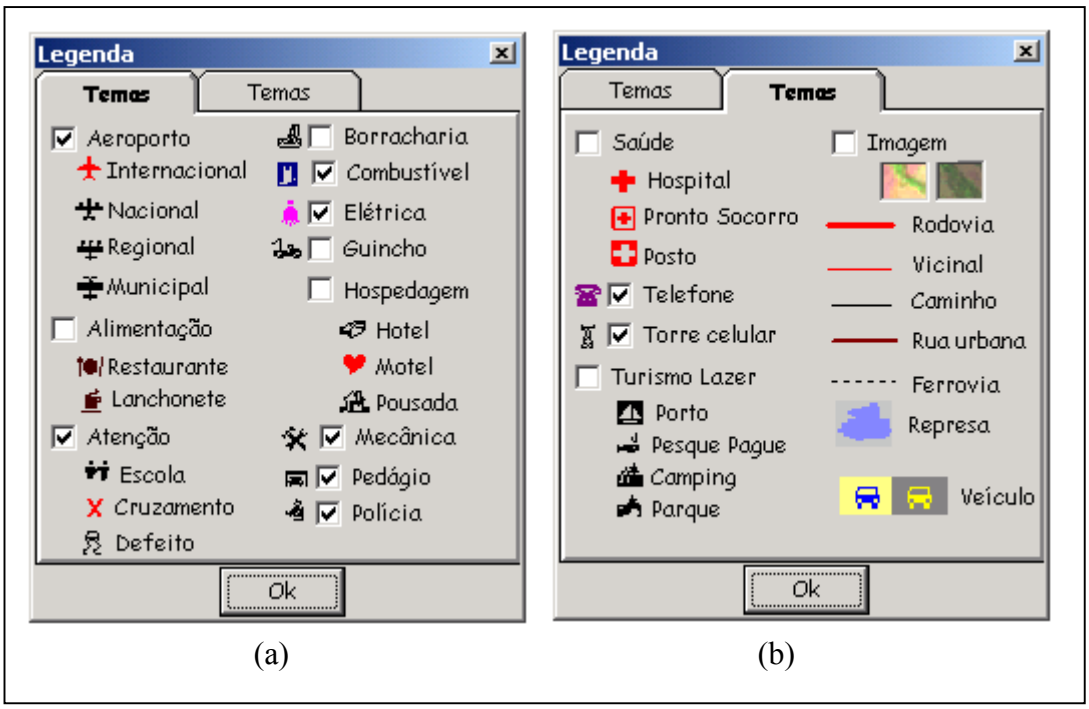


Figura 7.65 – Legenda

A figura 7.66 mostra duas situações do mapa em visão diurna: em (a) sem imagem e, em (b) com imagem. As figuras 7.67 (a) e (b) mostram as mesmas situações, porém, em visão noturna. Essa configuração foi realizada na legenda. É importante notar que, nesta área, a base dispõe de imagem.

