



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

**Implementação de um Sistema de Inventariação
para Infra-estruturas Rodoviárias com recurso a
GPS e SIG
O caso da sinalização e dispositivos de segurança**

Diogo Miguel Dantas Alves

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil: Geotecnia e Ambiente
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof^a. Doutora Bertha Maria Batista dos Santos
Co-orientador: Prof. Doutor Pedro Gabriel de Faria Lapa Barbosa de Almeida

Covilhã, Outubro de 2011

Dedicatória

À minha avó Maria.

Agradecimentos

Aos meus pais, Manuel e Teresa, pelo carinho, apoio e encorajamento para enfrentar os desafios da vida.

À Cláudia, pelo amor, paciência e ajuda ao longo da realização deste trabalho.

À Prof^a. Doutora Bertha Santos, orientadora, pelo compromisso, acompanhamento e debate de ideias.

Ao Prof. Doutor Pedro Almeida, co-orientador, pelo empenho e partilha de conhecimentos, sobretudo, ao nível do “trabalho de campo”.

Ao meu padrinho Hugo, pelas condições concedidas durante todo o percurso académico.

À minha irmã Ana, pelo apoio incondicional.

E por fim, a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

As entidades responsáveis pela gestão das redes rodoviárias têm a necessidade de garantir, a todo o momento, a manutenção do estado de conservação e a sinalização das estradas. No entanto, a inventariação e monitorização dessas condições é uma tarefa morosa e dispendiosa.

Este trabalho apresenta uma proposta para a implementação de um sistema de inventariação para infra-estruturas rodoviárias, direccionado para a sinalização e para os dispositivos de segurança. O levantamento da informação respeitante aos elementos é efectuado com recurso a um sistema de georreferenciação em tempo real (localização espacial por *Global Position System* - GPS) e registo simultâneo de imagem vídeo. Os dados recolhidos são depois utilizados na construção de um cadastro e respectiva base de dados para integrar num Sistema de Informação Geográfica (SIG). Assim, através de um método simples e expedito, efectua-se a inventariação com eficiência e qualidade a baixos custos, possibilitando uma melhor e mais sustentada monitorização/gestão das infra-estruturas rodoviárias.

Palavras-chave

Sistemas de Informação Geográfica, Sinalização rodoviária, Dispositivos de segurança rodoviária, Inventário, GPS, Vídeo.

Abstract

Managers of road networks are urged to guarantee, every time, signaling and conservation state of roads. Nevertheless, inventory and monitoring of such issues is a time consuming and costly task.

On this work it is presented a proposition to implement an inventory system for road infrastructures, directed to signaling and safety items. The acquisition of information concerning these elements is made using a real time georeferencing system (using spaced based global positioning systems) and simultaneous video image recording. Gathered data is used to setup a register and associated database integrated on a Geographic Information System (GIS). By the use of this simple and expedite method it is possible to register in an efficient and high quality way but maintaining low costs, and so allowing for a better and more sustainable monitoring and management of road infrastructures.

Keywords

Geographic Information Systems, Road signs, Road safety items, Inventory, GPS, Video.

Índice

Dedicatória.....	iii
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Índice.....	xi
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
Lista de Acrónimos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do Tema.....	1
1.2. Objectivos e Justificação do Tema Proposto.....	1
1.3. Organização do Documento.....	2
2. Sistema de Informação Geográfica.....	3
2.1. Definições.....	3
2.2. Componentes de um SIG.....	4
2.3. Interação com o Utilizador.....	5
2.4. Potencialidades de um SIG.....	6
2.5. Utilização do SIG para Gestão de uma Rede Rodoviária.....	7
3. Base de Dados e Sistema de Referenciação.....	9
3.1. Base de Dados.....	9
3.2. Base de Dados para a Sinalização Rodoviária e Dispositivos de Segurança.....	10
3.3. Informação a incluir na BDSRDS.....	12
3.3.1. Sinalização Rodoviária.....	12
3.3.1.1. Sinalização Vertical.....	12
3.3.1.2. Sinalização Horizontal.....	15
3.3.1.3. Sinalização Temporária.....	20
3.3.1.4. Sinalização de Mensagem Variável.....	22
3.3.2. Dispositivos de Segurança.....	22
3.3.3. Proposta dos Elementos a incluir na BDSRDS.....	24
3.4. Sistemas de Referenciação a adoptar na Gestão de Infra-Estruturas Rodoviárias.....	26
3.5. Sistema de Referenciação para localização da Sinalização Rodoviária e Dispositivos de Segurança.....	29
4. Implementação de um Sistema de Inventariação da Sinalização e Dispositivos de Segurança em Infra-Estruturas Rodoviárias com recurso a GPS e SIG - Metodologia Empregue e Caso de Estudo.....	31
4.1. Estruturação da Base de Dados.....	31

4.2. Aquisição e Tratamento de Dados.....	36
4.2.1. Equipamento Utilizado	36
4.2.2. Referenciação e Processamento dos Dados relativos à Rede	38
4.2.3. Recolha e Processamento dos Dados de Sinalização e Dispositivos de Segurança Rodoviária	43
4.3. Caso de Estudo: Sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte e Acessos.....	49
4.5. Discussão de Métodos e Resultados.....	57
5. Conclusões.....	61
6. Referências Bibliográficas	63
7. Anexos.....	67

Lista de Figuras

Figura 1 - Componentes de um SIG	4
Figura 2 - Exemplo de painel de mensagem variável.....	22
Figura 3 - VIZIROAD.....	27
Figura 4 - Sistema GISMAP.....	29
Figura 5 - Equipamento instalado na viatura (segunda campanha de levantamento)	37
Figura 6 - Representação esquemática do sistema utilizado (segunda campanha de levantamento).....	38
Figura 7 - Exemplo de correcção de zonas de falha de sinal do <i>GPS de posição</i> com registo de outra campanha de levantamento	39
Figura 8 - Exemplo de correcção de zonas de falha de sinal do <i>GPS de posição</i> através da interpolação de coordenadas, tendo em conta registos de campanhas anteriores	40
Figura 9 - Formação de <i>loop</i> numa <i>route</i>	43
Figura 10 - Exemplo da imagem vídeo com o tipo de legenda adoptado	44
Figura 11 - Imagem de associação de distâncias em profundidade à altura da imagem	44
Figura 12 - Exemplo de localização de uma ocorrência pontual numa <i>route</i> , relativamente à localização do veículo	47
Figura 13 - Auto-estrada A23, na qual se enquadra o sub-lanço em estudo.....	50
Figura 14 - <i>Routes</i> relativas aos acessos e sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte.....	52
Figura 15 - <i>Routes</i> relativas ao sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte	53
Figura 16 - Divisão das <i>routes</i> devido à formação de <i>loop</i> no acesso Covilhã Sul	54
Figura 17 - Exemplo de ocorrências pontuais no sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte	55
Figura 18 - Exemplo de ocorrências lineares no sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte	56
Figura 19 - Exemplo de ocorrências pontuais e lineares no sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte.....	57
Figura 20 - Representação de um troço da rede rodoviária sobreposta à imagem <i>raster</i> disponível no <i>Google Earth</i>	59
Figura 21 - Troço do sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte, representando a demarcação da estrada.....	60

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Sinais de demarcação.....	13
Tabela 2 - Sinais do sistema informativo (1/2).....	13
Tabela 3 - Sinais do sistema informativo (2/2).....	14
Tabela 4 - Restantes sinais (1/2).....	14
Tabela 5 - Restantes sinais (2/2).....	15
Tabela 6 - Marcas rodoviárias (1/4)	16
Tabela 7 - Marcas rodoviárias (2/4)	17
Tabela 8 - Marcas rodoviárias (3/4)	18
Tabela 9 - Marcas rodoviárias (4/4)	19
Tabela 10 - Sinalização temporária vertical (1/2)	20
Tabela 11 - Sinalização temporária vertical (2/2)	21
Tabela 12 - Dispositivos de segurança (1/2)	23
Tabela 13 - Dispositivos de segurança (2/2)	24
Tabela 14 - Informação da sinalização rodoviária a incluir na BDSRDS	25
Tabela 15 - Informação dos dispositivos de segurança a incluir na BDSRDS.....	26
Tabela 16 - Campos definidos para caracterização da rede rodoviária	32
Tabela 17 - Campos para registo de informação relativa às ocorrências pontuais (1/2)	32
Tabela 18 - Campos para registo de informação relativa às ocorrências pontuais (2/2)	33
Tabela 19 - Campos para registo de informação relativa às ocorrências lineares (1/2)	34
Tabela 20 - Campos para registo de informação relativa às ocorrências lineares (2/2)	35
Tabela 21 - Designação e demarcação da auto-estrada A23	50

Lista de Acrónimos

AE	Auto-Estrada
BD	Base de Dados
BDSRDS	Base de Dados para a Sinalização Rodoviária e Dispositivos de Segurança
DGV	Direcção Geral de Viação
EP	Estradas de Portugal, S.A.
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GPS	Sistema de Posicionamento Global (<i>Global Position System</i>)
HD	Alta Definição (<i>High Definition</i>)
IC	Itinerário Complementar
IGeoE	Instituto Geográfico do Exército
IP	Itinerário Principal
JAE	Junta Autónoma de Estradas
RNA	Rede Nacional de Auto-Estradas
SA	Sociedade Anónima
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UBI	Universidade da Beira Interior

1. Introdução

1.1. Enquadramento do Tema

Rapidez, eficácia, qualidade e custos reduzidos são características muito valorizadas, na actualidade. Num mundo em constante mudança é cada dia mais difícil alcançar estes padrões elevados de exigência. As inovações tecnológicas e as actualizações diárias auxiliam a busca de eficiência, num tempo de crise em que se exige resultados de qualidade elevada, num curto espaço de tempo e de forma economicamente vantajosa.

As infra-estruturas rodoviárias, como obras de desenvolvimento linear, apresentam ao longo da sua extensão um vasto conjunto de elementos e características que necessitam ser avaliados, com frequência, de modo a garantir que cumprem as funções para as quais foram projectados. Uma das principais preocupações das entidades responsáveis pela gestão das redes rodoviárias é a verificação constante das condições de conservação dos pavimentos, da sinalização e dos dispositivos de segurança, para garantir, a todo o momento, a segurança dos condutores. Porém, inventariar e monitorizar estas condições são, normalmente, tarefas morosas e de custos elevados.

À medida que a exigência do cidadão aumenta, a responsabilidade das concessionárias ou das entidades responsáveis por actualizar os dados é cada vez maior, justificando a utilização de novos e mais eficientes mecanismos de recolha e tratamento de dados.

No que respeita à segurança rodoviária, a informação acerca das condições de conservação dos pavimentos e da sinalização das estradas é muito importante para a prevenção de situações de perigo, e ainda para a análise das condições de circulação. Com as frequentes alterações que ocorrem nas estradas (aparecimento de novas construções, vandalismo, envelhecimento, entre outros factores), é fulcral poder obter periodicamente este tipo de informação a baixos custos.

1.2. Objectivos e Justificação do Tema Proposto

As exigências ao nível da qualidade e funcionamento das infra-estruturas exigem, cada vez mais, uma base de dados com informação actualizada e fiável sobre o equipamento existente e o estado de conservação das mesmas. Neste contexto, o desenvolvimento de um sistema de inventariação para infra-estruturas rodoviárias que permita obter resultados de forma rápida, com qualidade, que apoie a tomada de decisão, competitivo a nível económico e que permita efectuar actualizações de forma simples, é a meta a alcançar.

Sucintamente, o sistema deverá contemplar a recolha de informação da rede rodoviária e dos elementos a inventariar recorrendo à definição dum método de localização espacial, materializado por um sistema de georreferenciação em tempo real (GPS) com registo simultâneo de imagem vídeo; e ao tratamento da informação para a criação de uma base de dados (BD) e de um cadastro de forma a permitir a sua integração num Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O âmbito da proposta aplica-se especialmente à georreferenciação da sinalização e dos dispositivos de segurança rodoviários, em meio interurbano, com uma precisão suficiente para as aplicações mais comuns. O inventário produzido permitirá aos gestores da infra-estrutura dispor de informação actualizada, organizada e estruturada, o que possibilitará uma melhor e mais sustentada gestão da infra-estrutura. A estrutura do sistema deverá ser susceptível de actualização e adição de nova informação, mesmo que não contemplada na sua estrutura inicial.

1.3. Organização do Documento

Estruturalmente, o presente documento está dividido em cinco capítulos, sendo realizada neste primeiro capítulo a introdução ao tema do trabalho e a apresentação dos objectivos a atingir com o mesmo, bem como uma descrição breve da estrutura e organização do trabalho.

No segundo capítulo efectua-se uma descrição sucinta acerca dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e da forma como podem ser utilizados na gestão de uma rede rodoviária.

O capítulo três explica o que é uma base de dados (BD), qual é o interesse em criar uma base de dados para a sinalização rodoviária e dispositivos de segurança (BDSRDS) e como é estruturada a informação a incluir nesta base de dados. Apresenta ainda, uma descrição dos sistemas de referenciação utilizados na gestão de infra-estruturas, bem como do adoptado para a localização da sinalização rodoviária e dispositivos de segurança.

O capítulo quatro descreve detalhadamente a forma como foi estruturada a BDSRDS e como foi efectuada a aquisição e o tratamento de dados na implementação do sistema de inventariação da sinalização e dispositivos de segurança para infra-estruturas rodoviárias, com recurso a GPS e SIG. Ainda neste capítulo, é apresentado um caso de estudo, o sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte da Auto-estrada da Beira Interior (A23) e respectivos acessos, em que é discutida a metodologia utilizada face aos resultados obtidos.

Por último, as conclusões finais do trabalho são expostas no capítulo cinco.

2. Sistemas de Informação Geográfica

2.1. Definições

Um Sistema de Informação designa um conjunto de processos, manuais ou automatizados, executados sobre dados, de forma a produzir informação. O principal objectivo é armazenar, tratar, manipular e fornecer informação. Por outro lado, os dados relativos a localizações no espaço podem ser classificados como informação geográfica. Assim, o termo Sistema de Informação Geográfica designa um sistema que contém informação georreferenciada, isto é, que associa à informação uma determinada posição geográfica. (Abrantes, 1998)

Existem inúmeras definições de SIG propostas por vários autores. No entanto, não se consegue chegar a um consenso relativamente àquela que será mais abrangente e universal. Isto porque, todas elas são condicionadas pelo ambiente em que surgem e pela realidade dos problemas que ajudam a resolver.

Duas das definições mais conhecidas e divulgadas são as propostas por Aronoff (1989) e Cowen (1988). O primeiro define SIG, consoante o contexto de utilização, como um *“conjunto de procedimentos, manual ou automatizado, utilizados no sentido do armazenamento e manipulação de informação georreferenciada”* e o segundo define SIG, em função do problema a resolver, como um *“sistema de apoio à decisão envolvendo integração de informação georreferenciada num ambiente de resolução de problemas”*.

Outra definição é aquela que define SIG como *“um conjunto de ferramentas especializadas para adquirir, armazenar, transformar e emitir informações espaciais, descrevendo os objectos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, revelando todo o seu potencial na pesquisa da previsão de determinados fenómenos ou no apoio a decisões de planeamento”* (Burrough, 1986a).

Esta última definição é particularmente interessante porque se enquadra no tema deste trabalho, sendo inclusive a adoptada em publicações da Estradas de Portugal, S.A..

2.2. Componentes de um SIG

Um SIG é um sistema elaborado para suportar a captura, gestão, manipulação, análise, modelação e visualização da informação. Componentes Físicos, Componentes Funcionais e Recursos Humanos são as três componentes essenciais de um SIG (Fortes, 2007) (ver Figura 1).

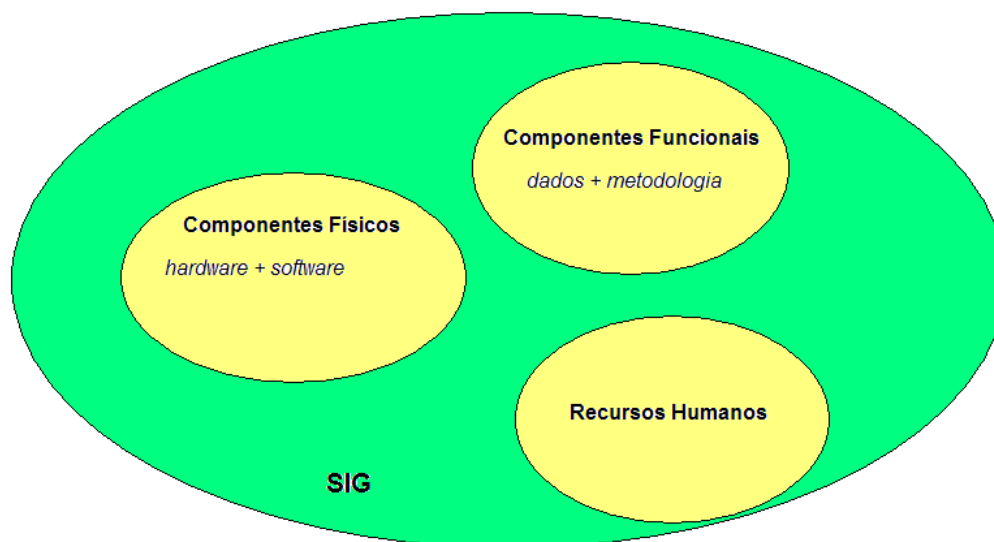


Figura 1 - Componentes de um SIG

Os Componentes Físicos englobam o *software* e o *hardware*. O *software* engloba os programas e aplicativos específicos que permitem a entrada e o armazenamento de dados, a gestão da base de dados, a saída e apresentação dos dados, a transformação de dados e o interface com o utilizador (Burrough, 1998). Neste sentido, permite o tratamento da informação. O *hardware* abrange o computador e os equipamentos necessários (impressora, *plotter scanner*, mesa digitalizadora, restituidores fotogramétricos, receptores GPS, instrumentos topográficos electrónicos, entre outros) para que o *software* possa desempenhar as funções descritas.

Os Componentes Funcionais englobam os dados e a metodologia utilizada na sua recolha e tratamento. Os dados são o material bruto que alimenta o sistema, permitindo gerar informação, do ponto de vista de um determinado utilizador. Geralmente, surgem sob a forma de mapas, tabelas, imagens, cadastros, relatórios e textos, entre outros, e podem estar em meio analógico ou digital. São dinâmicos e temporais, sendo necessário desenvolver um programa detalhado de aquisição de informação para cada objectivo, uma vez que cada SIG é projectado para resolver um conjunto específico de problemas, podendo posteriormente evoluir até se tornar numa ferramenta de uso mais alargado (Fortes, 2007). No que diz respeito à metodologia, esta está directamente ligada ao conhecimento e à experiência do profissional que, a partir de um objectivo definido, submete os dados a um tratamento específico para obter os resultados desejados. A qualidade dos resultados de um SIG não está

ligada somente à sua sofisticação e capacidade de processamento, mas é proporcional à experiência do utilizador.

Por último, os Recursos Humanos englobam, tal como o nome indica, a parcela humana do SIG, ou seja, os indivíduos que entram em contacto com o sistema, directa ou indirectamente, como operadores, programadores, utilizadores, informáticos, especialistas em análise espacial, entre outros. Neste sentido, a equipa que suporta o SIG é oriunda das mais diversas áreas do conhecimento.

2.3. Interação com o Utilizador

Actualmente, a interação do utilizador com o sistema ocorre, essencialmente, através duma interface gráfica com menus. É ainda possível interagir através de uma linguagem de comandos. O SIG disponibiliza, na interface com o utilizador, o seguinte conjunto de operações: entrada, integração, consulta, manipulação, preparação de saídas de dados e gestão da Base de Dados.

A entrada dos dados é denominada *input* e, consiste na conversão de dados externos para um formato interno do SIG. Estes dados podem ser de dois tipos: dados gráficos e dados alfanuméricos. Os dados gráficos estão relacionados com a observação do mundo real de forma directa ou indirecta, através de mapas, fotografias, entre outros. Os dados alfanuméricos estão relacionados com o conceito de Base de Dados e, num sentido lato, consistem num depósito de dados organizados por tabelas com informação relativa ao objecto ou fenómeno geográfico a que se referem. Existe a possibilidade dos dados se apresentarem em diversos formatos e estarem desactualizados, impondo-se a necessidade de normalizar e organizar os dados de entrada num único formato. É ainda imprescindível a verificação da compatibilidade da localização dos vários dados a trabalhar. (Fortes, 2007)

No referente ao processamento, um SIG deve ser capaz de manipular dados espaciais e recuperar informação com base em critérios de natureza espacial e não espacial. Manipulação e análise de dados gráficos e alfanuméricos através de transformações, projecções de mapas e correcções de ficheiros; análise integrada de dados gráficos e alfanuméricos, classificação, medição, sobreposição, vizinhança e conectividade; assim como formatação de saídas *output*, são três das funções de manipulação e análise de dados (Aronoff, 1989). Estas funções estabelecem a informação que pode ser produzida na utilização do SIG.

Um SIG possui ainda um módulo de saída de dados que permite analisar, visualizar resultados de consultas e manipulações e gerar relatórios e mapas. Esse módulo de saída é denominado *output*. As funções de *output* variam muito em qualidade, precisão e facilidade de utilização.

Os produtos da informação introduzida e das análises efectuadas podem ser gerados em papel ou em formato digital.

2.4. Potencialidades de um SIG

Um SIG facilita a análise, gestão ou reprodução do espaço e dos fenómenos que nele ocorrem de forma rápida, precisa e sofisticada. Procura simular a realidade do espaço geográfico e auxiliar a intervenção no território. Segundo Burrough (1986b), o SIG é *“um sistema de ferramentas poderoso que permite recolher, guardar, encontrar, pesquisar, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real”*.

Uma das potencialidades do SIG prende-se com a possibilidade de trabalhar a informação geográfica em dois formatos distintos: o formato vectorial e o formato *raster*. No formato vectorial os elementos gráficos são representados por pontos, linhas ou polígonos, definidos através das suas coordenadas e que representam as entidades e a sua localização no terreno. Este modelo apresenta o mundo geográfico de forma semelhante a um mapa. Para além de uma elevada precisão, reduz substancialmente o tamanho dos ficheiros, facilitando a sua transferência e armazenamento. No formato *raster*, a informação é organizada por uma grelha de células, geralmente quadrangulares. A localização de cada célula é definida segundo os seus valores num espaço cartesiano. Os dados representam a paisagem como um grelha de células quadradas sendo mais parecida com uma fotografia do que com um mapa. O mundo real é representado como superfície contínua. O espaço geográfico é representado por quadrados uniformes não permitindo a localização exacta da informação. (Fortes, 2007)

Os SIG possibilitam representar graficamente informação de natureza espacial, associando a esta informações alfanuméricas, efectuar operações de tratamento e manipulação de informação, recuperar informação gráfica tendo por base critérios alfanuméricos e importar e exportar dados. Incluem ainda os recursos necessários para a entrada e manutenção de dados, a saída e geração de resultados sob a forma de mapas, gráficos e tabelas, apoiando a tomada de decisões. Estas características constituem algumas das potencialidades mais importantes de um SIG.

