



**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**  
Instituto Politécnico da Guarda

# **Comparação e Otimização de Rastos GPS para Sistemas de Partilha de Carro**

Projeto Aplicado de Mestrado  
em Computação Móvel

Paulo Jorge Brás Monteiro  
Setembro | 2011



**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**  
Instituto Politécnico da Guarda

# **Comparação e Otimização de Rastos GPS para Sistemas de Partilha de Carro**

Relatório de projeto aplicado submetido como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre em Computação Móvel

Orientador: Prof. João José Lopes Peixoto  
Coorientador: Prof. Doutor Carlos Alberto Correia Carreto

Paulo Jorge Brás Monteiro  
Setembro | 2011

## **Agradecimentos**

Para a realização deste projeto foram vários os intervenientes que colaboraram direta e indiretamente, os quais merecem o meu reconhecimento e gratidão.

Aos meus orientadores, Professor Doutor Carlos Carreto e Professor João Peixoto, pela dedicação, empenho e disponibilidade com que direcionaram e acompanharam este trabalho.

Agradeço à minha família, pela compreensão, apoio, incentivo e motivação imprescindíveis para a efetivação deste projeto.

É a todos que dedico este trabalho.

## RESUMO

Cada vez entram mais carros nas cidades, a maioria transporta apenas uma pessoa. Em Portugal o sector dos transportes, que cresceu mais de 100% desde 1990, é o segundo maior emissor de gases com efeito estufa. Uma das soluções para ultrapassar estes problemas é promover uma mobilidade mais sustentável, com particular destaque para a partilha de carro (*carpooling*), reduzindo o número de veículos que acedem aos centros urbanos.

O principal objetivo do trabalho aqui apresentado é contribuir para a disseminação destes sistemas de partilha de carro, tornando-os mais eficientes. Assim, ao desenvolver este projeto pretende-se dar a possibilidade a qualquer utilizador de comparar os seus rastros de GPS com outros, e saber se existe compatibilidade entre os seus percursos e outros que já tenham sido disponibilizados. Para isso foram implementados métodos de comparação de rastros de GPS, de forma a identificar quais os que se assemelham mais com um determinado percurso que um condutor realiza com alguma frequência.

Além disso foi desenvolvido um método de otimização do repositório de rastros de GPS e efetuado um estudo sobre a eficácia deste processo de otimização.

A aplicação destes métodos em futuros projetos de partilha de carro tornará estes sistemas mais eficientes, esperando contribuir para o crescimento do número de adesões aos sistemas de partilha de veículos.

**Palavras-chave:** carpooling, comparação de rastros GPS, otimização

## **ABSTRACT**

Each day more cars are going into cities, most of them carrying just one person. In Portugal, the transport sector, which has grown over 100% since 1990, is the second greatest greenhouse gas emitter. One of the solutions to overcome this problem is to promote a more sustainable mobility, focusing particularly on carpooling, reducing thus the number of vehicles which go into urban centers.

The main goal of the work here presented is to contribute to the dissemination of these systems of car sharing by making them more efficient. Thus, by developing this project, one is aiming at allowing any user to compare his own GPS traces with others and knowing if there is compatibility between his own path and others that have already been made available. With that aim in mind methods of comparison of GPS traces have been implemented so that one can identify the paths that are more similar with the particular path that the driver uses more frequently.

A method of optimization of the repository of GPS traces was also developed and a study was made on the efficacy of this process of optimization.

Implementing these methods in future car sharing projects will make these systems more efficient and will also contribute to the growth in the number of supporters of the systems of car sharing.

**Keywords:** carpooling, comparison of GPS traces, optimization.

## Glossário

Acessibilidade	Facilidade facultada às pessoas para atingirem um destino, utilizando um determinado sistema de transportes, dependente da existência da escolha modal, do custo ocasionado pela deslocação, do tempo de percurso, da segurança em todas as etapas da viagem e da compatibilidade das limitações individuais relativas a horários e capacidades físicas.
ASCII	American Standard Code for Interchange Information.
Carpoolers	Condutores que partilham o veículo nas suas deslocações.
Carpooling	Iniciativa em que duas ou mais pessoas partilham um automóvel particular para fazer um mesmo ou parte de um percurso similar. O carpooling é geralmente associado aos movimentos pendulares e organizado informalmente, por organizações ou através de clubes de interessados, e por vezes gerido online.
Carsharing	Serviço de transporte baseado na disponibilização de uma frota de veículos para utilização pública, evitando assim os gastos associados à aquisição e manutenção dos veículos – pode ser comparado a alugueres de curta duração, permitindo que um mesmo veículo seja utilizado por diferentes clientes ao longo do dia.
Computação Móvel	Computação Móvel é uma área dedicada ao estudo de sistemas computacionais em que existe total mobilidade do utilizador.
Computação Ubíqua	A ideia básica da computação ubíqua é que a computação move-se para fora das estações de trabalho e computadores pessoais e torna-se pervasiva (implica que o computador está inserido no ambiente de forma invisível para o utilizador) na nossa vida quotidiana.
Congestionamento	Impossibilidade da capacidade de uma determinada via acomodar a quantidade de veículos que a utiliza em simultâneo. Pode traduzir-se em atrasos nas viagens e em perdas económicas e ambientais, por vezes significativas.
Deslocação/Viagem	Percurso efectuado entre uma origem e um destino final, associado a um motivo, podendo ser utilizados um ou vários modos/ meios de transporte e que pode ser composto por uma ou várias etapas.
Efeito de estufa	Efeito criado na atmosfera terrestre devido a gases como o CO <sub>2</sub> , que deixam passar para a Terra a radiação proveniente do sol mas que retêm a radiação depois de reflectida na terra, retendo assim o calor, como numa estufa.
GEE	Gases com efeito estufa.
GPS	Global Positioning System ou Sistema de Posicionamento Global.
IMTT	Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres
Latitude	A latitude é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich.
Longitude	A longitude é a distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do Equador.
Microsoft .Net	Plataforma única para desenvolvimento e execução de sistemas e aplicações. Todo e qualquer código gerado para .NET, pode ser executado em qualquer dispositivo que possua um framework de tal plataforma.

Mobilidade	Capacidade individual de deslocação em função das necessidades e do interesse em viajar dos indivíduos. Os meios de transporte disponíveis e a acessibilidade proporcionada pelo sistema de transportes influenciam a mobilidade, bem como as características individuais e o contexto familiar dos indivíduos.
NMEA	É um conjunto de especificações de dados para comunicação de diversos tipos de dispositivos electrónicos nos quais se incluem os receptores GPS.
PDA	Personal Digital Assistants (assistente pessoal digital), é um computador de dimensões reduzidas, dotado de grande capacidade computacional, cumprindo as funções de agenda e sistema informático de escritório elementar, com possibilidade de interconexão com um computador pessoal e uma rede informática sem fios para acesso a e-mail e internet.
Plataforma	É uma expressão utilizada para denominar a tecnologia empregada em determinada infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) ou telecomunicações, garantindo facilidade de integração dos diversos elementos dessa infraestrutura.
PMT	Plano de Mobilidade e Transportes.
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
Rasto de GPS ou Trace GPS	Percurso identificado por um conjunto de pontos onde se registam as coordenadas (latitude e longitude) de cada ponto.
Repositório de rastos	Base de dados de rastos de GPS para onde se inserem todos os rastos enviados pelos utilizadores.
SOAP	Simple Object Access Protocol.
SQL	Structured Query Language, ou Linguagem de Consulta Estruturada, é uma linguagem de pesquisa declarativa para bases de dados relacionais
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration.
Web Services	Serviços web que permitem que a integração de sistemas seja realizada de maneira compreensível, reutilizável e padronizada por diferentes aplicativos, fornecedores e plataformas.
WSDL	Web Services Description Language.
XML	eXtensible Markup Language.

# Índice

<i>Índice de Figuras</i> .....	<i>ix</i>
<i>Índice de Tabelas</i> .....	<i>xi</i>
<i>Índice de Gráficos</i> .....	<i>xii</i>
<b>1 Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Enquadramento</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Motivação e objetivos</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Estrutura do documento</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Mobilidade e modelos de transportes partilhados</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Enquadramento</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Problemática da mobilidade</b> .....	<b>9</b>
2.2.1 Problemas ambientais .....	9
2.2.2 Problemas sócio económicos .....	12
<b>2.3 Transportes partilhados</b> .....	<b>14</b>
2.3.1 Carpooling .....	14
2.3.2 Carsharing .....	16
2.3.3 Táxi coletivo .....	17
2.3.4 Bike-sharing .....	17
2.3.5 Benefícios e inconvenientes da partilha de veículos .....	17
<b>2.4 Projetos de Carpooling</b> .....	<b>19</b>
2.4.1 Carpooling em Portugal .....	19
2.4.2 Carpooling noutros Países .....	23
<b>2.5 Exemplos de boas práticas</b> .....	<b>24</b>
2.5.1 EDP, Energias de Portugal .....	24
2.5.2 Hospital Rijnstate, Arnhem, Países Baixos .....	24
2.5.3 CESP, Espanha .....	25
2.5.4 Universidade da Catalunha, Espanha .....	25
2.5.5 Fábrica da Ford, Genk, Bélgica .....	26
2.5.6 Indústria Química BASF, Ludwigshafen, Alemanha .....	26
2.5.7 NESTLÉ, França .....	27
<b>3 Comparação e Otimização de Rastos GPS</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1 Sistema de Posicionamento Global (GPS)</b> .....	<b>29</b>
3.1.1 Funcionamento do GPS .....	32
3.1.2 O formato NMEA .....	32
<b>3.2 Comparação de rastros GPS</b> .....	<b>34</b>
3.2.1 Aquisição de dados .....	34



3.2.2	Algoritmo que lê para um array as coordenadas do ficheiro .....	35
3.2.3	Conversão para coordenadas decimais .....	36
3.2.4	Métodos de comparação de rastos de GPS.....	37
3.2.5	Repositório de Rastos .....	39
3.2.6	Resultados.....	40
<b>3.3</b>	<b>Otimização de rastos de GPS.....</b>	<b>45</b>
3.3.1	Motivação do estudo.....	45
3.3.2	Metodologia do estudo.....	46
3.3.3	Estudo.....	47
<b>3.4</b>	<b>Descrição das funcionalidades do protótipo local.....</b>	<b>55</b>
<b>3.5</b>	<b>Aplicações web .....</b>	<b>58</b>
3.5.1	Repositório de rastos <i>on-line</i> .....	58
3.5.2	Web Services – Enquadramento teórico.....	59
3.5.3	<i>Web Service</i> de registo e validação de utilizadores .....	61
3.5.4	<i>Webservice para envio de rastos para uma base de dados on-line</i> .....	63
<b>4</b>	<b><i>Conclusões e trabalho futuro</i> .....</b>	<b>66</b>
4.1	Conclusão.....	66
4.2	Trabalho futuro.....	67
	<b><i>Bibliografia</i>.....</b>	<b>68</b>
	<b><i>Anexos</i>.....</b>	<b>71</b>
	Anexo I – Código para extrair para um array as strings NMEA do ficheiro de rastos .....	72
	Anexo II – Código da classe Converte .....	73
	Anexo III – Código da classe GrausDecimais .....	74
	Anexo IV – Código para inserir rastos no repositório.....	75
	Anexo V – Código métodos de comparação .....	76
	Anexo VI – Artigo Comparação de rastos GPS .....	82
	Anexo VII – Artigo Otimização de rastos GPS .....	86
	Anexo VIII – Tabela base para estudo de otimização do repositório de rastos .....	92
	Anexo IX – Exemplo de tabela com análise do critério e) .....	93
	Anexo X – Web Service registo e validação de utilizadores .....	94

# Índice de Figuras

Figura 1 – PMT obrigatórios no prazo máximo de 5 anos (2)	7
Figura 2 - Consequências do aumento do uso do automóvel (4)	10
Figura 3 – Emissões de CO2 para diferentes modos de transporte (4)	12
Figura 4 – Princípio de funcionamento do sistema de carpooling (6)	14
Figura 5 – Funcionamento do serviço de carsharing (6)	16
Figura 6 – Imagem da página inicial do portal Deboleia.com (8)	19
Figura 7 – Mapa de percursos no Site Carpool.com.pt (7)	20
Figura 8 – Imagem da página inicial do portal Carpooling – Évora (9)	20
Figura 9 – Imagem da página inicial do portal gotoCampus (10)	21
Figura 10 – Imagem da página inicial do Portal GalpShare (11)	21
Figura 11 – Imagem da página inicial do Portal RotaPartilhada (12)	22
Figura 12 – Longitude e Latitude	30
Figura 13 – Localização GPS - 4 satélites (16)	30
Figura 14 – Protocolo NMEA-0183- \$GPGGA (21)	33
Figura 15 – Equipamento NDrive S300	34
Figura 16 – Software VisualGPSce (22)	34
Figura 17 – Ficheiro de texto com rasto GPS no formato NMEA	35
Figura 18 - Critérios de comparação de rastos.	37
Figura 19 – Tabelas que constituem a BD Rastos	39
Figura 20 – Exemplo do conteúdo da tabela Rastos	40
Figura 21 – Rasto EscolaCasa	41
Figura 22 – Rasto CabeleireiraAnaCasa	41
Figura 23 – Rasto CasaEscola	41
Figura 24 – Rasto CasaMoveisTorres	41
Figura 25 – Rasto CasaEscolaConducao	41
Figura 26 – Rasto DrogariaTerminalCasa	41
Figura 27 – Rasto ArcoCasa	42
Figura 28 – Rasto TelheiroCasa	42
Figura 29 – Resultado da comparação - critério a)	42
Figura 30 – Resultado da comparação - critério b)	42
Figura 31 – Resultado da comparação - critério c)	42
Figura 32 – Resultado da comparação - critério d)	43
Figura 33 – Repositório de rastos. (27)	45
Figura 34 – Aplicação Partilha de Carro	55
Figura 35 – Abrir Rasto	55
Figura 36 – Lista de ficheiros em formato NMEA	56
Figura 37 – Rasto EscolaCasa em formato NMEA	56
Figura 38 – Converter Rasto	56
Figura 39 – Inserir rasto na BD	57
Figura 40 – Comparação de Rastos	57
Figura 41 – Tabelas que constituem a BD Rastos	58
Figura 42 – Exemplo do conteúdo das tabelas Rastos e Login	59
Figura 43 – Esquema representativo das tecnologias utilizadas num Web Service (30)	60
Figura 44 – Web Service valida.asmx	61

<i>Figura 45 – Adicionar referência para um Web Service</i>	62
<i>Figura 46 – Aplicação para PDA que consome Web Service</i>	62
<i>Figura 47 – Código exemplificativo de como evocar um método do serviço Web</i>	63
<i>Figura 48 – Array contendo as strings NMEA extraídas do ficheiro de rastros</i>	64
<i>Figura 49 – Código para extrair a latitude e longitude de uma string NMEA</i>	65
<i>Figura 50 – Código de Web Service Insere rasto</i>	65

# Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 - Eficiência energética por modo de transporte (4)</i> .....	11
<i>Tabela 2 - Poupanças anuais por passageiro, associadas à prática de Carpooling (4)</i> .....	15
<i>Tabela 3 – Medidas de incentivo à prática de Carpooling (6)</i> .....	15
<i>Tabela 4 - Estudo comparativo de rastos utilizando o critério e)</i> .....	43
<i>Tabela 5 - Estudo comparativo de rastos utilizando o critério d)</i> .....	44
<i>Tabela 6 - Representação dos rastos. (27)</i> .....	49
<i>Tabela 7 - Estudo do comportamento do algoritmo utilizando o critério d) (27)</i> .....	49

# Índice de Gráficos

<i>Gráfico 1 – Consumo final de energia por sector em Portugal (5)</i> .....	10
<i>Gráfico 2 – Emissões de GEE pelo sector dos transportes por modo em Portugal (4)</i> .....	11
<i>Gráfico 3 - Optimização do Repositório de rastos GPS. (27)</i> .....	47
<i>Gráfico 4 - Optimização do Repositório de rastos GPS – Percursos urbanos. (27)</i> .....	48
<i>Gráfico 5 - Optimização do Repositório de rastos GPS Percursos interurbanos. (27)</i> .....	48
<i>Gráfico 6 - Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério a) (27)</i> .....	50
<i>Gráfico 7 - Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério b) (27)</i> .....	50
<i>Gráfico 8 - Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério d) (27)</i> .....	51
<i>Gráfico 9 - Redução do tempo de execução aplicando o critério d) (27)</i> .....	51
<i>Gráfico 10 - Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério e) (27)</i> .....	52
<i>Gráfico 11 - Redução do tempo de execução aplicando o critério e) (27)</i> .....	52
<i>Gráfico 12 - Percentagem de redução do nº de soluções (27)</i> .....	53
<i>Gráfico 13 - Redução do tempo de execução do algoritmo (27)</i> .....	54

# 1 Introdução

O presente relatório de Projeto Aplicado é um documento de suporte ao trabalho desenvolvido no âmbito do segundo ano do ciclo de estudos do Mestrado em Computação Móvel.

Neste capítulo apresentam-se conceitos introdutórios de enquadramento do projeto, referem-se os objetivos e as motivações do trabalho e explica-se a estrutura do relatório de forma a simplificar a leitura do documento.

## 1.1 Enquadramento

Nas últimas décadas as necessidades de mobilidade cresceram significativamente, especialmente nas áreas urbanas, fruto do desenvolvimento económico e social, da dispersão urbanística da função residencial e da descentralização das atividades e serviços para a periferia dos centros urbanos, áreas que são normalmente deficitárias do ponto de vista da oferta de transportes públicos.

Relativamente aos polos industriais, as exigências de espaço e de acessibilidades têm conduzido à sua relocalização em zonas periféricas aos centros dos aglomerados urbanos, normalmente junto a nós de grande acessibilidade rodoviária.

O mesmo tem vindo a acontecer com grandes equipamentos (escolas, hospitais, entre outros) e parques empresariais/tecnológicos de serviços e estruturas comerciais que tradicionalmente se localizavam no centro das cidades e atualmente tendem a instalar-se em áreas periféricas.

O crescente número de viagens dissociado do motivo casa/trabalho é outro dos factores que, em muito tem contribuído para uma maior complexidade e diversidade dos padrões de mobilidade.

Todas estas dinâmicas explicam a utilização massiva do transporte individual, acentuada pela ineficiência do transporte colectivo, muitas vezes incapaz de se adaptar a esta nova tendência e de assegurar adequadamente as novas necessidades, no que respeita a percursos, horários, frequência de serviço e adequação tarifária.

É pois possível dizer-se que uma parte significativa dos problemas associados à mobilidade pendular (casa-trabalho e casa-escola) e à mobilidade inerente aos polos geradores/attractores de viagens se deve aos modelos de ordenamento territorial que têm vindo a ser adotados. (1)

Consequentemente, o desequilíbrio crescente da repartição modal em favor do transporte individual, acarreta impactos significativos e gravosos nos três pilares chave da sustentabilidade: económico, social e ambiental.