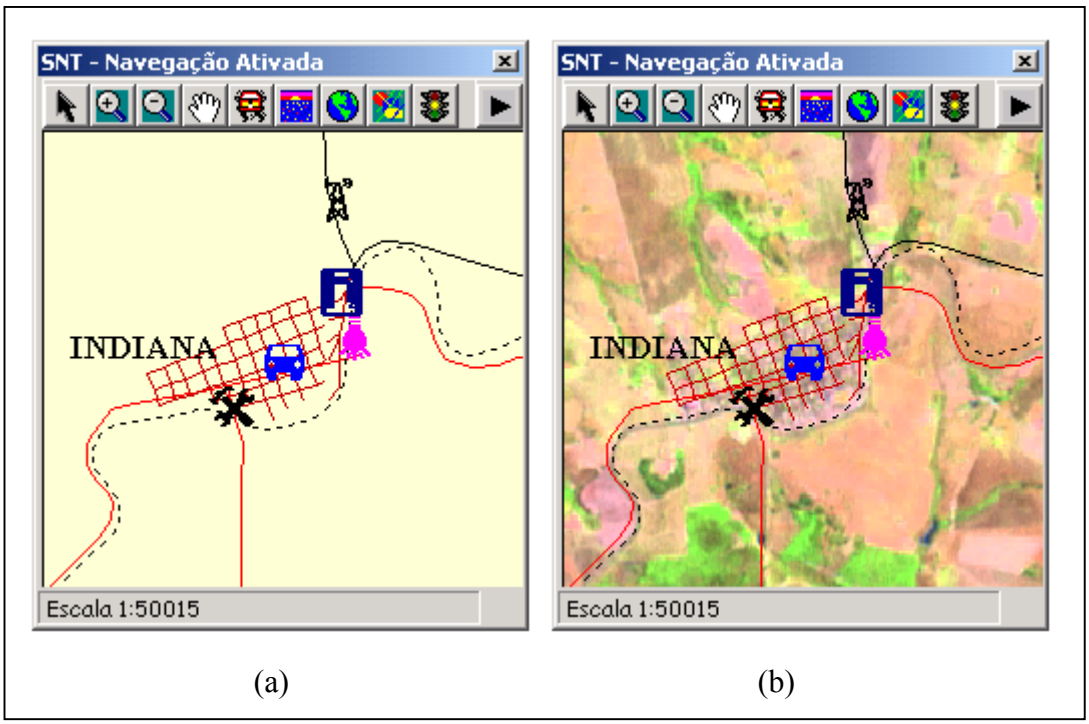


Figura 7.66 – Mapa com e sem imagem de fundo – vista diurna

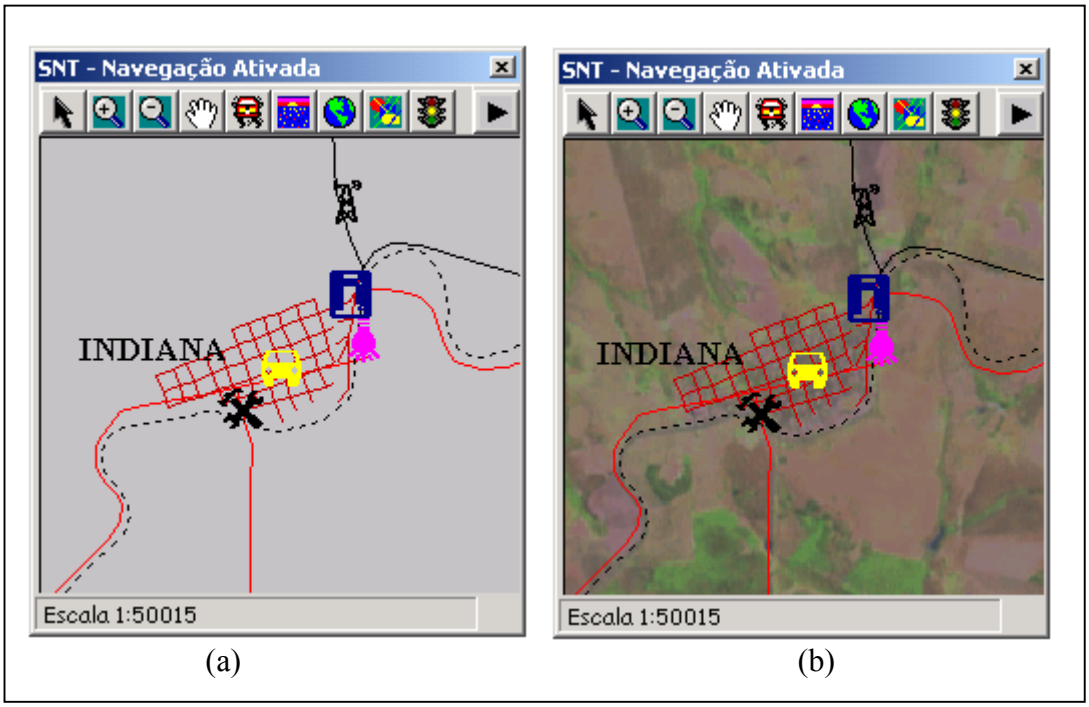


Figura 7.67 – Mapa com e sem imagem de fundo – vista noturna

Quando se tratar de características do uso do solo, verifica-se que a presença de imagem parece contribuir para o acréscimo de informação no mapa. Essa imagem que passou por um tratamento, tem resolução de dez metros, no terreno. Imagens de maior resolução espacial podem ajudar mais na obtenção de informações. Entretanto, percebe-se que os símbolos da figura 7.66 (a), têm mais contrastes com o fundo do mapa que os símbolos mostrados na figura 7.67 (a) e o mesmo ocorre para as figuras 7.66 (b) e 7.67 (b). Além disso, o mapa apresentado na figura 7.66 (a) é mais legível que o da figura 7.66 (b) e o mesmo ocorre para as figuras 7.67 (a) e 7.67 (b). Para contornar este problema deve ser realizado testes e aprimoramentos no projeto cartográfico.

Distância: retorna o valor da distância entre dois locais. No exemplo da figura 7.68, o veículo está a uma certa distância de um posto de combustível e o motorista deseja obter o valor dela. Ativando essa função, pressiona-se o mouse (ou a caneta) sobre o mapa no ponto de origem continuando no segmento de interesse até o destino (linha tracejada em azul). Com um duplo clique interrompe-se a função e, imediatamente é mostrada uma janela de diálogo informando a distância aproximada.