Os SIG são sem dúvida de grande utilidade para variadíssimos campos de aplicação, uma vez que toda a informação que possa ser georreferenciada pode ser valorizada pela representação geográfica. No entanto, a informação cadastral e de infra-estruturas, o planeamento e gestão de recursos naturais, a modelação espacial e temporal, a visualização de informação geográfica e o sistema de navegação, são os cinco grandes domínios de utilização da informação geográfica.

2.5. Utilização do SIG para Gestão de uma Rede Rodoviária

O SIG é de grande utilidade para as instituições que têm a seu cargo a gestão das infra-estruturas rodoviárias, uma vez que estas têm necessidade de manter actualizada a informação sobre o estado das estradas e dos respectivos equipamentos associados. O consumidor destas vias é cada vez mais exigente, impondo que os responsáveis por estas as mantenham em boas condições. Estas exigências de qualidade justificam o investimento em inovadores e eficientes mecanismos de aquisição, tratamento e visualização de dados. É neste sentido que o SIG representa uma ferramenta muito importante para estas instituições.

A utilização de SIG na gestão de redes rodoviárias permite a integração de cadastros alfanuméricos através de georreferenciação dos elementos a cadastrar, possibilitando a criação de bases de dados e abrindo horizontes ao nível da visualização espacial, identificação, qualificação e quantificação dos elementos da malha rodoviária. Deste modo, o SIG permite criar e manter actualizado um cadastro de estradas, identificando e inter-relacionando informações sobre: características físicas (desenvolvimento da estrada, características do perfil transversal, estado de conservação dos pavimentos, bermas, passeios, etc.); equipamentos (sinalização vertical, sinalização horizontal, dispositivos de segurança, capacidade de reflexão e estado de conservação dos sinais, etc.); localização, estado de conservação e outros dados sobre obras de arte; expropriações; uso do solo; condições ambientais; topografia; hidrologia; localização e dados sobre acidentes; portagens e tráfego, entre outros.

Este tipo de sistemas têm vindo a ser aplicados em Portugal na gestão dos pavimentos rodoviários e no auxílio à redução de acidentes rodoviários, uma vez que, para este último caso, permitem identificar geograficamente os “pontos negros” mais propícios a acidentes, através da inter-relação entre informação cadastral (Figueiredo, 2010). De importância não menos reduzida é a possibilidade de localizar pontos de socorro, determinar tempos de socorro e ainda o percurso mais adequado. A implementação de SIG permite ainda analisar as operações e os seus impactos, por exemplo, de uma obra, ou quantificar os recursos necessários para a manutenção de uma via tendo em conta o volume de tráfego e informações operacionais anteriores, gerando mapas e outras representações gráficas.

3. Base de Dados e Sistema de Referenciação

3.1. Bases de Dados

Toda a informação pode ser apelidada de dados úteis a partir do momento em que facilitam a resolução de algum problema. Organizar dados é uma tarefa muito importante para facilitar o acesso rápido e eficaz à informação pretendida. Por exemplo, uma agenda com números de telefone é um exemplo de uma base de dados que tem como objectivo permitir a utilização dos dados aí guardados, sempre que necessário. Assim sendo, qualquer conjunto de dados é uma base de dados (BD). Actualmente, o termo é aplicado, essencialmente, para referir bases de dados informáticas, isto é, conjuntos de dados estruturados e manipulados usando um sistema de gestão de base de dados (SGBD) e que constituem a infra-estrutura dos sistemas informáticos.

Os sistemas de informação não podem assegurar soluções eficientes aos diferentes problemas se os conjuntos de dados existentes não estiverem devidamente organizados, no sentido de poderem ser acedidos e actualizados da melhor forma. Os sistemas de informação necessitam de sistemas de BD para organizar a informação a armazenar, processar, manter e distribuir pelos diferentes intervenientes. Para isso, é necessário saber a melhor forma de identificar, caracterizar e relacionar as diversas entidades associadas ao domínio em causa.

Genericamente, o processo de criação de um esquema conceptual de base de dados é efectuado através dos seguintes passos:

- ✓ Identificação das entidades do domínio em estudo;
- ✓ Caracterização de cada uma das entidades através da definição dos seus atributos;
- ✓ Estabelecimento dos relacionamentos entre as referidas entidades.

Existem diferentes modelos de dados que servem de suporte conceptual ao SGBD. Saber qual o modelo de dados subjacente a um determinado sistema de base de dados é fundamental para determinar a forma como será efectuado o desenvolvimento do esquema da BD. São quatro os tipos de BD: Modelo Hierárquico, Modelo em Rede, Modelo Orientado por Objectos e Modelo Relacional.

O Modelo Hierárquico, tal como o nome indica, organiza os dados de forma hierárquica. Por exemplo, numa empresa os recursos humanos são dispostos segundo as funções desempenhadas, direcção, marketing, operários, etc. Este modelo está actualmente ultrapassado uma vez que apesar da sua rapidez e facilidade de utilização, revela-se

inadequado quando se procura relacionar dados de todas as categorias, tornando-se difícil decidir onde enquadrar um funcionário que realize tarefas em áreas distintas.

O Modelo em Rede é uma remodelação do modelo anterior. Item, agrupamento de dados e registo, são três conceitos utilizados para descrever os objectos presentes nestas BD. O item é a medida mais pequena de dados e é identificada por um nome. Esses itens agrupados constituem um agrupamento de dados. Por seu lado, o registo é o conjunto de itens e agrupamentos de dados identificados por um nome. O registo serve, assim, de intercâmbio entre a BD e os ficheiros. No entanto, este modelo ainda não se revela eficaz, uma vez que não garante a independência entre dados e programas.

No Modelo Orientado por Objectos, a BD, para além de armazenar os dados, reúne ainda informação sobre o que pode ser feito com esses dados, procurando mantê-los em contexto.

Por último, o Modelo Relacional é considerado o melhor modelo e o mais utilizado actualmente, tendo sido o adoptado neste trabalho. É baseado numa teoria matemática de relações que garante que cada dado tem apenas um lugar na BD. Uma BD relacional é formada por um conjunto de tabelas que se relacionam através de atributos comuns. É assim, uma junção que combina dados de tabelas diferentes.

A organização da informação numa BD pode ser descrita em termos de tabelas, linhas, campos e chaves. Uma tabela é a unidade mais elementar de armazenamento de informação relativa a um determinado assunto e é composta por um conjunto de linhas e colunas. Uma linha de uma tabela corresponde a uma característica das entidades que a tabela está a descrever. Assim, uma linha é um conjunto de atributos. Numa tabela relacional existe uma coluna que identifica, univocamente, cada linha de dados, sendo definida como chave da tabela (identificador único). Os restantes campos são os descritores.

3.2. Base de Dados para a Sinalização Rodoviária e Dispositivos de Segurança

A construção de uma base de dados para incorporar e produzir informação relativa à sinalização rodoviária e aos dispositivos de segurança (BDSRDS) tem em vista a sua integração num SIG que apoie a gestão deste tipo de equipamentos.

O modelo de BD usado na estruturação da BDSRDS é o Modelo Relacional. A BDSRDS é estruturada em três tabelas. A primeira é respeitante aos dados relativos à rede rodoviária. A segunda é relativa às ocorrências pontuais, onde se integram os elementos a inventariar que podem ser representados por um ponto (x,y,z). E a terceira tabela é respeitante às

ocorrências lineares, integrando os elementos a inventariar que podem ser representados por uma linha definida por um ponto inicial (x_i, y_i, z_i) e por um ponto final (x_f, y_f, z_f) .

As ocorrências pontuais são constituídas por toda a sinalização vertical, sinalização horizontal e dispositivos de segurança com representação pontual. As ocorrências lineares são constituídas pela sinalização horizontal e dispositivos de segurança com desenvolvimento linear.

As tabelas da BDSRDS são constituídas por dados alfanuméricos e geográficos. Para obter informação de cadastro é importante dispor de informação alfanumérica que indique, estructure e organize os elementos a integrar na BDSRDS, de modo a permitir criar uma chave que sirva de identificador. Assim, explicita-se a entidade em estudo.

Os dados da georreferenciação e de cadastro dos equipamentos a integrar na BDSRDS serão obtidos com recurso a um sistema integrado de GPS e imagem vídeo, através da realização de uma campanha de levantamento. Estes dados são, posteriormente, processados em "gabinete" para preencher os registos da BDSRDS que permitem associar a informação de cadastro à informação geográfica.

No final de todo o processo, a conjugação da BDSRDS com o SIG, deverá permitir ao utilizador aceder, numa interface gráfica, à informação associada a determinada linha, ponto ou área representada. Estas simulam estruturas e equipamentos reais de forma simbólica.

A BDSRDS, depois de definida, deverá ir de encontro aos seguintes objectivos:

- Dispor de um depósito de dados relativos à sinalização e dispositivos de segurança estruturado e organizado;
- Estabelecer uma ligação entre a informação geográfica e a informação alfanumérica;
- Melhorar a eficiência e sustentabilidade da gestão da infra-estrutura.

3.3. Informação a incluir na BDSRDS

3.3.1. Sinalização Rodoviária

A sinalização rodoviária tem como objectivos preservar a vida humana, assegurando a circulação de veículos e peões em segurança, promover a fluidez do tráfego e permitir o encaminhamento de pessoas e veículos (Macedo, 1996). Divide-se em:

- Informação estática, incluindo:
 - ✓ Sinalização vertical;
 - ✓ Sinalização horizontal (marcas rodoviárias);
 - ✓ Sinalização semafórica (com tempos fixos e sem detecção).

- E, informação dinâmica, incluindo:
 - ✓ Sinalização semafórica (com detecção e variações na informação);
 - ✓ Sinalização de mensagem variável.

Apenas será abordada a sinalização vertical, horizontal e de mensagem variável, uma vez que o recurso a sinalização semafórica não é comum no tipo de infra-estrutura rodoviária para a qual se pretende implementar o SIG, isto é, para estradas em meio interurbano.

3.3.1.1. Sinalização Vertical

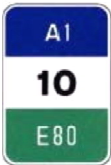


A sinalização vertical é constituída por dispositivos colocados lateralmente ou através de sistemas em pórtico sobre a faixa de rodagem e destinam-se, fundamentalmente, a avisar, informar ou orientar os utentes da via, de situações relevantes para o seu percurso (Jordão, 2008).

A Norma de Sinalização Vertical de Orientação (JAE, 1992) contempla os sinais de demarcação das estradas e os sinais do sistema informativo.

Além dos sinais anteriormente referidos, sinais do sistema informativo e de orientação, é importante referir que estes, em conjunto com os sinais designados de sinais de código, completam a sinalização vertical das estradas. Os sinais de código são referenciados no Código da Estrada (Decreto-Lei nº114/94) e na portaria subsequente (nº46-A/94).

Na Tabela 1 descrevem-se e apresentam-se exemplos ilustrativos dos sinais de demarcação contemplados na Norma de Sinalização Vertical de Orientação (JAE, 1992).

Tabela 1 - Sinais de demarcação

Sinais de demarcação	Descrição	Exemplos
Demarcação miriamétrica	Indicam o quilómetro e a identificação da estrada nacional e europeia.	
Demarcação quilométrica	Indicam o quilómetro e a identificação da estrada.	
Demarcação hectométrica	Indicam o hectómetro, com a indicação do quilómetro e, se aplicável, o sentido do avisador SOS mais próximo.	

Nota: A quilometragem das auto-estradas prevalece sobre a quilometragem do itinerário (IP ou IC) em que se insere, apresentando uma demarcação própria, sem prejuízo da sequência quilométrica daqueles itinerários, fora da auto-estrada.

Na Tabela 2 e 3 descrevem-se e apresentam-se exemplos ilustrativos dos sinais do sistema informativo a utilizar na sinalização de orientação de um nó ou de uma intersecção de nível.

Tabela 2 - Sinais do sistema informativo (1/2)




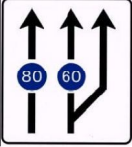
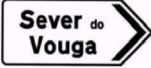



Grupo de sinais do sistema informativo	Sub-grupo de sinais	Descrição	Exemplo
Sinais de pré-aviso	Pré-aviso simplificado	Apresenta indicações relativas ao número do nó, aos destinos de saída e ao número da estrada que os servem. Contém ainda a indicação métrica relativa à distância a que se encontram do nó.	
	Pré-aviso gráfico	Contém os destinos e a identificação da estrada, referidos a cada uma das direcções do esquema diagramático. Incluem a distância a que se situa o nó, e se for caso disso, o número do nó a que se refere a saída.	
Sinais de selecção de vias	-	Contém os destinos, indicando a via ou as vias respectivas que devem ser utilizadas. Incluem a identificação das estradas e do número do nó, que quando aplicável, deverá constar no canto superior direito do painel relativo à saída.	

Tabela 3 - Sinais do sistema informativo (2/2)

Grupo de sinais do sistema Informativo	Sub-grupo de sinais	Descrição	Exemplo
Sinais de afectação de vias	-	Incluem a via ou as vias respectivas que devem ser utilizadas, sendo estas representadas graficamente.	
Sinais de direcção	-	São constituídos por sinais em forma de seta e indicam os destinos de saída.	
Sinais de confirmação	-	Contém os destinos e as distâncias a que estes se situam do local de colocação do sinal. Apresentam ainda a identificação da estrada nacional e internacional.	
Sinais complementares	Sinais de aproximação de saída de nó	Constituem uma informação complementar relativamente à saída dos nós e são constituídos por painéis rectangulares com barras inclinadas a 60 graus que representam a distância ao nó. Essas distâncias são inscritas no topo superior do painel.	
	Baias direccionais	Constituem elementos indispensáveis ao balizamento das saídas de nós e pontos de divergência que representem perigosidade especial.	

Na Tabela 4 e 5 indicam-se os restantes sinais, referenciados no Código da Estrada (Decreto-Lei nº114/94) e portaria subsequente (nº46-A/94), e que não são contemplados na Norma de Sinalização Vertical de Orientação (JAE, 1992).

Tabela 4 - Restantes sinais (1/2)








Grupo de Sinais	Descrição	Exemplo
Sinais de perigo	Indicam existência ou possibilidade de aparecimento de condições particularmente perigosas para o trânsito que imponham especial atenção e prudência ao condutor.	
Sinais de cedência de passagem	Indicam um perigo, uma obrigação ou um direito para o condutor, impondo especial atenção.	
Sinais de proibição	Indicam uma proibição imposta aos utentes da via.	
Sinais de obrigação	Indicam uma obrigação a cumprir pelos utentes da via.	

Tabela 5 – Restantes sinais (2/2)

Grupo de Sinais	Descrição	Exemplo
Sinais de zona	Dão indicações úteis aos condutores, obrigando-os a determinados comportamentos.	
Sinais de informação	Dão informações úteis aos utentes da via.	
Sinais de pré-sinalização	Indicam os destinos de saída de uma intersecção, completados ou não com indicações sobre o itinerário.	
Sinais de identificação de localidades	Destinam-se a identificar e delimitar o início e o fim das localidades.	
Painéis adicionais	Complementam a indicação dada pelos restantes sinais verticais, restringindo a sua aplicação a certas categorias de utentes da via, determinando a sua validade a determinados períodos de tempo ou indicando a extensão da via em que vigoram as prescrições.	
Sinais turístico-culturalis	Transmitem aos utentes indicações sobre locais, imóveis ou conjuntos de imóveis e outros motivos que possuam uma especial relevância no âmbito cultural, histórico patrimonial ou paisagístico.	

3.3.1.2. Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal é, geralmente, constituída por marcas rodoviárias pintadas sobre o pavimento da estrada e destinam-se, fundamentalmente, a regular a circulação rodoviária, advertir e orientar os condutores na via, delimitando a faixa de rodagem e o espaço reservado a cada via e sentido de circulação (Jordão, 2008).

Esta sinalização é contemplada na Norma de Marcas Rodoviárias (JAE, 1995), que a divide em marcas longitudinais, marcas transversais, outras marcas e guias. Nas Tabelas 6 a 9 descreve-se, recorrendo-se também a exemplos ilustrativos, o significado de cada uma delas.

Tabela 6 - Marcas rodoviárias (1/4)




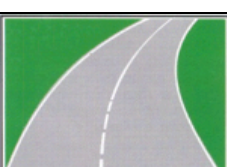
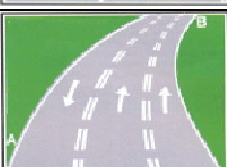



Grupo de marcas rodoviárias	Sub-grupo de marcas rodoviárias	Descrição	Exemplo
Marcas longitudinais	Linha contínua	O condutor é proibido de pisá-la ou transpô-la, e deve circular pela sua direita sempre que esta marca for utilizada para separar sentidos de tráfego.	
	Linha descontínua	O condutor deve manter-se na via de tráfego que ela delimita, só podendo ser pisada ou transposta para efectuar manobras.	
	Linha mista	Possuí para o condutor o mesmo significado de uma linha contínua ou descontínua consoante a que lhe estiver mais próxima antes de efectuar qualquer manobra.	
	Linha descontínua de aviso	Aproximação de uma linha contínua ou de uma passagem perigosa.	
	Linha de sentido reversível	Delimita de ambos os lados as vias de tráfego cujo sentido de trânsito pode ser alterado através do recurso a outros meios de sinalização.	
	Linha descontínua de abrandamento	Significa para o condutor a fronteira para uma pista onde se pratica uma velocidade mais lenta.	
	Linha descontínua de aceleração	Significa para o condutor a fronteira para uma pista onde se pratica uma velocidade mais elevada.	
	Linha contínua de corredor de circulação	Delimita um corredor de circulação para veículos de transporte público e não pode ser pisada ou transposta. É complementada pela inscrição BUS no início do corredor que deverá ser repetida depois de cada intersecção.	

Tabela 7 - Marcas rodoviárias (2/4)

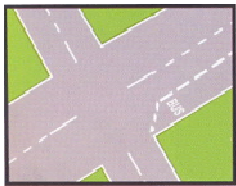


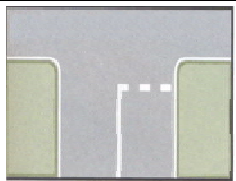
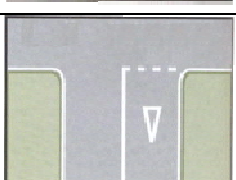
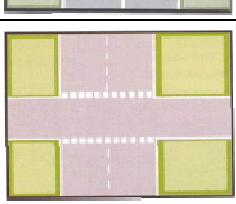
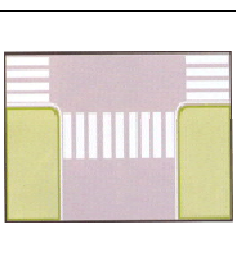
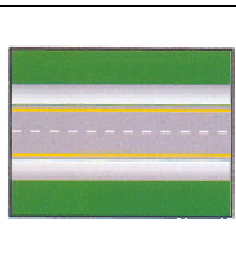
Grupo de marcas rodoviárias	Sub-grupo de marcas rodoviárias	Descrição	Exemplo
Marcas longitudinais	Linha descontínua de corredor de circulação	Delimita um corredor de circulação para transportes públicos, só devendo ser pisada ou transposta para efectuar manobras. É complementada pela inscrição "BUS" no início do corredor que deve ser repetida depois de cada intersecção.	
Marcas transversais	Barra de paragem	É uma marca transversal contínua que indica o local de paragem obrigatória, imposto por outro meio de sinalização.	
	Barra de paragem com símbolo "STOP"	É semelhante à marca anterior, completada pela inscrição "STOP" no pavimento quando a paragem for imposta por sinalização vertical.	
	Linha transversal de cedência de prioridade	É constituída por uma marca descontínua e indica o local da eventual paragem quando a sinalização vertical impõe que o condutor dê prioridade de passagem.	
	Linha transversal de cedência de prioridade com triângulo	É semelhante à marca anterior completada por um símbolo no pavimento em forma de triângulo alongado com a base paralela à mesma marca.	
	Linha transversal de passagem de ciclistas	Identifica um corredor de travessia de ciclistas e é constituída por quadrados ou paralelogramos consoante a obliquidade da travessia em relação ao eixo da via.	
	Passadeira de peões	É constituída por barras longitudinais, paralelas ao eixo da via, alternadas por intervalos regulares. Identifica um local de atravessamento de peões. Pode também ser constituída por barras transversais, em vez das enunciadas anteriormente.	
Outras marcas - cor amarela	Linha contínua	Significa que está interdita a paragem e o estacionamento e é colocada no bordo da faixa de rodagem ou sobre o passeio. Refere-se a uma proibição dentro da faixa de rodagem e ao longo de toda a extensão da linha.	

Tabela 8 - Marcas rodoviárias (3/4)

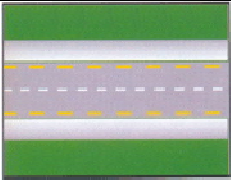
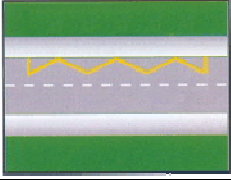
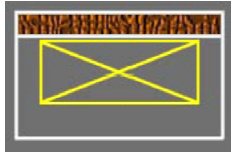
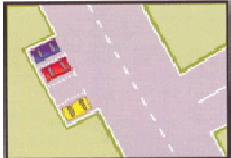


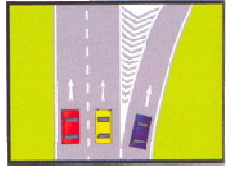
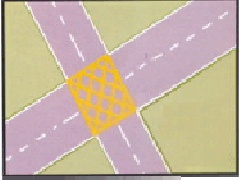



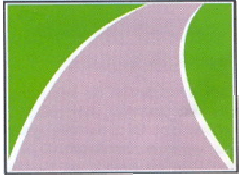
Grupo de marcas rodoviárias	Sub-grupo de marcas rodoviárias	Descrição	Exemplo
Outras marcas - cor amarela	Linha descontínua	Significa que é proibido estacionar na faixa de rodagem e ao longo de toda a linha e é colocada no bordo da mesma ou sobre o passeio.	
	Linha em ziguezague	Indica proibição de estacionar do lado da faixa de rodagem em toda a sua extensão.	
	Linhas de paragem e estacionamento para cargas e descargas	Área constituída e delimitada por linhas contínuas de cor amarela. Significa a proibição de paragem e estacionamento na área demarcada, excepto para efectuar cargas e descargas.	
Outras marcas - estacionamento	Estacionamento	Na definição de lugares de estacionamento utilizam-se linhas descontínuas, paralelas, perpendiculares ou oblíquas ao eixo da via que definem os espaços necessários a esse estacionamento.	
Outras marcas - inscrições e raias	Setas de selecção	Orientam o condutor relativamente ao sentido da via de tráfego onde se colocam.	
	Setas de desvio	Indicam a necessidade do condutor passar para a via de tráfego que as mesmas apontam.	
	Raias	São constituídas por barras oblíquas e delimitadas por uma linha contínua e representam a proibição de entrar na área por elas definida. Se a linha que as delimita for descontínua significam proibição de parar e estacionar na área definida excepto para a realização de manobras que não representem perigo.	