As autoridades públicas centrais e locais, reconhecendo que a mobilidade é essencial para a melhoria dos padrões de qualidade de vida e para a sustentabilidade das cidades, têm vindo a criar instrumentos de planeamento e programas de apoio que visam contribuir para uma gestão sustentável em matéria de mobilidade. (2)

A adopção de boas práticas de mobilidade deverá constituir-se como uma realidade no seio da atividade laboral, em especial nas grandes empresas e nos polos geradores/attractores de viagens.

É neste âmbito que surge o projeto “Partilha de Rastos de GPS” que, além de ser um trabalho de pesquisa, pretende lançar novas ideias e propostas e dessa forma contribuir para uma mobilidade mais sustentável. A Partilha de Carro (ou *Carpooling*) é uma das medidas previstas pelo IMTT (Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres) nas suas mais recentes indicações sobre mobilidade sustentável. (2)

Podem promover-se estilos de vida menos dependentes do automóvel, através de novas soluções, como a partilha do automóvel. Pode fomentar-se uma utilização mais sustentável do automóvel particular encorajando as pessoas, por exemplo, a partilhá-lo, o que implicará a existência de menos carros na estrada, transportando cada um deles mais pessoas. (3)

O trabalho foi desenvolvido com base em noções de computação móvel e ubíqua, aprendidas ao longo do primeiro ano do curso de Mestrado em Computação Móvel. Foi utilizado equipamento móvel com tecnologia GPS, *software* GPS diversificado para equipamentos móveis, e a Plataforma .Net para desenvolvimento dos métodos de comparação de rastos de GPS que permitem melhorar o processo de pesquisa de percursos semelhantes num sistema de partilha de carro.

A aplicação destes métodos em futuros projetos de partilha de carro tornará estes sistemas mais eficientes, esperando contribuir para o crescimento do número de adesões aos sistemas de *carpooling*.

## 1.2 Motivação e objetivos

A mobilidade sustentável assenta em diversos conceitos de otimização dos modos de deslocação, com particular destaque para o acesso aos grandes centros urbanos. A rentabilização do transporte público e o aumento das deslocações pedonais e de bicicleta constituem as bases fundamentais para a futura mobilidade urbana. Desta forma pretende-se reduzir o número de automóveis que circulam nas estradas, que na maioria dos casos transporta apenas o condutor.

Mesmo que estas medidas sejam bem-sucedidas, segundo as estratégias da mobilidade sustentável, a sua aplicação complementa-se com o incentivo à utilização de transportes partilhados, uma vez que a utilização do carro particular continuará a ser uma realidade (ver Secção 2.1).

Entre os diferentes tipos de transporte partilhado, destaca-se o *carpooling*, que tem como objetivo principal incentivar os condutores a partilharem o seu automóvel e as suas viagens com outras pessoas. Esta prática conduziria a que cada vez menos carros transportassem apenas o condutor, levando a redução de despesas, aumento dos lugares de estacionamento nas cidades, redução dos congestionamentos, melhorias ambientais e energéticas, entre outras (ver Secção 2.3).

O *carpooling* surgiu pela primeira vez nos Estados Unidos durante a II Guerra Mundial, quando a escassez no fornecimento de combustíveis ditou uma utilização mais racional dos automóveis (3).

Não sendo um conceito novo, tem conseguido conquistar alguns adeptos, tanto em Portugal como em outros países espalhados pelo mundo, no entanto nunca se afirmou como uma verdadeira alternativa. Existem alguns projetos que são abordados na Secção 2.4 deste documento que ilustram o número de tentativas que vão sendo feitas para que o *carpooling* se possa afirmar.

As vantagens da prática de *carpooling* são mais do que evidentes, pelo que surge uma questão: porque é que não se consegue obter uma utilização generalizada deste tipo de sistemas?

Existem vários fatores que contribuem para alguma inércia na adesão à prática de *carpooling*, insegurança, falta de privacidade e excesso de comodidade, são os mais evidentes. Contudo, com o agravamento dos problemas económicos, dos problemas ambientais e da sustentabilidade das cidades, justifica-se mais do que nunca incentivar a partilha de carro. Dai a razão de ser deste projeto.

Assim, o objetivo principal do projeto “Partilha de Rastos de GPS” é desenvolver estratégias que permitam incentivar a prática de *carpooling*. No entanto, como já foi referido, a adesão a este tipo de sistemas de partilha de carro fica além do expectável, pelo que surge a



grande motivação para o desenvolvimento deste trabalho, fazer com que os sistemas de *carpooling* funcionem de forma mais cómoda e eficiente para o utilizador.

Os métodos de comparação de rastos de GPS, descritos na Secção 3.2, permitem que qualquer utilizador possa comparar os seus rastos de GPS com os rastos de outros utilizadores, existentes num repositório de rastos, e saber se existe compatibilidade entre os seus percursos e outros que já tenham sido disponibilizados, incrementando deste modo a eficiência do sistema.

Os projetos apresentados na Secção 2.4 não fazem comparação de rastos de GPS e até ao momento não se conhecem portais de partilha de carros que usem essa funcionalidade. Com a implementação destes métodos de comparação pretende-se otimizar a comparação de percursos nos centros urbanos e nos acessos às grandes cidades, uma vez que se melhora a precisão nos locais de partida e de chegada.

Numa situação de milhares de rastos no acesso a uma grande cidade, constata-se que projetos com base em anúncios como o *deboleia.com* e o *carpool.com.pt* (apresentados na Secção 2.4) não serão eficientes uma vez que não comparam rastos, é o próprio utilizador que tem que fazer esse trabalho. Com a implementação dos métodos de comparação de rastos propostos neste projeto, todo esse trabalho será feito pelo sistema.

Além dos métodos de comparação, foi desenvolvido um estudo de otimização do repositório de rastos, apresentado na Secção 3.3, que pretende melhorar a eficácia dos algoritmos desenvolvidos.

As ideias aqui apresentadas, além de abrirem novas propostas, pretendem ser uma análise e uma reflexão aos projetos que já existem. Esperando deixar um novo contributo para futuros projetos nesta área.

## 1.3 Estrutura do documento

Tendo por base os objetivos apresentados, este relatório está estruturado em cinco capítulos, Introdução, Mobilidade, Projetos de *Carpooling*, Projeto Partilha de Carro e Conclusões.

A Introdução inclui um enquadramento geral e são abordadas as questões que motivaram este trabalho assim como os objetivos a atingir.

No Capítulo 2 - Mobilidade e modelos de transportes partilhados, é feita uma referência ao conceito de mobilidade. Este capítulo divide-se em cinco Secções, a saber: Enquadramento, Problemática da Mobilidade, Transportes Partilhados, Projetos de *Carpooling* e Exemplos de boas práticas. Este capítulo reflete algum do trabalho de pesquisa efetuado durante o desenvolvimento do projeto, onde o conceito de mobilidade sustentável aparece destacado. A Secção Transportes Partilhados serve de ponte para as Secções seguintes onde se particulariza o *Carpooling*.

Na Secção 2.4 apresentam-se Projetos de *Carpooling* nacionais e de outros países, dando uma visão da abrangência e importância que o conceito de partilha de carro começa a ter junto da sociedade. Já na Secção e 2.5 são apresentados sete exemplos de boas práticas, que ilustram alguns caminhos a seguir para que o *carpooling* possa ser uma solução de futuro.

No Capítulo 3 - Comparação e Otimização de Rastos GPS é apresentado o trabalho prático desenvolvido. Começa-se por uma abordagem à tecnologia de GPS, de seguida são apresentados os algoritmos de comparação de rastos de GPS, na terceira Secção expõe-se o estudo desenvolvido sobre otimização do repositório de rastos de GPS, e por último descreve-se o protótipo desenvolvido para testar os algoritmos.

Para finalizar, no Capítulo 4 - Conclusões e trabalho futuro, apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos e o cumprimento dos objetivos propostos, indicando-se também as propostas de trabalho futuro.

## 2 Mobilidade e modelos de transportes partilhados

### 2.1 Enquadramento

No documento Directrizes Nacionais para a Mobilidade (2), apresentado recentemente pelo Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres, é referido que o conceito de mobilidade sustentável pressupõe que os cidadãos disponham de condições e escolhas de acessibilidade e mobilidade que lhes proporcionem deslocações seguras, confortáveis, com tempos aceitáveis e custos acessíveis. Implica, ainda, que a sua mobilidade se exerça com eficiência energética e reduzidos impactos ambientais.

Para que estes objetivos se possam concretizar é necessário aplicar no terreno um conjunto de instrumentos e técnicas que permitam à sociedade desenvolver uma nova cultura de mobilidade.

Ao longo dos últimos anos foram levadas a cabo várias iniciativas que visam o melhoramento do sistema de transportes em Portugal. Foram elaborados e aprovados Planos, Estratégias e Diretrizes nos mais variados sectores ligados aos transportes, realizaram-se numerosos estudos relacionados com mobilidade e transportes e com a reestruturação de redes e serviços de transportes públicos.

Entretanto, o Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN), 2007-2013 tem vindo a cofinanciar ações nestas áreas, tais como “Planos de Mobilidade Urbana Sustentável de âmbito supramunicipal” e “Planos Intermunicipais de Mobilidade”.

No entanto, nem sempre este conjunto de iniciativas teve o adequado enquadramento conceptual e metodológico e se inseriu numa lógica de operacionalidade susceptível de produzir os resultados esperados. Assim, o IMTT entendeu que era altura de contribuir com objetividade para a clarificação necessária nos planos técnico/científico e institucional. (2)

Neste contexto, sob o lema “Território, Acessibilidade e Gestão de Mobilidade”, o IMTT organizou uma Conferência em Abril de 2010, onde se debateu a problemática da mobilidade em Portugal. Um ano depois desta conferência foram dados a conhecer os documentos que compõem o Pacote da Mobilidade, enunciados a seguir:

- Diretrizes Nacionais para a Mobilidade
- Guião Orientador - Acessibilidades, Mobilidade e Transportes nos Planos Municipais de Ordenamento do Território
- Guia para Elaboração de Planos de Mobilidade e Transportes

- Coleção de Brochuras Técnicas/Temáticas de apoio à elaboração de Planos de Mobilidade e Transportes
- Guia para Elaboração de Planos de Mobilidade de Empresas e Polos
- Apoio Técnico e Financeiro do Estado

O documento “Diretrizes Nacionais para a Mobilidade” define as principais Linhas de Orientação para a Política Nacional de Mobilidade. Estas orientações devem ser entendidas como instrumentos que identificam e enquadram as várias figuras de planeamento da Mobilidade e Transportes.

No referido documento é feito um enquadramento do tema tendo em conta o contexto nacional e europeu, são apresentadas as diretrizes nacionais para a mobilidade e por último, é feita uma explicação de como operacionalizar estas diretrizes.

Assim e segundo o documento, “Os Planos de Mobilidade e Transportes (PMT), pela sua abrangência temática, identificam e potenciam formas de melhor planear e gerir o sistema de mobilidade, assumindo-se como um instrumento fundamental para a operacionalização das Diretrizes Nacionais para a Mobilidade” (2).

Nesse sentido, para além dos Planos de Mobilidade e Transportes previstos para as Áreas Metropolitanas de Lisboa e do Porto, são obrigatórios os PMT para todos os concelhos com mais de 50 mil habitantes (ou próximo desse limiar) e em todos os restantes concelhos com cidades capitais de distrito. São voluntários para os restantes concelhos com limiares populacionais inferiores a 50 mil habitantes.



Figura 1 – PMT obrigatórios no prazo máximo de 5 anos (2)

O IMTT prevê atingir a meta de cerca de 67% da população, a residir em concelhos com PMT. Os concelhos para os quais a realização dos PMT é obrigatória constam no mapa da Figura 1.

A elaboração dos PMT por parte das autarquias locais, deverá ter em consideração as orientações constantes do documento “Guia para Elaboração de Planos de Mobilidade e Transportes” que também integra o já referido Pacote de Mobilidade.

O Plano de Mobilidade e Transportes deve ser objecto de aprovação pela respetiva Assembleia Municipal. Devem ser elaborados e revistos a cada 5 anos, devendo contudo, incluir um Programa de Ação a 10 anos, o qual deverá contemplar ações de curto, médio e longo prazo, por forma a permitir avaliar a sua realização temporal (2).

Além do “Guia para Elaboração dos PMT”, existem dois documentos que assumem particular importância para o enquadramento deste projeto de mestrado, “Coleção de Brochuras Técnicas/Temáticas de apoio à elaboração de Planos de Mobilidade e Transportes” e “Guia para a Elaboração de Planos de Mobilidade de Empresas e Polos”.

Uma das brochuras destaca a importância dos Transportes Partilhados na elaboração dos PMT. Neste documento é feito um enquadramento do conceito de transporte partilhado e a forma como se pode integrar nos PMT. É dado particular destaque ao conceito de *carpooling* (ver 2.3.1, pág. 14).

Já o “Guia para Elaboração de PM de Empresas e Polos”, ajuda a perceber a problemática da gestão da mobilidade, apresenta as medidas aplicáveis à gestão da mobilidade e por último, dá indicações das metodologias a aplicar na elaboração dos Planos de Mobilidade (PM). Neste guia é também referida a racionalização do uso do automóvel, com destaque para o *carpooling*.

Com este conjunto de referências ao *carpooling*, fica-se com a noção da relevância que este conceito poderá vir a ter na gestão da mobilidade no futuro dos centros urbanos, e por sua vez na importância que projetos de incentivo à partilha de veículos (como o apresentado neste relatório) podem ter na mudança de atitudes da sociedade.

Nos tópicos seguintes deste capítulo faz-se uma abordagem detalhada à problemática da mobilidade e explica-se em pormenor o conceito de transportes partilhados, fazendo assim a ponte para o capítulo seguinte onde se apresentam projetos de *carpooling* já existentes em Portugal.

## 2.2 Problemática da mobilidade

Compreender os atuais padrões de mobilidade urbana exige necessariamente uma visão integrada das questões relacionadas com ordenamento do território, de acessibilidades, transportes e mobilidade.

A utilização massiva do transporte individual é uma consequência do forte crescimento da taxa de motorização associado aos crescentes processos de urbanização, aos quais o sistema de transportes não consegue responder de forma eficaz satisfazendo as necessidades de mobilidade da população (4).

O atual modelo de crescimento urbano conduziu à propagação de locais de comércio e serviços na periferia dos centros urbanos, normalmente em localizações próximas de nós de grande acessibilidade rodoviária, mas em áreas onde a oferta de serviços de transporte público é insuficiente o que induz a utilização quase exclusiva do automóvel.

Em termos gerais, o modelo de crescimento urbano sustentado pela melhoria das acessibilidades rodoviárias tem conduzido ao progressivo afastamento dos polos de emprego, dos novos espaços urbanos e dos equipamentos coletivos, dos tradicionais centros das cidades e, conseqüentemente das áreas de maior densidade da rede de transportes coletivos.

Os padrões de mobilidade baseados no automóvel individual acarretam importantes impactos ambientais, impactos sociais e impactos económicos não só para as empresas e polos, mas também para a sociedade em geral.

### 2.2.1 Problemas ambientais

O sector dos transportes é um dos principais responsáveis pelo aumento da emissão de poluentes atmosféricos e produção de ruído, as quais têm conseqüências ao nível da saúde humana e do equilíbrio dos ecossistemas (Figura 2).

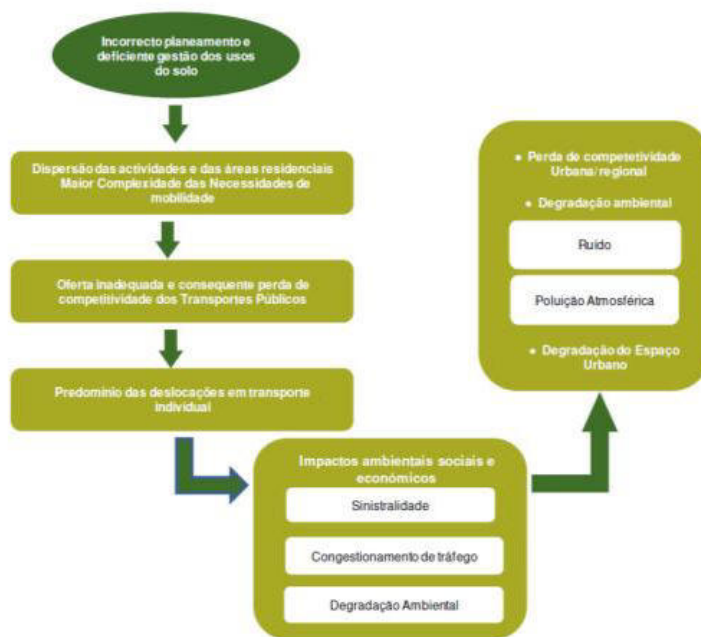
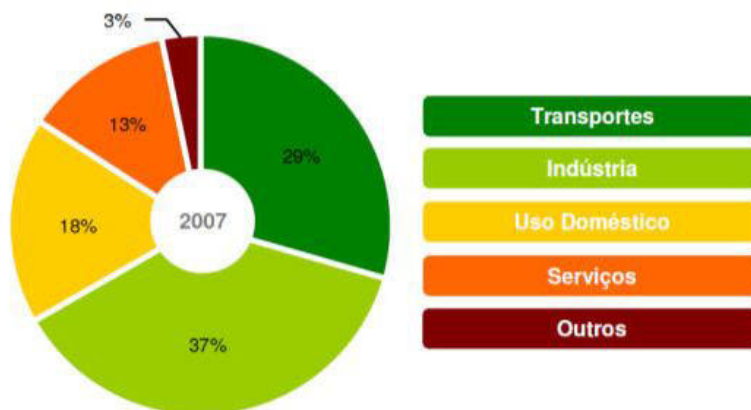


Figura 2 - Consequências do aumento do uso do automóvel (4)

Por outro lado, os transportes e a indústria são os sectores com maiores consumos energéticos, sendo muito dependentes dos recursos energéticos não renováveis, nomeadamente dos produtos petrolíferos. O consumo energético do sector dos transportes em Portugal representava em 2007 cerca de 29% do consumo final de energia do país (Gráfico 1).



Fonte: Direcção Geral de Energia e Geologia

Gráfico 1 – Consumo final de energia por sector em Portugal (5)

Em termos de eficiência energética por modo de transporte, a bicicleta e o modo pedonal são os mais eficientes, seguindo-se o comboio e autocarro. O automóvel particular está nas posições menos eficientes, consumindo mais energia por passageiro.km do que os modos suaves ou modos de transporte público (ver Tabela 1).

Tabela 1 - Eficiência energética por modo de transporte (4)

Modo de Transporte	Consumo (MJ/passageiro.km)*	Eficiência Energética
Bicicleta	0,06	Muito Eficiente
A pé	0,16	Muito Eficiente
Comboio	0,35	Eficiente
Autocarro	0,58	Eficiente
Motociclo	1,00	Pouco Eficiente
Automóvel gasolina/gasóleo < 1.4 l	2,26-2,61	Pouco Eficiente
Automóvel gasolina/gasóleo 1.4 - 2,0 l	2,76-2,98	Pouco Eficiente
Avião Boeing 727	2,89	Pouco Eficiente
Automóvel gasolina/gasóleo > 2,0 l	3,66-4,66	Muito Ineficiente

Importa ainda salientar que os contributos em termos de poluição são bastante distintos por modo de transporte: o modo rodoviário é o mais poluente, seguindo-se o modo aéreo, o marítimo e por último o ferroviário que já utiliza fontes renováveis de energia.