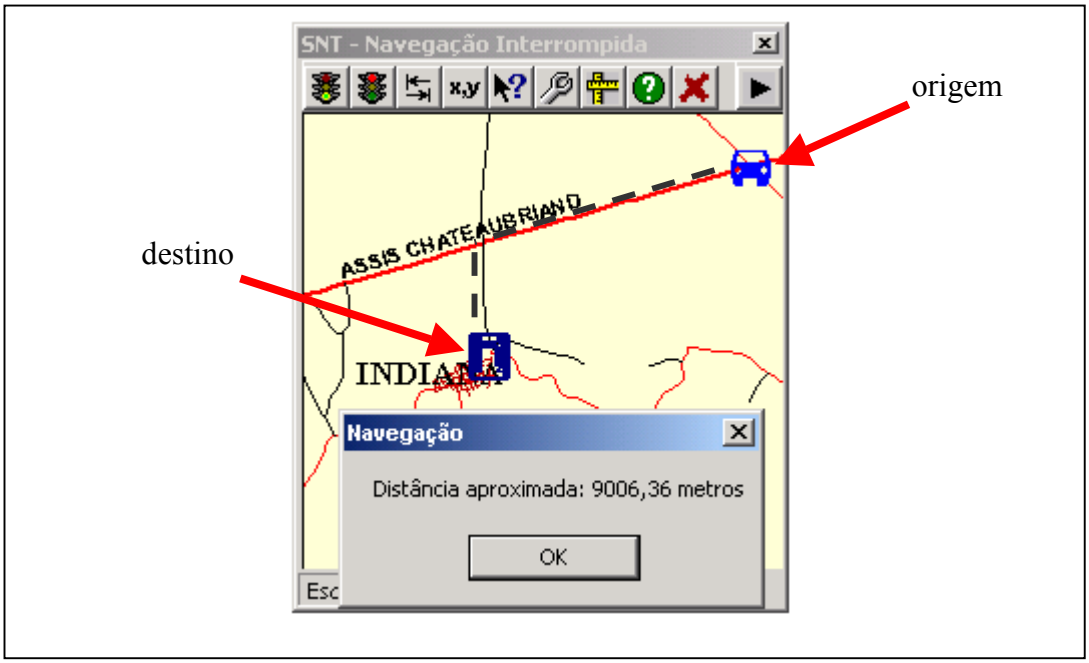


Figura 7.68 – Resultado da operação de distância

Posição: permite ao motorista saber qual é a posição aproximada de um determinado local. Selecionando essa opção e clicando sobre o mapa, recupera-se as coordenadas. A figura 7.69 mostra a posição aproximada do Aeroporto Internacional de Presidente Prudente.

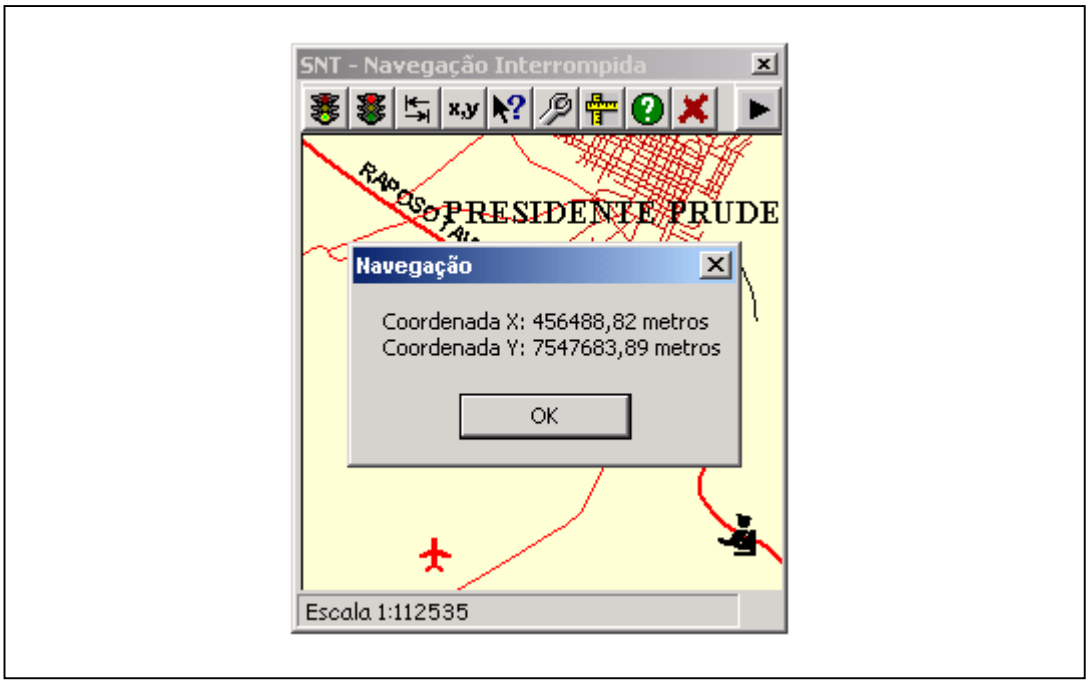


Figura 7.69 – Resultado da operação de posição

Configuração do sistema: configura algumas propriedades da navegação, do mapa e do sistema, figura 7.70.