Tabela 9 - Marcas rodoviárias (4/4)

Grupo de marcas rodoviárias	Sub-grupo de marcas rodoviárias	Descrição	Exemplo
Outras marcas - inscrições e raia	"BOX"	É uma quadrícula constituída por linhas de cor amarela definindo uma determinada área numa intersecção e representa a proibição de entrar nessa área mesmo que o direito de prioridade ou a sinalização automática autorize a avançar, se for previsível que a intensidade do tráfego vá obrigar à imobilização do veículo nessa área.	
	Listras alternadas amarelas e pretas	Assinalam a presença de obstáculos que possam constituir perigo para a circulação e são colocados em lancis ou outras superfícies que se sobrelevem da faixa de rodagem.	
	Bandas cromáticas	Alertam para a necessidade de praticar velocidades mais reduzidas em determinados locais, consistindo numa sequência de pares de linhas transversais contínuas com espaçamentos degressivos.	
	Marcas de segurança	Recomendam a distância de segurança a observar para afastamento em relação ao veículo precedente.	
Guias	Guias simples/sonoras	Delimitação marginal da faixa de rodagem utilizando linhas contínuas ou descontínuas sobre aquela faixa, que não se incluem na definição de marcas longitudinais. Por vezes, apresentam uma sobre-elevação relativamente à faixa de rodagem provocando vibração e ruído no veículo quando pisadas, designando-se neste caso guias sonoras.	

3.3.1.3. Sinalização Temporária

Por vezes, ocorrem situações que provocam uma quebra do serviço de uma estrada, quer seja devido a obstáculos ocasionais, quer devido a trabalhos de conservação e manutenção. Perante estas situações, é necessário recorrer à sinalização temporária, de modo a salvaguardar a segurança dos utentes e dos trabalhadores. Esta deve informar os condutores da existência do obstáculo, provocar uma mudança de comportamento, guiá-los na zona afectada e informá-los do fim da anomalia (JAE, 1997).

Para efeitos de cadastro este tipo de sinalização não é, normalmente, considerada, devido ao seu carácter provisório. No entanto, se existir interesse em monitorizar a forma como é colocada, por exemplo nas zonas de obras, e de registar o seu estado de conservação, fica aqui também uma descrição dos principais sinais e marcas a considerar na base de dados.

Nas Tabelas 10 e 11 descreve-se e apresenta-se de forma ilustrativa a sinalização temporária vertical existente de acordo com o Manual de Sinalização Temporária (JAE, 1997).

Tabela 10 - Sinalização temporária vertical (1/2)









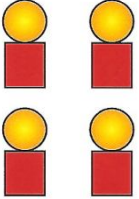
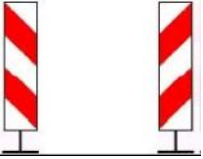

Conjunto de sinais temporários verticais	Grupo de sinais temporários verticais	Descrição	Exemplo
-	Sinais de perigo	Tem o mesmo significado que os sinais de perigo da sinalização vertical fixa. Porém, neste caso o fundo do sinal tem cor amarela.	
Sinais de regulamentação	Sinais de proibição	Mantém as características e o significado da sinalização vertical fixa.	
	Sinais de obrigação	Mantém as características e o significado da sinalização vertical fixa.	
Sinais de simples indicação	Sinais de indicação de circulação	Indicam as vias de circulação que podem ser utilizadas e os condicionalismos adjacentes à via, assim como a distância a que se encontra. Apresentam o fundo de cor amarela.	

Tabela 11 - Sinalização temporária vertical (2/2)

Conjunto de sinais temporários verticais	Grupo de sinais temporários verticais	Descrição	Exemplo
Sinais de simples indicação	Sinais de desvio da circulação	Sempre que há um estreitamento da via, um desvio da via de tráfego ou da faixa de rodagem é utilizado um painel como o ilustrado para informar os condutores. Apresentam o fundo de cor amarela.	
	Painéis vários	Dão aos utentes da via informações de interesse. Essas informações têm um carácter variado. Apresentam o fundo de cor amarela.	
Dispositivos complementares	Cones	Separam uma zona de circulação de outra em que a circulação está restrita.	
	Raquetas de sinalização	São utilizadas por um operador, e tal como um semáforo, indicam para o condutor a permissão ou não de avançar.	
	Dispositivos luminosos	Indicam a existência de uma zona ou situação de perigosidade especial. É obrigatória a sua utilização durante a noite sempre que a visibilidade seja insuficiente.	
	Balizas	Indicam através da sua posição a existência de um obstáculo ou limitação à circulação. Esta limitação pode ser em altura ou largura em relação à via de circulação.	
	Baias	Indicam a existência de um obstáculo a contornar pelos condutores. No caso das direccionais indicam também a direcção a seguir através de "setas".	

O Manual de Sinalização Temporária (JAE, 1997) também contempla a sinalização horizontal temporária e define-a como um complemento da sinalização vertical temporária, isto porque, apenas deve ser utilizada quando o tempo previsto dos trabalhos for longo.

Geralmente, este tipo de sinalização utiliza apenas três tipos de linhas, as guias e a linha contínua e descontínua, cujo significado é em tudo semelhante às utilizadas na sinalização horizontal fixa. A cor utilizada é o laranja.

3.3.1.4. Sinalização de Mensagem Variável

A sinalização de mensagem variável baseia-se em painéis de informação mutável colocados em pórticos sobre a faixa de rodagem (Figura 2). Segundo o Regulamento de Sinalização de Trânsito estes painéis *“são equipamentos de sinalização rodoviária com capacidade de apresentar sinais de trânsito, símbolos ou texto que variam em função das necessidades da informação a transmitir”*. O objectivo é comunicar ao condutor, em tempo real, as condições de circulação no sentido de promover a segurança rodoviária, a comodidade e melhorar as condições de circulação.



Figura 2 - Exemplo de painel de mensagem variável (PRP, 2011)






3.3.2. Dispositivos de Segurança

Os dispositivos de segurança para estradas são equipamentos utilizados para salvaguardar, directa ou indirectamente, a integridade física dos utilizadores das vias rodoviárias. As suas funções mais comuns são a prevenção de possíveis colisões com objectos fixos, limitar a gravidade das colisões, redireccionar os veículos com segurança e impedir que eles abandonem a plataforma da estrada (Lima, 2006). Devem ainda, em alguns casos, proporcionar auxílio a condições de emergência (exemplo: Postos SOS). Nas Tabelas 12 e 13 descrevem-se os dispositivos de segurança considerados no âmbito deste trabalho.

Tabela 12 - Dispositivos de segurança (1/2)

Grupos de dispositivos de segurança	Sub-grupo de dispositivos	Descrição	Exemplos
Separadores	Guardas de segurança (barreira semi-flexível)	São dispositivos instalados no extremo da plataforma ou no separador central com a finalidade de conter e redireccionar os veículos acidentados, provocando o menor dano possível aos seus ocupantes.	
	New Jersey (barreira rígida)	Tem a mesma função que os anteriores. Apresentam maior resistência e redireccionam os veículos para a faixa de rodagem em caso de embate.	
Atenuadores de Colisão	Não-redireccionais	São dispositivos instalados em frente a um objecto rígido e destinados à absorção de energia de um veículo rodoviário, com vista a reduzir a gravidade de uma possível colisão. Não tem a capacidade de redireccionar um veículo, no caso de embate, de novo para a estrada.	
	Redireccionais	São dispositivos instalados em frente a um objecto rígido e destinados à absorção de energia de um veículo rodoviário, com vista a reduzir a gravidade de uma possível colisão. Tem a capacidade de redireccionar um veículo, no caso de embate, de novo para a estrada.	
Delineadores	-	Os delineadores são dispositivos com elementos retrorreflectores unidireccionais ou bidireccionais, aplicados em ambos os lados da faixa de rodagem. São bastante úteis na indicação dos limites da via em que os condutores circulam. A sua importância acresce quando a visibilidade é reduzida.	
Marcadores	-	Incorporam componentes retrorreflectores, e devido à sua espessura superior à da película de água, permitem manter operacional e em condições atmosféricas adversas o guiamento que era conseguido à custa das marcas rodoviárias. Servem também como avisadores de orientação, quando pisados pelos veículos.	

Tabela 13 - Dispositivos de segurança (2/2)

Grupos de dispositivos de segurança	Sub-grupo de dispositivos	Descrição	Exemplos
Barreiras anti-encandeamento	-	Localizam-se sobre o separador central de uma auto-estrada, com uma torção de 15° em relação ao seu eixo transversal. Têm como objectivo evitar ou reduzir encandeamento provocado pelas luzes dos veículos que se deslocam no sentido contrário.	
Postos SOS	-	Existem nos IP e IC e permitem efectuar chamadas de emergência através de um telefone.	
Mangas de Vento	-	É um indicador visual que fornece a direcção do vento e a informação estimada da sua velocidade, pela maior ou menor insuflação da manga.	
Guarda-corpos	-	Em meio interurbano são geralmente colocados nas margens das pontes e viadutos que constituem passagens superiores. A sua finalidade é salvaguardar a segurança de veículos e pessoas.	
Postes de iluminação	-	Fora do meio urbano são utilizados na proximidade de cruzamentos e entroncamentos em que se pretende melhorar as condições de visibilidade.	

3.3.3. Proposta dos Elementos a incluir na BDSRDS

Nas tabelas da BDSRDS relativas às ocorrências existe uma coluna que identifica, univocamente, cada elemento a inventariar, através de um identificador único. Neste contexto, é atribuído um código a cada elemento da sinalização ou dispositivo de segurança. Este é constituído por duas parcelas, sendo a primeira indicativa do grupo a que pertence (em letra maiúscula) e a segunda específica do elemento (em letra minúscula).

Na Tabela 14 e 15 apresenta-se a informação a incluir na BDSRDS, organizada e estruturada, e o código do grupo respeitante a cada elemento a inventariar. Saliente-se que, da sinalização e dos dispositivos de segurança expostos, nem todos são utilizados em meio rodoviário interurbano, porém, é interessante incluí-los também na tabela para eventuais aplicações futuras.

Tabela 14 - Informação da sinalização rodoviária a incluir na BDSRDS

Tipo de elemento	Sub-tipo de elemento	Grupo de elemento	Código do grupo
Sinalização Vertical	Demarcação	Demarcação	DEM
	Sistema Informativo	Sinais de pré-aviso	SPA
		Sinais de selecção de vias	SSV
		Sinais de afectação de vias	SAV
		Sinais de direcção	SDI
		Sinais de confirmação	SCN
		Sinais complementares	SCL
	Restantes sinais (contemplados no Código da Estrada)	Sinais de perigo	SPE
		Sinais de cedência de passagem	SCP
		Sinais de proibição	SPR
		Sinais de obrigação	SOB
		Sinais de zona	SZO
		Sinais de informação	SIN
		Sinais de pré-sinalização	SPS
		Sinais de identificação de localidades	SIL
		Painéis adicionais	PA
		Sinais turístico-culturais	STC
		Sinalização de mensagem variável	SMV
	Sinalização Horizontal	-	Marcas longitudinais
Marcas transversais			MT
Outras marcas - cor amarela			OMCA
Outras marcas - estacionamento			OME
Outras marcas - inscrições e raiais			OMIR
Guias			G

Tabela 15 - Informação dos dispositivos de segurança a incluir na BDSRDS

Tipo de elemento	Grupo de elemento	Código do grupo
Dispositivos de Segurança	Separadores	SEP
	Atenuadores de colisão	AC
	Delineadores	DEL
	Marcadores	MAR
	Barreiras anti-encadeamento	BAE
	Postos SOS	PSOS
	Mangas de vento	MV
	Guarda-corpos	GC
	Postes de iluminação	PILUM
	Balizas cilíndricas	BCIL

A tabela dos códigos completos dos elementos a inventariar, ou seja, o código do grupo conjugado com a parcela específica do elemento, assim como o respectivo significado, é apresentada no Anexo A.

3.4. Sistema de Referenciação a adoptar na Gestão de Infra-Estruturas Rodoviárias

A sinalização rodoviária e os dispositivos de segurança podem ser observados directamente no local ou através de equipamentos de vídeo ou fotográficos. Actualmente, a observação indirecta, através de mecanismos de captura de imagem, é a mais utilizada.

Um dos requisitos básicos para qualquer sistema de gestão de infra-estruturas rodoviárias, prende-se com a capacidade de referenciar no tempo e no espaço, com rigor, a informação recolhida que caracteriza o estado dessa infra-estrutura ou dos elementos que a compõe. Assim, é possível, mesmo num contexto de escassos recursos e grande volume de informação, determinar quando, como e onde é necessário aplicar medidas de manutenção nas infra-estruturas.

Para representar geograficamente um determinado objecto é necessário atribuir coordenadas a determinados pontos. Esta informação é relativa à localização na superfície terrestre e permite identificar onde se encontra determinado objecto. Os métodos de localização mais utilizados para efectuar a referenciação de elementos em infra-estruturas rodoviárias são:

- Métodos Lineares - localizam um objecto a partir da sua distância e direcção, partindo de um ponto conhecido;
- Métodos Espaciais - localizam um objecto num determinado referencial cartesiano de coordenadas.

No método linear, geralmente, a observação é directa e assistida por um computador. Este deve dispor de programas informáticos de controlo, aquisição e restituição da informação necessária, além de um sistema de medição da distância percorrida. A interface informática pode ser constituída por teclados complementares onde cada tecla pode ser associada a um determinado tipo de equipamento rodoviário, degradação dos pavimentos ou outra ocorrência a registar. O conjunto de dados levantados vai alimentar uma BD, de forma a potenciar uma correcta inventariação. Uma referência linear, sendo a localização de um objecto ao longo de uma determinada rede, é referenciada especificando o ponto de partida, a direcção e a distância (extensão) que apresenta.

Um exemplo de um sistema que utiliza este método é o **VIZIROAD** (Picado Santos, 2006). Este consiste num sistema informático de aquisição de dados que se apoia na observação directa, através de uma interface informática constituída por dois teclados complementares, onde cada tecla, através de configuração informática específica, pode ser associada, por exemplo, a cada tipo de sinal rodoviário (ver Figura 3).

A observação da sinalização rodoviária através deste equipamento pode ser efectuada num veículo a baixa velocidade de modo a possibilitar a visualização da sinalização pelo operador. A observação levada a cabo por este consiste em indicar o tipo de sinal visualizado, premindo a tecla correspondente. Simultaneamente, o sistema que está ligado ao odómetro do veículo regista a distância percorrida desde o início da sessão de levantamento até ao ponto assinalado. O *software*, para além do reconhecimento das introduções efectuadas, automáticas ou através dos teclados, permite tratar a informação de forma a possibilitar a sua introdução em bases de dados rodoviárias.

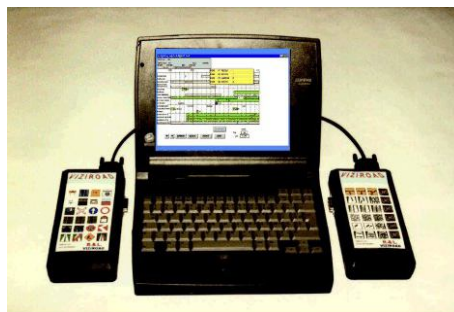


Figura 3 - VIZIROAD (R & L, 2007)

No método espacial, a observação é normalmente efectuada através de vídeo, fotografia ou observação directa. Este método recorre a um Sistema de Posicionamento Global (GPS) para gerar uma localização com pelo menos duas coordenadas (x , y) e às quais é associada a informação gráfica obtida, utilizando o tempo como factor de sincronismo.

O GPS é um sistema de navegação por satélite que fornece a um aparelho receptor a posição do mesmo, assim como a informação horária, a qualquer momento e em qualquer lugar do planeta Terra. O *Datum* global associado ao GPS é o *Datum WGS84*. A conversão das coordenadas geradas pelo GPS para outros sistemas de coordenadas faz-se por um processo de transformação de coordenadas e *Datum*. Actualmente, são vários os aparelhos receptores que permitem essa transformação. O próprio *software* da maioria dos SIG, aquando da integração dos dados do levantamento, tem a capacidade de efectuar essa conversão.

Um exemplo de aplicação do método espacial é o sistema GISMAP (Cunha, 1998), que tem por base um sistema de navegação GPS/IMU (ver Figura 4). Neste sistema é utilizado um receptor GPS na viatura e outro como estação de referência, colocado num ponto estático e de boa visibilidade na área do levantamento. Os dados GPS são processados em modo diferencial e através de técnicas especificamente desenvolvidas para a determinação das posições onde é frequente o bloqueio e reflexão dos sinais provenientes dos satélites (como acontece em zonas urbanas altamente consolidadas).

Para recolher os dados provenientes do sensor inercial (IMU) monta-se um computador industrial na viatura. Este computador está equipado com um ecrã e um teclado e, através desta interface, o operador verifica, em tempo real, se os dados se encontram com as características esperadas e se o processo de armazenamento decorre em boas condições. O operador utiliza o teclado para introduzir os eventos que correspondem à informação que se pretende recolher. É através de diferentes combinações de teclas que a informação pretendida é armazenada. Este registo, devidamente sincronizado com os dados recolhidos pelos sensores, permite associar, com precisão, a posição da viatura nos instantes em que esses eventos foram assinalados.

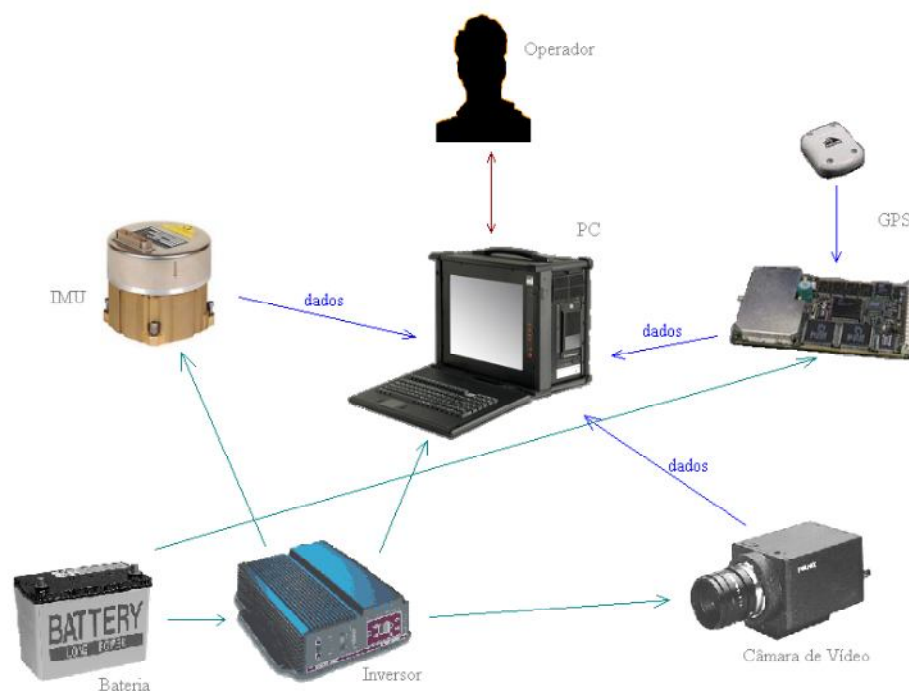


Figura 4 - Sistema GISMAP (GEONAV, 1998)

Em termos comparativos, o método linear utiliza uma tecnologia mais simples. Neste sentido, tem sido o mais utilizado na referenciação de infra-estruturas rodoviárias, sobretudo em meio urbano. Por outro lado, o método espacial localiza inequivocamente uma ocorrência, mantendo a posição da mesma, mesmo que se verifiquem no futuro alterações nas marcas de referência ou no do traçado da estrada.

3.5. Sistema de Referenciação para localização da Sinalização Rodoviária e Dispositivos de Segurança

Como referido anteriormente, o método de referenciação linear tem sido o mais utilizado para o levantamento de informação associada a infra-estruturas rodoviárias, uma vez que não requer grande tecnologia para a medição das distâncias. No entanto, é muito susceptível de desactualização e de indução de erros grosseiros motivados, essencialmente, pelo desaparecimento ou alteração das marcas de referência.

O método espacial utiliza uma tecnologia mais avançada e inovadora, uma vez que, utiliza um sistema GPS. Assim, será este o método proposto para o levantamento da sinalização e dos dispositivos de segurança, neste trabalho.

O registo simultâneo de imagem vídeo é um poderoso auxiliar na inspecção e inventário, pois permite a monitorização da infra-estrutura rodoviária, ao mesmo tempo que possibilita a determinação da posição dos equipamentos da via. Assim, as entidades responsáveis pela manutenção das infra-estruturas rodoviárias têm a função de inventariação e monitorização facilitada, tornando-a menos morosa e dispendiosa.

Neste trabalho, o levantamento da informação da sinalização e dos dispositivos de segurança é efectuado com recurso a um sistema de georreferenciação em tempo real (GPS) e registo simultâneo de vídeo. Os dados resultantes do levantamento possibilitam desta forma a construção de um cadastro e conseqüente base de dados que serão integrados, posteriormente, num SIG.

Quanto ao método espacial adoptado, podem enunciar-se um conjunto de vantagens e desvantagens relacionadas com a sua utilização. Como vantagens podemos mencionar a possibilidade de definir posições geográficas num plano, ou seja, com coordenadas x e y ; a independência em relação à direcção e orientação das estradas, não sendo os dados afectados pelo desaparecimento ou alteração das marcas de referência; a possibilidade de observação recorrendo ao registo de vídeo, permitindo observar tantas vezes como as necessárias as imagens referentes a determinado local ou ocorrência, sem ser necessário retornar ao local; e a utilização de um GPS que está associado a um *Datum* global, definido em função de um sistema cartesiano tridimensional, permitindo assim, a uniformização da informação a nível nacional e internacional.

No que se refere às desvantagens, destaca-se o facto de a utilização do GPS apresentar um erro de localização associado, que varia consoante a existência de obstáculos e reflexões que afectam o sinal recebido pelo aparelho, as condições atmosféricas adversas, o posicionamento desfavorável do conjunto de satélites que emitem o sinal ou até as limitações do próprio aparelho receptor; de um receptor isolado não permitir a aquisição de coordenadas precisas, sendo para isso necessário a utilização de dois aparelhos receptores; do tempo de estacionamento num ponto também afectar a qualidade da informação recebida, sendo que neste caso a campanha de levantamento implica que se faça o registo em movimento.

Ainda, comparativamente ao exemplo apresentado para o método espacial de referenciação do sistema GISMAP, repare-se que o sistema proposto pressupõe a recolha de dados da sinalização através de imagem vídeo sincronizada com os dados geográficos emitidos pelo GPS, e não a recolha de dados por observação directa. Neste aspecto, é um sistema que tem em consideração uma tecnologia superior.