No que se refere à distribuição da percentagem de emissões de gases com efeito de estufa (GEE) no sector dos transportes em Portugal, o modo rodoviário é responsável por 80,5% das emissões totais (Gráfico 2).

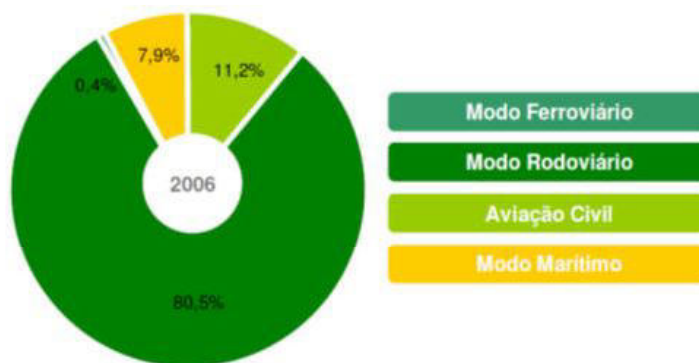


Gráfico 2 – Emissões de GEE pelo sector dos transportes por modo em Portugal (4)

A Figura 3 ilustra a diferença entre as emissões de CO<sub>2</sub> geradas por um automóvel, por um autocarro e por um comboio elétrico para uma viagem de 10 km. Para além do consumo de energia e das emissões de GEE, o automóvel é também mais poluente no que respeita a poluentes locais, nocivos para a saúde humana





Figura 3 – Emissões de CO<sub>2</sub> para diferentes modos de transporte (4)

Por outro lado, o tráfego rodoviário é uma das principais fontes de ruído nas áreas urbanas e nas imediações de vias de grande capacidade, onde se situam polos industriais e empresariais e, como tal, fortes concentrações de população potencialmente exposta ao ruído.

## 2.2.2 Problemas sócio económicos

O aumento da utilização do transporte individual tem contribuído fortemente para a perda de qualidade de vida nos centros urbanos. Esta denominada “cultura do automóvel” agrava também outros problemas de ordem social.

Existem também problemas de saúde que têm origem nas viagens diárias feitas num automóvel, nomeadamente *stress*, cansaço e doenças de foro respiratório e cardiovascular. O modelo de deslocações baseado no transporte individual, incentiva o sedentarismo, em detrimento de soluções benéficas para a saúde, como o exercício físico presente na deslocação para o trabalho a pé ou de bicicleta (4).

Para além dos problemas mencionados, os volumes crescentes de tráfego motorizado e o congestionamento resultante, tornam os condutores impacientes e propensos a cometer erros, aumentando o risco de ocorrência de acidentes, sendo as principais vítimas os peões.

O congestionamento é dos factores mais responsáveis pela perda de competitividade dos territórios, nomeadamente das cidades e, conseqüentemente de empresas e polos aí localizados.

As dificuldades em termos de acessibilidades podem traduzir-se em perdas de oportunidades para as empresas e em perdas de produtividade para os seus trabalhadores que diariamente enfrentam o stress associado ao tempo perdido nos congestionamentos.

A degradação do espaço público é outra consequência grave dos atuais padrões de mobilidade. Progressivamente as praças e ruas das cidades têm vindo a perder a sua identidade, enquanto espaço público e local de interação social, devido à forte presença do automóvel, tanto em circulação como estacionado.

Um automóvel necessita de pelo menos 20 m<sup>2</sup> para estacionar ou circular. O espaço destinado a um automóvel estacionado 8 horas é muito superior ao espaço que um funcionário de escritório necessita para trabalhar. A factura de estacionamento pode ascender a 20% do custo mensal com aluguer de instalações. (4)

As evoluções tecnológicas no fabrico automóvel deverão conduzir a um acréscimo da frota de viatura híbridas e elétricas, e como tal permitem antever, num futuro próximo uma redução dos impactos ambientais associados à circulação automóvel. Contudo, os problemas de congestionamento e ocupação do espaço público manter-se-ão ou tenderão a agravar-se.

Um outro custo importante prende-se com o custo da viagem casa-trabalho suportado individualmente pelos trabalhadores, o qual varia em função da distância da viagem e do modo de transporte utilizado. Se considerarmos uma deslocação em automóvel de cerca de 50 km diários, num percurso de ida e volta entre os locais de residência e trabalho, estima-se um custo mensal entre os 160 e os 200 euros.

## 2.3 Transportes partilhados

Como já foi referido, a utilização do automóvel individual como meio de deslocação cresceu significativamente nos últimos anos, este fenómeno é ainda mais preocupante porque, na maioria dos casos, a taxa de ocupação dos veículos é apenas de um passageiro.

É de esperar que haja alterações profundas na gestão dos transportes e no acesso aos grandes centros urbanos, no entanto haverá sempre um grupo bastante significativo de pessoas que continuará a recorrer ao automóvel para a realização das suas deslocações.

Perante isto é importante aprender a otimizar e racionalizar o recurso à utilização do automóvel, incentivando a partilha de veículos.

O conceito da partilha de veículo deverá fazer parte integrante de uma política de mobilidade sustentável, do ponto de vista ambiental, social e económico e que por isso mesmo deve estar articulada com medidas incentivadoras, como é o caso de estacionamento reservado, vias reservadas ou serviços gratuitos. (6)

O *carpooling*, o *carsharing*, o táxi colectivo e o *bike-sharing* são serviços que integram a designação geral de transportes partilhados. Nas próximas secções serão desenvolvidos estes conceitos.

### 2.3.1 Carpooling

O *carpooling* consiste em coordenar e incentivar a partilha de uma viatura entre condutores que realizam o mesmo percurso, repartindo entre si o custo das viagens (Figura 4). É esta ideia que se pretende desenvolver com este projeto de mestrado.

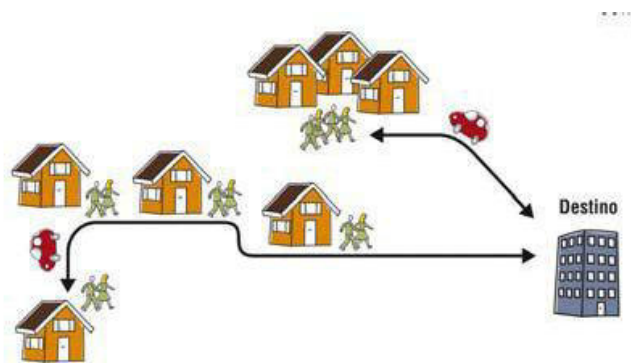


Figura 4 – Princípio de funcionamento do sistema de carpooling (6)

Um estudo sobre mobilidade sustentável das empresas, realizado em Espanha efetuou uma estimativa de poupanças médias anuais por passageiro, resultantes da partilha de viatura para deslocações entre local de residência e local de trabalho, cujos resultados são apresentados na Tabela 2, podendo a poupança anual ultrapassar os três mil euros.

Tabela 2 - Poupanças anuais por passageiro, associadas à prática de *Carpooling* (4)

Distância Casa/ Trabalho	Partilhando duas vezes por semana		Partilhando todos os dias da semana	
	2 Pessoas	3 Pessoas	2 Pessoas	3 Pessoas
15 Km	370€	490€	920€	1200€
21 Km	500€	690€	1200€	1700€
40 Km	980€	1300€	2400€	3260€

Um aspecto que embora ainda não constitua prática em Portugal, mas que tem vindo a ser testado nalgumas cidades europeias, prende-se com a criação de corredores reservados a “veículos com alta ocupação”, ou seja, com ocupação superior ou igual a dois passageiros e que constitui um estímulo à prática de *carpooling*.

O sucesso do incentivo à prática da utilização da partilha do veículo requer que seja enquadrado por uma política de mobilidade sustentável que promova a implementação de medidas de discriminação positiva que favoreçam a sua disseminação (Tabela 3). A implementação dessas medidas será da competência do governo ou dos municípios.

Tabela 3 – Medidas de incentivo à prática de *Carpooling* (6)

	Medidas
<b>Carpooling</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• benefícios no estacionamento privado no local de trabalho para os veículos com mais de 1 passageiro;</li> <li>• vias reservadas para os veículos com mais de 1 passageiro;</li> <li>• redução do valor de portagens para os veículos com mais de 1 passageiro.</li> </ul>

Por outro lado, as medidas enumeradas abaixo podem servir de base à ideia de promoção do *carpooling* no seio de uma empresa ou instituição (4):

- Criar uma base de dados que permita implementar facilmente um esquema de *carpooling*;
- Realizar campanhas de sensibilização, expondo os custos das deslocações diárias em transporte individual e os vários benefícios da partilha de veículos;
- Reservar lugares de estacionamento para *carpoolers*;
- Disponibilizar um serviço que permita garantir a viagem de retorno a casa, em caso de imprevisto ou de urgência;
- Flexibilizar o horário de entrada de modo a incentivar à prática do *carpooling*;
- Incentivar o recurso a serviços de *carsharing* para efetuar deslocações em trabalho;

- Estabelecer benefícios para pessoas que partilhem o seu carro com outros colegas (por exemplo: vales de gasolina);
- Oferecer benefícios aos praticantes de *carpooling*, como sejam uma limpeza mensal da viatura, ou uma revisão anual;
- Promover iniciativas específicas como dias de *carpooling*;
- Ampliar as oportunidades dos *carpoolers*, através da associação a outras empresas/polos localizados na envolvente próxima.

A prática de *carpooling* pode ser categorizada de duas formas distintas, tendo como público-alvo a globalidade dos internautas (designado por *carpooling* – público), ou restringido o acesso a um grupo de pessoas que partilhem uma característica comum, como por exemplo trabalharem na mesma instituição ou polo (designado neste relatório por *carpooling*-privado).

### 2.3.2 Carsharing

O *carsharing* é um sistema de mobilidade que permite o uso de um veículo sem que o utilizador seja o seu proprietário. Sendo para tal necessário, nalguns dos sistemas implementados, efetuar a reserva da viatura por telefone ou internet normalmente com uma antecedência de 24 horas, noutros casos os carros estão disponíveis em determinados pontos e podem ser utilizados através de uma chave/cartão magnético de crédito/débito, em tempo real, sem reserva prévia (ver Figura 5).

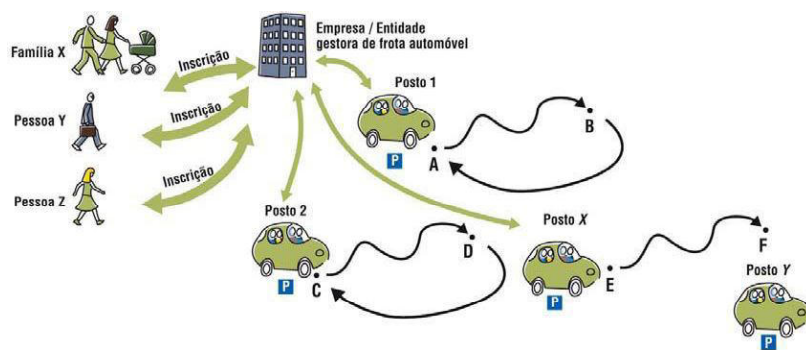


Figura 5 – Funcionamento do serviço de carsharing (6)

O recurso a um serviço deste tipo permite o aluguer de uma viatura por um curto período de tempo, não sendo necessário recorrer a outros colaboradores para efetuar a viagem, o que confere maior independência aos potenciais utilizadores e permite otimizar o uso das viaturas.

Esta modalidade traduz-se numa poupança real nos custos fixos inerentes à posse da viatura, tais como manutenção, inspeções, seguro, estacionamento, impostos, evitando a compra de um segundo ou terceiro veículo de família ou o aumento da frota de veículos das empresas.

### 2.3.3 Táxi coletivo

O táxi coletivo é um sistema de transporte público partilhado que possibilita a utilização colectiva de um táxi por vários clientes. Constitui um serviço de mobilidade que pode ter diferentes características: ter um ou mais pontos de origem fixos, um ou mais pontos de destino e um horário pré-definido ou previamente combinado; ser um serviço aberto que vai recolhendo os utilizadores ao longo da sua rota.

### 2.3.4 Bike-sharing

O *Bike-sharing* corresponde a um serviço que pressupõe a partilha de uma frota de bicicletas através de sistema de aluguer ou empréstimo, por determinado período, de forma a aumentar a rotatividade da utilização. As bicicletas estão disponíveis em vários pontos de uma cidade, podendo ser alugadas no momento, sem marcação prévia.

### 2.3.5 Benefícios e inconvenientes da partilha de veículos

O transporte partilhado deverá ser encarado como uma medida complementar a outras medidas que farão parte de um pacote de mobilidade. Esta gestão da mobilidade deverá estar a cargo das diversas entidades competentes, e os Planos de Mobilidade e Transportes serão o ponto de partida para a mudança de atitudes.

Os benefícios da partilha de veículos são evidentes, e podem ser encaradas de diferentes perspetivas:

**a. Para os condutores:**

- Redução das despesas (combustível e manutenção);
- Redução do cansaço e do *stress*;
- Fomenta o convívio entre colegas.

**b. Para a comunidade:**

- Redução da poluição;
- Redução dos congestionamentos;
- Redução dos problemas de estacionamento;
- Alternativa de transporte economicamente acessível.

**c. Para as empresas/serviços:**

- Maximização da utilização do estacionamento disponível;
- Estímulo à socialização entre colaboradores;
- Contribuição para a redução do *stress*, permitindo aumentar a produtividade;
- Melhoria da imagem da empresa

Já no que diz respeito aos inconvenientes, fica a referência a quatro principalmente na perspectiva do condutor:

- Perda da independência e rigidez do sistema, em particular no que diz respeito às horas das viagens;
- Indução de *stress* devido ao compromisso de horários ou de presença;
- Perda de intimidade na partilha do veículo privado com outras pessoas;
- Insegurança relativa à pessoa à qual se dá boleia (desconhecimento da mesma)

Nesta Secção foram apresentados quatro modelos de transportes partilhados. Não se pode destacar um que seja mais importante do que os outros, uma vez que estes se complementam numa estratégia de redução do uso do automóvel privado. Contudo, o *carpooling*, assume um papel fundamental na concretização deste objetivo, uma vez que promove de forma direta a redução do uso do automóvel.

Na Secção 2.4 são apresentados alguns projetos de *carpooling* e uma das questões que se evidencia é a falta de adesão por parte dos condutores a esta prática. Será importante que sejam desenvolvidas estratégias de incentivo que promovam a adesão a estes projetos, algo para o qual se espera contribuir com a concretização do projeto “Partilha de Rastos de GPS”, uma vez que a sua aplicação em futuras aplicações de *carpooling* incrementará a eficiência do sistema.

Contudo, serão necessárias medidas, como as apresentadas na Secção 2.3.1, para que estas iniciativas possam alcançar resultados positivos.

## 2.4 Projetos de Carpooling

### 2.4.1 Carpooling em Portugal

Em Portugal existem algumas iniciativas relacionadas com a prática de *carpooling*. A lista abaixo é um resumo do que se está a fazer no nosso país para promover a partilha de carro.

- Carpool Portugal: <http://www.carpool.com.pt/>. Cerca de 2370 *carpoolers*. (7)
- Deboleia – <http://www.deboleia.com>. O portal de pedir e oferecer boleia. (8)
- Carpooling – Évora, Portugal: <http://www.cm-evora.pt/carpooling>. Serviço de utilização grátis, que tem como objectivos promover a partilha de veículos entre os cidadãos de forma a melhorar a sua mobilidade. (9)
- Gotocampus – Instituto Politécnico de Leiria – Portugal: <http://gotocampus.ipleiria.pt> e <http://gotocampus2.ipleiria.pt>. Cerca de 158 *carpoolers* para um universo de cerca de 12.700 estudantes e docentes - 2% de adesão. (10)
- Galpshare – Portal de partilha de viagens da Galp Energia – Portugal. <http://www.energiapositiva.pt/galpshare/>. (11)
- Rotapartilhada – Portal de partilha de viagens da responsabilidade da Loja da Mobilidade do Porto. <http://www.rotapartilhada.com/> (12)

Os projetos mais visíveis são o portal [deboleia.com](http://www.deboleia.com) (Figura 6) e o portal [carpool.com.pt](http://www.carpool.com.pt) (Figura 7), em que o princípio básico de funcionamento é a partilha de boleias. Os utilizadores colocam anúncios aos quais outros utilizadores podem responder estabelecendo-se assim um canal de comunicação que poderá vir ou não a resultar em boleia.

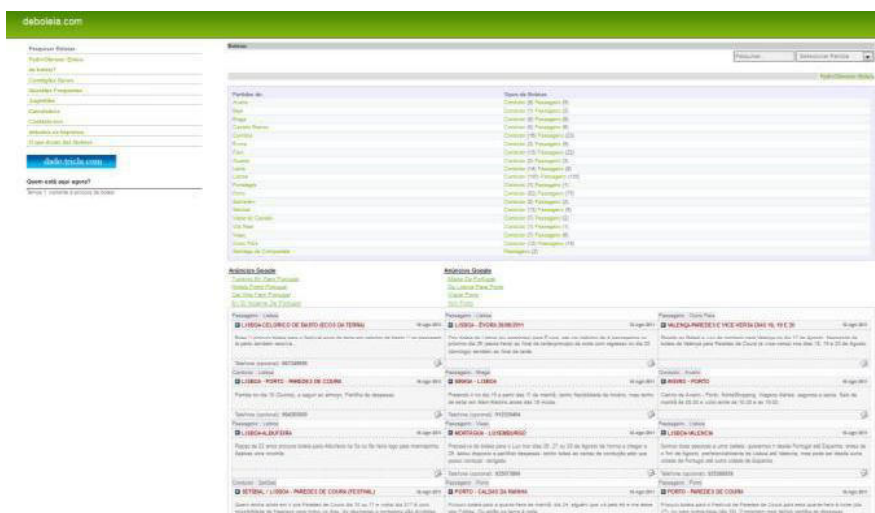


Figura 6 – Imagem da página inicial do portal Deboleia.com (8)



Enquanto o portal carpool.com.pt se baseia num ambiente mais gráfico (ver Figura 7), recorrendo aos mapas do Google para ilustrar os percursos, o portal deboleia.com está mais voltado para um ambiente onde o texto predomina (ver Figura 6). As políticas de acesso aos *sites* são também um pouco diferentes. O deboleia.com tem um acesso completamente livre, a única exigência é que o *e-mail* indicado seja válido uma vez que o anúncio a publicar deverá ser confirmado antes de aparecer no site. Já o carpool.com.pt exige um registo prévio e a definição do percurso que o utilizador realiza, só assim terá acesso aos detalhes dos percursos já disponíveis.