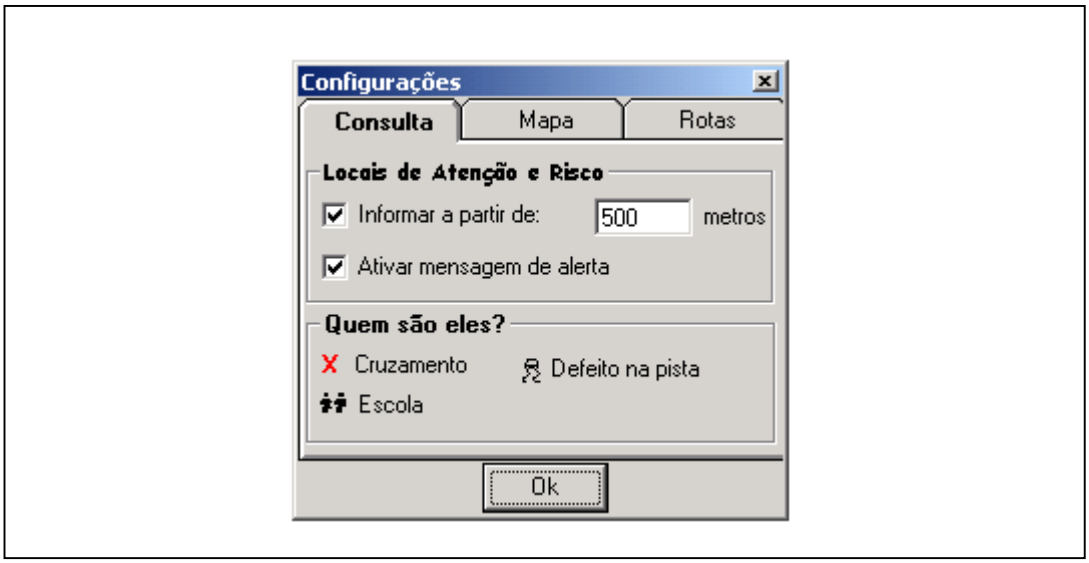


Figura 7.70 – Gerenciamento de consulta

É possível mostrar áreas de *atenção e risco* a partir de uma distância pré-determinada (neste caso está fixada em 500 metros). Foi escolhido esse valor porque é o mais utilizado em vias bem sinalizadas, que por sua vez informam através de *sonorizadores* e placas de sinalização.

As figuras 7.71 (a) e (b) mostram a exibição dessa área numa visão diurna em (a) e visão noturna em (b). De acordo com a figura 7.70, a opção *Ativar mensagem de alerta* está ativa. No momento que o veículo entra na área de atenção e risco, uma mensagem sonora intermitente começa a tocar. A cada dois segundos o veículo recebe uma nova posição e o som é ativado, informando ao motorista que ele está numa região que deverá prestar mais atenção na sua direção. Em viagens de período noturno, essa ferramenta, quando ativada, se torna importante quando o motorista não conhece esses locais, pois a qualquer momento ela é acionada chamando a atenção dele.