4. Implementação de um Sistema de Inventariação da Sinalização e Dispositivos de Segurança em Infra-Estruturas Rodoviárias com recurso a GPS e SIG - Metodologia Empregue e Caso de Estudo

4.1. Estruturação da Base de Dados

Para a criação da base de dados do sistema proposto recorreu-se ao programa Office Excel (Microsoft, 2007), ferramenta informática que consiste fundamentalmente numa folha de cálculo com gráficos e que permite o armazenamento organizado de informação. Embora este programa revele algumas limitações, já que todos os dados são carregados em memória (não permitindo assim a criação de BD de grandes dimensões), possui algumas facilidades de gestão de dados que permitem a criação de pequenas BD. Para um sistema como o pretendido é o suficiente. Possibilita ainda, operações sobre a BD, tais como: inserção, alteração e remoção de registos, consulta e pesquisa de dados, ordenações e análises estatísticas. (Wanzeller e Loureiro, 2002)

A base de dados da sinalização e dispositivos de segurança rodoviários (BDSDSR) estruturou-se no *Office Excel* sob a forma de lista ou tabela com o seguinte formato:

- Colunas ou campos - células que contêm informação da mesma natureza;
- Linhas ou registos - onde são registados todos os campos de um elemento da lista.

A BDSDSR desenvolvida para o caso das auto-estradas é constituída por três tabelas de dados com informações relativas a: rede rodoviária, ocorrências pontuais e ocorrências lineares.

Na Tabela 16 apresentam-se os campos que constituem a tabela de dados de caracterização da rede rodoviária e uma breve descrição de cada campo.

Tabela 16 - Campos definidos para caracterização da rede rodoviária

Campo	Descrição
Itinerário	Identificação da estrada, de acordo com a classificação da Rede Nacional de Auto-estradas (RNA)
Lanço	Lanço da auto-estrada, de acordo com a classificação da Rede Nacional de Auto-estradas (RNA)
Sub-lanço	Troço da auto-estrada em que é efectuada a campanha de levantamento
Sentido	Sentido da campanha de levantamento relativamente à orientação da auto-estrada
Exploração	Identificação da entidade responsável pela gestão da infra-estrutura
Data_inv	Data em que foi efectuada a campanha de levantamento
Vídeo_inv	Identificação do ficheiro de vídeo, que contém a imagem para o instante em causa
Hora	Hora em que foi efectuada o levantamento (precisão ao segundo)
N (veíc.)	Latitude relativa à localização da antena GPS do veículo
W (veíc.)	Longitude relativa à localização da antena GPS do veículo
x (veíc.)	Coordenada xx relativa à localização da antena GPS do veículo
y (veíc.)	Coordenada yy relativa à localização da antena GPS do veículo
z (veíc.)	Coordenada zz relativa à localização da antena GPS do veículo
d_hor (veíc.)	Distância horizontal percorrida pelo veículo, entre duas leituras consecutivas do GPS (calculada com x e y)
d_orig_AE (veíc.)	Distância horizontal percorrida (acumulada) pelo veículo, desde a entrada até à saída da auto-estrada
Pk (veíc.)	Posição do veículo relativamente à quilometragem da auto-estrada (demarcação)
d_hor_acum (veíc.)	Distância horizontal percorrida (acumulada) pelo veículo, desde a origem do levantamento
Observações	Informações consideradas relevantes

Nas Tabelas 17 e 18 apresentam-se os campos que constituem a tabela de dados das ocorrências pontuais e uma breve descrição de cada campo.

Tabela 17 - Campos para registo de informação relativa às ocorrências pontuais (1/2)

Campo	Descrição
Itinerário	Identificação da estrada, de acordo com a classificação da Rede Nacional de Auto-estradas (RNA)
Lanço	Lanço da auto-estrada, de acordo com a classificação da Rede Nacional de Auto-estradas (RNA)
Sub-lanço	Troço da auto-estrada em que é efectuada a campanha de levantamento
Sentido	Sentido da campanha de levantamento relativamente à orientação da auto-estrada
Exploração	Identificação da entidade responsável pela gestão da infra-estrutura
Tipo_elem	Tipo de elemento a inventariar (sinalização vertical, sinalização horizontal ou dispositivo de segurança)
Grupo_elem	Grupo no qual se enquadra o elemento a inventariar

Tabela 18 - Campos para registo de informação relativa às ocorrências pontuais (2/2)

Campo	Descrição
Cód_elem	Código atribuído ao elemento a inventariar/Identificador
Lado da f.r.	Lado da faixa de rodagem em que se encontra o elemento a inventariar
Offset_eixo	Afastamento do elemento a inventariar relativamente o eixo da estrada (casos seja necessário)
Foto_inv	Identifica o ficheiro de imagem que contém a fotografia do elemento inventariado (opcional)
Data_inv	Data em que foi efectuada a inventariação
Vídeo_inv	Identifica o ficheiro de vídeo utilizado para a inventariação
Hora	Hora na qual se determina a localização do elemento a inventariar (precisão ao segundo)
N (veíc.)	Latitude relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se determina a localização do elemento a inventariar
W (veíc.)	Longitude relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se determina a localização do elemento a inventariar
x (veíc.)	Coordenada xx relativa à posição da antena GPS do veículo, no instante em se determina a localização do elemento a inventariar
y (veíc.)	Coordenada yy relativa à posição da antena GPS do veículo, no instante em se determina a localização do elemento a inventariar
z (veíc.)	Coordenada zz relativa à posição da antena GPS do veículo, no instante em se determina a localização do elemento a inventariar
d_hor_AE (veíc.)	Distância horizontal percorrida (acumulada) pelo veículo, desde a entrada na auto-estrada, no instante em se determina a localização do elemento a inventariar
Pk (veíc.)	Posição do veículo relativamente à quilometragem da estrada, no instante em que se determina a localização do elemento a inventariar
d_hor_acum (veíc.)	Distância horizontal percorrida (acumulada) pelo veículo, desde a origem do levantamento, no instante em se determina a localização do elemento a inventariar
x (elem.)	Coordenada xx relativa à localização do elemento a inventariar (calculada no SIG)
y (elem.)	Coordenada yy relativa à localização do elemento a inventariar (calculada no SIG)
d_hor_AE (elem.)	Distância horizontal (acumulada) do elemento a inventariar desde a entrada da auto-estrada
Pk (elem.)	Posição do elemento a inventariar relativamente à quilometragem da estrada
d_hor_acum (elem.)	Distância horizontal (acumulada) do elemento a inventariar à origem do levantamento
Est_conservação	Estado de conservação do elemento a inventariar (Bom, Médio ou Mau)
Cond_reflexão	Condições de reflexão do elemento a inventariar (Bom, Médio ou Mau)
Observações	Informações consideradas relevantes

Nas Tabelas 19 e 20 apresentam-se os campos que constituem a tabela de dados das ocorrências lineares.

Tabela 19 - Campos para registo de informação relativa às ocorrências lineares (1/2)

Campo	Descrição
Itinerário	Identificação da estrada, de acordo com a classificação da Rede Nacional de Auto-estradas (RNA)
Lanço	Lanço da auto-estrada, de acordo com a classificação da Rede Nacional de Auto-estradas (RNA)
Sub-lanço	Troço da auto-estrada em que é efectuada a campanha de levantamento
Sentido	Sentido da campanha de levantamento relativamente à orientação da auto-estrada
Exploração	Identificação da entidade responsável pela gestão da infra-estrutura
Tipo_elem	Tipo de elemento a inventariar (Sinalização Vertical, Sinalização Horizontal ou Dispositivo de Segurança)
Grupo_elem	Grupo no qual se enquadra o elemento a inventariar
Cód_elem	Código atribuído ao elemento a inventariar/Identificador
Lado da f.r.	Lado da faixa de rodagem em que se encontra o elemento a inventariar
Offset_eixo	Afastamento (representativo) do elemento a inventariar, relativamente ao eixo da estrada
Foto_inv	Identifica o ficheiro de imagem que contém a fotografia do elemento a inventariar, no instante em causa (opcional)
Data_inv	Data em que foi efectuada a inventariação
Vídeo_inv	Identifica o ficheiro de vídeo utilizado para a inventariação
Hora_i (veíc.)	Hora na qual se determina a localização do início do elemento a inventariar (precisão ao segundo)
Ni (veíc.)	Latitude relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o início do elemento a inventariar
Wi (veíc.)	Longitude relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o início do elemento a inventariar
xi (veíc.)	Coordenada xx relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o início do elemento a inventariar
yi (veíc.)	Coordenada yy relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o início do elemento a inventariar
zi (veíc.)	Coordenada zz relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o início do elemento a inventariar
di_hor_AE (veíc.)	Distância horizontal percorrida (acumulada) pelo veículo, desde a entrada na auto-estrada, no instante em se constata o início do elemento a inventariar
Pki (veíc.)	Posição do veículo relativamente à quilometragem da estrada, no instante em que se constata o início do elemento a inventariar
di_hor_acum (veíc.)	Distância horizontal percorrida (acumulada) pelo veículo, desde a origem do levantamento, no instante em se constata o início do elemento a inventariar
xi (elem.)	Coordenada xx relativa à localização do início do elemento a inventariar (calculada no SIG)

Tabela 20 - Campos para registo de informação relativa às ocorrências lineares (2/2)

Campo	Descrição
yi (elem.)	Coordenada yy relativa à localização do início do elemento a inventariar (calculada no SIG)
di_hor_AE (elem.)	Distância horizontal (acumulada) do início do elemento a inventariar à entrada na auto-estrada
Pki (elem.)	Posição do início do elemento a inventariar relativamente à quilometragem da estrada
di_hor_acum (elem.)	Distância horizontal (acumulada) do início do elemento a inventariar à origem do levantamento
Hora_f (veíc.)	Hora na qual se determina a localização do fim do elemento a inventariar (precisão ao segundo)
Nf (veíc.)	Latitude relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o fim do elemento a inventariar
Wf (veíc.)	Longitude relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o fim do elemento a inventariar
xf (veíc.)	Coordenada xx relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o fim do elemento a inventariar
yf (veíc.)	Coordenada yy relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o fim do elemento a inventariar
zf (veíc.)	Coordenada zz relativa à localização da antena GPS do veículo, no instante em que se constata o fim do elemento a inventariar
df_hor_AE (veíc.)	Distância horizontal percorrida (acumulada) pelo veículo, desde a entrada na auto-estrada, no instante em se constata o fim do elemento a inventariar
Pkf (veíc.)	Posição do veículo relativamente à quilometragem da estrada, no instante em que se constata o fim do elemento a inventariar
df_hor_acum (veíc.)	Distância horizontal percorrida (acumulada) pelo veículo, desde a origem do levantamento, no instante em se constata o fim do elemento a inventariar
xf (elem.)	Coordenada xx relativa à localização do fim do elemento a inventariar (calculada no SIG)
yf (elem.)	Coordenada yy relativa à localização do fim do elemento a inventariar (calculada no SIG)
df_hor_AE (elem.)	Distância horizontal (acumulada) do fim do elemento a inventariar à entrada na auto-estrada
Pkf (elem.)	Posição do fim do elemento a inventariar relativamente à quilometragem da estrada
df_hor_acum (elem.)	Distância horizontal (acumulada) do fim do elemento a inventariar à origem do levantamento
Est_conservação	Estado de conservação do elemento a inventariar (Bom, Médio ou Mau)
Cond_reflexão	Condições de reflexão do elemento a inventariar (Bom, Médio ou Mau)
Observações	Informações consideradas relevantes

4.2. Aquisição e Tratamento de Dados

“Por dados entendemos cada um dos elementos da informação a que recorremos durante o desenvolvimento de uma investigação e na base dos quais, convenientemente sintetizados, poderão extrair-se conclusões de relevância em relação ao problema inicial” (Vilelas, 2009).

Para a obtenção dos dados efectuaram-se duas campanhas de levantamento da informação relativa à rede, sinalização e dispositivos de segurança. A primeira constituiu o *levantamento teste* para afinação do sistema de aquisição de dados e a segunda o *levantamento definitivo*, ambas realizadas em meio rodoviário interurbano.

O sistema de aquisição de dados utilizado tem por base a recepção de informação geográfica por GPS e o registo simultâneo de imagem vídeo, sendo o tempo o factor de sincronismo que permitiu associar os dois tipos de informação.

O *software* utilizado para o tratamento e visualização da informação geográfica foi o ArcGis 9.3 (ESRI, 2008) e o sistema de coordenadas adoptado foi o WGS84 (utilizado pelo GPS). A quadrícula de projecção corresponde à Zona 29N, na qual se encontra Portugal Continental.

Nos pontos seguintes são abordados os principais aspectos relacionados com o equipamento montado no veículo utilizado no levantamento e o modo como foi efectuada a referenciação da rede e a recolha dos dados da sinalização e dos dispositivos de segurança rodoviária. É ainda efectuada a descrição da metodologia utilizada no processamento dos dados recolhidos de forma a incluí-los na BDSRDS.

4.2.1. Equipamento Utilizado

No *levantamento teste* a captura de imagem vídeo efectuou-se com duas *webcams* (com qualidade de vídeo HD), colocadas no *tablier* do veículo e direccionadas de forma a captarem toda a faixa de rodagem. Cada câmara foi ligada a um computador portátil.

Simultaneamente, ligou-se a cada computador um receptor GPS com capacidade SBAS para sincronismo temporal, colocados no tejadilho do veículo. Uma terceira antena de GPS encontrava-se ligada a um receptor GPS monofrequência L1 (aquisição de posição) que registou as posições a serem pós-processadas (fase e código) relativamente à estação de referência STIG sito na UBI.

Os resultados obtidos com o levantamento teste permitiram concluir que seria suficiente o recurso a apenas uma câmara colocada no tejadilho da viatura, para captação da imagem vídeo, pelo que seria apenas necessário um receptor GPS para sincronismo de tempo e um computador portátil.

Desta forma, no *levantamento definitivo* a captura de imagem vídeo efectuou-se com uma *webcam* colocada no interior de uma caixa de protecção para câmaras de segurança, fixada no tejadilho do veículo por meio de magnetos e direccionada para a frente. A câmara foi ligada a um computador portátil (ver Figura 5).

A adopção de apenas uma câmara na segunda campanha de levantamento simplificou todo o processo, uma vez que gera apenas metade da informação gráfica para tratamento e permite manter a qualidade da informação obtida. A sua colocação, no exterior do veículo, proporciona um campo de visão mais alargado e torna mais perceptível o ambiente rodoviário.

Comparativamente à primeira campanha de levantamento, foram utilizados apenas uma câmara vídeo, um computador portátil e menos um receptor GPS (ver Figura 6).



Figura 5 - Equipamento instalado na viatura (segunda campanha de levantamento)
a) Câmara de vídeo e antenas de GPS; b) Computador portátil; c) Aquisição de posições: receptor *GPS L1*, *datalogger* e bateria.

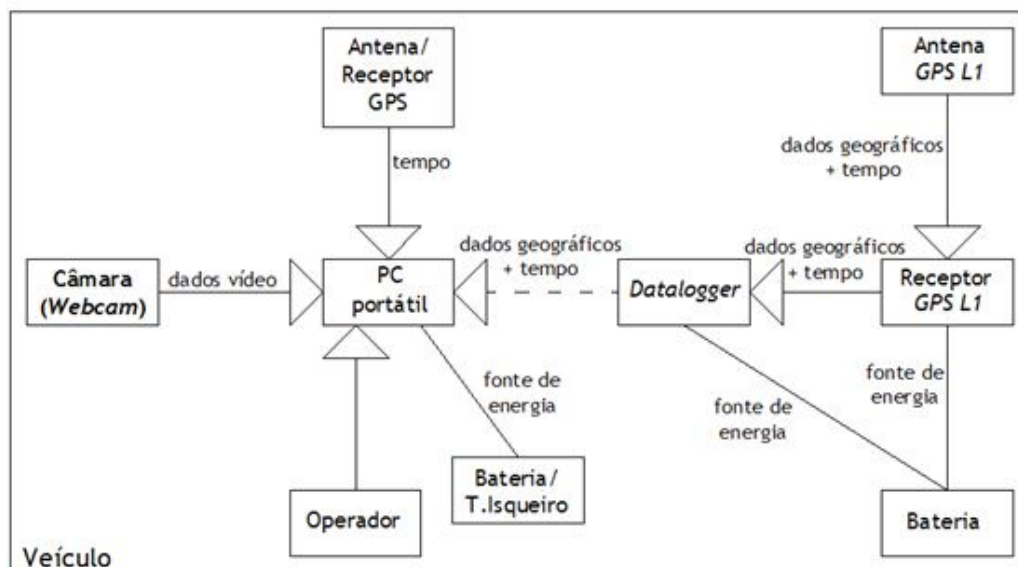


Figura 6 - Representação esquemática do sistema utilizado (segunda campanha de levantamento)

4.2.2. Referenciação e Processamento dos Dados relativos à Rede

Como indicado anteriormente, o modelo de referenciação da rede adoptado foi o modelo espacial, baseado na captura das coordenadas por GPS para gerar uma localização com três coordenadas (x , y , z). Para isso, utilizou-se o *GPS de posição* que permite captar a cada segundo o posicionamento ocupado pela viatura e permite o registo das coordenadas (x , y , z), que são, posteriormente, processadas em modo relativo. Com os registos das coordenadas geográficas em cada segundo é possível representar o desenvolvimento da rede viária em planta, através de uma sequência de pontos.

Tendo em conta que o levantamento é efectuado em meio interurbano e maioritariamente numa estrada multivias (perfil de auto-estrada), impõe-se a necessidade do veículo circular permanentemente na via da direita, a uma velocidade controlada entre os 60-70km/h, tendo-se optado pela fixação da velocidade de levantamento através da utilização do *cruise control* do veículo.

Assim, os pontos representados no SIG adoptado, o ArcGis 9.3 (ESRI, 2008), provenientes da localização do receptor *GPS de posição*, correspondem à localização geográfica ocupada pela antena do *GPS de posição* no tejadilho do veículo, a cada instante, e coincidem com o eixo da via em que o mesmo circula. Assume-se esta posição como representativa do eixo da estrada, já que se pretende essencialmente a inventariação relativamente ao desenvolvimento linear desta.

Correcção de Zonas de Falha de Sinal de GPS de Posição

Ao longo de uma campanha de levantamento, muito dificilmente a existência de um bom sinal de GPS é uma constante. A existência de vegetação densa, obras de arte e outros obstáculos, bem como a constelação dos próprios satélites afectam consideravelmente a qualidade do sinal, provocando a ausência de registos de coordenadas para determinados instantes. Para corrigir esta situação é possível recorrer a duas metodologias.

A primeira consiste na importação dos dados do ficheiro gerado pelo *GPS de posição* (coordenadas e tempo) para o ArcGis e na sobreposição destes com os dados recolhidos em uma outra campanha de levantamento anterior efectuada em condições semelhantes e para o mesmo percurso (ver Figura 7). Identificam-se posteriormente os pontos que preenchem a zona em falta, copiam-se os dados correspondentes e inserem-se os mesmos na tabela de dados relativos à rede rodoviária.

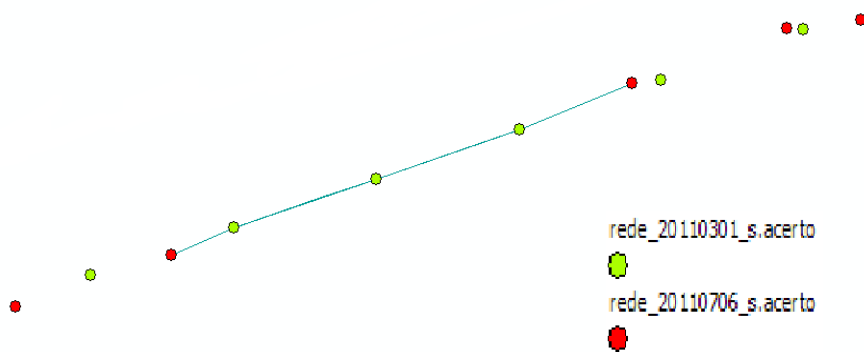


Figura 7 - Exemplo de correcção de zonas de falha do sinal do *GPS de posição* com registos de outra campanha de levantamento

Este método requer especial atenção, pois tem implicações na sincronização da legenda do vídeo de inventariação correspondente (ver 4.2.3.). Isto porque, numa falha de sinal de GPS que em condições normais teria um número de pontos intermédios igual ao número de registos que falharam (um por segundo), após a correcção, o número de pontos pode resultar inferior ou superior (os pontos deixaram de ser aproximadamente equidistantes entre si).

A segunda metodologia é semelhante à anterior, no entanto, pressupõe que os pontos provenientes da campanha de levantamento anterior sejam unidos entre si e unidos aos dois pontos conhecidos das extremidades da falha de sinal utilizando a operação *PointToLine* (Rathert, 2004) (ver Figura 8). Depois de criada a linha, esta é dividida em linhas equidistantes entre si e de modo que no tramo da falha haja um número de pontos igual ao número de registos que falharam (segundos). Assim, ultrapassa-se a limitação associada ao primeiro método e as coordenadas x e y podem ser calculadas automaticamente no SIG.

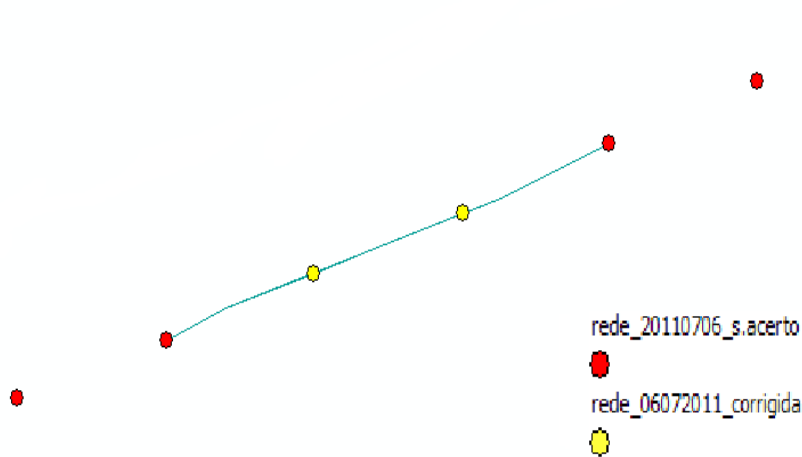


Figura 8 - Exemplo de correcção de zonas de falha do sinal do *GPS de posição* através da interpolação de coordenadas, tendo em conta registos de campanhas de levantamento anteriores

Processamento dos Dados relativos à Rede

Como referido, a rede é referenciada através das coordenadas rectangulares ($x(\text{veíc.})$, $y(\text{veíc.})$, $z(\text{veíc.})$) dos pontos obtidos com o *GPS de posição*, a cada segundo. A esta sequência de pontos é adicionada informação alfanumérica através do preenchimento dos campos da tabela da BDSRDS correspondente à rede rodoviária, permitindo uma mais completa caracterização desta.