Figura 7 – Mapa de percursos no Site Carpool.com.pt (7)

Quanto ao projeto *Carpooling-Évora* (ver Figura 8), tem como objetivo promover a partilha de veículos entre os condutores daquela região alentejana. De referir que pelos anúncios publicados constata-se alguma inatividade, das sete entradas uma refere-se a julho deste ano e seis a abril do ano 2010. Depois de estabelecido contato telefónico coma a autarquia confirmou-se a falta de adesão dos municípios ao serviço.



Figura 8 – Imagem da página inicial do portal Carpooling – Évora (9)

Já no que diz respeito ao serviço disponibilizado no *site* <http://gotocampus2.ipleiria.pt> (ver Figura 9), disponível desde 2009, conta com 158 inscritos em Agosto de 2011, o que revela uma adesão de cerca de 2% universo de cerca de 6000 estudantes, docentes e funcionários.



Figura 9 – Imagem da página inicial do portal gotoCampus (10)

As inscrições no portal estão reservadas a quem disponha de uma conta de *e-mail* da instituição o que limita o acesso ao público em geral. Esta metodologia deverá ser a mais adequada na implementação de uma solução final de *carpooling*-privado. Desta forma ultrapassam-se questões relacionadas com privacidade e segurança que se colocam no acesso a um portal de acesso público.

O portal *energiapositiva.pt* é uma comunidade *online* sobre eficiência energética, de acesso e registo gratuito, desenvolvida pela Galp Energia para ser um centro de partilha e pesquisa de todo o tipo de conteúdos relacionados com esta temática.

Este portal é público e está disponível para o registo de todas as pessoas que partilhem o interesse de olhar e agir sobre o futuro do planeta, promovendo a sua sustentabilidade, pretendendo tornar-se na maior comunidade nacional de eficiência energética.



Figura 10 – Imagem da página inicial do Portal GalpShare (11)

Integrado neste portal encontra-se a aplicação GalpShare (ver Figura 10) que, tal como os outros portais, pretende contribuir para a redução dos milhares de automóveis que circulam nas estradas portuguesas, na maior parte dos casos com uma taxa de ocupação limitada a uma pessoa.

Os utilizadores poderão publicar anúncios com os percursos que desejam efetuar e partilhar com outros utilizadores. Os anúncios deverão contemplar o(s) horário(s) e data(s) desejadas.

O Rota Partilhada (ver Figura 11) permite a cada utilizador registado procurar por viagens que satisfaçam os seus requisitos e/ou criar viagens de sua iniciativa que posteriormente poderão ser solicitadas por outros utilizadores para serem partilhadas.

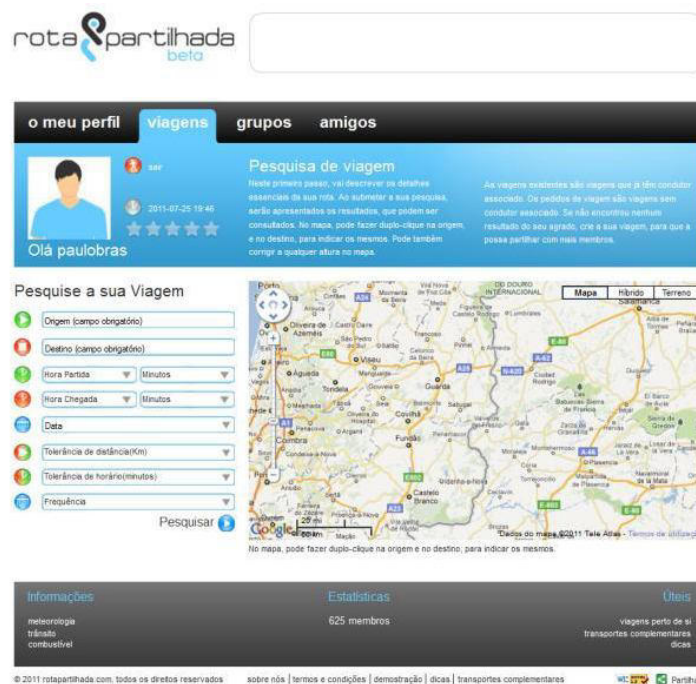


Figura 11 – Imagem da página inicial do Portal RotaPartilhada (12)

Se o utilizador pretende partilhar o seu próprio veículo ou viajar à “boleia”, depende apenas da sua escolha. O modelo desta plataforma define-se como sendo uma rede social de partilha de dados de perfil dos seus utilizadores, criação e gestão de grupos de amigos e criação e gestão de viagens. O sistema foi também construído de modo a suportar a avaliação dos utilizadores e gestores de viagens com o propósito de garantir maior confiança no serviço a partilhar. (12)

Estes portais estão vocacionados para a partilha de carro para viagens realizadas entre cidades, sendo quase nulos os pedidos de partilha para percursos urbanos. Além disso, não se encontrou referência a nenhuma aplicação que utilize a tecnologia GPS para a promoção da partilha de carro.

## 2.4.2 Carpooling noutros Países

A nível europeu os clubes de *carpoolers* começam a ter uma expressão significativa em várias cidades. Normalmente o serviço é organizado a partir de uma empresa ou instituição com os respectivos colaboradores, contudo a prática de associação de empresas ou instituições localizadas numa mesma área, para ampliação do leque de oportunidades para os *carpoolers* tem vindo a disseminar-se.

No Reino Unido, nas empresas onde foi implementado o serviço, a adesão é de cerca de 16% dos colaboradores abrangidos, o serviço de *carpooling* tem sido implementado em muitas empresas e polos geradores e atractores de deslocações (serviços, hospitais, universidades). (4)

Apresentam-se as ligações para algumas iniciativas internacionais para promoção do *carpooling*:

- Carpoolworld: <http://www.carpoolworld.com/>
- Carpoolzone: <http://www.carpoolzone.smartcommute.ca/en/my/>
- Erideshare: <http://www.erideshare.com/>
- Carpool.ca: <http://www.carpool.ca/>
- Viagensportostoes: <http://www.viagensportostoes.org/>
- Carpoolnz: <http://www.carpoolnz.org/>
- Carpooling in India: <http://www.carpooling.in/>
- Compartir: <http://compartir.org/>

## 2.5 Exemplos de boas práticas

Neste ponto apresentam-se alguns casos de estudo que constituem exemplos de boas práticas, nacionais e internacionais, no domínio da implementação de planos de mobilidade em algumas empresas.

A seleção de casos apresentados procura cobrir empresas e polos com diferentes tipologias de atividades, e cujos planos incidiram sobre a implementação de diferentes tipologias de medidas, procurando-se exemplificar, para os casos em que isso foi possível, os resultados obtidos.

Destacam-se sete projetos, um português, um holandês, dois espanhóis, um belga, um alemão e um francês.

### 2.5.1 EDP, Energias de Portugal

A EDP é a empresa líder do sector da energia em Portugal e emprega cerca de 14000 trabalhadores dispersos pelo território nacional.

A empresa encontra-se a desenvolver um Plano de Mobilidade, ainda em fase inicial, que pretende reduzir as deslocações dos colaboradores, bem como otimizar a frota de veículos de serviço.

Das medidas que se encontram em fase de implementação é de destacar o programa de boleias entre funcionários, “E-connosco”, destinado à promoção do *carpooling* explorando sinergias das deslocações em grupo e a generalização do recurso às videoconferências para a realização de reuniões, evitando desta forma um número alargado de deslocações.

### 2.5.2 Hospital Rijnstate, Arnhem, Países Baixos

O Hospital Rijnstate, constitui-se como um grande polo gerador de viagens. Situado na periferia da cidade de Arnhem, nos Países Baixos, ocupa uma área total de cerca de 82 000m<sup>2</sup>, emprega aproximadamente 3 000 trabalhadores.

A escassez de lugares de estacionamento face à procura registada no interior do recinto motivou a administração do Hospital a promover alternativas ao transporte individual através da elaboração de um Plano de Mobilidade para este equipamento.

Este plano contemplou várias iniciativas: promoção do *carpooling*, incentivos à utilização de bicicletas e medidas de promoção do transporte público. Para os praticantes de *carpooling*, foram disponibilizados lugares de estacionamento reservados no parque de estacionamento do hospital e boleia garantida para casa, em caso de emergência.

Após 2 anos da implantação do plano de mobilidade foram atingidos resultados positivos que se traduzem num aumento da utilização do transporte público em cerca de 22,5%; num aumento dos utilizadores da bicicleta em 1.3%; num crescimento de 3.1% dos praticantes de *carpooling* e numa redução de cerca de 11.5% da utilização do transporte individual. (4)

### 2.5.3 CESP, Espanha

A CESP é uma empresa espanhola do grupo Ferrovial dedicado à prestação de serviços de gestão e tratamento de resíduos, desenvolvendo a sua atividade em Espanha e Portugal. Consciente da necessidade de promover a alteração dos hábitos de mobilidade urbana, que se caracterizam pela dominância do automóvel privado para a realização das deslocações dos colaboradores, decidiu promover a elaboração e implementação de um Plano de Mobilidade para as instalações de Albarracín em Madrid, com a imagem de marca “Como te moves?”.

A iniciativa nasceu em 2007 da Direção de Qualidade e Meio Ambiente do grupo ferroviário e em colaboração com a Fundação Mobilidade, com o objetivo de desenvolver soluções próprias adaptadas às necessidades das várias instalações do grupo e dos seus colaboradores.

Definiram como principais objetivos para o plano: melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores e reduzir os impactos ambientais e sociais associados aos padrões de mobilidade gerados pela atividade da empresa. Uma das principais medidas do plano de mobilidade foi a reserva de lugares de estacionamento para praticantes de *carpooling*.

Este projeto ganhou em 2008 o prémio “Mobilidade Verde” atribuído pelo Ministério do Ambiente Espanhol.

### 2.5.4 Universidade da Catalunha, Espanha

A Universidade Politécnica da Catalunha (UPC), localizada em Barcelona, é frequentada por cerca de 39100 alunos e 1600 funcionários, constituindo-se como um importante polo gerador/ atrator de viagens na Área Metropolitana.

O reconhecimento da necessidade da alteração dos atuais padrões de mobilidade praticados pela comunidade da Universidade traduziu-se no desenvolvimento de um Plano de Mobilidade específico para o polo que contemplou a implementação de diversas medidas.

Foi celebrado um acordo entre a Câmara Municipal e a UPC a fim de introduzir medidas de mobilidade para estudantes, professores e funcionários, permitindo o planeamento prévio de viagens para a UPC em qualquer modo de transporte (transporte público, bicicleta, a pé, etc.).

As principais medidas previstas no plano de mobilidade foram a promoção do *carpooling*, a criação de um Web Site de promoção do *carpooling* e o condicionamento dos acessos em transporte individual às instalações do campus universitário;

Não são ainda conhecidos os resultados da implementação do Plano de Mobilidade.

### 2.5.5 Fábrica da Ford, Genk, Bélgica

A Fábrica da Ford, localizada em Genk na Bélgica, ocupa uma área de 338 hectares e emprega cerca de 12000 colaboradores repartidos por vários turnos de funcionamento.

Os problemas de congestionamento que se registavam, nomeadamente nas alturas de mudança de turnos em que se verificam chegadas e partidas simultâneas de cerca de 3000 colaboradores, constituíram a motivação da administração da fábrica para a elaboração de um Plano de Mobilidade empresarial.

Os elevados fluxos de tráfego traduziam-se em elevados índices de sinistralidade envolvendo veículos automóveis e bicicletas, o que afectava o funcionamento da empresa, a produtividade dos colaboradores e se traduzia consequentemente, em avultados custos operacionais.

A administração da empresa, em colaboração com as autoridades locais decidiu intervir no sentido de procurar solucionar os problemas diagnosticados e reduzir o impacte ambiental associado aos congestionamentos de tráfego tendo optado, entre outras medidas, por promover o *carpooling*.

Para incentivar o *carpooling* foram realizadas campanhas de promoção da medida e nomeado um gestor de mobilidade de forma a facilitar o encontro de parceiros para a realização das viagens. A boleia para casa dos praticantes do *carpooling* foi assegurada, assim como a coordenação com os sistemas de transporte colectivo no caso de os trabalhadores terem de realizar horas extraordinárias.

As várias metas previamente definidas para o plano foram atingidas. Atualmente 71% dos trabalhadores da empresa utilizam modos de transportes mais sustentáveis tendo-se registado uma redução dos consumos energéticos das deslocações pendulares da ordem dos 30%. (4)

### 2.5.6 Indústria Química BASF, Ludwigshafen, Alemanha

A BASF é uma empresa química alemã localizada no centro da cidade de Ludwigshafen e emprega cerca de 53000 trabalhadores.

A geração de um elevado número de deslocações dos seus colaboradores, contribuía fortemente para os problemas de congestionamento rodoviário nos acessos à unidade industrial

e no interior das instalações e para a ocorrência de diversos acidentes com custos na produtividade dos colaboradores.

Foi então constituído um grupo de trabalho para analisar questões relacionadas com a mobilidade e desenvolver um plano geral integrado.

A promoção do *carpooling* foi uma das medidas deste plano, tendo implementado como incentivos a esta prática a reserva de lugares de estacionamento dedicados a *carpoolers* perto das entradas das instalações, devidamente articulados com os serviços internos de transporte colectivo da empresa.

Estas medidas traduziram-se numa diminuição de 2600 veículos em circulação por dia e na redução do número de acidentes rodoviários nas instalações. (4)

### 2.5.7 NESTLÉ, França

A Nestlé é uma empresa francesa que fabrica géneros alimentícios e conta com aproximadamente 1600 funcionários. A realocação da empresa para um local de menor acessibilidade em transportes públicos constituiu a motivação para a elaboração de um Plano de Mobilidade.

O *carpooling* foi uma das medidas adoptadas pela empresa. Após um ano da implementação verificaram-se cerca de 500 registos no site da intranet da empresa e a prática de cerca de 125 *carpoolers*, do total de 900 funcionários que se deslocavam habitualmente para a empresa em transporte individual. (4)



### 3 Comparação e Otimização de Rastos GPS

Neste capítulo apresentam-se os métodos de comparação de rastos de GPS desenvolvidos durante o projeto e a sua posterior otimização. Foram desenvolvidos métodos para a obtenção dos rastos GPS e algoritmos que permitem identificar percursos semelhantes, sugerindo hipóteses de partilha de carro que respeitam os critérios definidos pelo utilizador do sistema. Reforça-se a ideia que um dos objectivos principais destes métodos é tentar tornar os sistemas de *carpooling* mais eficientes no que se refere à criação de grupos de utilizadores com as mesmas necessidades.

Os projetos de partilha de carro apresentados no capítulo anterior não fazem comparação de rastos GPS e até ao momento não se conhecem portais de partilha de carro que usem essa funcionalidade.

No entanto, se considerarmos os dois portais mais conhecidos em Portugal, o *deboleia.com* e o *carpool.com.pt*, pode dizer-se que o projeto aqui apresentado tem vantagens no tratamento dos percursos dentro das cidades e nos acessos aos centros urbanos, uma vez que a precisão é maior, ou seja, existe uma maior certeza nos locais de partida e de chegada, uma vez que o factor de proximidade pode ser adaptado a diferentes situações.

Imaginando uma situação de milhares de rastos no acesso a uma grande cidade, espera-se que utilizando os métodos de comparação de rastos aqui propostos, estes tornem mais eficiente o processo de pesquisa de percursos semelhantes.

Depois de realizado o levantamento dos projetos existentes na mesma área de investigação, o trabalho relatado neste capítulo desenvolveu-se em quatro etapas. A estrutura do trabalho resume-se da seguinte forma:

#### **Primeira etapa: Entender e trabalhar com o Sistema de Posicionamento Global**

1. O GPS.
2. O formato NMEA.

#### **Segunda etapa: Implementar os algoritmos de comparação de rastos GPS**

1. Implementou-se o algoritmo que lê para um *array* as coordenadas, latitude e longitude, a partir de um ficheiro de texto onde se encontram *strings* no formato NMEA.
2. Desenvolveu-se um método de conversão das coordenadas do formato original (graus, minutos e segundos) para coordenadas decimais.
3. Criou-se um processo para enviar estas coordenadas decimais para um repositório de Rastos GPS.

4. Por fim, comparou-se o vector decimal com os vários rastros existentes no repositório. O processo consiste em calcular distâncias entre pontos utilizando o teorema de Pitágoras. Caso essa distância seja inferior a um determinado valor de referência indicado, então pode considerar-se que os pontos comparados estão próximos. Nesta fase foram desenvolvidos vários algoritmos onde se implementam critérios diferenciados de comparação de rastros.

### **Terceira etapa: Estudo de otimização de rastros GPS**

Foram desenvolvidos métodos para a obtenção de repositórios otimizados de rastros. É feita uma análise à eficácia e aos tempos de execução dos algoritmos de comparação de rastros de GPS, utilizando as diferentes otimizações. Procura-se saber, até que ponto a diminuição do número de pontos nos rastros não prejudica a qualidade da solução obtida

### **Quarta etapa: Desenvolvimento de um protótipo**

1. Criou-se o repositório de Rastos de GPS.
2. Desenvolveu-se a aplicação que permitiu testar os métodos desenvolvidos.

Nos próximos tópicos serão abordadas detalhadamente cada uma destas etapas. Começa-se por uma abordagem ao conceito GPS, uma vez que é fundamental para o trabalho apresentado.

## **3.1 Sistema de Posicionamento Global (GPS)**

Os rastros de GPS podem ser obtidos através de vários tipos de receptores GPS. Nesta secção é feita uma breve introdução à tecnologia GPS e aos dados gerados por esses receptores

O Sistema de Posicionamento Global, vulgarmente designado por GPS (*Global Positioning System*), é um sistema de posicionamento geográfico que fornece as coordenadas de um lugar na Terra, desde que se tenha um receptor de sinais de GPS. Este sistema foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa Americano para ser utilizado com fins civis e militares (13).

A posição sobre a Terra é referenciada em relação ao equador e ao meridiano de Greenwich e traduz-se por três números: a latitude, a longitude e a altitude (ver Figura 12). Por exemplo, os aeroportos têm as três coordenadas bem determinadas, que aliás estão escritas em grandes cartazes perto das pistas, e os sistemas automáticos de navegação aérea utilizam esta informação para calcular as trajetórias entre aeroportos. (14)

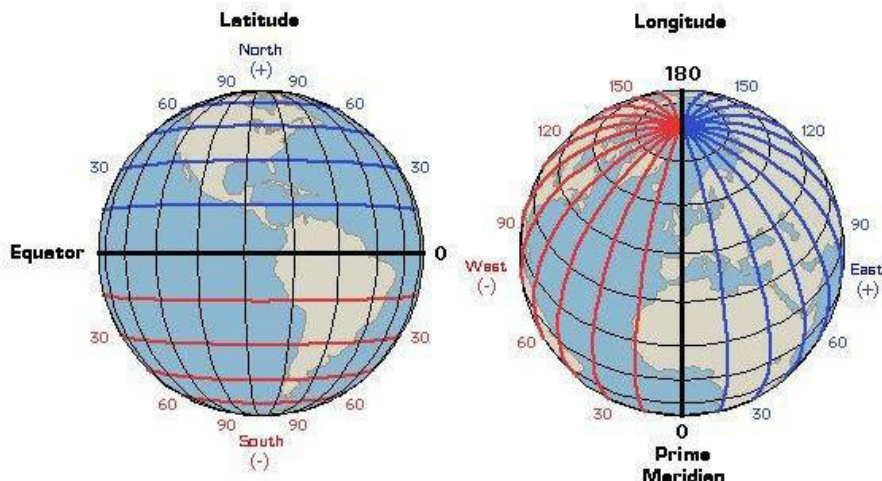


Figura 12 – Longitude e Latitude

Hoje em dia é possível haver um sistema de posicionamento global devido à utilização dos satélites artificiais. São ao todo 24 satélites (15) que dão uma volta à Terra em cada 12 horas e que enviam continuamente sinais de rádio. Em cada ponto da Terra estão sempre visíveis quatro satélites (ver Figura 13) e com os diferentes sinais desses quatro satélites o receptor GPS calcula a latitude, longitude e altitude do lugar onde se encontra.