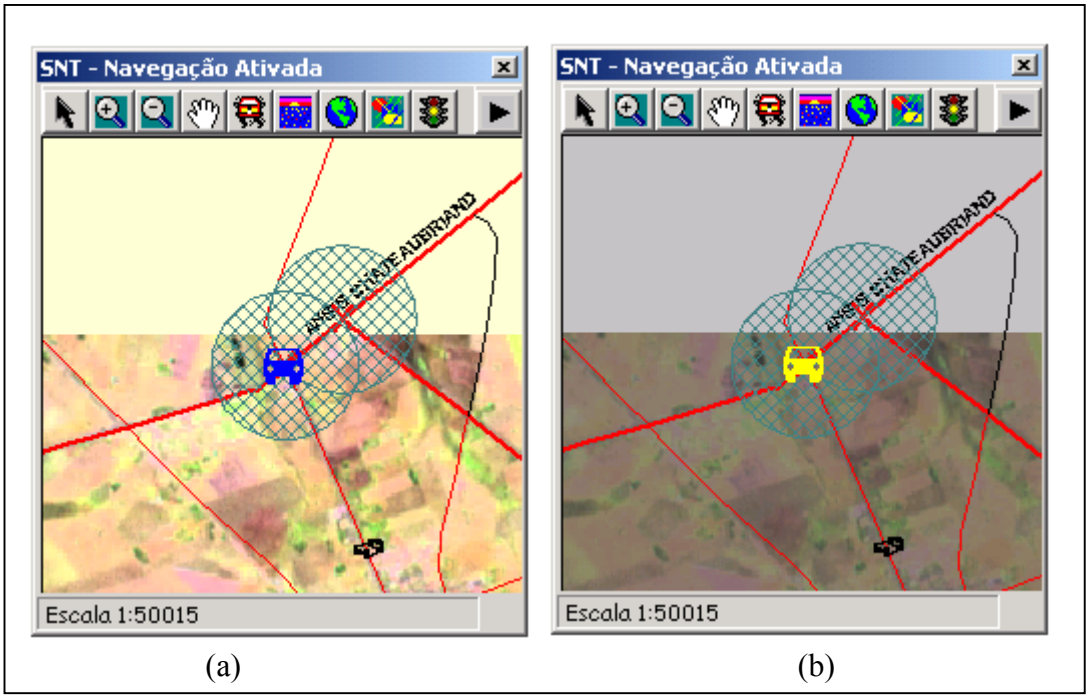


Figura 7.71 – Visualização dos locais de atenção

Quanto à barra de rolagem do mapa, verifica-se que ela pode ser ativada a qualquer momento. Basta checar a opção *Manter ativa*, como mostra a figura 7.72.

Figura 7.72 – Configuração do mapa

O resultado da barra de rolagem ativa é mostrado na figura 7.73, nos lados direito e inferior do mapa. Isso pode ser útil quando a navegação estiver interrompida ou cancelada e o motorista desejar deslocar o mapa para qualquer lado. Outra utilidade é que elas indicam a quantidade de área mapeada para cada lado do mapa. Quanto mais próxima de um dos cantos, a barra de rolagem estiver, conseqüentemente, mais próximo da região limite de mapeamento. Por isso, pode ser importante o usuário verificar se o mapa tem a informação necessária para que ele possa realizar a navegação com tranqüilidade.

Como área de busca para identificar elementos, utiliza-se o *valor para identificação de elementos*. Escolhendo o botão e clicando sobre o elemento pode-se obter resultados parecidos com aqueles mostrados nas figuras 7.55 (b) e 7.56 (b).

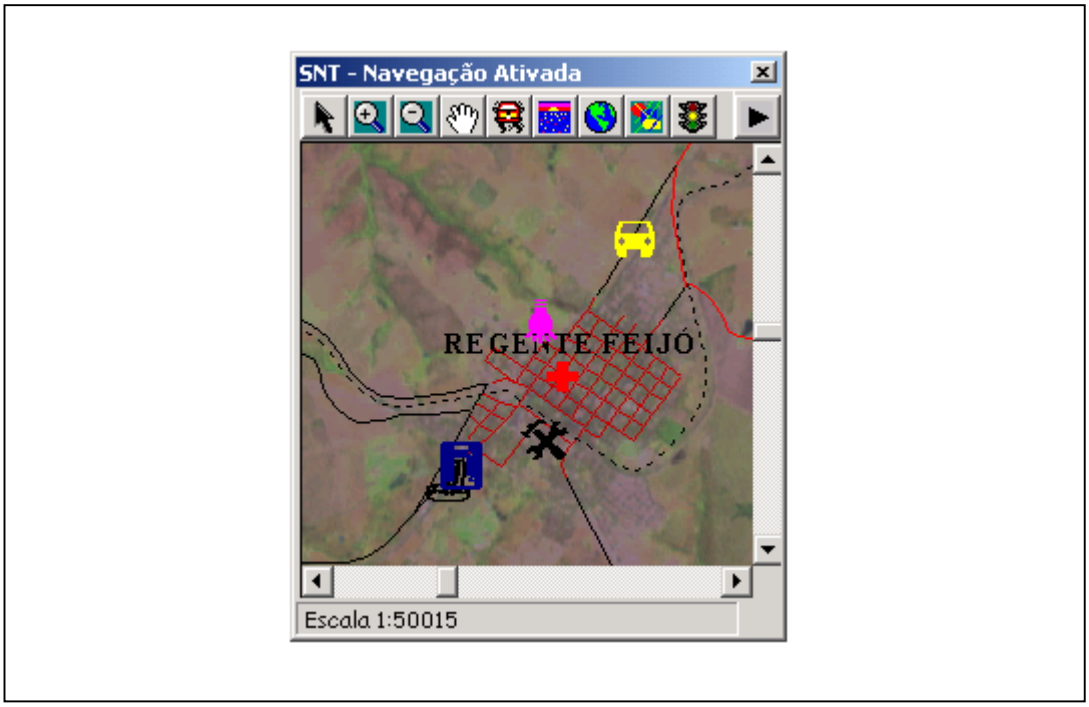


Figura 7.73 – Barra de rolagem ativa

Uma janela de gerenciamento de rotas está disponível para que algumas funções sejam realizadas, dentre elas a inclusão e a remoção de rotas. A gravação só faz