Os campos da tabela incluem para cada registo, além das coordenadas provenientes do *GPS de posição*, informação acerca da: caracterização da rede (*Itinerário*, *Lanço*, *Sub-lanço*, *Sentido* e *Exploração*), campanha de inventariação (*Data_inv*, *Vídeo_inv*, *Hora*), localização em coordenadas geográficas ($N(\text{veíc.})$, $W(\text{veíc.})$) e localização linear relativamente a pontos de referência ($d_{\text{hor}}(\text{veíc.})$, $d_{\text{hor_acum}}(\text{veíc.})$, $Pk(\text{veíc.})$, $d_{\text{orig_AE}}(\text{veíc.})$).

Na informação respeitante à caracterização da rede e à campanha de inventariação os campos são descritivos. Para a localização dos pontos em coordenadas geográficas procedeu-se à transformação das coordenadas geradas pelo *GPS de posição*, em coordenadas rectangulares UTM *Datum* WGS84, em coordenadas geográficas *Datum* WGS84, através da utilização de um utilitário disponibilizado *on-line* pelo Instituto Geográfico Português (IGeoE, 2006).

Quanto à localização linear, esta integra os campos da BDSRDS que associam um determinado ponto à distância percorrida desde um ponto de referência estabelecido. O campo $d_hor(veíc.)$ representa a distância percorrida pelo veículo entre duas leituras consecutivas do *GPS de posição* e é calculado, em termos de x e y, da seguinte forma:

$$d_hor[i+1](veíc.) = \begin{cases} 0; i = 0 \\ \sqrt{(y[i+1](veíc.) - y[i](veíc.))^2 + (x[i+1](veíc.) - x[i](veíc.))^2}; i = 1, \dots, \infty \end{cases} \quad (1)$$

Os campos $d_hor_acum(veíc.)$ e $d_orig_AE(veíc.)$ representam a distância acumulada percorrida desde o início de um percurso levantado e desde a entrada na auto-estrada, respectivamente. Calculam-se da seguinte forma:

$$d_hor_acum[i+1](veíc.) = \begin{cases} 0; i = 0 \\ d_hor_acum[i](veíc.) + d_hor[i+1](veíc.); i = 1, \dots, \infty \end{cases} \quad (2)$$

$$d_orig_AE[i+1](veíc.) = \begin{cases} 0; i = 0 \\ d_orig_AE[i](veíc.) + d_hor[i+1](veíc.); i = 1, \dots, \infty \end{cases} \quad (3)$$

O campo $Pk(veíc.)$ refere-se à posição ocupada pelo veículo relativamente à quilometragem da estrada, ou seja, relativamente à sua demarcação. Para o cálculo deste parâmetro, localiza-se um demarcador de referência e a partir da posição deste soma-se ou subtrai-se (consoante a evolução da quilometragem seja ascendente ou descendente, respectivamente) a distância percorrida entre dois pontos consecutivos registados pelo *GPS de posição*. Os valores de $Pk(veíc.)$ são expressos em quilómetros.

Depois de preenchidos os campos da tabela para todo o percurso, importa-se a informação para o ArcGis (ESRI, 2008), já com o sistema de coordenadas definido. Os pontos são depois unidos com recurso à ferramenta *PointToLine* (Rathert, 2004) obtendo-se a rede viária definida por linhas.

A linha obtida representa o eixo da via mais à direita para a faixa de rodagem da auto-estrada em que é efectuado o levantamento. Caso se pretenda representar o eixo real da faixa de rodagem, é possível efectuar a operação *offset* para definir esta localização em particular, no entanto, considerou-se que não seria necessário efectuar esta operação para este caso.

Por fim, para georreferenciar a rede relativamente à quilometragem da estrada criaram-se e calibraram-se *routes*.

Criação e Calibração de Routes

Uma *route* representa um determinado percurso ao longo do qual podem ser referenciados, de forma linear, uma série de eventos relativamente à origem da secção considerada. Os campos da BDSRDS associados à criação e calibração das *routes* são *d_hor_acum(veíc.)*, *d_orig_AE(veíc.)* e *Pk(veíc.)*.

Segundo Brennan e Harlow (2004), na fase de criação de *routes*, existem três métodos de calibração possíveis: sem indicação de valores, determinando-se o desenvolvimento da *route* em função da extensão da estrada; através da indicação da extensão da estrada, existindo um ajuste do desenvolvimento da *route* em função da extensão considerada; e através da identificação dos pontos quilométricos inicial e final da estrada, existindo um ajuste do desenvolvimento da *route* em função da diferença dos pontos quilométricos considerados.

O método adoptado foi o segundo, porque tem em conta a extensão da estrada, é de aplicação mais simples e pode ser utilizado nos acessos das auto-estradas, em que não existe demarcação.

Na tabela da BDSRDS referente à rede rodoviária, a informação relativa à quilometragem de cada ponto do percurso (*Pk(veíc.)*), está interligada à distância percorrida desde a origem do levantamento e da *route* (*d_hor_acum(veíc.)* e *d_orig_AE(veíc.)*). Assim, o acesso à informação quilométrica é facilitado no SIG, sendo apenas necessário consultar a tabela de atributos ou clicar sobre o objecto com o botão informações.

Formação de Loop nas Routes

Nos acessos de entrada e saída da auto-estrada, devido à existência de passagens superiores ou inferiores desniveladas, ocorre por vezes, que o veículo que efectua o levantamento da informação ocupa duas vezes a mesma posição geográfica (a coordenada *zz* é desprezada). Deste modo, a *route* que representa a rede rodoviária vai intersectar-se consigo mesma e provocar a formação de um *loop* (ver Figura 9).

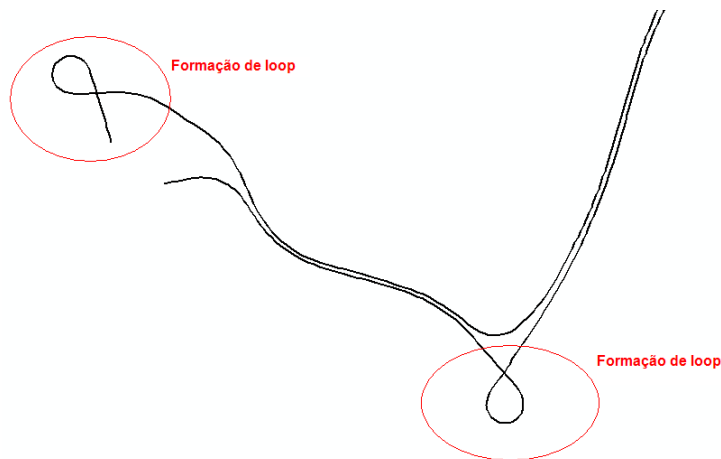


Figura 9 - Formação de *loop* numa *route*

Quando ocorre o *loop*, a localização das ocorrências ao longo da *route*, a partir do ponto de intersecção não é efectuada de forma correcta pelo ArcGis 9.3. (ESRI, 2008).

Para resolver este problema é necessário considerar no programa a criação de *routes* complexas onde há formação de *loop*, ou dividir a *route* em duas *routes* distintas terminando a primeira depois do ponto de intersecção e começando a segunda nesse mesmo ponto (relativamente ao desenvolvimento natural da *route*).

O procedimento adoptado no caso prático estudado foi o segundo.

4.2.3. Recolha e Processamento dos Dados de Sinalização e Dispositivos de Segurança Rodoviária

A recolha de dados de sinalização e dispositivos de segurança rodoviária é efectuada com recurso à imagem vídeo georreferenciada. Para o efeito, as coordenadas do *GPS de posição* foram registadas num ficheiro de texto, associadas ao instante em que foram obtidas, tendo-se, posteriormente, criado e sincronizado uma legenda para correr em simultâneo com o ficheiro de imagem vídeo, visualizando-se a informação relativa ao tempo (hh:mm:ss) e às coordenadas ocupadas pelo veículo (x, y, z) (ver Figura 10). O tempo é o factor de sincronismo entre o GPS e a imagem vídeo porque é o parâmetro que tem menos erro num sistema de GPS autónomo.

A legenda adoptada contém no início e no fim do texto uma linha horizontal de referência que termina na extremidade da imagem e cuja colocação pode ser ajustada em altura. As coordenadas de localização das ocorrências são determinadas através do ajuste da coordenada do veículo para a posição da linha de referência.



Figura 10 - Exemplo da imagem vídeo com o tipo de legenda adoptado

Para fazer corresponder a distância em profundidade à altura da linha horizontal de referência da imagem, recorreu-se a marcas de referência numa imagem auxiliar recolhida pela mesma câmara, na mesma posição em que foi colocada na campanha de inventariação. A Figura 11 apresenta a imagem auxiliar utilizada para a definição das distâncias em profundidade na imagem.

A cada linha representada corresponde uma distância em profundidade. A linha de cor vermelha situa-se, exactamente, a meio da imagem, ou seja, a 50% da sua altura, as restantes linhas (pretas) estão distanciadas entre si, na realidade, de 3,30m. A segunda linha (de baixo para cima) encontra-se, em linha recta, a 9,5 metros do *GPS de posição* e é esta que é tida em conta na referenciação.

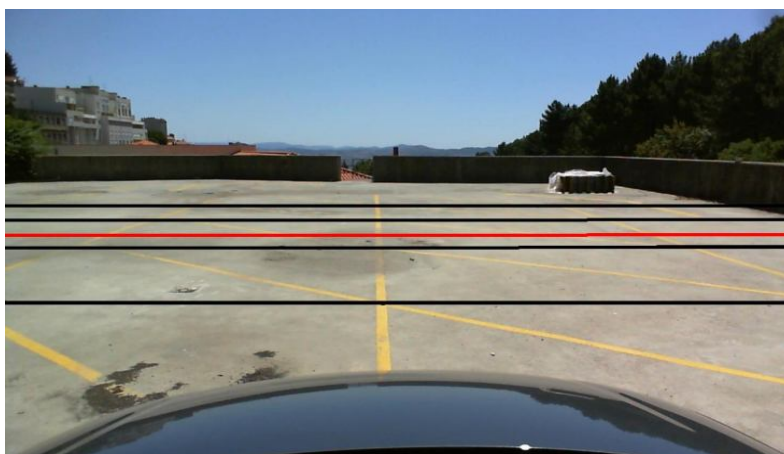


Figura 11 - Imagem de associação de distâncias em profundidade à altura da imagem

Como referido anteriormente e considerado na elaboração das tabelas da BDSRDS, a informação da sinalização e dos dispositivos de segurança englobam dois tipos de dados, as ocorrências pontuais e as ocorrências lineares. As ocorrências pontuais correspondem a toda a

sinalização vertical e à sinalização horizontal e dispositivos de segurança pontuais, isto é, ocorrências que ocupam uma posição exacta e possíveis de representar por um único ponto (x, y, z) . As ocorrências lineares correspondem à sinalização horizontal e dispositivos de segurança com desenvolvimento linear, isto é, prolongam-se ao longo de uma determinada extensão sendo caracterizadas pelo ponto inicial (x_i, y_i, z_i) e final (x_f, y_f, z_f) do seu desenvolvimento.

A posição da sinalização e dispositivos de segurança pontuais é determinada através da imobilização da imagem vídeo quando a base do elemento intersecta a legenda, tendo em conta as linhas de referência definidas. Quando a sinalização se encontra sobre a faixa de rodagem referenciam-se os pilares do respectivo pórtico. Para a sinalização e dispositivos de segurança com desenvolvimento linear, determina-se a localização inicial e final parando a imagem vídeo no ponto inicial/final do elemento no instante em que este intersecta a legenda.

Recorde-se que, as coordenadas indicadas na legenda da imagem vídeo, quando é visualizado o elemento a referenciar, dizem respeito à posição do veículo e não a esse mesmo elemento, sendo necessário fazer o ajuste correspondente à posição da ocorrência.

Correcção de Erro Sistemático dos Registos do GPS de Posição

Na campanha de inventariação, o relógio do computador é acertado previamente por satélite e quando é iniciada a gravação da imagem vídeo o computador regista a hora de início da gravação, com precisão à milésima de segundo. Perante isto, e tendo acesso ao registo de coordenadas do *GPS de posição* corrigido, torna-se simples sincronizar a legenda do vídeo através do tempo.

Procedendo dessa forma, verificou-se que ao visualizar o vídeo e ao analisar cuidadosamente a posição correspondente a determinado elemento no SIG, esta não é exactamente a mesma.

Este facto deveu-se ao fenómeno de *leap second*. A hora UTC (que rege os computadores) e a hora GPS diferem neste momento 15 segundos. O programa utilizado para o acerto horário tem um factor de correcção de apenas 10 segundos, motivo pelo qual se justifica que no *levantamento definitivo* fosse detectado um atraso sistemático no registo de coordenadas do *GPS de posição* de aproximadamente 5 segundos.

Para colmatar este facto, a cada vídeo foi associado (em modo de gravação) um instante de referência correspondente a uma paragem do veículo. Com este instante de referência de paragem do veículo, sendo a referência o momento de arranque, torna-se perceptível no

ficheiro de coordenadas o momento em que estas diferem. Efectuou-se um acerto de todo o ficheiro de coordenadas e legendas vídeo.

Processamento de Dados a incluir na Base de Dados Rodoviária

Os dados da BDSRDS relativos à sinalização e aos dispositivos de segurança dividem-se em dois grupos: ocorrências pontuais e ocorrências lineares. As primeiras são referenciadas no SIG sob a forma de pontos, enquanto as segundas são referenciadas sob a forma de linhas. Estes pontos e linhas são integrados no SIG sob a forma de eventos ao longo de *routes*.

Ocorrências pontuais

Estas ocorrências são referenciadas através das coordenadas dos pontos obtidos pelo *GPS de posição* ($x(\text{veíc.})$, $y(\text{veíc.})$, $z(\text{veíc.})$), no instante em que são localizadas, como descrito anteriormente. A cada ponto é adicionada informação alfanumérica, através do preenchimento dos campos da tabela da BDSRDS correspondente às ocorrências pontuais.

Na tabela da BDSRDS respeitante às ocorrências pontuais existem informações comuns à tabela da rede rodoviária, tais como: caracterização da rede rodoviária (*Itinerário, Lanço, Sub-lanço, Sentido e Exploração*), campanha de inventariação (*Data_inv, Vídeo_inv, Hora*), localização do veículo em coordenadas geográficas ($N(\text{veíc.})$, $W(\text{veíc.})$) e localização linear do veículo relativamente a pontos de referência ($d_{\text{hor_acum}}(\text{veíc.})$, $Pk(\text{veíc.})$, $d_{\text{orig_AE}}(\text{veíc.})$). Esta informação é associada à caracterização do elemento a inventariar (*Tipo_elem, Grupo_elem, Cód_elem, Lado da f.r., Est_Conservação, Cond_reflexão, Foto_inv*) e permite a obtenção da sua localização ($d_{\text{hor_acum}}(\text{elem.})$, $Pk(\text{elem.})$, $d_{\text{orig_AE}}(\text{elem.})$, $x(\text{elem.})$, $y(\text{elem.})$).

Na caracterização do elemento a inventariar os campos são descritivos, salientando-se os que descrevem o tipo, grupo e código de cada elemento (*Tipo_elem, Grupo_elem e Cód_elem*) e que são definidos como descrito em 3.3.3. O campo *Foto_inv* destina-se à opção de introdução de um *hiperlink* para visualizar uma foto do elemento no SIG.

Quanto à obtenção da localização do elemento recorda-se que, na recolha de dados de sinalização e dispositivos de segurança rodoviária, as coordenadas indicadas na legenda da imagem vídeo, quando é visualizado o elemento a referenciar, dizem respeito à posição do veículo e não a esse mesmo elemento, sendo necessário fazer um ajuste. Para ajustar as coordenadas do veículo para a posição da linha de referência (em termos de x e y), exporta-se a informação para o ArcGis (ESRI, 2008), já com o sistema de coordenadas definido e, representam-se os elementos nas *routes* criadas para a rede. Estas *routes* permitem

representar ao longo do seu comprimento, não só a posição do veículo, através da distância percorrida relativamente ao ponto de referência ($d_{hor_acum}(veic.)$ e $d_{orig_AE}(veic.)$), mas também a localização de determinada ocorrência sobre o desenvolvimento linear da estrada ($d_{hor_acum}(elem.)$ e $d_{orig_AE}(elem.)$), somando à distância percorrida pelo veículo a distância deste à linha de referência utilizada (Figura 12).

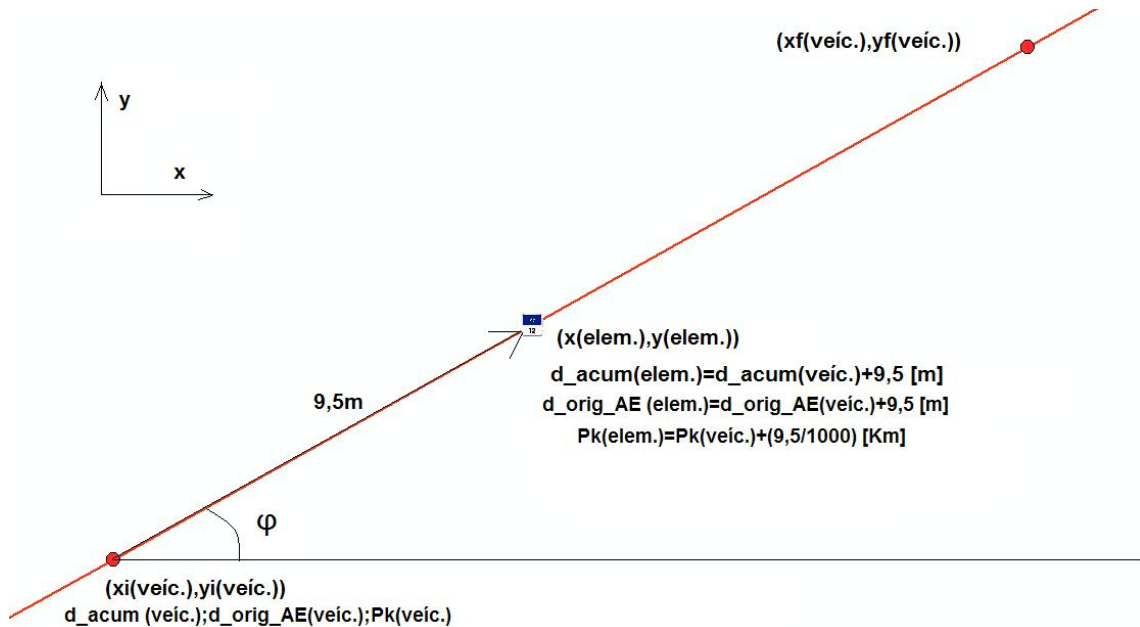


Figura 12 - Exemplo de localização de uma ocorrência pontual numa route, relativamente à localização do veículo

Representada a localização do elemento inventariado nas routes, podemos obter as coordenadas x e y do elemento ($x(elem.), y(elem.)$) automaticamente através do programa.

Na tabela da BDSRDS, respeitante às ocorrências pontuais, a informação referente à localização de cada elemento em relação à quilometragem da estrada ($Pk(elem.)$) está interligada à distância a que se encontra da origem da route ($d_{hor_acum}(elem.)$ e $d_{orig_AE}(elem.)$). Assim, o acesso à informação quilométrica é facilitado no SIG, sendo apenas necessário consultar a tabela de atributos ou clicar sobre o objecto com o botão informações.

Na referenciação da rede considerou-se que o eixo da faixa de rodagem coincide com o da via em que o veículo utilizado na campanha de levantamento circula. Para os elementos inventariados, de forma pontual, assumiu-se que estes estão localizados sobre o eixo, já que se pretende uma inventariação relativa ao desenvolvimento linear da estrada. Para diferenciar graficamente cada elemento, no SIG, associou-se a cada um deles um código ($Cód_elem$) e um ícone com a representação genérica do sinal em causa.

Finalmente, para tornar a informação menos densa na interface gráfica, atribuiu-se escalas diferentes aos diferentes grupos de elementos consoante a sua maior ou menor relevância e frequência de ocorrência na estrada. Por exemplo, devido ao número elevado de delineadores (dispositivos de segurança) existentes, o que torna a informação gráfica muito densa, optou-se por visualizá-los apenas em escalas maiores.

Ocorrências lineares

Estas ocorrências são referenciadas através das coordenadas dos pontos iniciais ($x_i(\text{veíc.})$, $y_i(\text{veíc.})$, $z_i(\text{veíc.})$) e finais ($x_f(\text{veíc.})$, $y_f(\text{veíc.})$, $z_f(\text{veíc.})$) dos elementos, no instante em que são localizadas, como descrito anteriormente. A cada linha é adicionada informação alfanumérica através do preenchimento dos campos da tabela da BDSDSR correspondentes às ocorrências lineares.

Na tabela da BDSRDS respeitante às ocorrências lineares existem informações comuns à tabela da rede rodoviária, tais como: caracterização da rede rodoviária (*Itinerário, Lanço, Sub-lanço, Sentido e Exploração*), campanha de inventariação (*Data_inv, Vídeo_inv, Hora_i, Hora_f*), localização do veículo em coordenadas geográficas ($N_i(\text{veíc.})$, $W_i(\text{veíc.})$, $N_f(\text{veíc.})$, $W_f(\text{veíc.})$) e localização linear do veículo relativamente a pontos de referência ($di_hor_acum(\text{veíc.})$, $Pki(\text{veíc.})$, $di_orig_AE(\text{veíc.})$, $df_hor_acum(\text{veíc.})$, $Pkf(\text{veíc.})$, $df_orig_AE(\text{veíc.})$). Esta informação é associada à caracterização do elemento a inventariar (*Tipo_elem, Grupo_elem, Cód_elem, Lado da f.r., Offset_eixo, Est_Conservação, Cond_reflexão*) e permite a obtenção da sua localização ($di_hor_acum(\text{elem.})$, $Pki(\text{elem.})$, $di_orig_AE(\text{elem.})$, $df_hor_acum(\text{elem.})$, $Pkf(\text{elem.})$, $df_orig_AE(\text{elem.})$, $x_i(\text{elem.})$, $y_i(\text{elem.})$, $x_f(\text{elem.})$, $y_f(\text{elem.})$).

Na caracterização do elemento a inventariar os campos são descritivos, salientando-se os que descrevem o tipo, grupo e código de cada elemento (*Tipo_elem, Grupo_elem e Cód_elem*), definidos como descrito em 3.3.3. O campo *Offset_eixo* destina-se à definição do afastamento relativamente ao eixo da estrada a que se pretende representar os elementos inventariados, tornando assim perceptível a sua visualização no SIG.