Existem atualmente dois sistemas efetivos de posicionamento por satélite; o GPS desenvolvido pelos americanos e o *Glonass* desenvolvido pelos russos; e dois sistemas em fase de implantação: o *Galileo* em desenvolvimento pelo Consórcio dos países da Comunidade Europeia e o *Compass* em desenvolvimento pelo governo chinês. A união dos sistemas GPS, *Glonass* e *Galileo* deu origem ao sistema GNSS. (16)

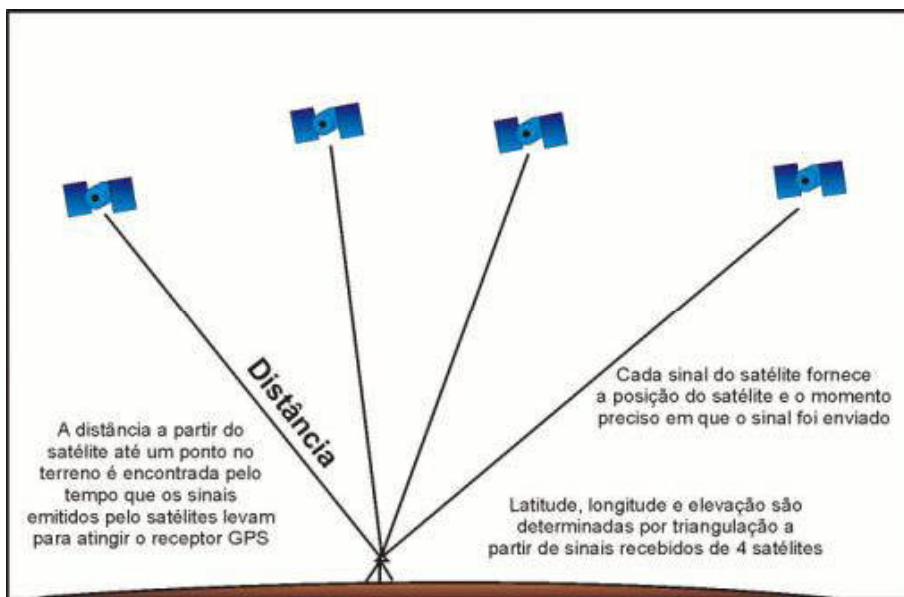


Figura 13 – Localização GPS - 4 satélites (16)

## Latitude

A latitude é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$  para Norte ou para Sul. Por exemplo, Lisboa está à latitude de  $38^\circ 4' N$ , o Rio de Janeiro à latitude de  $22^\circ 55' S$  e Macau à latitude de  $22^\circ 27' N$ . (17)

## Longitude

A longitude é a distância ao meridiano de *Greenwich* medida ao longo do Equador. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre  $0^\circ$  e  $180^\circ$  para Este ou para Oeste. Por exemplo, Lisboa está à longitude de  $9^\circ 8' W$ , o Rio de Janeiro à longitude de  $34^\circ 53' W$  e Macau à longitude de  $113^\circ 56' E$ . (17)

A infraestrutura tecnológica associada ao sistema GPS é constituída por três subsistemas (16):

1. Subsistema de satélites - segmento aéreo.
2. Subsistema de controlo - segmento terrestre.
3. Subsistema do utilizador.

O subsistema de satélites é constituído pelos 24 satélites que dão duas voltas à Terra por dia, a uma altitude de 500 km. As órbitas dos satélites foram escolhidas de modo que de qualquer ponto da Terra se possam ver entre quatro e oito satélites. No entanto, para calcular com precisão a nossa posição basta apenas receber em boas condições o sinal de apenas quatro destes satélites.

O subsistema de controlo é constituído por várias estações terrestres. Nestas estações terrestres são observadas as trajetórias dos vários satélites GPS e é atualizado com grande precisão o tempo. Esta informação é transmitida aos satélites. Com estes dados, o sistema informático em cada um dos satélites recalcula e corrige a sua posição absoluta e corrige a informação que é enviada para a Terra. A estação primária de controlo da constelação GPS está localizada nos Estados Unidos, no estado do Colorado.

O subsistema do utilizador é constituído por um receptor de rádio com uma unidade de processamento capaz de decodificar em tempo real a informação enviada por cada satélite e calcular a posição. Cada satélite envia sinais de características diferentes em intervalos de 30 em 30 segundos e de 6 em 6 segundos. Para haver uma determinação precisa da posição são necessários pelo menos 12 minutos e 30 segundos de boa recepção dos vários tipos de sinais enviados.

Na informação enviada pelos satélites estão envolvidas técnicas matemáticas que permitem recuperar a informação perdida na transmissão devido a más condições atmosféricas e ionosféricas. Mesmo assim, nos períodos de grande atividade solar a maior parte da informação enviada pelos satélites perde-se não sendo fiável a informação processada pelos receptores do sinal GPS.

### 3.1.1 Funcionamento do GPS

Os satélites têm a bordo relógios de partículas atômicas e constantemente difundem o tempo preciso de acordo com o seu próprio relógio, juntamente com informação adicional sobre os elementos orbitais de movimento, determinados por um conjunto de estações de observação terrestres.

O receptor não necessita de ter um relógio de tão grande precisão, mas sim um suficientemente estável. O receptor capta o sinal de, pelo menos, quatro satélites para determinar as suas próprias coordenadas (ver Figura 13), e ainda o tempo. Então, o receptor calcula a distância a cada um dos satélites encontrados, pelo intervalo de tempo entre o instante local e o instante em que os sinais foram enviados.

O posicionamento com GPS é conseguido a partir da medição das distâncias entre um receptor colocado sobre a superfície do planeta e vários satélites colocados em órbita. A partir dessas distâncias medidas e das posições exatas conhecidas dos satélites no espaço, que são difundidas pelas estações de controlo terrestre, é criada uma triangulação que permite matematicamente calcular as coordenadas do ponto onde se encontra posicionado o receptor.

Cada satélite GPS transmite dois sinais de rádio, sendo um para uso civil, que é utilizado nos equipamentos GPS de navegação e para posicionamento global (menos preciso). E outro mais preciso para a obtenção de coordenadas instantâneas, chamado de código P, usado somente pelos militares americanos, no qual a precisão pode chegar à escala do centímetro.

### 3.1.2 O formato NMEA

Os receptores GPS transmitem os dados de localização em diversos formatos. Um dos protocolos mais utilizados é desenvolvido e padronizados pelo *National Marine Electronic Association* (NMEA) (18). Dentre os formatos NMEA, pode-se ter várias versões, como por exemplo: NMEA 0180, NMEA 0182, e NMEA 0183, sendo que para cada modelo de receptor há pequenas diferenças no conjunto de caracteres transmitidos (19).

O protocolo NMEA 0183 (20) é um formato de comunicação entre diversos equipamentos electrónicos que permite, através de frases com uma sequência alfanumérica, transmitir diversas informações, entre as quais, o posicionamento do receptor GPS. Este protocolo é utilizado pela maioria dos aparelhos de GPS tanto os de uso comercial como os módulos utilizados para desenvolvimento.

A comunicação é feita através de mensagens que são formadas por diferentes códigos, cada um deles com um conjunto de dados associados.

Sob o protocolo NMEA-0183, todos os caracteres usados são texto ASCII e os dados são transmitidos na forma de frases. Uma frase pode conter até 82 caracteres, começa com um "\$" e cinco letras de identificação, seguidas por campos de dados separados por vírgulas. Se os dados para um campo não estiverem disponíveis, o campo pode ser omitido, ficando um espaço vazio entre vírgulas.

Há muitas frases no padrão NMEA para todos os tipos de dispositivos. As frases mais importantes incluem o NMEA GGA que fornece os dados de GPS atuais, e o NMEA RMC que prevê o mínimo de informações GPS recomendadas (21). Estas foram as utilizadas para este projeto.

Na Figura 14 apresenta-se o exemplo de uma frase que começa por \$GPGGA e o significado de cada um dos campos de dados.

**\$GPGGA**

Global Positioning System Fix Data

eg1. \$GPGGA,170834,4124.8963,N,08151.6838,W,1,05,1.5,280.2,M,-34.0,M,,\*75

Name	Example Data	Description
Sentence Identifier	\$GPGGA	Global Positioning System Fix Data
Time	170834	17:08:34 UTC
Latitude	4124.8963, N	41d 24.8963' N or 41d 24' 54" N
Longitude	08151.6838, W	81d 51.6838' W or 81d 51' 41" W
Fix Quality: - 0 = Invalid - 1 = GPS fix - 2 = DGPS fix	1	Data is from a GPS fix
Number of Satellites	05	5 Satellites are in view
Horizontal Dilution of Precision (HDOP)	1.5	Relative accuracy of horizontal position
Altitude	280.2, M	280.2 meters above mean sea level
Height of geoid above WGS84 ellipsoid	-34.0, M	-34.0 meters
Time since last DGPS update	blank	No last update
DGPS reference station id	blank	No station id
Checksum	*75	Used by program to check for transmission errors

Figura 14 – Protocolo NMEA-0183- \$GPGGA (21)

Como estes dados estão em formato ASCII, eles não tem um significado útil para cálculos até serem interpretados, separados e convertidos. No próximo tópico é explicado qual o método utilizado para realizar o processamento necessário.

## 3.2 Comparação de rastros GPS

### 3.2.1 Aquisição de dados

Os rastros de GPS podem ser facilmente obtidos utilizando diversos equipamentos que incorporem a funcionalidade de navegação GPS, como os atuais *smartphones*. Para desenvolver este projeto utilizou-se um PDA NDrive S300 (Figura 15).



Figura 15 – Equipamento NDrive S300

O *software VisualGPSce* (Figura 16) é uma aplicação gratuita para Pocket PC, que permite gravar percursos GPS no formato NMEA 0183 (22). Este *software* foi utilizado em conjunto com o NDrive S300 para fazer o registo dos rastros de GPS utilizados no projeto.

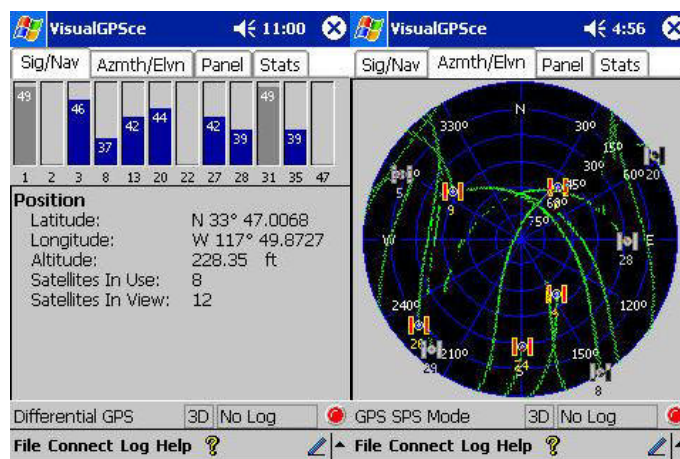


Figura 16 – Software VisualGPSce (22)

Os ficheiros obtidos com o NDrive S300 e com o *software Visual GPSce1* são ficheiros de texto com um conteúdo idêntico ao da Figura 17.

<sup>1</sup> Software obtido em <http://www.visualgps.net/VisualGPSce/default.htm>

```

meu1 - Bloco de notas
-----
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
$GPGGA,171145.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.07,1.1,831.2,M,51.2,M,,0000*4F
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,1.8,1.1,1.4*3D
$GPGSV,3,1,11,15,75,350,38,26,72,052,31,28,40,057,33,09,34,259,29*73
$GPGSV,3,2,11,10,28,171,28,18,26,312,27,21,09,278,20,17,09,107,22*7A
$GPGSV,3,3,11,24,08,239,,08,07,059,14,12,03,201,*4A
$GPRMC,171145.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*61
$GPGGA,171146.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.07,1.1,831.2,M,51.2,M,,0000*4C
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,1.8,1.1,1.4*3D
$GPRMC,171146.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*62
$GPGGA,171147.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.07,1.1,831.2,M,51.2,M,,0000*4D
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,1.8,1.1,1.4*3D
$GPRMC,171147.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*63
$GPGGA,171148.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.07,1.1,831.2,M,51.2,M,,0000*42
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,1.8,1.1,1.4*3D
$GPRMC,171148.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*6C
$GPGGA,171149.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.07,1.1,831.2,M,51.2,M,,0000*43
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,1.8,1.1,1.4*3D
$GPRMC,171149.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*6D
$GPGGA,171150.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.07,1.1,831.2,M,51.2,M,,0000*4B
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,1.8,1.1,1.4*3D
$GPGSV,3,1,11,15,75,350,39,26,72,053,31,28,40,056,33,09,34,260,29*78
$GPGSV,3,2,11,10,27,171,28,18,26,312,32,17,09,106,22,21,09,277,19*75
$GPGSV,3,3,11,24,07,239,,08,07,059,13,12,03,201,*42
$GPRMC,171150.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*65
$GPGGA,171151.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.07,1.1,831.2,M,51.2,M,,0000*4A
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,1.8,1.1,1.4*3D
$GPRMC,171151.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*64
$GPGGA,171152.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.06,1.3,831.2,M,51.2,M,,0000*4A
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,28,09,,,,,2.5,1.3,2.2*3C
$GPRMC,171152.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*67
$GPGGA,171153.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.06,1.3,831.2,M,51.2,M,,0000*4B
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,28,09,,,,,2.5,1.3,2.2*3C
$GPRMC,171153.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*66
$GPGGA,171154.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.06,1.3,831.2,M,51.2,M,,0000*4C
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,28,09,,,,,2.5,1.3,2.2*3C
$GPRMC,171154.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A*61
$GPGGA,171155.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.06,1.3,831.2,M,51.2,M,,0000*4D
    
```

Figura 17 – Ficheiro de texto com rasto GPS no formato NMEA

Em termos práticos o *software* regista três linhas de caracteres por cada segundo que passa e, por norma, estas linhas começam por \$GPGGA, \$GPGSA e \$GPRMC.

Como já foi referido na Secção 3.1.2, todas as linhas que não começam por \$GPGGA e \$GPRMC foram desprezadas pelo algoritmo de leitura das coordenadas latitude e longitude.

Assim, foi desenvolvido um algoritmo que lê para um *array* as coordenadas, latitude e longitude, a partir do ficheiro de texto resultante da captura do rasto de GPS. Este processo está explicado na próxima secção.

### 3.2.2 Algoritmo que lê para um array as coordenadas do ficheiro

A forma de extração das latitudes e longitudes dos ficheiros consiste no seguinte processo:

1. Lê cada linha do ficheiro de rastros para uma *string* S;
2. Guarda as partes da *string* S separadas por vírgulas num *array* A[];
3. Identifica as linhas que começam por \$GPGGA e \$GPRMC e guarda, nas variáveis Latitude e Longitude, o conteúdo das posições do *array* A[] que correspondem a essa informação.

Foi criada uma classe *Converte*, em C#, que efetua a extração dos valores relevantes para o resto do projeto. O código desta classe pode ser consultado no Anexo II – Código da classe *Converte*.



### 3.2.3 Conversão para coordenadas decimais

Os métodos de comparação de rastros que serão abordados na Secção 3.2.4 são baseados na comparação de distâncias entre pontos de rastros diferentes.

Tendo em conta que a superfície da Terra é esférica, o cálculo da distância real entre pontos definidos por latitude e longitude é um cálculo muito complexo. Este cálculo poderia ser feito recorrendo às fórmulas de Grande-Círculo (23). No entanto, estas fórmulas são complexas e envolvem funções trigonométricas que tornam o cálculo pesado do ponto de vista computacional, o qual pode afectar o tempo de resposta.

A comparação de rastros num sistema de *carpooling* deve ser rápida para dar respostas aos utilizadores em tempo real. Pelo que o cálculo real referido anteriormente não é eficiente. Além disso, os rastros típicos num sistema de *carpooling* são rastros urbanos ou semiurbanos (de distâncias relativamente curtas, na ordem das dezenas de km), podemos considerar para efeitos práticos de comparação de rastros que os pontos a comparar estão no mesmo plano e assim calcular a distância entre eles recorrendo ao Teorema de Pitágoras.

Tendo como objectivo facilitar os cálculos que irão ser efectuados pelos métodos de comparação de rastros GPS apresenta-se o processo utilizado para converter os valores de longitude e latitude do formato NMEA para um número decimal. De salientar que todos os mapas (*maps.google.com*, *mappoint*, *autoroute*) usam latitudes e longitudes decimais. (24)

De seguida apresenta-se a fórmula (1) utilizada para efetuar esta conversão (24).

$$decPos = Pos \text{ DIV } 100 + \frac{(Pos - (Pos \text{ DIV } 100) * 100)}{60} \quad (1)$$

Em que *decPos* é o valor decimal da posição, *Pos* é o valor da posição em formato NMEA e *DIV* representa a divisão inteira entre dois valores.

Por exemplo, aplicando a fórmula, o valor 5601.0318 em formato *NMEA* será convertido no valor decimal 56.0172, por intermédio dos seguintes cálculos:

$$5601.0318 \rightarrow 56 + (1.0318/60)$$

Para confirmação do correto funcionamento deste procedimento de conversão foi utilizado um sítio Web do governo de Estados Unidos da América que efetua a conversão de graus, minutos e segundos para graus decimais, tendo-se confirmado que a aplicação faz corretamente esta conversão. (25)

Numa fase posterior do projeto, considera-se a distância como um dos critérios de comparação dos rastros. A devolução de rastros com características idênticas irá variar em função do critério de comparação escolhido pelo utilizador conjuntamente com o factor de proximidade.

No Anexo III – Código da classe GrausDecimais, pode consultar-se o código, criado em C#, para efetuar a conversão de qualquer coordenada para um valor decimal arredondado a três casas decimais.

### 3.2.4 Métodos de comparação de rastos de GPS

Nesta secção são apresentados os métodos de comparação de rastos de GPS que se baseiam no cálculo de distâncias entre pontos de diferentes rastos. Como já foi referido na Secção 3.2.3., a distância total dos rastos é suficientemente pequena para se poder considerar que os pontos dos rastos a comparar pertencem ao mesmo plano e assim pode calcular-se a distância entre eles recorrendo ao Teorema de Pitágoras.