parte do projeto. As funcionalidades de gerenciamento de rotas são mostradas na figura 7.74.

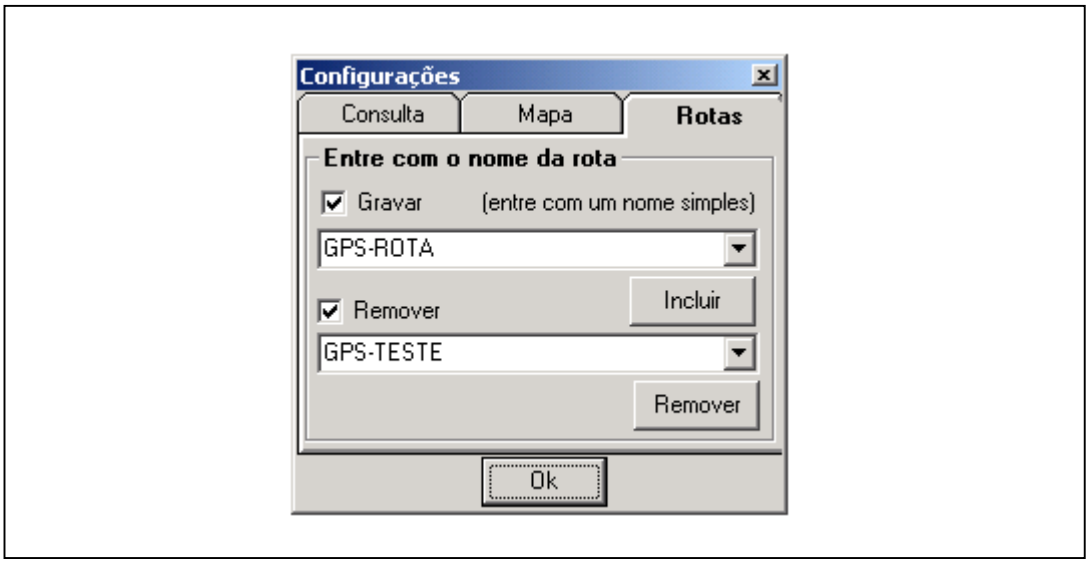


Figura 7.74 – Gerenciamento de rotas

Outras funções que merecem destaque são os recursos cartográficos: legenda com simbologia compatível com a do mapa; toponímia de cidades e estradas; generalização cartográfica de temas, de acordo com o aumento e a diminuição do nível de visualização; posicionamento automático dos nomes das vias na medida que o veículo se desloca e o mapa se movimenta.

FASE DEPOIS DA VIAGEM

Nesta fase podem ser obtidas todas as funcionalidades citadas anteriormente, através do recurso de histórico.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento do mapa dinâmico que representa informações geográficas de uso público foi realizado como pretendido. A mídia eletrônica do tipo *palmtop* foi considerada como recurso de representação da informação e o projeto cartográfico foi elaborado de acordo com a necessidade de um usuário motorista, leigo em cartografia. Por isso, os símbolos projetados foram sempre aqueles que mais se assemelham às funções e aos perfis dos elementos.

A modelagem do sistema contemplando as visões estática, dinâmica e funcional permitiram maior facilidade na implementação do sistema. Além disso, poderão ser utilizadas para outras atividades de melhoria ou manutenção. A tarefa de análise do sistema demonstrou-se muito importante. A escolha do método de modelagem tornou mais produtivo o trabalho do analista e do programador. A utilização de técnica de modelagem orientada a objetos pareceu mais intuitiva, já que os objetos passaram a ter características e serviços, resultando em um modelo mais próximo da realidade.

Embora as rodovias e ferrovias não tenham utilizado símbolos de linhas duplicadas e interceptadas, respectivamente; as melhores respostas proporcionadas pelo mapa dinâmico estão relacionadas com o resultados da generalização de temas e de símbolos pontuais e, também com os recursos de mapa e veículo dinâmico, uma vez que elas são respondidas automaticamente, de acordo com a solicitação do usuário.