Quanto à obtenção da localização do elemento recorda-se que, na recolha de dados de sinalização e dispositivos de segurança rodoviária, as coordenadas indicadas na legenda da imagem vídeo, quando é visualizado o início e o fim do elemento a referenciar, dizem respeito à posição do veículo e não aos limites do elemento, sendo necessário fazer um ajuste. Tal como para as ocorrências pontuais, para ajustar as coordenadas do veículo para a posição da linha de referência (em termos de x e y), exporta-se a informação para o ArcGis (ESRI, 2008), já com o sistema de coordenadas definido e representam-se os elementos nas *routes* criadas para a rede. Estas *routes* permitem representar ao longo do seu comprimento,

não só a posição do veículo, através da distância percorrida relativamente a um ponto de referência ($d_{hor_acum}(veíc.)$ e $d_{orig_AE}(veíc.)$), mas também a localização do início ou fim de determinada ocorrência sobre o desenvolvimento linear da estrada ($di_{hor_acum}(elem.)$, $di_{orig_AE}(elem.)$, $df_{hor_acum}(elem.)$ e $df_{orig_AE}(elem.)$), somando à distância percorrida pelo veículo a distância deste à linha de referência utilizada.

Uma vez representada a localização do elemento inventariado nas *routes*, podemos obter as coordenadas x_i , y_i , x_f e y_f do elemento linear ($xi(elem.)$, $yi(elem.)$, $xf(elem.)$, $yf(elem.)$) automaticamente no programa.

Na tabela da BDSRDS, respeitante às ocorrências lineares, a informação referente à localização do início e fim de cada elemento em relação à quilometragem da estrada ($Pki(elem.)$ e $Pkf(elem.)$) está interligada à distância a que se encontra da origem da *route* ($di_{hor_acum}(elem.)$, $di_{orig_AE}(elem.)$, $df_{hor_acum}(elem.)$ e $df_{orig_AE}(elem.)$). Assim, o acesso à informação quilométrica é efectuado da mesma forma como descrito para as ocorrências pontuais.

Na referenciação da rede considerou-se que o eixo da faixa de rodagem coincide com o da via em que o veículo utilizado da campanha de levantamento circula. Os elementos inventariados, com desenvolvimento linear, foram localizados no eixo e representados lateralmente a distâncias estrategicamente escolhidas (através da operação de *offset*), tornando perceptível e intuitiva a sua interpretação.

Para diferenciar graficamente cada elemento no SIG, associou-se a cada código ($Cód_elem$) um tipo e cor de linha (para cada elemento). Finalmente, para tornar a informação menos densa, na interface gráfica atribuiu-se escalas diferentes aos diferentes grupos de elementos consoante a sua maior ou menor relevância e frequência de ocorrência na estrada.

4.3. Caso de Estudo: Sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte e Acessos

De acordo com o exposto anteriormente, o caso de estudo deste trabalho prende-se com a implementação de um sistema de inventariação para infra-estruturas rodoviárias, em meio interurbano. Para tal, desenvolveu-se uma aplicação prática, para o sistema proposto, num troço de auto-estrada e respectivos acessos.

Tendo em conta a proximidade à Universidade da Beira Interior (UBI), a auto-estrada escolhida foi a A23 (IP2) e o troço seleccionado o sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte. Segundo o Instituto de Estradas de Portugal (IEP), este sub-lanço integra-se no lanço Gardete

(IP6) - Guarda (IP5), cuja exploração é da responsabilidade da concessionária Scutvias - Auto-Estradas da Beira Interior S.A. Na Figura 13 apresenta-se a localização da auto-estrada A23 e do sub-lanço em estudo.

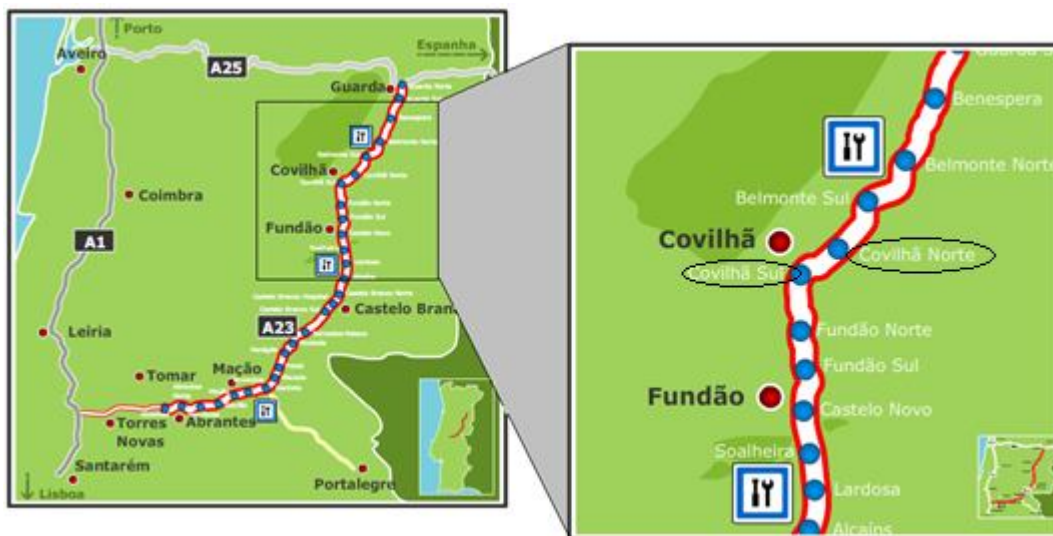


Figura 13 - Auto-Estrada A23, na qual se enquadra o sub-lanço em estudo (adaptado de Scutvias, 2008)

Na Tabela 21 indica-se a designação e demarcação da auto-estrada A23, de acordo com as Estradas de Portugal, S.A.

Tabela 21 - Designação e demarcação da auto-estrada A23

(adaptado de "Instrução Técnica - Classificação e Demarcação da Rede Nacional de Auto-Estradas", IEP)

Designação e demarcação de auto-estradas					
AE	IP/IC	Lanço	Exploração	Observações	Extensão
A23	IP6	Torres Novas (IP1) - Abrantes (EN2)	ICERR	Orientação: O/E	41
		Abrantes (EN2) - Gardete (IP2)	Scutvias	Orientação: O/E	40
	IP2	Gardete (IP6) - Guarda (IP5)	Scutvias	Orientação: S/N	140

Note-se que, a implementação do sistema foi efectuada em ambos os sentidos do sub-lanço de auto-estrada considerado.

Quanto aos acessos, sendo parte integrante da auto-estrada A23 (IP2), a sua exploração é igualmente da responsabilidade da concessionária Scutvias - Auto-Estradas da Beira Interior S.A. Não possuindo demarcação própria, estes acessos não estão integrados na Rede Nacional de Estradas e servem apenas de ligação entre a auto-estrada e os centros urbanos a que dão acesso. Neste caso de estudo incluem-se os acessos Covilhã Sul e Covilhã Norte. O primeiro acesso (Covilhã Sul) desenvolve-se desde a estrada municipal M506-1 até à A23 e o segundo (Covilhã Norte), no sentido oposto, desenvolve-se desde a auto-estrada até à estrada nacional N18.

Sendo a Scutvias a entidade responsável pela gestão da rede viária em estudo, recaí sobre si a responsabilidade da verificação constante das condições da sinalização da estrada e dos dispositivos de segurança, de modo a garantir a todo o momento, a segurança e comodidade dos condutores. Inventariar e monitorizar o estado de conservação destes equipamentos (ou até constatar a sua ausência) é portanto uma necessidade, para a qual dispor da sua georreferenciação é um aspecto fundamental.

Para a georreferenciação da rede viária em estudo, foi adoptado o modelo de referenciação espacial descrito anteriormente e que se baseia na captura das coordenadas por GPS, numa campanha de levantamento, para gerar uma localização com três coordenadas (x, y, z). Associam-se as coordenadas obtidas à tabela da BDSRDS relativa à rede viária e preenchem-se os restantes campos. Exporta-se esta tabela para o ArcGis (ESRI), onde é representado o desenvolvimento da rede viária em planta, por uma sequência de pontos, e finalmente unem-se estes pontos formando linhas que representam o desenvolvimento da estrada.

Por sentido, ao conjunto formado pelo acesso de entrada da auto-estrada, pelo sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte e pela saída da auto-estrada, corresponde uma linha no ArcGis (ver Figura 14). Para o sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte criou-se, ainda, uma linha para cada sentido, permitindo o tratamento desta informação separadamente.

Para georreferenciar a rede viária relativamente à quilometragem da estrada criaram-se e calibraram-se quatro *routes*, em que cada uma delas está associada a uma das linhas produzidas anteriormente.

A calibração das *routes* é efectuada assumindo o ponto inicial igual a zero e o ponto final igual à distância percorrida até ao final do percurso em estudo. Para as *routes* do conjunto dos acessos e auto-estrada, o campo da tabela da BDSRDS relativa à rede rodoviária que permite a referenciação linear é o *d_hor_acum(veíc.)* e para o sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte é o *d_orig_AE(veíc.)*.

Na Figura 14 apresentam-se as *routes* relativas ao conjunto dos acessos e do sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte, para os dois sentidos de circulação. A cor vermelha representa-se a *route*

para o sentido Covilhã Norte - Covilhã Sul, e a preto a *route* para o sentido Covilhã Norte - Covilhã Sul.

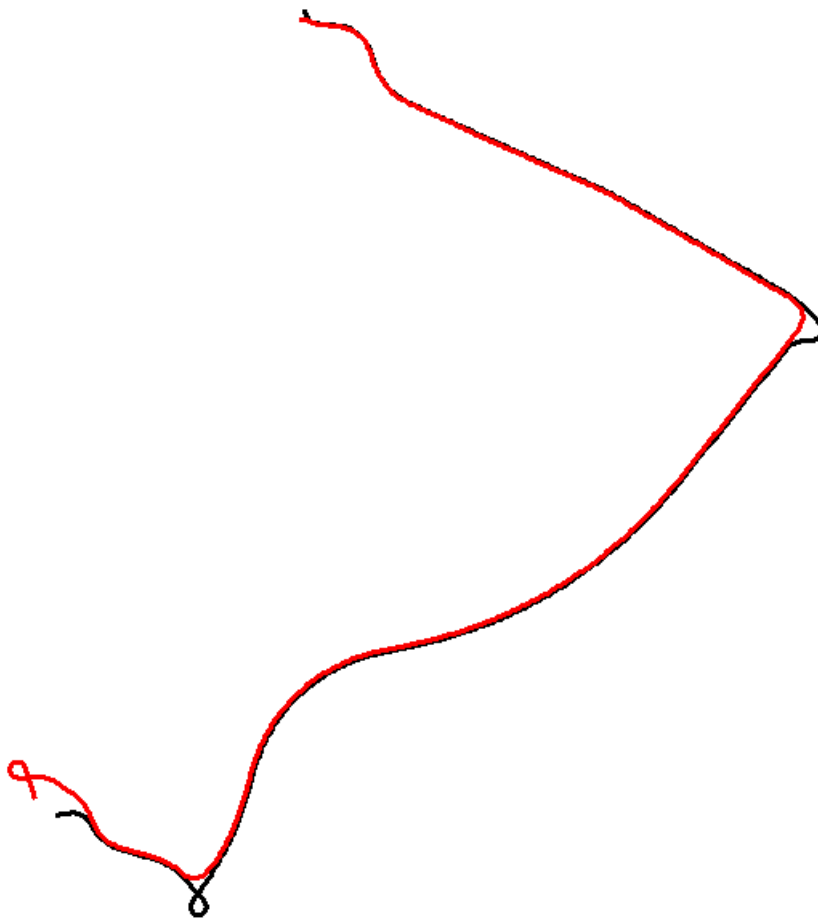


Figura 14 - *Routes* relativas aos acessos e sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte

Na Figura 15 apresentam-se as *routes* relativas ao sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte para os dois sentidos de circulação. A cor vermelha representa-se a *route* referente ao sentido Covilhã Norte - Covilhã Sul, e a preto a *route* referente ao sentido Covilhã Norte - Covilhã Sul.

Representada a rede rodoviária em estudo procedeu-se, de seguida, à referenciação da sinalização e dos dispositivos de segurança, sejam eles ocorrências pontuais ou lineares. A recolha de dados destes elementos foi efectuada com recurso à imagem vídeo georreferenciada, em que é criada e sincronizada uma legenda no ficheiro de imagem, permitindo a visualização do tempo, das coordenadas ocupadas pelo veículo e de uma linha de referência. As coordenadas de localização das ocorrências são determinadas através do ajuste da coordenada do veículo para a posição da linha de referência, sabendo que quando esta linha intersecta um elemento este se encontra 9,5 metros à frente do veículo, medidos ao longo do desenvolvimento da estrada.

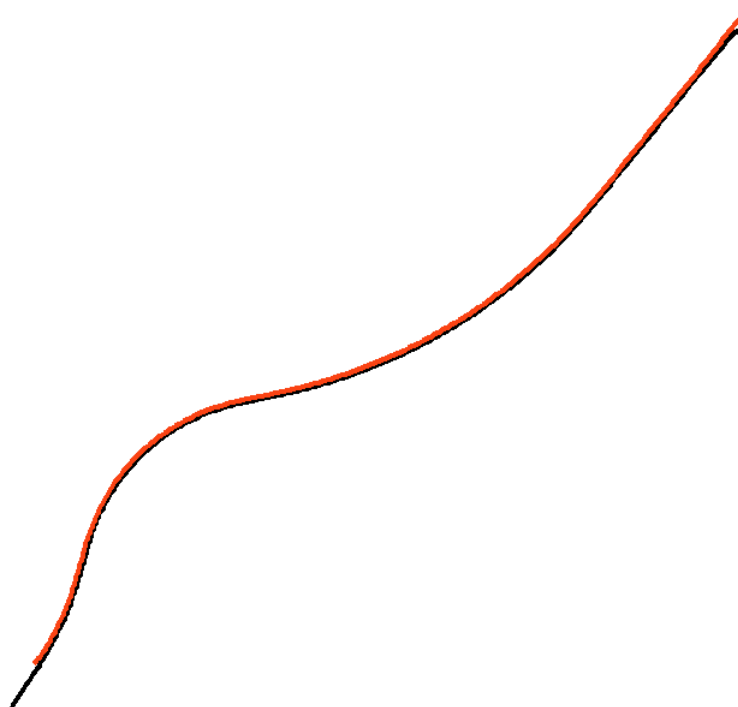


Figura 15- *Routes* relativas ao sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte

Na BDSRDS preencheram-se os campos da tabela relativa às ocorrências pontuais associando as coordenadas do veículo no instante em que estas são referenciadas à informação acerca desse mesmo elemento. Dos campos preenchidos salienta-se a avaliação do estado de conservação dos equipamentos de sinalização através do preenchimento do campo *Est_Conservação*, tendo-se constatado que o estado de conservação é, na generalidade, bom.

Posteriormente exportou-se a tabela para o ArcGis (ESRI, 2008), sob a forma de eventos pontuais a localizar ao longo das *routes* criadas anteriormente. Para a referenciação linear dos eventos nas *routes* utilizaram-se os campos da tabela da BDSRDS *d_hor_acum(elem.)* e *d_orig_AE(elem.)*.

Porém, verificou-se em ambos os sentidos a formação de *loop* nas *routes*, no acesso Covilhã Sul. Isto tornou necessário dividir cada uma destas *routes* em duas *routes* distintas, terminando a primeira depois do ponto de intersecção e começando a segunda nesse mesmo ponto (relativamente ao desenvolvimento inicial da *route*).

Na Figura 16 representa-se a divisão adoptada para as *routes* do acesso Covilhã Sul em que há formação de *loop*.

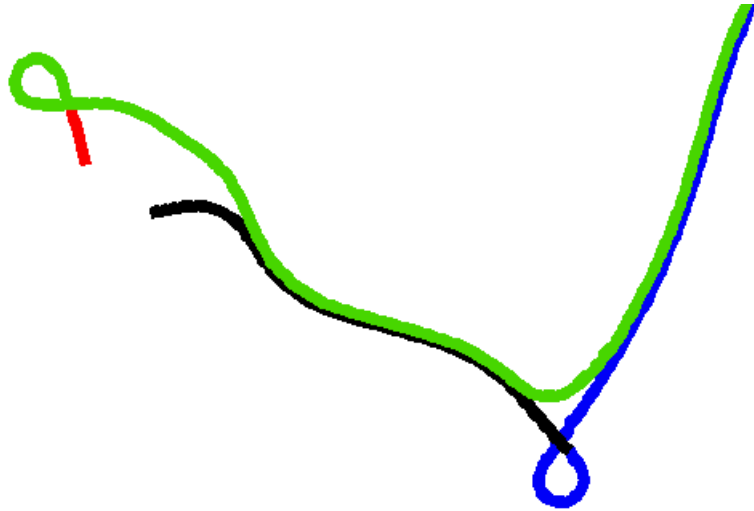


Figura 16 - Divisão das *routes* devido à formação de *loop* no acesso Covilhã Sul

Este processo de divisão de *routes* implica a criação de dois novos campos na tabela da BDSRDS relativa às ocorrências pontuais, para georreferenciar os elementos a inventariar relativamente aos novos pontos de referência ($d_orig_route1(veíc.)$ e $d_orig_route2(veíc.)$) e que substituem o campo usado anteriormente para este efeito ($d_hor_acum(veíc.)$).

Resolvido este problema, exportou-se a nova tabela para o ArcGis. Para as *routes* do conjunto acessos e auto-estrada acrescentaram-se os campos da tabela da BDSRDS $d_orig_route1(elem.)$ e $d_orig_route2(elem.)$, enquanto que para o sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte se mantêm o campo $d_orig_AE(elem.)$.

A informação referente à localização de cada elemento em relação à quilometragem da estrada ($Pk(elem.)$) está interligada à distância a que o elemento se encontra da origem da route, isto é, $d_orig_route1(elem.)$, $d_orig_route2(elem.)$ e $d_orig_AE(elem.)$.

Assumiu-se ainda que os elementos pontuais estão localizados sobre o eixo e associou-se a cada um deles um código ($Cód_elem$) e um ícone com a representação genérica.

Na Figura 17 apresenta-se um exemplo das ocorrências pontuais relativas ao sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte, para ambos os sentidos. Os elementos representados encontram-se no intervalo de $Pk(elem.)$ compreendido entre 172,2 e 172,4.

A informação referente à localização de cada elemento em relação à quilometragem da estrada ($Pki(elem.)$ e $Pkf(elem.)$) está interligada à distância a que se encontra da origem da route ($di_orig_AE(elem.)$ e $df_orig_AE(elem.)$).

Os elementos inventariados, com desenvolvimento linear, foram localizados no eixo e representados lateralmente a distâncias estratégicas escolhidas (através da operação de *offset*), tornando perceptível e intuitiva a sua interpretação. O campo *Offset_eixo* define o afastamento relativamente ao eixo da estrada em que se pretende representar os elementos inventariados (ver Figura 18).

Para diferenciar graficamente cada elemento linear no SIG, associou-se a cada código ($Cód_elem$) um tipo e uma cor de linha.

Na Figura 18 apresenta-se um exemplo das ocorrências lineares relativas ao sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte, para ambos os sentidos. Os elementos representados encontram-se no intervalo de $Pk(elem.)$ compreendido entre 172,2 e 172,4.

Na Figura 19 apresenta-se o conjunto das ocorrências pontuais e lineares detectadas, a título de exemplo, na aproximação de uma obra de arte (passagem superior) existente no caso de estudo. Os elementos representados encontram-se no intervalo de $Pk(elem.)$ compreendido entre 172,1 e 172,3.

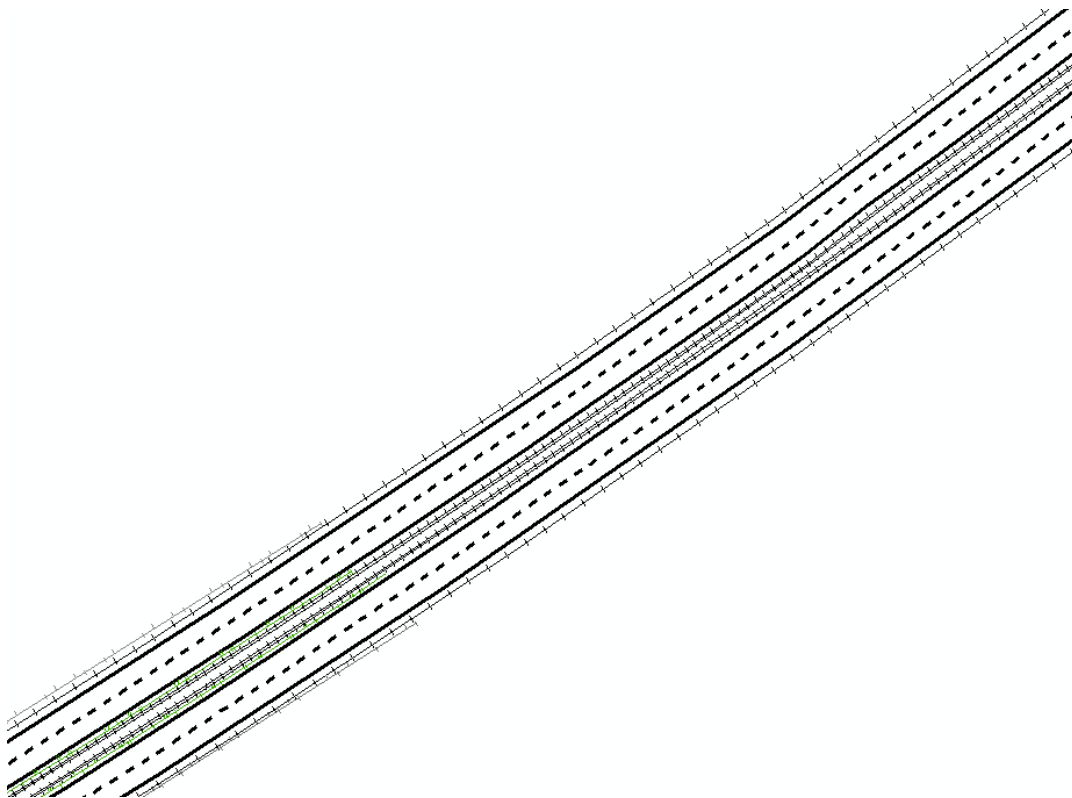


Figura 18 - Exemplo de ocorrências lineares no sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte

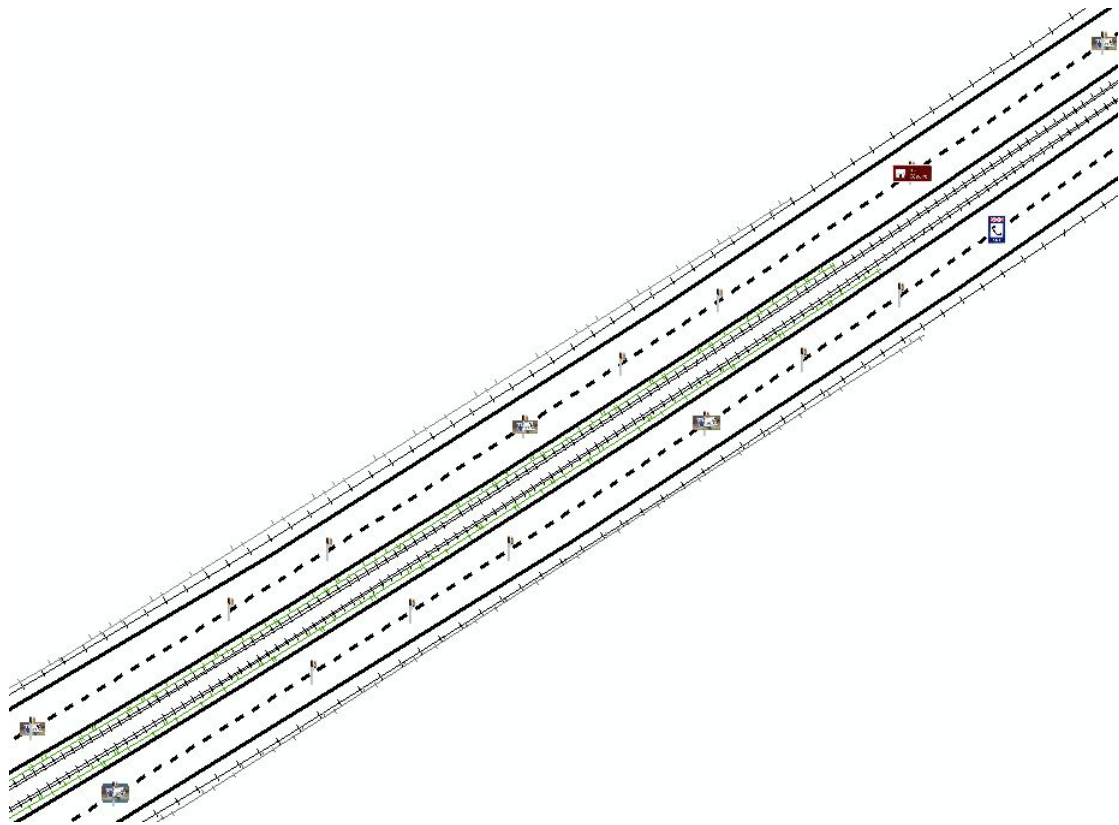


Figura 19 - Exemplo de ocorrências pontuais e lineares no sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte

4.5. Discussão de Métodos e Resultados

No *levantamento definitivo* (2.^a campanha de levantamento) foram rectificados alguns dos aspectos menos conseguidos no *levantamento teste* (1.^a campanha de levantamento), nomeadamente ao nível do equipamento utilizado e da velocidade de circulação adoptada no levantamento.