Na Figura 18 apresentam-se os cinco métodos de comparação de rastos implementados que correspondem aos critérios de comparação disponíveis na aplicação de partilha de rastos de GPS. Associada a esta escolha deverá ser introduzido o valor para o fator de proximidade, que poderá variar entre algumas dezenas e alguns milhares de metros. Estas duas variáveis, a proximidade e o método de comparação escolhido, vão permitir ao algoritmo determinar quais os rastos de GPS que se assemelham com o que foi indicado pelo utilizador.

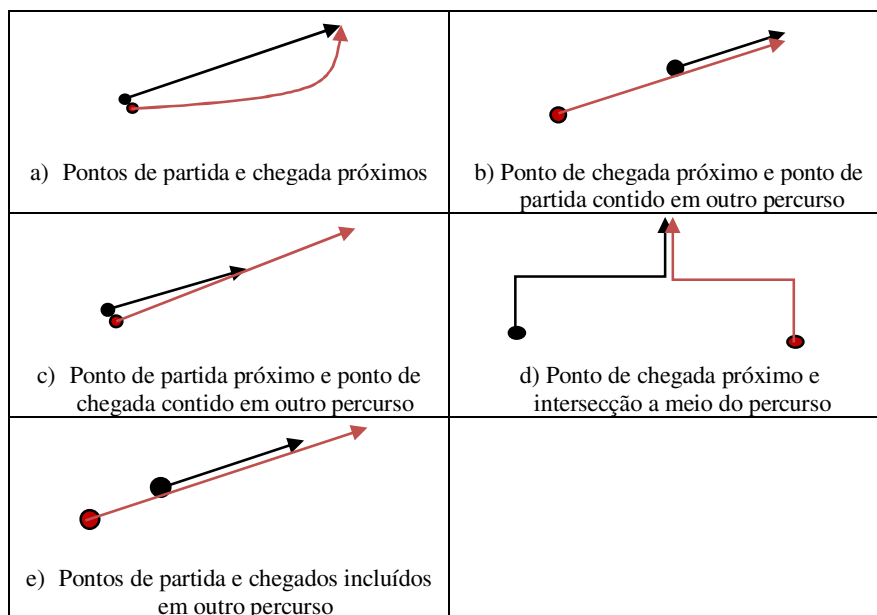


Figura 18 - Critérios de comparação de rastos.

O primeiro critério de comparação a) aplica-se quando o utilizador/conductor pretende encontrar percursos em que seja partilhada a totalidade da viagem. Ou seja, os pontos de partida e chegada estarão próximos o suficiente para haver uma partilha em toda a deslocação.

O critério b) aplica-se numa situação em que o ponto de origem de um dos rastos de GPS está próximo de um ponto intermédio de outro percurso, havendo partilha a partir desse ponto.

Quanto ao critério c) funcionará em situações em que os pontos de partida dos dois percursos são próximos, e o ponto de chegada de um deles está próximo de um dos pontos intermédios do outro percurso.

No que diz respeito ao critério d), este aplica-se em situações em que o ponto de chegada é próximo e, embora os pontos de partida não estejam perto um do outro, existem pontos intermédios nos dois percursos que se aproximam o suficiente para que haja uma partilha de veículo a partir desse local.

Relativamente ao último critério e), consideram-se neste caso situações em que tanto o ponto de partida como o ponto de chegada de um percurso se encontram próximos de pontos intermédios de um outro percurso. Havendo partilha de veículo nesse troço do trajeto.

Importa referir que estes métodos de comparação foram testados separadamente por uma questão de estudo e análise, o protótipo desenvolvido (ver Figura 34) requer que o utilizador escolha o método de comparação e a proximidade.

Como referido anteriormente, o cálculo da distância entre dois pontos servirá para estabelecer semelhanças entre os rastos. O processo consiste em comparar o percurso atual com todos os outros que já estão inseridos no repositório de rastos. O factor proximidade é utilizado em conjunto com um dos critérios apresentados na Figura 18.

Dos cinco critérios apresentados, provavelmente a solução mais procurada será a representada na alínea a) da Figura 18, em que os pontos de partida e chegada se encontram próximos. No entanto esta solução será provavelmente das que menos probabilidade terá de ocorrer.

Um dos cálculos intermédios do algoritmo é a distância decimal obtida entre dois pontos de rastos diferentes (*distObtida*). Este valor decimal resulta da aplicação do teorema de Pitágoras, e será posteriormente comparado com o valor que foi introduzido para a proximidade.

Para se estabelecer o quão próximo está um determinado ponto de outro, foi definido um valor de referência. Este valor foi calculado da forma que se descreve a seguir. Em Portugal um grau corresponde a aproximadamente 100 km e um minuto a 1,6 km. Partindo deste pressuposto sabemos que um minuto corresponde a 0,0167 graus decimais (16). Desta forma, obtém-se o valor decimal de referência (*valRefer*) - 0,0104375, que corresponde a 1000 metros.

No momento de determinar se um ponto está próximo de outro, tendo como referência o valor da proximidade (em metros) introduzido na aplicação, converte-se a distância decimal obtida entre os pontos (*distObtida*) em metros (*distMetros*), por intermédio da fórmula (2).

$$distMetros = \frac{distObtida * 1000}{valRefer} \quad (2)$$

Logo, se a distância em metros (*distMetros*) obtida entre dois pontos de rastos diferentes, for inferior ao valor introduzido como factor de proximidade, considera-se que os pontos estão próximos um do outro.

Na prática, a solução implementada compara dois percursos de cada vez, utilizando em simultâneo dois métodos de comparação definidos pelo utilizador: a proximidade pretendida e um dos critérios apresentados na Figura 18. Cada processo fará a comparação entre o rasto fornecido pelo utilizador e todos os outros que já estejam inseridos no repositório de dados.

Imaginando um sistema de *carpooling* para o distrito da Guarda, um rasto de GPS na área da cidade da Guarda vai ser comparado com rastos de todo o distrito. Isto poderá revelar-se um problema ao nível da eficiência na comparação de rastos de GPS, uma vez que o sistema irá comparar rastos que estão fora do alcance geográfico do rasto original. Esta situação incrementará o tempo de execução de todo o processo de comparação.

Uma possível solução para este problema é acrescentar o campo código postal na base de dados de rastos, para que este identifique o concelho ao qual o rasto pertence. Assim, numa fase anterior à comparação de dois rastos, procede-se a uma verificação deste campo e só se efetua a comparação se o valor do campo código postal for igual nos dois rastos.

No Anexo V – Código métodos de comparação, pode consultar-se o código implementado (em C#) para cada um dos critérios de comparação considerados neste capítulo.

### 3.2.5 Repositório de Rastos

Foi criada uma base de dados (ou repositório) para guardar todos os rastos, que os utilizadores vão enviando para a aplicação (ver Figura 19). Esta base de dados foi desenvolvida em Microsoft Access. Posteriormente foi criada uma base de dados num servidor Web, no entanto esta situação será abordada mais adiante neste relatório.



Figura 19 – Tabelas que constituem a BD Rastos

O número de rasto é atribuído automaticamente pela aplicação tendo como referência o último rasto que está inserido na BD (ver Figura 20), já a posição começa a partir do zero sempre que se transita para um novo rasto.

rasto	posicao	NomeRasto	lat	lng	Username
1	225	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	226	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	227	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	228	EscolaCasa	40,544	7,251	paulo
1	229	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	230	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	231	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	232	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	233	EscolaCasa	40,544	7,251	paulo
1	234	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	235	EscolaCasa	40,534	7,261	paulo
1	236	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	237	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
2	0	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	1	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	2	EscolaCabeleireiraAna	40,536	7,252	jorge
2	3	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	4	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	5	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	6	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	7	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	8	EscolaCabeleireiraAna	40,558	7,25	jorge
2	9	EscolaCabeleireiraAna	40,558	7,252	jorge
2	10	EscolaCabeleireiraAna	40,558	7,252	jorge
2	11	EscolaCabeleireiraAna	40,536	7,252	jorge

Figura 20 – Exemplo do conteúdo da tabela Rastos

Além do número de rasto e da posição é também armazenado o valor decimal (já convertido) da latitude (lat) e da longitude (lng), assim como o utilizador que enviou o rasto, como se pode observar na Figura 20. Os rastos são inseridos no repositório pelo utilizador a partir da aplicação que está a aceder à base de dados.

No Anexo IV – Código para inserir rastos no repositório, pode consultar-se o código implementado para escrever os rastos na base de dados.

### 3.2.6 Resultados

Durante a implementação do projeto foram realizadas inúmeras comparações de rastos de GPS e os algoritmos de comparação foram sendo melhorados ao longo desse processo. De referir que foi desenvolvida uma aplicação para testar os métodos de comparação (ver tópico 3.4).

O resultado obtido na comparação dos rastos GPS foi validado manualmente, por um lado recorrendo ao *Google Earth2*, por outro lado utilizando os próprios conhecimentos da área estudada. De referir que a maioria dos rastos de GPS foram adquiridos nos acessos à cidade da Guarda, sendo assim facilmente analisada a validade das comparações efetuadas.

Segue-se um exemplo onde se utilizam oito rastos aplicando quatro dos critérios de comparação, com um factor de proximidade de 300 metros. Os nomes dados aos rastos relacionam-se com a localização de partida e chegada (por exemplo EscolaCasa, em que Escola é o ponto de partida e Casa o ponto de chegada).

<sup>2</sup> A aplicação Google Earth está disponível em <http://www.google.com/earth/index.html>

As Figuras abaixo mostram os percursos de cada um dos rastros depois de abertos no *Google Earth*, os dois triângulos verdes ilustram o ponto de partida do rastro.



Figura 21 – Rasto EscolaCasa



Figura 22 – Rasto CabeleireiraAnaCasa



Figura 23 – Rasto CasaEscola



Figura 24 – Rasto CasaMoveisTorres



Figura 25 – Rasto CasaEscolaConducao



Figura 26 – Rasto DrogeriaTerminalCasa

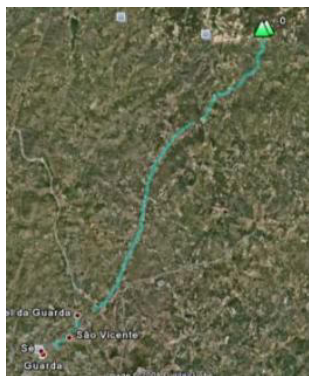


Figura 27 – Rasto ArcoCasa



Figura 28 – Rasto TelheiroCasa

O rasto escolhido para comparação com os existentes no repositório de rastos foi o EscolaCasa (Figura 21). Nas Figuras abaixo, podem observar-se os resultados obtidos aplicando os vários critérios de comparação e o fator de proximidade de 300 metros.

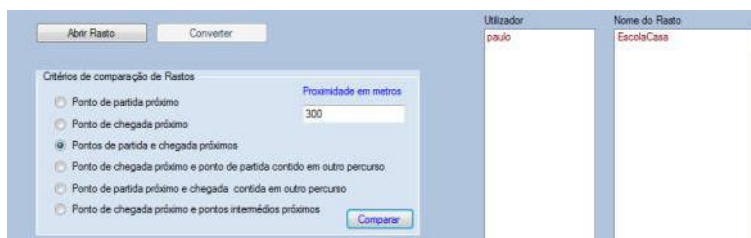


Figura 29 – Resultado da comparação - critério a)

Na Figura 29 pode observar-se que não existem percursos que obedeçam aos critérios definidos, tendo sido devolvido unicamente o próprio rasto escolhido para a comparação (EscolaCasa).

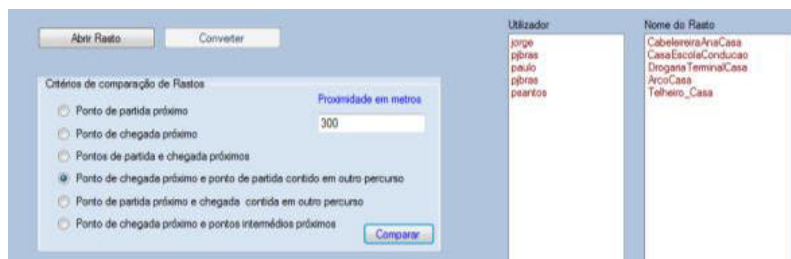


Figura 30 – Resultado da comparação - critério b)

Aplicando o critério b), constata-se que existem cinco percursos semelhantes ao EscolaCasa.

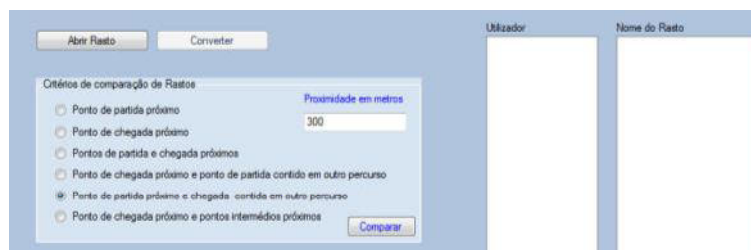


Figura 31 – Resultado da comparação - critério c)

Selecionando o critério c) - Ponto de partida próximo e ponto de chegada contido em outro percurso, não se regista qualquer resultado.

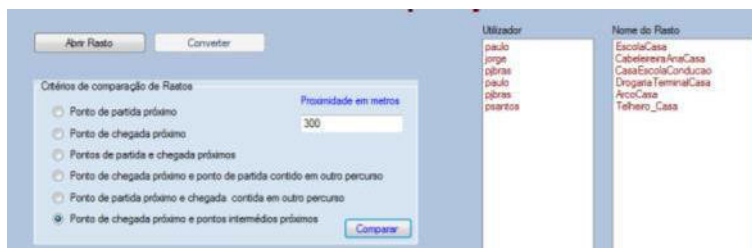


Figura 32 – Resultado da comparação - critério d)

Quando escolhido o critério d) - Ponto de chegada próximo e intersecção a meio do percurso, são devolvidos cinco percursos semelhantes.

Este exemplo serve para demonstrar que as comparações são efetuadas corretamente, uma vez que a aplicação encontra percursos, no repositório de rastos, que obedecem aos critérios definidos de comparação e proximidade. Importa referir que este é apenas o exemplo de uma das várias comparações realizadas e para as quais foram feitas as devidas validações.

Para realizar estes testes foi utilizado um computador com as seguintes características: Processador Intel Core2 T5200 1.6Ghz, com 2GB de memória RAM e sistema operativo Windows Vista 32 bits.

O repositório de rastos conta com sessenta rastos registados na área urbana da cidade da Guarda. Foram efetuados testes de comparação com dez rastos escolhidos aleatoriamente deste conjunto.

Cada comparação baseou-se em quatro critérios de comparação - a), b), d), e), apresentados na Secção 3.2.4 e em seis valores de proximidade que variaram entre os 20 e os 1000 metros (ver Tabela 4).

Tabela 4 - Estudo comparativo de rastos utilizando o critério e)

Nº Rasto	Rasto Comparado	Proximidade	Rasto	
			Nº Rastos	seg.
2	CabeleireiraCasa	1000	8	4
		500	3	4
		300	2	4
		100	1	4
		50	1	4
		20	1	4
51	LameirinhasJardim	1000	19	3
		500	5	3
		300	2	3
		100	1	3
		50	0	3
		20	0	3
40	RotundaGTaxis	1000	11	3
		500	1	3
		300	0	3
		100	0	3
		50	0	3
		20	0	3



Neste estudo foi avaliado o número de rastos idênticos (N.º Rastos) que o sistema consegue encontrar e o tempo de execução dos algoritmos (seg.).

Uma primeira constatação é que a quantidade de rastos semelhantes diminui quando se reduz o valor de proximidade pretendido. Por outro lado, aplicando diferentes critérios de comparação obtém-se diferentes resultados e diferentes tempos de execução.

Em dois dos critérios analisados – a) e b), a média do tempo de execução dos métodos de comparação não é significativo, situando-se abaixo de um segundo. Quando aplicado o critério e) a média do tempo de execução é de 3,4 segundos. No entanto, ao aplicar o critério d) a média do tempo de execução dispara para 83 segundos (ver Tabela 5). Este valor justifica-se pela quantidade de comparações que tem de ser feita, uma vez que o ponto de partida de um dos rastos tem que ser comparado com todos os pontos do outro rasto.

Tabela 5 - Estudo comparativo de rastos utilizando o critério d)

Nº Rasto	Rasto Comparado	Proximidade	Rasto	
			Nº Rastos	seg.
2	CabeleireiraCasa	1000	27	117
		500	12	117
		300	8	118
		100	8	120
		50	8	120
		20	6	118
51	LameirinhasJardim	1000	25	50
		500	11	48
		300	2	48
		100	0	48
		50	0	48
		20	0	48
45	CentralEstadio	1000	12	63
		500	2	63
		300	1	63
		100	0	63
		50	0	63
		20	0	63
31	DornaPolicia	1000	27	84
		500	16	84
		300	13	84
		100	3	83
		50	0	84
		20	0	83
		Media		83

Na Secção 3.3 apresenta-se um estudo de otimização do repositório de rastos que reduz em cerca de 80% a média do tempo de execução deste critério.

O trabalho sobre a comparação de rastos GPS foi apresentado em formato de artigo científico com o título “Comparação de Rastos GPS para Sistemas de Partilha de Carro” na Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologias de Informacon que decorreu em Santiago de Compostela em Junho de 2010 (26). Este artigo pode ser consultado no Anexo VI – Artigo Comparação de rastos GPS.

### 3.3 Otimização de rastos de GPS

Na continuidade deste trabalho surgiu a necessidade de reduzir o espaço que os rastos ocupam, otimizando assim o seu armazenamento. Se os rastos puderem ser reduzidos poderá otimizar-se o repositório de rastos de GPS e desta forma contribuir para minimizar os tempos de execução dos algoritmos. É esse estudo que aqui se apresenta. (27)

#### 3.3.1 Motivação do estudo

Um dos pilares fundamentais do projeto Partilha de Carro é o repositório de rastos de GPS. Cada um dos rastos inserido neste repositório ocupa um determinado espaço proporcional ao número de pontos necessários para esse percurso.

Quanto maior for o percurso, ou mais tempo demorar a percorrer, maior é o número de posições necessárias para representar a totalidade do rasto.

Na fase de aquisição, utilizando o equipamento NDrive S300, por cada segundo que passa é registada uma posição. Isto dá origem a que, em situações de muito congestionamento de trânsito, sejam adquiridas muitas posições idênticas e por vezes iguais às registadas no segundo anterior.