O maior problema encontrado em pequenas escalas foi o agrupamento de símbolos, de determinadas classes, que por vez estão muito próximos uns dos outros, formando borrões. A solução parcial recomendada é a elaboração de um manual do usuário que o oriente a exibir detalhes que mais interessam à sua viagem, naquele momento. Outra

solução parcial é aumentar a escala. Porém, dependendo do local onde se encontra no mapa, esta segunda alternativa faz perder algumas informações do contexto do mapa rodoviário.

Considerando a mídia de desenvolvimento, verificou-se que a imagem de satélite com cerca de vinte megabytes provoca um pequeno *flash* no mapa e, o tempo de dois segundos para a atualização do veículo e do mapa foi suficiente para que todos os procedimentos funcionais fossem realizados. Em termos visuais, a melhor solução encontrada para representar o veículo em movimento foi utilizar a opção de *veículo móvel*, sem ativar a opção de imagem de satélite. A partir dessas considerações a atualização fica somente para o veículo e não para todo o mapa, diminuindo o efeito de "redesenho". Graças aos recursos de animação a necessidade de localizar o veículo sobre o mapa foi solucionada.

É necessário que sejam feitos testes em um *palmtop* antes de colocar o sistema em funcionamento, para indicar se o tempo de dois segundos é aceitável ou não. Caso não seja, pode ser necessário aumentar o tempo de atualização do veículo.

A rápida implementação se deve à utilização do uso de bibliotecas de classes de objetos geográficos. Foram gastas cerca de cento e vinte horas para desenvolver o projeto da interface com o usuário e a elaboração das funções. Para completar o trabalho resta torná-lo funcional, implementando funções para busca de dados diretamente na porta serial, através da biblioteca *Mscomm* do Visual Basic.

Embora os objetivos propostos tenham sido atingidos para o tipo de usuário pretendido, é importante verificar e destacar atividades que ainda poderão ser realizadas. Apesar de não terem sido previstas no modelo, elas podem ser necessárias a um outros usuários através de aplicações mais específicas:

- planejamento de viagem para otimização de rotas, possibilitando verificar se o realizado está sendo feito como o planejado;
- elaboração de projeto cartográfico para navegação urbana. Nesse caso representar áreas urbanas com mais detalhes, incluindo endereços de ruas e imóveis,

implicando no desenvolvimento de projeto de banco de dados geográfico e representação cartográfica para esse nível de detalhe;

- deslocamento do veículo sobre as vias, em navegação urbana;
- utilização de *Filtros de Kalman* para cálculos de predição, possibilitando o deslocamento constante do veículo sobre o mapa;
- implementação de rotação do mapa e do veículo através dos dados recebidos, ou do arquivo de histórico ou da porta serial, no formato NMEA;
- desenvolvimento de bibliotecas, através de linguagem de baixo nível, para representação de linhas duplicadas para rodovias e interceptadas para férreas;
- atualização da base cartográfica via recursos de internet, utilizando as bibliotecas *Microsoft Internet Transfer Control* e *Winsock Control*;
- disponibilização de mais detalhes na base de dados, inclusive aquelas que tratam de vias, serviços automotivos e turismo e lazer;
- desenvolvimento de funções de generalização cartográfica para agrupamento e deslocamento de símbolos muito próximos;
- utilização de objetos *TrackingLayer* e *GeoEvent* para diversas funcionalidades relacionadas com navegação, como por exemplo: a exibição da rota do veículo, no mapa, de acordo com o seu deslocamento em "tempo real"; representação de diversos veículos possibilitando realizar análises de monitoramento;
- avaliação da visualização proposta, ou seja, o mapa dinâmico e sua capacidade de transmitir informações a motoristas, graças aos recursos de visualização cartográfica.
- implementação de *roteamento*, possibilitando encontrar as melhores rotas, por exemplo: mais curtas, mais rápidas, mais acentuadas (em relação à declividade do terreno), etc; possibilitando, também, localizar pontos de parada para descanso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRIL. **Guia Rodoviário Quatro Rodas**. São Paulo, 1999.

ABRIL. **Guia Rodoviário Quatro Rodas**. São Paulo, 2000.

BERTIN, J.; GIMENO, R. **A lição da cartografia na escola elementar**. Boletim Goiano de Geografia. Goiânia: UFG, vol. 2, nº 1, 1982.

BERTIN, J. **Teoria da comunicação e teoria gráfica**. In: Melanges Charles Morazé. Tradução de Marcelo Martinelli, 1978.

BLOK, C. Testing symbols on a Dutch Tourist Map, Scale 1:50000. Enshede: **ITC Journal**, 1987.