Quanto ao equipamento, abdicou-se de uma *webcam*, de um computador portátil e de uma antena GPS, simplificando todo o processo e gerando apenas metade da informação gráfica e alfanumérica para tratamento. A colocação da *webcam* alterou-se para o tejadilho do veículo, proporcionando um campo de visão mais alargado e tornando mais perceptível a envolvimento do ambiente rodoviário.

Quanto à velocidade de circulação adoptada, esta foi alterada no *levantamento definitivo* para velocidades mais próximas do valor mínimo permitido para circulação em auto-estrada (60km/h), uma vez que se verificou uma diminuição da qualidade da imagem com o aumento da velocidade.

Para melhorar a qualidade da imagem vídeo seria desejável a utilização de um computador com uma capacidade de processamento superior, o que permitiria uma maior taxa de aquisição de dados e, conseqüentemente, uma melhor qualidade da imagem.

Na recolha de dados, para o caso de estudo, foi necessário realizar duas passagens ao longo da rede considerada, já que se verificaram perdas de *frames* devidas à velocidade baixa de processamento do computador usado na primeira campanha de levantamento. Assim, optou-se por substituir, na segunda campanha de levantamento, o computador por um outro com processador mais rápido.

Seria ainda desejável, no futuro, recorrer à utilização de uma câmara *Full HD* (que aumenta consideravelmente o número de pixels da imagem), o que permitiria melhorar a localização dos elementos na imagem vídeo.

Comparando o *levantamento definitivo* com o *levantamento teste* verificou-se que a imagem vídeo gerada, apesar da utilização da mesma câmara, apresenta qualidade diferente. O segundo apresenta uma luminosidade muito superior. Isto aconteceu porque, o *levantamento teste* foi efectuado de manhã e num dia de Primavera, enquanto que o *levantamento definitivo* foi efectuado por volta do meio-dia e num dia de Verão, em que a intensidade da luz solar é elevada e provoca reflexão no pavimento da estrada. Assim, recomenda-se para trabalhos futuros que este género de levantamentos seja realizado da parte da manhã e em dias de intensidade solar moderada.

O caso de estudo foi realizado tendo em conta a informação recolhida no *levantamento definitivo* e o método de referenciação utilizado foi o método espacial. Este método, com localização por GPS associado à recolha de informação através da imagem vídeo, revelou-se promissor em meio interurbano. No entanto, verificaram-se perdas de sinal de GPS temporárias. Os instantes sem registos de coordenadas foram corrigidos com recurso a informação geográfica recolhida em campanhas de levantamento anteriores, com ou sem interpolação de coordenadas. Relativamente a este último aspecto, é necessário ter presente que a constelação dos satélites que permite a obtenção da posição geográfica não é constante. Quanto melhor forem as condições de triangulação entre os satélites utilizados pelo receptor *GPS de posição*, melhor será a qualidade da informação geográfica obtida. Ainda, as falhas de sinal de GPS que se verificam nos mesmos locais nos dois levantamentos, devem-se à passagem do veículo por obstáculos físicos que impedem a recepção do sinal. Além desta situação foi necessário fazer um acerto no tempo do registo das coordenadas GPS, pois apresentavam um atraso de aproximadamente 5 segundos. Este facto deveu-se à utilização de um programa antigo para o acerto do relógio do computador com um factor de correcção inferior ao fenómeno de *leap second*. Seria de interesse a utilização de um programa que efectue este acerto com maior precisão.

Para obter a localização dos elementos a inventariar, a partir dos dados recolhidos e em relação à posição do *GPS de posição*, optou-se pela definição de uma linha de referência na legenda da imagem vídeo. Seria aconselhável que a imagem fosse parada no momento exacto da intersecção do elemento com as linhas de referência, o que nem sempre é possível de efectuar com a precisão desejada, devido ao *software* utilizado e à utilização do segundo como unidade temporal. Tendo em conta a velocidade de circulação do veículo utilizado na campanha de inventariação, num segundo, este percorre uma distância na ordem da dezena de metros. Assim, um sinal pode ser referenciado para um mesmo segundo no instante inicial ou final deste, sendo a informação na legenda do vídeo exactamente a mesma. Desta forma dois elementos referenciados para um mesmo segundo podem corresponder na realidade a posições geográficas ligeiramente diferentes. Porém, para uma inventariação deste género o grau de rigor obtido é suficiente para a referenciação dos elementos ao longo do desenvolvimento da estrada. Se a unidade temporal a considerar fosse inferior ao segundo, este sistema tornar-se-ia muito menos expedito.

Quanto à informação gráfica, é de salientar que a rede rodoviária em estudo é representada sobre o eixo da via em que foi efectuada a recolha de coordenadas na campanha de inventariação. Para comparar a posição da rede rodoviária obtida relativamente à localização no *Google Earth* (Google, 2011), sobrepôs-se o desenvolvimento da estrada obtido com a imagem *raster* disponível no programa (ver Figura 20).



Figura 20 - Representação de um troço da rede rodoviária sobreposta à imagem *raster* disponível no *Google Earth*

Pela observação da imagem verifica-se que a representação obtida não é exactamente coincidente com a via direita da estrada na imagem *raster*, porém é muito próxima e

apresenta um afastamento praticamente constante. Este facto deve-se à imprecisão associada à georreferenciação da fotografia aérea no *Google Earth* (Google, 2011).

As ocorrências pontuais são representadas sobre as *routes* criadas para a rede viária, enquanto as ocorrências lineares foram representadas ao longo dessas mesmas *routes* com um afastamento pré-definido em relação ao eixo da via (*offset*). Pela análise da representação da sinalização, nomeadamente da demarcação, no sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte, constata-se que estas se encontram aproximadamente alinhadas, para ambos os sentidos, comprovando a qualidade do sistema de inventariação proposto (ver Figura 21).

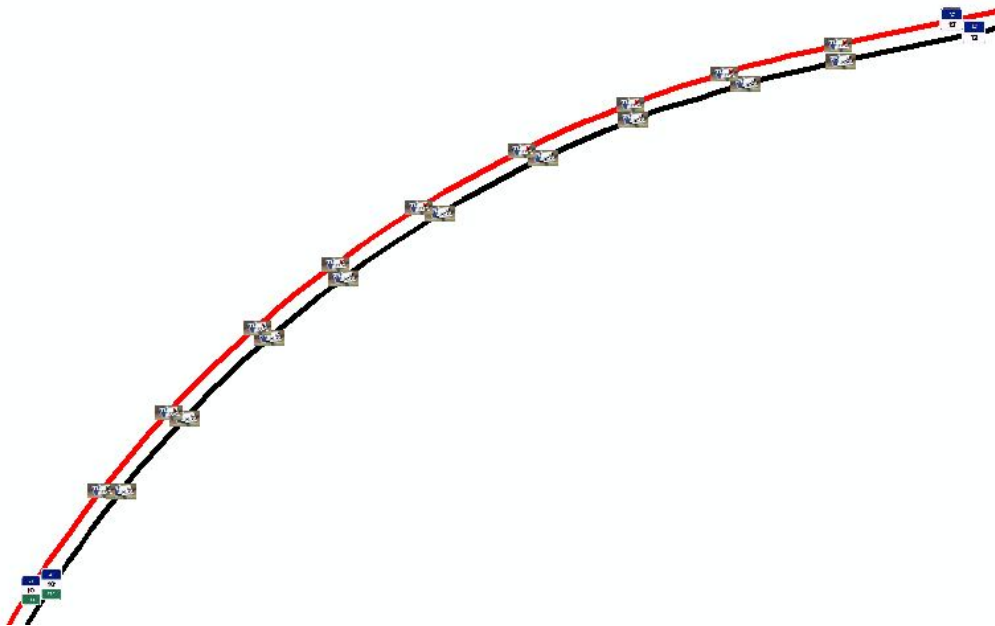


Figura 21 - Troço do sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte, representando a demarcação da estrada

Quanto à base de dados construída, a BDSDSR, esta permite a inclusão de novos campos e a actualização dos registos já existentes, Facilitando introdução e actualização da informação por parte das entidades que gerem a rede.

No que diz respeito ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) criado, permite efectuar pesquisas e análises de dados, assim como seleccionar um ou um conjunto de objectos do ambiente gráfico e obter as correspondentes propriedades armazenadas na BDSDSR, bem como a operação contrária.

Mesmo com as limitações identificadas, em muito causadas pela pretensão de um método expedito e económico, a qualidade dos dados obtidos e respectivo posicionamento vai de encontro às expectativas e às necessidades das entidades que administram as redes rodoviárias, salientando-se a precisão do posicionamento geográfico, que é de qualidade elevada para uma inventariação deste género.

5. Conclusões

Uma vez finalizado o trabalho é possível concluir, com elevado agrado, que é possível satisfazer os princípios de rapidez, qualidade, eficácia e custos reduzidos, definidos no início da investigação. Foi possível comprovar que, com um número reduzido de técnicos e a tecnologia normalmente disponível, os objectivos propostos podem ser alcançados. Os resultados obtidos evidenciaram também uma qualidade elevada, a preços relativamente baixos, o que facilita a implementação deste tipo de sistemas e consequentemente o trabalho das entidades que os utilizam.

Através da metodologia apresentada neste trabalho, a inventariação da sinalização e dos dispositivos de segurança possibilita uma melhor e mais sustentada gestão das infra-estruturas rodoviárias por parte das entidades responsáveis pela rede, pois permite obter informação gráfica e alfanumérica relativa aos equipamentos localizados no desenvolvimento da rede de estradas que administram.

O sistema desenvolvido permite actualizações de forma rápida e fácil, potenciando e sustentando a tomada de decisões relativas à implementação de medidas de intervenção, definidas com vista a manter os padrões de qualidade exigidos pelos utilizadores de uma rede rodoviária. Inovações que permitam obter resultados de qualidade diminuindo a necessidade de deslocação, evitando assim o dispêndio de tempo em viagens, são preciosos auxiliares das empresas que têm a seu cargo a inventariação de uma grande quantidade de elementos, como é o caso das entidades responsáveis pela manutenção das infra-estruturas rodoviárias. Estas apresentam um vasto conjunto de elementos e características que necessitam de ser avaliados com frequência, de modo a garantir que cumprem as funções para as quais foram projectados.

A principal preocupação destas entidades prende-se com a verificação constante das condições dos diferentes elementos presentes na estrada, onde se incluem a sinalização e os dispositivos de segurança, de forma a garantir, a todo o momento, a segurança dos condutores. Facilmente se prevê, que sem um sistema especificamente desenvolvido, para esta função o processo de inventariação dos elementos e das suas características revelar-se-ia moroso e de custos elevados.

Segundo os resultados obtidos, através da aplicação do sistema proposto aos acessos e sub-lanço Covilhã Sul - Covilhã Norte, é possível afirmar que o produto final, proveniente da metodologia desenvolvida, é bastante aceitável para aplicações em meio interurbano.

Para trabalhos futuros revelar-se-ia interessante testar a viabilidade do sistema de inventariação em meio urbano (no qual se prevê um sinal de GPS com menor qualidade) e

analisar o desempenho na inventariação de outros tipos de elementos, como por exemplo no levantamento das degradações superficiais dos pavimentos rodoviários (normalmente efectuado com recurso a um método de referenciação linear).

6. Referências Bibliográficas

Abrantes, G. (1998). *"Sistemas de Informação Geográfica - Conceitos"*. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

AMBISIG (2011). <http://www.ambisig.com/site/frontoffice/default.aspx>. Ambiente e Sistemas de Informação Geográfica, Óbidos.

Aronoff, S. (1989). *"Geographic Information System: a Management Perspective"*. WBL Publications, Ottawa.

Brennan, P. e Harlow, M. (2004). *"Linear Referencing in ArcGIS"*. ESRI, USA.

Burrough, P. A. (1986). *"Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment"*. Clarendon Press, Oxford.

Burrough, P. e McDonnell, R. (1998). *"Principles of Geographic Information System"*. Oxford Clarendon Press, 161-165.

Código da Estrada, Diário da República, Decreto-Lei n.º114/94 e Portaria n.º46-A/94.

Correia, L. *"Soluções de Inteligência Geográfica na EP"*. Gabinete de Sistemas de Informação, Estradas de Portugal, S.A..

Cowen, D. (1988). *"GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54(11), 1551-55."*

Cunha, T.; Tomé, P.; Magalhães, A. (1998). *"Sistema GISMAP - Eficiência na Monitorização de Sinalização Rodoviária"*. GIS PLANET '98 International Conference and Exhibition on Geographic Information (Proceedings), Lisboa.

DGV (2003). *"Guia de Sinalização Rodoviária"*. Ministério da Administração Interna.

EP (2011). <http://www.estradasdeportugal.pt/>. Estradas de Portugal, S.A.

ESRI (2008). ArcGIS 9.3 - ArcView (software). Environmental Systems Research Institute, USA.

Estereofoto (2008). <http://www.estereofoto.pt/index.asp?objid={BAE9B179-C9C8-4A5F-9164-AA540CA37DB2}>. GeoEngenharia, S.A., Lisboa.

Figueiredo P. (2010). *“Aplicação de SIG para Localização e Auxílio ao Diagnóstico da Sinistralidade Rodoviária em Meio Interurbano”*. Dissertação de Mestrado, p. 28-34, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Fortes, M. (2007). *“Sistema de Informação Geográfica na Gestão do Cadastro Urbano Municipal Aplicado ao Município da Praia”*. Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Estatística e Gestão da Informação, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Geolayer (2011). <http://www.geolayer.pt/home/index.php>. Geolayer, Lda. Mortágua.

GEONAV (3 de Outubro de 2011). Retirada em 3 de Outubro de 2011 de http://www.igeo.pt/servicos/DPCA/biblioteca/PublicacoesIGP/esig_2002/papers/p012.pdf

GISMÉDIA (2011). <http://www.gismedia.pt/index>. Sistemas de Informação Geográfica e Multimédia, S.A., Lisboa.

Google (2011). Disponível em: <http://www.google.com/earth/index.html>. USA.

IEP. *“Instrução Técnica – Classificação e Demarcação da Rede Nacional de Auto-Estradas”*. Doc. Nº IEP/EN/DN 03-02, Rev.1. Divisão de Normalização, Departamento de Estudos e Normalização, Instituto de Estradas de Portugal.

IGeoE (2006). <http://www.igeoe.pt/utilitarios/coordenadas/trans.aspx>. Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.

InIR (2011). <http://www.inir.pt/portal/Default.aspx>. Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias, I.P., Lisboa.

Instituto Geográfico Português (3 de Outubro 2011). Retirado em 3 de Outubro de 2011 de <http://www.igeoe.pt/utilitarios/coordenadas/trans.aspx>

ISEL - CEEC (1994). *“Formação Complementar em Estradas, Módulo III - Equipamento e Segurança”*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Centro de Estudos de Engenharia Civil e JAE.

JAE (1992). *“Norma de Sinalização Vertical de Orientação”*. Junta Autónoma de Estradas.

JAE (1995). *“Norma de Marcas Rodoviárias”*. Junta Autónoma de Estradas.

JAE (1997). *“Manual de Sinalização Temporária”*. Junta Autónoma de Estradas.

- Jordão S. (2008). *"Segurança Rodoviária - Aplicação de medidas correctivas em zonas de acumulação de acidentes de estradas de elevado fluxo de tráfego"*. Dissertação de mestrado. Universidade de Trás-os-Montes em parceria com o Instituto Politécnico de Leiria, Leiria.
- Lima, H. (2006). *"Comportamento funcional e estrutural das barreiras de segurança"*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Macedo, A. e Simões, P. (1996). *"Folhas Sobre Sinalização"*. Complementos de Estradas.
- Matos, J. (2008). *"Fundamentos de Informação Geográfica"*. Lidel - edições técnicas, Lda.; Lisboa.
- Microsoft (2007). Microsoft Office Excel 2007 - software. Microsoft Corporation.
- Picado-Santos, L.; Ferreira, A. & Pereira, P. (2006). *"Estruturação de um Sistema de Pavimentos para uma Rede Rodoviária de Carácter Nacional"*. Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Braga.
- Pinto, I. (2009). *"Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG)"*. Curso de Introdução à Georreferenciação de CH&C, Instituto de Investigação Científica Tropical.
- PRP (2011). <http://www.velocidade.prp.pt/default.aspx?Page=4200#>. Prevenção Rodoviária Portuguesa, Lisboa.
- R & L (2007) *"Relevé Visuel"*, Route et Laboratoire, France, <http://perso.orange.fr/r-et-l/VIZIR1.htm>
- Rathert D. (2004). *PointToLine - script para software ArcGIS Desktop*. <http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=12702>.
- Regulamento de Sinalização de Trânsito - D.R.nº42-A/98, de 1 de Outubro, alterado pelos D.R.nº41/2002, de 20 de Agosto e nº3/2003, de 26 de Junho.
- Riscado J.; Santos B.; Cavaleiro, V. (2010). *"Sistemas de Informação Geográfica - Iniciação"*. CFIUTE - UBI, Covilhã.
- Seixas, J. e Ferreira F. (2007-2008). *"Estatística Ambiental e Tecnologias de Informação Geográfica"*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Scutvias (2008). <http://www.scutvias.pt/index.php>. Auto-estradas da Beira Interior, S.A., Lisboa.

Scutvias (12 de Outubro de 2011). Retirada em 12 de Outubro de 2011 de http://www.scutvias.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=78&Itemid=503

Takai, O.; Italiano, I.; Ferreira, J. (2005). *"Introdução a Banco de Dados"*. DCC-IME-USP.

Vilelas, J. (2009). *"Investigação - O Processo de Construção do Conhecimento"*. Edições Sílabo, Lisboa, 2009.

Wanzeller, C. e Loureiro, L. (2002). *"EXCEL - Listas como Bases de Dados"*. Departamento de Informática, Escola Superior de Tecnologia de Viseu.