Na Figura 33 pode observar-se a estrutura genérica da representação de rastos. Nesta representação, além do identificador do rasto, é guardado o identificador do ponto, o nome do rasto e as coordenadas (latitude e longitude). O campo ponto assume valores sequenciais até ao limite necessário para representar cada rasto. Por exemplo, para guardar o rasto 56 são necessários 179 pontos diferentes.

rasto	ponto	NomeRasto	lat	lng
56	175	SraRemediosCentral	40,53761	7,2665
56	176	SraRemediosCentral	40,53764	7,26653
56	177	SraRemediosCentral	40,53765	7,26655
56	178	SraRemediosCentral	40,53766	7,26656
56	179	SraRemediosCentral	40,53765	7,26658
57	1	TmgLameirinhas	40,53526	7,26926
57	2	TmgLameirinhas	40,53527	7,2693
57	3	TmgLameirinhas	40,53523	7,26933
57	4	TmgLameirinhas	40,53519	7,26934
57	5	TmgLameirinhas	40,53513	7,26939
57	6	TmgLameirinhas	40,53508	7,26943

Figura 33 – Repositório de rastos. (27)

Como já foi referido, no momento de inserção do rasto no repositório, e de forma a não surgirem rastos de percursos com pontos repetidos, foi realizada uma filtragem prévia. Ou seja, caso o sistema detecte que existem pontos iguais (localizações referentes a paragem num semáforo, por exemplo) serão descartados, mantendo apenas um ponto referente a essa localização.

Embora seja feita esta otimização inicial na altura do carregamento dos rastos GPS, o repositório de rastos continuava a armazenar coordenadas de pontos muito próximos uns dos outros. Perante isto, surgiu a ideia de otimizar este repositório de forma a diminuir o número de posições armazenadas em cada percurso.

Isto seria uma mais-valia para o projeto uma vez que, reduzindo o número de pontos por rasto, poderia reduzir-se o espaço físico ocupado pelo repositório e, por conseguinte, reduzir o número de comparações necessárias, originando assim uma diminuição no tempo de execução dos algoritmos.

Assim, surgiu uma questão fundamental: até que ponto é possível reduzir o número de pontos dos rastos de GPS sem prejudicar a qualidade das soluções encontradas pelo sistema. As próximas Secções refletem o trabalho de análise a estes dois pontos.

### 3.3.2 Metodologia do estudo

Nesta secção apresenta-se o método utilizado para a redução /otimização do repositório de rastos de GPS.

Num sistema de partilha de carro a proximidade é fundamental, mas também pode ser desprezada até um determinado valor. Ou seja, não é imperativo que o condutor com quem vamos partilhar carro se encontre perto de nós, por exemplo, numa distância inferior a cinco metros. Por outro lado, provavelmente, ninguém irá partilhar carro com alguém que se encontre distante um quilómetro.

Partindo deste pressuposto, a otimização do repositório de rastos passou pelas fases que se descrevem nos parágrafos seguintes.

O mesmo rasto foi inserido em cinco repositórios diferentes. À partida o rasto foi inserido no repositório base, designado por Rasto, na sua forma original, só com a filtragem descrita no ponto anterior.

Numa segunda abordagem, a quando da inserção do rasto no repositório, foram descartados todos os pontos que se encontravam a menos de cinco metros de distância do anterior. Portanto, só foram inseridos no repositório os que obedeciam a este parâmetro. Obteve-se assim a primeira otimização que passará a ser designada por Rasto5.

Procedeu-se de forma idêntica para distâncias de dez, vinte e cinquenta metros. Estas otimizações serão designadas Rasto10, Rasto20 e Rasto50 respectivamente. Não se consideraram outras distâncias maiores, pensando que estas poderiam levar a uma degradação da solução obtida pelo sistema. Isso confirmou-se logo para a otimização Rasto50.

Desta forma obtiveram-se cinco repositórios de rastros GPS, o original e quatro otimizações. O passo seguinte foi estudar até que ponto os repositórios eram reduzidos no que diz respeito ao número de pontos necessários para representar os rastros. Seguidamente entender de que forma esta redução afectava a qualidade dos resultados obtidos. A métrica de avaliação da qualidade da optimização é feita recorrendo à comparação entre o número de percursos idênticos identificados pelos algoritmos de comparação.

### 3.3.3 Estudo

Para se proceder ao estudo aqui apresentado, foram registados cerca de sessenta rastros. A grande maioria foi obtida em percursos urbanos e cerca de sete por cento correspondem a trajetos interurbanos.

#### 3.3.3.1 *Optimização do repositório de rastros GPS*

Os rastros foram inseridos nos diferentes repositórios de acordo com as optimizações referidas no ponto anterior.

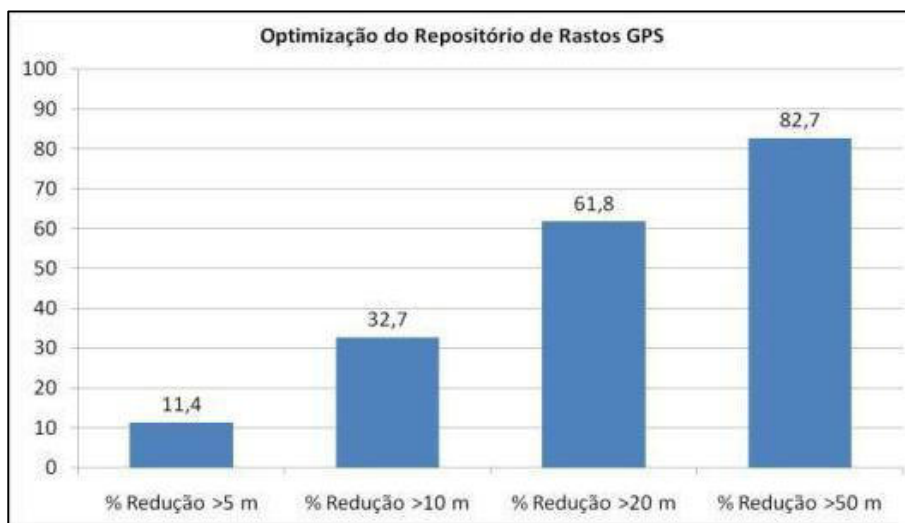


Gráfico 3 - Optimização do Repositório de rastros GPS. (27)

Verificou-se que a redução Rasto50 é significativa, Gráfico 3, podendo atingir valores na ordem dos 83% de redução do número de pontos necessários para representar um percurso em comparação com o repositório original. Já a optimização Rasto20, o número de pontos necessários para representar o percurso é reduzido em cerca de 62%. A redução Rasto10 diminui o número de pontos em cerca de 33% e a Rasto5 consegue reduções na ordem dos 11,4%.

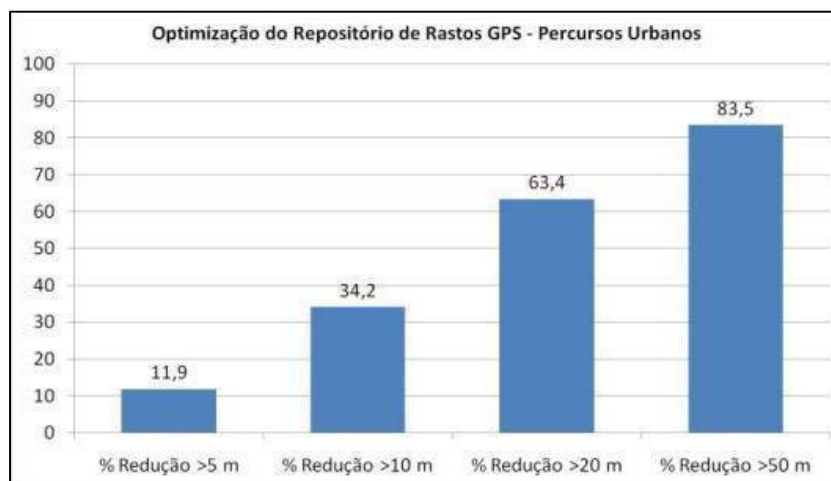


Gráfico 4 - Optimização do Repositório de rastos GPS – Percursos urbanos. (27)

Neste processo, é notório o facto dos rastos registados fora de um ambiente urbano, Gráfico 5, serem mais resistentes ao processo de redução. Isto justifica-se porque quanto maior for a velocidade média, maior é a distância entre os pontos captados em dois segundos seguidos.



Gráfico 5 - Optimização do Repositório de rastos GPS Percursos interurbanos. (27)

Comparando com os percursos urbanos, Gráfico 4, constata-se que em qualquer uma das optimizações a percentagem de redução é muito superior. No caso da optimização Rasto20 verifica-se uma diferença na ordem dos 23%.

Analisando um exemplo de um rasto GPS correspondente a um percurso interurbano (rasto nº6, Tabela 6), verifica-se que a velocidade média deste percurso ultrapassa os 50 Km/h. São necessários 1484 pontos para representar este trajeto o que faz com que a relação pontos/m (15,5), que representa a distância média entre duas posições, seja superior a todos os outros percursos, que correspondem a trajetos urbanos.

Tabela 6 - Representação dos rastros. (27)

Nº Rasto	Nome Rasto	metros	Pontos/m	Velocidade Média	Duração	Normal
1	EscolaCasa	2090	8,78	21,3	0:05:52	238
2	CabeleireiraCasa	3410	10,18	33,2	0:06:10	335
3	RioDizModelo	2570	13,11	45,1	0:03:25	196
4	JardimEscocecs	1170	10,45	34,7	0:02:10	112
5	ModeloTelheiro	1800	8,37	26,3	0:04:08	215
6	ArcoCasa	23000	15,50	54,4	0:25:23	1484
7	EscolaInfor5	1920	10,49	20,8	0:05:32	183

Importa referir que os rastros obtidos em ambiente urbano têm um papel mais relevante para este projeto do que os rastros recolhidos fora de ambiente urbano.

### 3.3.3.2 Resultados

Tendo como ponto de partida a análise registada no ponto anterior, importa testar os resultados obtidos quando os algoritmos de comparação de rastros, Figura 18, são aplicados nos repositórios de rastros otimizados.

Assim, foi selecionada uma amostra aleatória, composta por dez rastros, que representa cerca de 20% da totalidade dos rastros. Os rastros desta amostra de teste foram comparados com todos os restantes rastros do repositório tendo em conta quatro dos cinco critérios de comparação apresentados na Figura 18 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, alíneas a), b), d) e). Descartou-se o critério c), dada a sua semelhança com o critério da alínea b).

Na aplicação de cada um destes critérios foi ainda introduzida uma variação na proximidade. Utilizaram-se seis valores de referência, proximidades de 1000, 500, 300, 100, 50 e 20 metros, que permitem cobrir um conjunto de diferentes situações reais. As percentagens apresentadas nos gráficos das próximas subsecções, são obtidas fazendo a média de todos os resultados que se obtêm ao variar a proximidade aplicando comparações com os dez rastros escolhidos para este estudo.

Assim, verificou-se o comportamento do algoritmo de comparação utilizando três variáveis distintas: critério de comparação, proximidade e repositório de rastros otimizado, ver Tabela 7.

Tabela 7 - Estudo do comportamento do algoritmo utilizando o critério d) (27)

Rasto Comparado	Prox	Rasto		Rasto5				Rasto10			
		Nº Rastos	seg.	Nº Rastos	seg.	%	% tempo	Nº Rastos	seg.	%	% tempo
CabeleireiraCasa	1000	27	117	27	100	0%	-15%	27	65	0%	-44%
	500	12	117	13	100	8%	-15%	13	65	8%	-44%
	300	8	118	8	100	0%	-15%	8	66	0%	-44%
	100	8	120	8	98	0%	-18%	8	65	0%	-46%
	50	8	120	8	98	0%	-18%	8	65	0%	-46%
	20	6	118	6	99	0%	-16%	4	65	-33%	-45%
LameirinhasJardim	1000	25	50	25	39	0%	-22%	25	24	0%	-52%
	500	11	48	11	39	0%	-19%	11	24	0%	-50%
	300	2	48	2	39	0%	-19%	2	24	0%	-50%
	100	0	48	0	39	0%	-19%	0	24	0%	-50%
	50	0	48	0	39	0%	-19%	0	24	0%	-50%
	20	0	48	0	39	0%	-19%	0	24	0%	-50%

### 1. Critério a) – Pontos de partida e chegada próximos

Aplicando o critério de comparação a) - pontos de partida e chegada próximos, verificou-se que a otimização Rasto20 consegue manter a solução próxima da solução original. Verifica-se uma perda de 1,6%, em média, no número de rastos semelhantes encontrados. Com as outras otimizações verifica-se um afastamento significativo dos resultados iniciais, principalmente com a otimização Rasto50 (Gráfico 6).

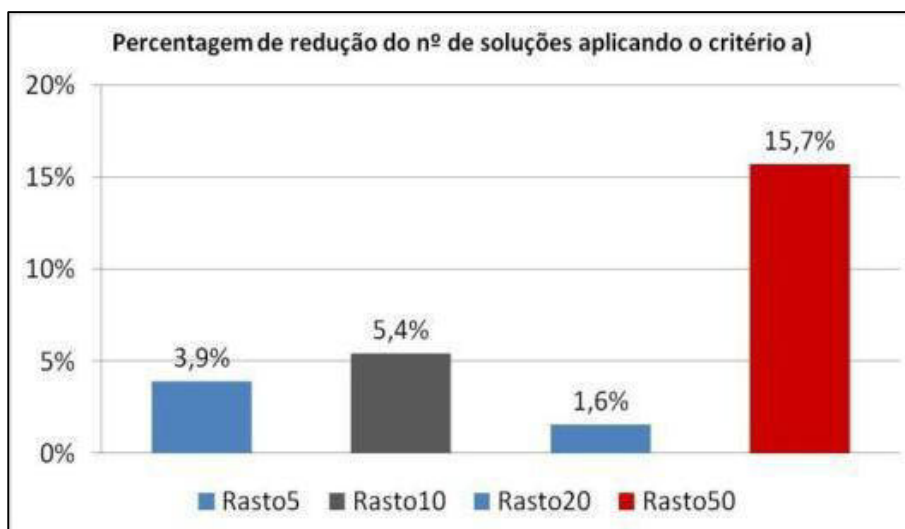


Gráfico 6 - Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério a) (27)

De referir que neste critério não foi tido em conta o tempo de execução do algoritmo, uma vez que este não se revelou significativo, uma vez que com qualquer uma das otimizações o tempo de execução é aproximadamente um segundo.

### 2. Critério b) – Ponto de chegada próximo e ponto de partida contido em outro percurso

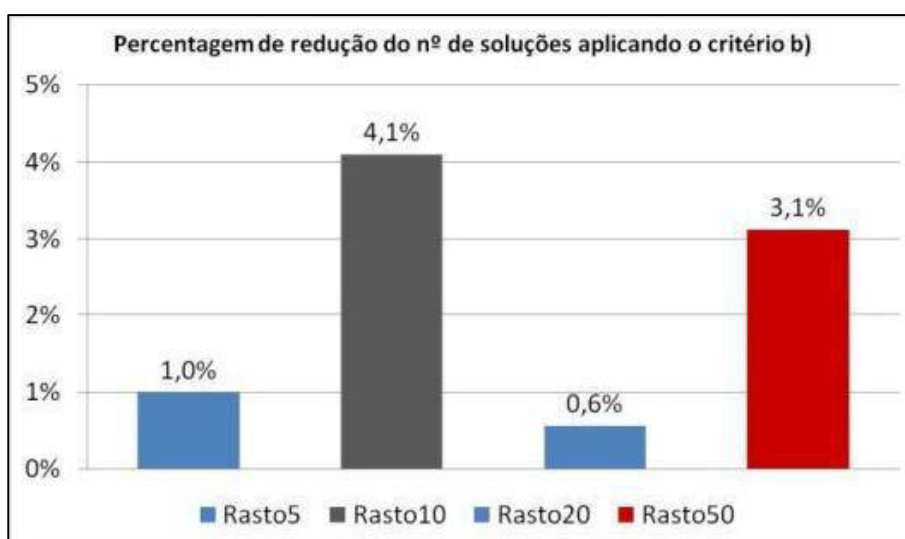


Gráfico 7 - Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério b) (27)

No Gráfico 7 pode observar-se que as optimizações Rasto20 e Rasto5, mantêm uma solução próxima da original, perdendo em média 1% de eficácia, quando aplicado o critério b)- Ponto de chegada próximo e ponto de partida contido em outro percurso. Neste caso, o tempo de execução também não se revelou significativo.

### 3. Critério d) – Ponto de chegada próximo e intersecção a meio do percurso

Na aplicação do critério d) - Ponto de chegada próximo e intersecção a meio do percurso, é de destacar a redução significativa de 80% e 96% no tempo de execução do algoritmo de comparação de rastos, Gráfico 9, quando utilizadas as optimizações Rasto20 e Rasto50, respectivamente.

Juntando o facto da optimização Rasto20 manter intacta a solução original, então podemos afirmar que esta é uma optimização a ter em conta em futuros trabalhos, ver Gráfico 8.

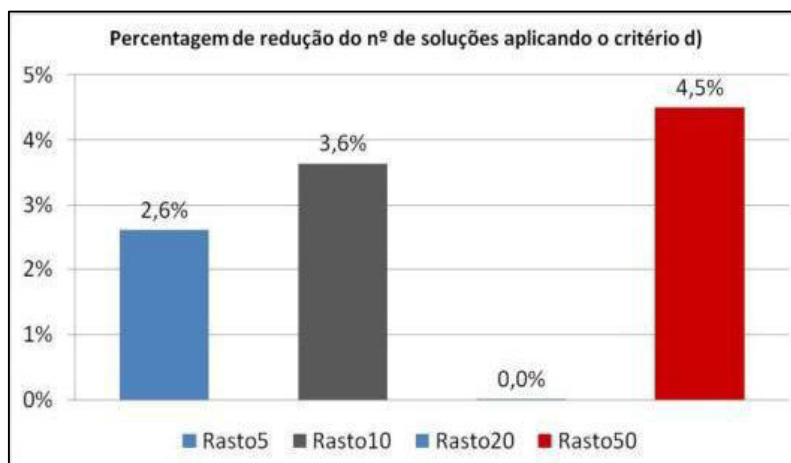


Gráfico 8 - Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério d) (27)

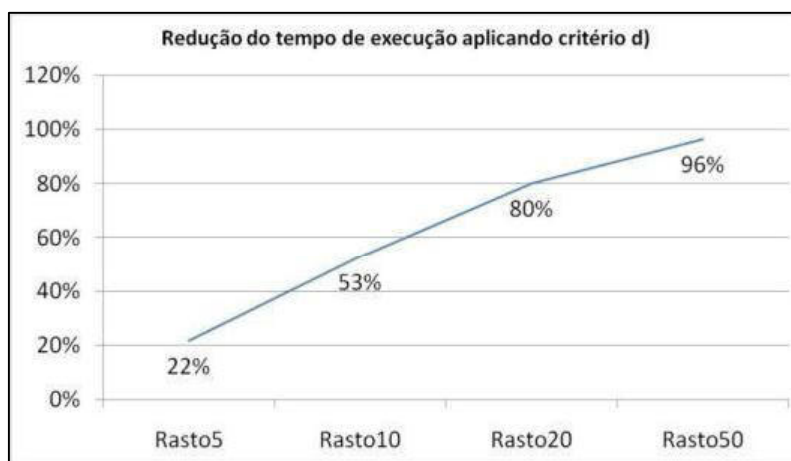


Gráfico 9 - Redução do tempo de execução aplicando o critério d) (27)

Este critério é um dos que terá mais aplicação no projeto de partilha de carro.