BORDENAVE, J. E. D. **Além dos meios e mensagens: Introdução à comunicação como processo, tecnologia, sistema e ciência**. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 1984. cap. 1, p.11-34.

BORGES, K.; DAVIS C. ***Modelagem de Dados Geográficos***. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br> Acesso em 01 out. 2001.

BOS, E. S. Cartographic Symbol Design. Enshede: **ITC Journal**, 1984.

CASH COMPUTADORES. **Nazareh**. Disponível em : <http://www.cashcomputadores.com.br/>. Acesso em: 01 jun. 2002.

COLEMAN, D. **Desenvolvimento orientado a objetos: o método Fusion**. Rio de Janeiro: Campus, 1996. 388 p.

COAD, P., YOURDON, E. **Análise baseada em objetos**. 2 ed.
Tradução: CT Informática. Rio de Janeiro: Campus, 1996. 224 p.

COAD, P., YOURDON, E. **Projeto baseado em objetos**. 2 ed.
Tradução: CT Informática. Rio de Janeiro: Campus, 1996. 224 p.

DECANINI, M. M. S. Standardization in Tourist Town Plans. Enshede: **ITC Jornal**, 1987.

DECANINI, M. M. S.; IMAI, N. N. Mapeamento na Bacia do Alto Paraguai: Projeto e Produção Cartográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, p. 65-75, 2001.

ESRI. **ArcPad e MapObjects**. Disponível em: <http://www.esri.com/>. Acesso em: 01 ab. 2003.

FERREIRA da Silva, L. F. C. **Avaliação e Integração de Bases Cartográficas para Cartas Eletrônicas de Navegação Terrestre**. São Paulo, 1998. Tese de Doutorado.

Departamento de Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FERREIRA, A. B. H. Novo Dicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

GOMES, J., VELHO, L. Computação gráfica: Imagem. Rio de Janeiro: IMPA/SBM, 1994.

HASEGAWA, J. K., GALO, M., MONICO, J. F. G., IMAI, N. N. Sistema de Localização e Navegação apoiado por GPS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. 1999, Salvador: **Anais** ... Rio de Janeiro, SBC, 1999. CDROOM.

IMAI, N. N. **Atualização de Informações Cartográficas**. São Paulo, 1996. Tese de Doutorado. Departamento de Geografia: Universidade de São Paulo.

JOLY, F. **A Cartografia**. Campinas: Papirus. 1990.

KEATES J. S. ***Understanding Maps***. London: Longman, 1982.

KOLÁCNY, A. Cartographic information - a fundamental term in modern cartography. **Cartographic Journal**, London ,v. 6, p.47-49, 1969.

MARTIN, J. **Princípios de Análise e Projeto Baseado em Objetos**. Rio de Janeiro: Campus. 1994.

MARTINNELLI, M. **Curso de Cartografia Temática**. São Paulo: Contexto. 1991.

MORITA, T. Grading of the Map Functions in Navigation System. In: 16TH INTERNACIONAL CONFERENCE., 1993. Cologne – Koln. Internation Cartographic Association. 1993.

MacEachren, A.M.; Kraak, M. Exploratory cartographic visualization: advancing the agenda. **Computers & Geosciences**, vol.23. n. 4, p. 335-343, 1997.

MORRISON, J. Towards a functional definition of the science of cartography. **The American Cartographer**, v.5, 1978.

NASSU, E. A. Setzer, V. W. **Banco de Dados Orientados a Objeto**. São Paulo: Edgard Blucher. 1999.

OXTOBY, P. & VAN Den Worm, J. **The application of type in cartography**. 1986.

PETERSON, M. P. **Interactive and Animated Cartography**. New Jersey: Prentice-Hall. 1995.

PIGNATARI, D. **Informação, linguagem e comunicação**. São Paulo: Cultrix, p.23-29. 1989.

RATIONAL Software. **UML**. Disponível em: <http://www.rational.com/> Acesso em 01 jun. 2002.

ROBINSON, A. H.; SALE R. D., MORRISON J. L., MUERHRCKE, P C. **Elements of Cartography**. New York. p. 215-466. 1984.

RUMBAUGH, J. **Modelagem e projetos baseados em Objetos**. Tradução: Dalton Conde de Alencar. Rio de Janeiro: Campus, 1994. 652 p.

SLOCUM, T.A. **Thematic cartography and visualization**. Upper-Saddle River, NJ: Prentice-Hall. 293p. 1999.

VICENTE, J. Projeto de Símbolos para o Sistema de Navegação e Localização Apoiado por GPS. Trabalho de iniciação científica. Departamento de Cartografia: UNESP. Presidente Prudente. 2001.

WORBOYS, M. F. **GIS A Computing Perspective**. London: Taylor&Francis. 1995.