7. Anexos

ANEXO A

DESIGNAÇÃO DOS ELEMENTOS A INVENTARIAR E RESPECTIVO CÓDIGO

Tabela A1 - Sinalização vertical (designação do elemento e respectivo código) (1/9)

Cód_grupo_ elem	Elemento	Cód_elem
DEM	Demarcação hectométrica	DEM_dh
	Demarcação quilométrica	DEM_dq
	Demarcação miriamétrica	DEM_dm
SPA	Pré-aviso simplificado	SPA_simp
	Pré-aviso gráfico (int. de nível)	SPA_gintniv
	Pré-aviso gráfico (rotunda)	SPA_grot
	Pré-aviso gráfico (int. desnivelada)	SPA_gintdes
	Pré-aviso gráfico (via)	SPA_gvia
	Pré-aviso gráfico (saída)	SPA_gsai
SSV	Destinos sobre o itinerário	SSV_desiti
	Destinos de saída	SSV_dessai
	Sinal de selecção lateral	SSV_sellat
SAV	Prescrição a via de trânsito (aum. nº vias)	SAV_aumnv
	Prescrição a via de trânsito (dim. nº vias)	SAV_dimnv
	Prescrição a via de trânsito (afect.vias)	SAV_av
	Via de trânsito reservada a veíc. transp. público	SAV_vresvtp
SDI	Direcção de via de saída	SDI_vsai
	Direcção de via de acesso	SDI_vace
	Indicação de âmbito urbano	SDI_indurb
SCN	Sinal de confirmação	SCN
SPE	Curva à direita	SPE_cd
	Curva à esquerda	SPE_ce
	Curva à direita e contracurva	SPE_cdcontr
	Curva à esquerda e contracurva	SPE_cecontr
	Lomba	SPE_lom
	Depressão	SPE_depr
	Lomba ou depressão	SPE_lomdepr
	Descida perigosa	SPE_dscper
	Subida de inclinação acentuada	SPE_subacen
	Passagem estreita (obstác. ambos lados)	SPE_pestc
	Passagem estreita (obstác. à esquerda)	SPE_pestd
	Passagem estreita (obstác. à direita)	SPE_peste
	Pavimento escorregadio	SPE_pavesc
	Projectção de gravilha	SPE_projgra
	Bermas baixas (à direita)	SPE_berbxd
	Bermas baixas (à esquerda)	SPE_berbx
	Saída num cais ou precipício	SPE_caisprec
	Queda de pedras	SPE_qpdr
	Ponte móvel	SPE_ptmov
	Neve ou gelo	SPE_nevgel
Vento lateral	SPE_venlat	

Tabela A2 - Sinalização vertical (designação do elemento e respectivo código) (2/9)

Cód_grupo_lem	Elemento	Cód_lem
SPE	Visibilidade insuficiente	SPE_visins
	Crianças	SPE_cria
	Idosos	SPE_idos
	Passagem de peões	SPE_ppeo
	Travessia de peões	SPE_tpeo
	Saída de ciclistas	SPE_scicl
	Cavaleiros	SPE_cav
	Animais	SPE_ani
	Animais selvagens	SPE_aniselv
	Túnel	SPE_tun
	Pista de aviação	SPE_pistavi
	Sinalização luminosa	SPE_sinlum
	Trabalhos na via	SPE_trabvia
	Cruzamento ou entroncamento	SPE_cruzentr
	Trânsito nos dois sentidos	SPE_tran2sen
	Passagem de nível com guarda	SPE_pnivcg
	Passagem de nível sem guarda	SPE_pnivsg
	Intersecção com via de veículos sobre carris	SPE_intveicar
	Outros perigos	SPE_outper
	Congestionamento	SPE_cong
Obstrução da via	SPE_obstvia	
Local passagem de nível sem guarda	SPE_lpnivsg	
Local passagem de nível sem guarda (>=2 vias)	SPE_lpnivsg2+	
SCP	Cedência de passagem	SCP_cp
	Paragem obrigatória em cruzamentos ou entroncamentos ("STOP")	SCP_stop
	Via com prioridade	SCP_vpri
	Fim de via com prioridade	SCP_fvpri
	Cedência de passagem nos estreitamentos da faixa de rodagem	SCP_cpestr
	Prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem	SCP_priestr
	Aproximação de rotunda	SCP_rot
	Cruzamento com via sem prioridade	SCP_cruvspri
	Entroncamento com via sem prioridade (perp. e à esq.)	SCP_entvsprip e
	Entroncamento com via sem prioridade (perp. e à dir.)	SCP_entvsprip d
	Entroncamento com via sem prioridade (oblíq. e à esq.)	SCP_entvsprio e
	Entroncamento com via sem prioridade (oblíq. e à dir.)	SCP_entvsprio d
SPR	Sentido proibido	SPR_sp
	Trânsito proibido	SPR_tp
	Trânsito proibido a aut. e mot. com carro	SPR_tpautmot cc
	Trânsito proibido a aut. pesados	SPR_tpautpes

Tabela A3 - Sinalização vertical (designação do elemento e respectivo código) (3/9)

Cód_grupo_lem	Elemento	Cód_elem
SPR	Trânsito proibido a aut. mercadorias	SPR_tpautmer
	Trânsito proibido a aut. mercadorias (peso total >...t)	SPR_tpautmer pt>
	Trânsito proibido a mot. simples	SPR_tpmot
	Trânsito proibido a ciclomotores	SPR_tpcic
	Trânsito proibido a velocípedes	SPR_tpvel
	Trânsito proibido a veíc. agrícolas	SPR_tpveiagr
	Trânsito proibido a veíc. de tracção animal	SPR_tpveitrani
	Trânsito proibido a carros de mão	SPR_tpcmao
	Trânsito proibido a peões	SPR_tppeo
	Trânsito proibido a cavaleiros	SPR_tpcav
	Trânsito proibido a veíc. com reboque	SPR_tpvreb
	Trânsito proibido a veíc. com reboque (>=2eixos)	SPR_tpvreb2+ e
	Trânsito proibido a veíc. transportando mercadorias perigosas	SPR_tpvmrper r
	Trânsito proibido a veíc. transportando produtos inflamáveis ou explosivos	SPR_tpvprinfe xp
	Trânsito proibido a veíc. transportando produtos susceptíveis de poluírem as águas	SPR_tpvprsusp ag
	Trânsito proibido a aut. e mot.	SPR_tpautmot
	Trânsito proibido a aut. mercadorias e veículos a motor c/reboque	SPR_tpautmer vreb
	Trânsito proibido a aut., mot. e veíc. de tracção animal	SPR_tpautmot vtrani
	Trânsito proibido a aut. mercadorias e veíc. de tracção animal	SPR_tpautmer vtrani
	Trânsito proibido a peões, animais, veíc. não automóveis e mot.	SPR_tppeoani vnautmot
	Trânsito proibido a veíc. 2 rodas	SPR_tpv2rod
	Trânsito proibido a veíc. com peso por eixo >...t	SPR_tpvppe>
	Trânsito proibido a veíc. com peso total >...t	SPR_tpvpt>
	Trânsito proibido a veíc. ou conjunto de veíc. de comprimento >...m	SPR_tpvcom>
	Trânsito proibido a veíc. de largura >...m	SPR_tpvlar>
	Trânsito proibido a veíc. de altura >...m	SPR_tpvalt>
	Proibido transitar a dist. <...m do veíc. precedente	SPR_ptdist<
	Proibido virar à direita	SPR_pvirid
	Proibido virar à esquerda	SPR_pvire
	Proibido inversão do sentido de marcha	SPR_pinvse nar
	Proibido exceder velocidade de...km/h	SPR_limvel
	Proibido ultrapassar	SPR_pult
	Proibição de ultrapassar para aut. pesados	SPR_pultautpe s
	Proibição de ultrapassar para mot. e ciclomotores	SPR_pultmotci c
	Estacionamento proibido	SPR_pest
	Paragem e estacionamento proibidos	SPR_ppest
	Proibido sinais sonoros	SPR_psson

Tabela A4 - Sinalização vertical (designação do elemento e respectivo código) (4/9)

Cód_grupo_lem	Elemento	Cód_lem
SPR	Paragem obrigatória na alfândega	SPR_poalf
	Outras paragens obrigatórias	SPR_outparo
	Fim de todas as proibições impostas anteriormente	SPR_ftp
	Fim da limitação de velocidade	SPR_flimvel
	Fim da proibição de ultrapassar	SPR_fpult
	Fim da proibição de ultrapassar para aut. pesados	SPR_fpultautpes
	Fim da proibição de ultrapassar para mot. e ciclomotocic	SPR_fpultmotcic
	Fim da paragem ou estacionamento proibidos	SPR_fppest
	Fim da proibição de sinais sonoros	SPR_fpsson
SOB	Sentido obrigatório (direita)	SOB_d
	Sentido obrigatório (esquerda)	SOB_e
	Sentido obrigatório (em frente)	SOB_f
	Sentido obrigatório (virar à esquerda)	SOB_ve
	Sentido obrigatório (virar à direita)	SOB_vd
	Sentidos obrigatórios possíveis (virar à esq. ou seguir em frente)	SOB_vef
	Sentidos obrigatórios possíveis (virar à dir. ou seguir em frente)	SOB_vdf
	Sentidos obrigatórios possíveis (virar à esq. ou à dir.)	SOB_ved
	Obrigaçao contornar a placa ou obstáculo (pela dir.)	SOB_contd
	Obrigaçao contornar a placa ou obstáculo (pela esq.)	SOB_conte
	Rotunda	SOB_rot
	Via obrigatória para aut. mercadorias	SOB_vautmer
	Via obrigatória para aut. pesados	SOB_vautpes
	Via reservada a veíc. transp. público	SOB_vvtrpub
	Pista obrigatória para velocípedes	SOB_povel
	Pista obrigatória para peões	SOB_popeo
	Pista obrigatória para cavaleiros	SOB_pocav
	Pista obrigatória para gado em manada	SOB_pogadman
	Pista obrigatória para peões e velocípedes (pista comum)	SOB_popeovelpc
	Pista obrigatória para peões e velocípedes (pista separada)	SOB_popeovelps
	Obrigaçao de transitar à velocidade mínima de ...km/h	SOB_velmin
	Obrigaçao de utilizar correntes de neve	SOB_cornev
	Obrigaçao de utilizar luzes de cruz. acesas	SOB_luzcru
	Fim da via obrigatória para aut. mercadorias	SOB_fvrautmer
	Fim da via obrigatória para aut. pesados	SOB_fvrautpes
	Fim da via reservada a veíc. de transp. público	SOB_fvrvtrpub
	Fim da pista obrigatória para velocípedes	SOB_fpovel
	Fim da pista obrigatória para peões	SOB_fpopeo
	Fim da pista obrigatória para cavaleiros	SOB_fpocav
	Fim da pista obrigatória para gado em manada	SOB_fpogadm an

Tabela A5 - Sinalização vertical (designação do elemento e respectivo código) (5/9)

Cód_grupo_lem	Elemento	Cód_lem
SOB	Fim da pista obrigatória para peões e velocípedes (pista comum)	SOB_fpopeove lpc
	Fim da pista obrigatória para peões e velocípedes (pista separada)	SOB_fpopeove lps
	Fim da obrigação de transitar á velocidade mínima de ...km/h	SOB_fvelmin
	Fim da obrigação utilizar correntes de neve	SOB_fcornev
	Fim da obrigação de utilizar as luzes de cruz. acesas	SOB_fluzcru
SZO	Zona de estacionamento autorizado	SZO_estaut
	Zona de estacionamento proibido	SZO_estpr
	Zona de estacionamento proibido (c/horário)	SZO_estprhor
	Zona de paragem e estacionamento proibidos	SZO_pestpr
	Zona de velocidade limitada	SZO_limvel
	Zona de trânsito proibido	SZO_trpr
	Zona de trânsito proibido a aut. mercadorias	SZO_trprautm er
	Fim de zona de estacionamento autorizado	SZO_festaut
	Fim de zona de paragem e estacionamento proibidos	SZO_fpestpr
	Fim de zona de paragem e estacionamento proibidos (c/horário)	SZO_fpestprho r
	Fim de zona de velocidade limitada	SZO_flimvel
	Fim de todas as proibições impostas na zona	SZO_ftpr
SIN	Estacionamento autorizado (local)	SIN_lestaut
	Estacionamento autorizado (direcção)	SIN_destaut
	Hospital	SIN_hos
	Trânsito de sentido único	SIN_senuni
	Via pública sem saída	SIN_ssaid
	Correntes de neve recomendadas	SIN_cornev
	Velocidade recomendada	SIN_velrec
	Passagem para peões	SIN_ppeo
	Passagem desnivelada para peões (rampa)	SIN_ppeoram
	Passagem desnivelada para peões (escada)	SIN_ppeoesc
	Hospital com urgência médica	SIN_hosurg
	Posto de socorros	SIN_psoc
	Oficina	SIN_ofic
	Telefone	SIN_tel
	Posto de abastecimento de combustível	SIN_pabast
	Posto de abastecimento de combustível com GPL	SIN_pabastgpl
	Parque de campismo	SIN_pcam
	Parque para reboques de campismo	SIN_rebcam
	Parque misto para campismo e reboques de campismo	SIN_camrebca m
	Telefone de emergência	SIN_sos
Pousada ou estalagem	SIN_pouest	
Albergue	SIN_alb	

Tabela A6 - Sinalização vertical (designação do elemento e respectivo código) (6/9)

Cód_grupo_ elem	Elemento	Cód_elem
SIN	Pousada de juventude	SIN_poujuv
	Turismo rural	SIN_trural
	Hotel	SIN_hot
	Restaurante	SIN_rest
	Café ou bar	SIN_caf
	Paragem de veíc. transp. colectivo de passageiros	SIN_bus
	Paragem de veíc. transp. colectivo de passageiros sobre carris	SIN_pveicarris
	Paragem de veíc. afectos ao transp. crianças	SIN_ptrcrian
	Aeroporto	SIN_aero
	Posto de informações	SIN_info
	Estação de radiodifusão	SIN_radio
	Auto-estrada	SIN_ae
	Via reservada a aut. e mot.	SIN_vrautmot
	Escapatória	SIN_escap
	Inversão do sentido de marcha	SIN_invsenmar
	Limites de velocidade	SIN_limvel
	Identificação de país (Portugal)	SIN_idpaisp
	Identificação de país (Espanha)	SIN_idpaise
	Praticabilidade da via	SIN_pratv
	Número e sentido vias de trânsito (aum. nº vias))	SIN_nsvtaumvias
	Número e sentido vias de trânsito (3 vias)	SIN_nsvt3vias
	Número e sentido vias de trânsito (2+2 vias)	SIN_nsvt2+2vias
	Número e sentido vias de trânsito (1+1 vias)	SIN_nsvt1+1vias
	Supressão de via de trânsito	SIN_supvtr
	Via verde	SIN_vver
	Centro de inspecções	SIN_ipo
	Túnel	SIN_tun
	Fim de recomendação do uso de correntes de neve	SIN_fcornev
	Fim de velocidade recomendada	SIN_fvelrec
	Fim de auto-estrada	SIN_fae
	Fim de via reservada a aut. e mot.	SIN_fvrautmot
	Fim de estacionamento autorizado	SIN_festaut
Fim de túnel	SIN_ftun	
Velocidade média	SIN_velmed	
SPS	Pré-aviso reduzido	SPS_pared
	Aproximação de área de serviço	SPS_areaserv
	Aproximação de via de saída para área de serviço	SPS_sareaserv
	Aproximação de área de repouso	SPS_arearep
	Aproximação de via de saída para área de repouso	SPS_sarearep
	Pré-sinalização de itinerário	SPS_iti

Tabela A7 - Sinalização vertical (designação do elemento e respectivo código) (7/9)

Cód_grupo_ elem	Elemento	Cód_elem
SPS	Pré-sinalização de via sem saída (via oblíqua)	SPS_voblss
	Pré-sinalização de via sem saída (via perpendicular)	SPS_vperss
	Pré-sinalização de travessia de crianças	SPS_trcri
	Aproximação de passagem de nível (inclinação positiva, 3 barras)	SPS_pniv3ip
	Aproximação de passagem de nível (inclinação positiva, 2 barras)	SPS_pniv2ip
	Aproximação de passagem de nível (inclinação positiva, 1 barra)	SPS_pniv1ip
	Aproximação de passagem de nível (inclinação negativa, 3 barras)	SPS_pniv3in
	Aproximação de passagem de nível (inclinação negativa, 2 barras)	SPS_pniv2in
	Aproximação de passagem de nível (inclinação negativa, 1 barra)	SPS_pniv1in
SIL	Índice de localidade (s/grafismo)	SIL_ilsg
	Índice de localidade (c/grafismo)	SIL_ilcg
	Fim de localidade (s/grafismo)	SIL_flsg
	Fim de localidade (c/grafismo)	SIL_flcg
SCL	Sinal de aproximação de saída (3 barras)	SCL_aproxai3 b
	Sinal de aproximação de saída (2 barras)	SCL_aproxai2 b
	Sinal de aproximação de saída (1 barra)	SCL_aproxai1 b
	Baia direccional para baliz. de pontos de divergência (dupla seta)	SCL_baldivds
	Baia direccional para baliz. de pontos de divergência (seta simples)	SCL_baldivss
	Baia direccional (seta simples)	SCL_baiass
	Baia direccional (seta múltipla)	SCL_baiasm
	Baliza de posição (inclin.negativa)	SCL_balposin
	Baliza de posição (inclin.positiva)	SCL_balposip
PA	Painel indicador de distância (simples)	PA_dist
	Painel indicador de distância (c/inscrição "STOP")	PA_diststop
	Painel indicador da extensão de um troço	PA_ext
	Painel indicador de início/fim de local regulamentado (seta para a esq.)	PA_limdir
	Painel indicador de início/fim de local regulamentado (seta para frente)	PA_limtra
	Painel indicador de início/fim de local regulamentado (seta para a dir.)	PA_limesq
	Painel indicador de início/fim de local regulamentado (seta para trás)	PA_limfre
	Painel indicador da extensão regulamentada e rep. da extensão (seta para a dir.)	PA_extdir
	Painel indicador da extensão regulamentada e rep. da extensão (seta para a esq.)	PA_extesq
	Painel indicador da extensão regulamentada e rep. da extensão (setas para ambos lados)	PA_extesqdir
	Painel indicador da continuação do local regulamentado relativ. a estacion. e paragem (setas para ambos os lados)	PA_locesqdir
	Painel indicador da continuação do local regulamentado relativ. a estacion. e paragem (setas para a frente e para trás)	PA_locfretra
	Painel indicador de periodicidade (dias do mês)	PA_perdmes
	Painel indicador de periodicidade (dias da semana)	PA_perdsem
	Painel indicador de periodicidade (horas do dia)	PA_perhdia
Painel indicador de periodicidade (dias da semana e horas do dia)	PA_perdsemh dia	

Tabela A8 - Sinalização vertical (designação do elemento e respectivo código) (8/9)

Cód_grupo_lem	Elemento	Cód_elem
PA	Painel indicador de duração	PA_dur
	Painel indicador de peso	PA_indpes
	Painel indicador de aplicação (tipo de veículo)	PA_apltvei
	Painel indicador de aplicação (tipo de operação)	PA_apltope
	Painel indicador de veíc. a que se aplica regulamentação (aut. ligeiros de passag. e mistos)	PA_autligpass mis
	Painel indicador de veíc. a que se aplica a regulamentação (aut. mercadorias)	PA_autmer
	Painel indicador de veíc. a que se aplica a regulamentação (aut. pesados de passag.)	PA_pespass
	Painel indicador de veíc. a que se aplica a regulamentação (veículos c/dístico de deficiente)	PA_def
	Painel indicador de veíc. a que se aplica a regulamentação (aut. pesados de mercadorias)	PA_pesmer
	Painel indicador de veíc. a que se aplica a regulamentação (mot.)	PA_mot
	Painel indicador de veíc. a que se aplica a regulamentação (ciclomotores)	PA_cic
	Painel indicador de veíc. a que se aplica a regulamentação (velocípedes)	PA_vel
	Painel indicador de veíc. a que se aplica a regulamentação (veíc. agrícolas)	PA_veiagri
	Painel indicador de veíc. a que se aplica a regulamentação (veíc. ao serviço de det. entidades)	PA_veient
	Painel indicador da posição autorizada para estacion. (lugares de estacion. perp.)	PA_estperp
	Painel indicador da posição autorizada para estacion. (lugares de estacion. obl.)	PA_estobl
	Painel indicador da posição autorizada para estacion. (lateral e parcial. sobre passeio)	PA_estlatpar
	Painel indicador da posição autorizada para estacion. (lateral e complet. sobre passeio)	PA_estlattot
	Painel indicador da posição autorizada para estacion. (frontal e parcial. sobre passeio)	PA_estfropar
	Painel indicador da posição autorizada para estacion. (frontal e complet. sobre passeio)	PA_estfrotot
	Diagramas de via com prioridade (cruzamento)	PA_vpricru
	Diagramas de via com prioridade (entroncamento)	PA_vprientr
	Painel de informação diversa	PA_infodiv
	Painel indicador de condições meteorológicas (chuva)	PA_chuv
	Painel indicador de condições meteorológicas (neve ou gelo)	PA_nevgel
	Limpa-neves	PA_limnev
	Painel indicador de via de saída	PA_vsai
	Painel indicador de direcção	PA_inddir
Painel indicador de início ou fim de zona regulamentada ("só cargas e descargas")	PA_socardes	
Painel indicador de início ou fim de zona regulamentada ("excepto cargas e descargas")	PA_excpcardes	
Painel indicador de estacionamento pago	PA_estpago	
STC	Região	STC_reg
	Património	STC_pat
	Património natural	STC_patnat
	Identificação de circuito	STC_idcir

Tabela A9 - Sinalização vertical (designação do elemento e respectivo código) (9/9)

Cód_grupo_elem	Elemento	Cód_elem
STC	Identificação de rota	STC_idrot
	Direcção de circuito	STC_dcir
	Direcção de rota	STC_drot
	Localidade	STC_loc
SMV	Sinal de mensagem variável	SMV

Tabela A10 - Sinalização horizontal (designação do elemento e respectivo código) (1/2)

Cód_grupo_elem	Elemento	Cód_elem
ML	Linha contínua	ML_lc
	Linhas contínuas adjacentes	ML_lcadj
	Linha descontínua	ML_ld
	Linha mista	ML_lm
	Linha descontínua de aviso	ML_ldavi
	Linha de sentido reversível	ML_lsrev
	Linha descontínua de abrandamento	ML_ldabr
	Linha descontínua de aceleração	ML_ldace
	Linha contínua de corredor de circulação	ML_lcccir
	Linha descontínua de corredor de circulação	ML_ldccir
MT	Barra de paragem	MT_bp
	Barra de paragem c/ símbolo "STOP"	MT_bpstop
	Linha transversal de cedência de prioridade	MT_cp
	Linha transversal de cedência de prioridade c/ triângulo	MT_cptri
	Linha transversal de passagem de ciclistas (perp. à via)	MT_pcicperp
	Linha transversal de passagem de ciclistas (oblíq. à via)	MT_pcicobliq
	Passadeira de peões (barras longitudinais)	MT_ppebl
	Passagem para peões (linhas transversais)	MT_ppelt
OMCA	Linha contínua amarela (lim. faixa de rodagem)	OMCA_lcafr
	Linha contínua amarela (sobre o bordo do passeio)	OMCA_lcabp
	Linha descontínua amarela (lim. faixa de rodagem)	OMCA_ldafr
	Linha descontínua amarela (sobre o bordo do passeio)	OMCA_ldabp
	Linha em ziguezague	OMCA_lzz
	Paragem e estacionamento p/ cargas e descargas	OMCA_pecd
OME	Linhas de estacionamento	OME_lest
OMIR	Seta de selecção (em frente)	OMIR_ssf
	Seta de selecção (virar à esquerda)	OMIR_ssve
	Seta de selecção (virar à direita)	OMIR_ssvd
	Seta de selecção (frente e esquerda)	OMIR_ssfe
	Seta de selecção (frente e direita)	OMIR_ssfed
	Seta de selecção (esquerda e via sem saída)	OMIR_ssevss
	Seta de selecção (direita e via sem saída)	OMIR_ssdvss

Tabela A10 - Sinalização horizontal (designação do elemento e respectivo código) (2/2)

Cód_grupo_elem	Elemento	Cód_elem
OMIR	Seta de desvio (esquerda)	OMIR_sde
	Seta de desvio (direita)	OMIR_sdd
	Seta de desvio (seta "curva")	OMIR_sdsc
	Raias oblíquas delimitadas por linhas contínuas	OMIR_rdlc
	Raias oblíquas delimitadas por linhas descontínuas	OMIR_rdlld
	Cruzamento ou entroncamento facilmente congestionável	OMIR_box
	Listras alternadas de cor amarela e preta	OMIR_lacap
	Bandas cromáticas	OMIR_bcr
	Marcas de segurança	OMIR_mseg
	Triângulo cedência de passagem	OMIR_tricp
G	Guias (simples)	G_simp
	Guias (sonoras)	G_son

Tabela A11 - Dispositivos de segurança (designação do elemento e respectivo código)

Cód_grupo_elem	Elemento	Cód_elem
DEL	Delineador	DEL
PILUM	Poste iluminação	PILUM
AC	Atenuador de colisão redireccional	AC_r
	Atenuador de colisão não-redireccional	AC_nr
PSOS	Posto SOS	PSOS
MV	Manga de vento	MV
MAR	Marcador	MAR
BAE	Barreiras anti-encadeamento	BAE
SEP	Guardas de segurança	SEP_gs
	New Jersey	SEP_nj
GC	Guarda-corpos	GC
BCIL	Baliza cilíndrica	BCIL

ANEXO B

EXEMPLOS DE TABELAS DA BDSRDS

ANEXO C

REDE RODOVIÁRIA

ANEXO D

DEMARCAÇÃO RODOVIÁRIA

ANEXO E

SINALIZAÇÃO VERTICAL

ANEXO F

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

ANEXO G

DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

ANEXO H

PORMENORES