#### 4. Critério e) – Pontos de partida e chegada incluídos em outro percurso

A par do critério tratado no ponto anterior, este é dos que mais aplicabilidade terá no projeto. Na análise ao Gráfico 10 observa-se que as optimizações: Rasto5, Rasto10 e Rasto20, mantêm a solução praticamente igual à original.

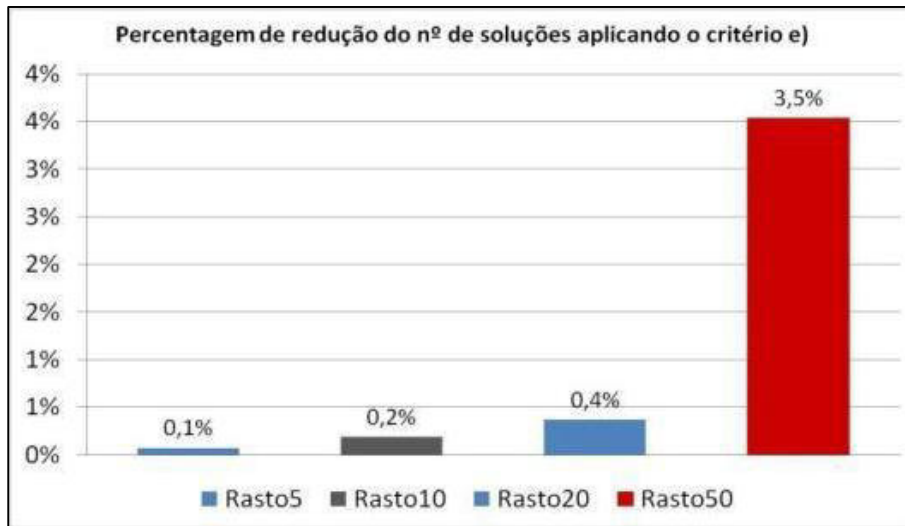


Gráfico 10 - Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério e) (27)

Já no que diz respeito à redução do tempo de execução do algoritmo, não se verifica uma taxa de redução tão elevada como no critério anterior. No entanto, tanto a solução Rasto20 como a Rasto50 conseguem manter níveis bastante elevados de redução no tempo de execução, Gráfico 11.



Gráfico 11 - Redução do tempo de execução aplicando o critério e) (27)

## 5. Resumo

O primeiro passo deste estudo foi reduzir o número de pontos que pertencem a cada um dos rastros inseridos nos repositórios. Como foi apresentado na secção 3, esta redução consistiu em descartar, de cada um dos trajetos, pontos que estivessem próximos do ponto anterior em x metros.

Este processo deu origem a quatro otimizações Rasto5 (descarta pontos que estejam próximos 5 metros do ponto anterior), Rasto10 (descarta pontos que estejam próximos 10 metros do ponto anterior), Rasto20 (descarta pontos que estejam próximos 20 metros do ponto anterior) e Rasto50 (descarta pontos que estejam próximos 50 metros do ponto anterior).

Verificou-se que a redução do repositório de rastros é significativa, podendo atingir taxas de cerca de 80% de redução (Gráfico 3). Comparativamente, o repositório original é constituído por 17665 posições GPS e o repositório otimizado Rasto50 é constituído por 3435 posições.

Na fase seguinte do estudo, foram feitas comparações com estas quatro otimizações do repositório de rastros que, juntamente com o repositório original, foram utilizadas na análise comparativa que foi feita com dez rastros escolhidos aleatoriamente de entre os sessenta que constituem cada um dos repositórios.

Além disso, cada um dos rastros foi analisado aplicando quatro critérios de comparação distintos, abordados na secção 1. Foi também tido em conta o critério de proximidade, ou seja, para cada conjunto de variáveis (Otimização / Critério) foi testado em seis proximidades distintas: 1000, 500, 300, 100, 50 e 20 metros (Tabela 7).

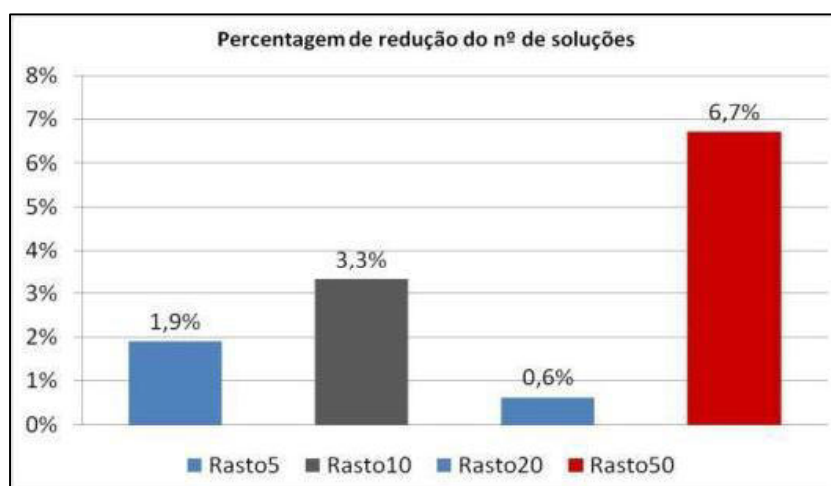


Gráfico 12 - Percentagem de redução do nº de soluções (27)

Fazendo a média de todas as comparações efectuadas, obtém-se o resultado exposto Gráfico 12. Pode concluir-se que reduzindo o repositório de rastros, a optimização Rasto20, é a

que apresenta um melhor comportamento. Utilizando este repositório otimizado, a solução encontrada reduz em 0,6% o n.º de rastos semelhantes, se comparado com o repositório original.

Além de manter uma solução próxima da original, a otimização Rasto20 reduz o tempo de execução do algoritmo, numa média de 72%. No Gráfico 13 pode constatar-se que a otimização Rasto50, reduz ainda mais este tempo. No entanto, os resultados obtidos com este repositório afastam-se da solução inicial em cerca de 7%.



Gráfico 13 - Redução do tempo de execução do algoritmo (27)

Desta forma conclui-se que a otimização Rasto20 é a que melhor corresponde às expectativas do projeto. Além do referido, em termos de espaço físico o tamanho do ficheiro Rasto20 é metade do ficheiro original Rasto.

Este estudo representa um passo importante para a concretização do projeto (26). A possibilidade de reduzir/optimar o repositório de rastos que, por sua vez, permite reduzir o tempo de execução do algoritmo de comparação de rastos, vai ser muito importante na implementação da aplicação final do projeto “Partilha de Carro”. Tendo em conta os resultados obtidos, este tipo de otimização poderá ser estendido a outras aplicações/projetos que tirem partido de comparação de rastos GPS.

O trabalho sobre otimização de rastos de GPS foi apresentado em formato de artigo científico com o título “Optimização de Rastos GPS para Sistemas de Partilha de Carro” na Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação que decorreu em Chaves em Junho de 2011 (27). Este artigo pode ser consultado no Anexo VII – Artigo Optimização de rastos GPS.

### 3.4 Descrição das funcionalidades do protótipo local

Foi criada uma aplicação, onde se implementaram os métodos de comparação apresentados no capítulo 3.2. Esta aplicação foi desenvolvida na plataforma .Net da *Microsoft*, em linguagem C# (ver Figura 34).



Figura 34 – Aplicação Partilha de Carro

Esta aplicação, embora simples em termos gráficos, permitiu testar e validar os métodos de comparação e realizar o estudo de otimização do repositório de rastos explicado no capítulo 3.3.

A janela da aplicação divide-se em duas áreas. Do lado esquerdo encontram-se disponíveis os controlos necessários (botões, caixas de seleção e caixas de texto), que servem como variáveis de entrada da aplicação. No lado direito da janela disponibiliza-se uma área de saída de resultados, onde se podem consultar os rastos semelhantes que obedecem aos critérios definidos pelo utilizador, critério de comparação e proximidade.

No que respeita ao funcionamento, o primeiro passo é abrir um rasto de GPS, pode utilizar-se o botão Abrir Rasto ou aceder ao menu Ficheiro – Abrir (ver Figura 35).

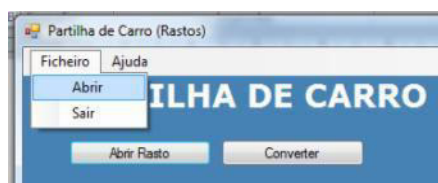


Figura 35 – Abrir Rasto

Desta forma acede-se à janela que permite seleccionar, de uma lista, o ficheiro em formato NMEA que se pretende abrir (ver Figura 36).

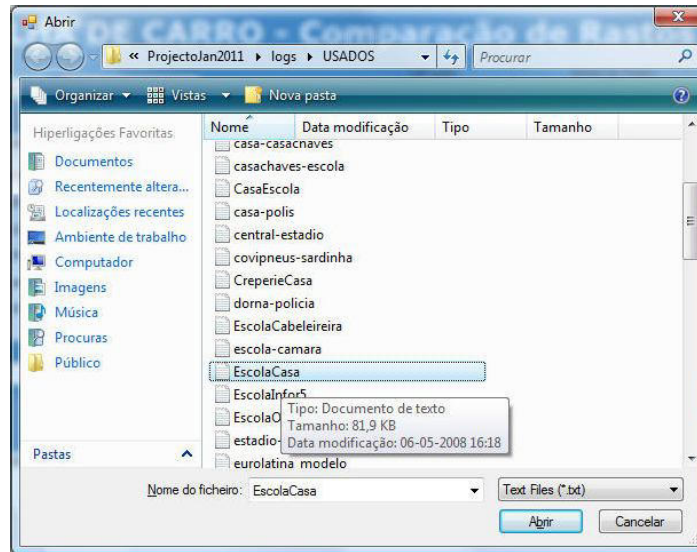


Figura 36 – Lista de ficheiros em formato NMEA

Como já referido no capítulo 3.1.2, os ficheiros em formato NMEA têm uma configuração muito própria (ver Figura 37). É este o formato que os equipamentos de navegação GPS utilizam para guardar os percursos pelo que é esta a principal variável de entrada da aplicação Partilha de Carro.

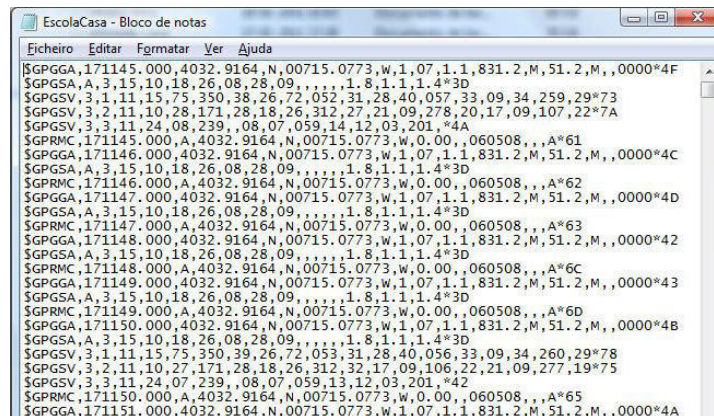


Figura 37 – Rasto EscolaCasa em formato NMEA

O passo seguinte é converter o rasto para coordenadas decimais utilizando o botão Converter (ver Figura 38). Este botão executa os procedimentos descritos no capítulo 3.2.3. Numa aplicação final da aplicação justifica-se a convergência destes dois passos, Abrir/Converter, num único de forma a simplificar o processo.



Figura 38 – Converter Rasto

Depois destas etapas podem ser seguidos dois caminhos: por um lado pode inserir-se o rasto na base de dados, por outro pode comparar-se o rasto com os já existentes, de forma a saber quais os que são semelhantes.

Para inserir o rasto na BD tem que se colocar um utilizador válido e um nome para o rasto ser identificado na BD clicando de seguida no botão Inserir Rasto na BD (ver Figura 39).

Figura 39 – Inserir rasto na BD

Caso se opte por comparar o rasto com os existentes, tem que se escolher o critério de comparação e o factor de proximidade, como se vê na Figura 40.

Utilizador	Nome do Rasto	Distância
pjbras	EscolaCasa	0
pjbras	CabeleireiraCasa	17,46424919651702
pjbras	ArcoCasa	7,2111025507535169
pjbras	CrepenieCasa	10,198039027147868
pjbras	AlfrazesCasa	26,076809620797505
pjbras	lggBarroLuz	27,8326513618493
paulo	LidiCasa	30,413812651420219
paulo	AquariusCasa	0
paulo	PonteCasa	17,720045146494726

Figura 40 – Comparação de Rastos

No caso concreto apresentado na figura foi aberto o rasto EscolaCasa, selecionou-se o critério – Ponto de chegada próximo e pontos intermédios próximos - e uma proximidade de 300 metros. Como se pode observar do lado direito da janela foram encontrados 9 percursos semelhantes ao disponibilizado pelo utilizador. A validade da comparação foi confirmada abrindo todos os percursos no *Google Earth*<sup>3</sup>.

Esta aplicação, sendo bastante simples, ajudou a confirmar a viabilidade dos métodos de comparação de rastos de GPS. Numa solução final a preocupação com a representação gráfica dos percursos deverá ser uma das prioridades.

Na próxima seção são apresentados dois *webservices* que foram desenvolvidos a pensar num futuro portal Web de partilha de carro.

<sup>3</sup> A aplicação Google Earth está disponível em <http://www.google.com/earth/index.html>

## 3.5 Aplicações web

Pensando numa solução *Web* para a aplicação Partilha de Carro, foi desenvolvido algum trabalho que poderá vir a ser utilizado num futuro projeto.

A base de dados, que inicialmente foi desenvolvida a nível local, foi migrada para um servidor, utilizou-se o sistema de gestão de base de dados *MySQL*.

Foi implementado um *Web Service* para registo e validação de utilizadores, e desenvolvida uma aplicação para dispositivos móveis que vai utilizar os métodos criados nesse *Web Service*.

Por último foi criado um *Web Service* para envio de rastos de GPS para o repositório de rastos *on-line*. Posteriormente, para testar o funcionamento deste serviço, foi desenvolvida uma aplicação que utiliza os métodos desenvolvidos neste *Web Service*.

Nos próximos tópicos explica-se detalhadamente cada uma destas fases do trabalho.

### 3.5.1 Repositório de rastos *on-line*

Como já foi referido no capítulo 3.2.5, para guardar todos os rastos que os utilizadores vão enviando, criou-se uma base de dados de rastos. Este repositório de rastos, que inicialmente foi desenvolvido a nível local, foi migrado para um servidor Web de forma a ficar acessível a partir de qualquer dispositivo ou aplicação, ver Figura 41 e Figura 42.

Como já foi explicado no capítulo 3.2.5, o número de rasto é atribuído pela aplicação tendo em conta o último rasto que está inserido na BD, já a posição começa a partir do zero sempre que se transita para um novo rasto.



Figura 41 – Tabelas que constituem a BD Rastos

rasto	posicao	NomeRasto	lat	lng	Username
1	225	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	226	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	227	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	228	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	229	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	230	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	231	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	232	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	233	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	234	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	235	EscolaCasa	40,534	7,261	paulo
1	236	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
1	237	EscolaCasa	40,544	7,261	paulo
2	0	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	1	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	2	EscolaCabeleireiraAna	40,536	7,252	jorge
2	3	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge
2	4	EscolaCabeleireiraAna	40,559	7,252	jorge

Username	Password	Nome	Email
jorge	jorge	Jorge Fernandes	jorge@mail.pt
paulo	paulo	Paulo Monteiro	paulo@mail.pt
pibras	bras	Paulo Bras	pibras@mail.pt
psantos	santos	Pedro Santos	psantos@mail.pt
santos	santos	Paulo Santos	santos@mail.pt

Figura 42 – Exemplo do conteúdo das tabelas Rastos e Login

### 3.5.2 Web Services – Enquadramento teórico

Na plataforma .NET podem ser utilizadas linguagens como o *Visual Basic .NET* ou o *Visual C#* para desenvolver qualquer tipo de aplicação, também é possível integrar aplicações ASP.NET ou Windows já desenvolvidas. Outra mais valia é aproveitar a estrutura da linguagem utilizada com as devidas classes existentes para tais aplicações. Outra possibilidade é consumir Web Services e Componentes de forma transparente para a aplicação, bastando ter apenas uma conexão com a Internet para consumir esses *Web Services*.

Os dados são transferidos no formato XML (*eXtensible Markup Language*) e encapsulados pelo protocolo SOAP (*Simple Object Access Protocol*). (28)

Os *Web Services* permitem que a integração de sistemas seja realizada de maneira compreensível, reutilizável e padronizada. É uma tentativa de organizar um cenário cercado por uma grande variedade de diferentes aplicativos, fornecedores e plataformas.

Para a representação e estruturação dos dados nas mensagens recebidas/enviadas é utilizado o XML. As chamadas às operações, incluindo os parâmetros de entrada/saída, são codificadas no protocolo SOAP. Os serviços (operações, mensagens, parâmetros, etc.) são descritos usando a linguagem WSDL (*Web Services Description Language*). O processo de publicação/pesquisa/descoberta de *Web Services* utiliza o protocolo UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*) – ver Figura 43. (29)



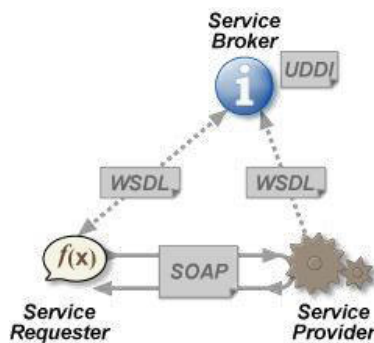


Figura 43 – Esquema representativo das tecnologias utilizadas num Web Service (30)

De uma forma mais simples, pode dizer-se que um *Web Service* é um componente cujos recursos podem ser acedidos via Internet (TCP/IP) independente do Sistema Operativo e a partir de qualquer lugar como se o componente estivesse instalado na própria máquina, um componente que não sofre as restrições de *Firewalls* ou outros sistemas de segurança e que é totalmente integrado no ambiente que necessitamos.

Um *Web Service* pode ser utilizado por outro *Web Service*, por uma aplicação *Web* (como por exemplo uma aplicação ASP.NET), pode ser utilizado por uma aplicação Windows normal ou por uma aplicação para dispositivos móveis.

Pode ser utilizado o *Visual Studio .NET* ou até mesmo qualquer editor de texto, como o *NotePad*, para construir uma aplicação deste tipo. Um *WebService .NET* é um serviço Web definido pela plataforma da Microsoft e os Serviços Web (*Web Services*) *.NET* são ficheiros com a extensão *.asmx*. (31)

Um serviço é implementado como uma classe onde cada método (ou mensagem) é exposto através do atributo [*WebMethod*].

```
<WebMethod(Description:="Validar os Usernames e passwords dos
utilizadores")> _
    Public Function validar(ByVal Username As String, ByVal Password As
String) As String
    {
    ..... (operações internas da função)
    return variável
    }
```

São necessários no mínimo dois *NameSpaces* para conseguir utilizar (compilar) um serviço *.NET*.

```
Imports System
Imports System.Web.Services
```

Na primeira linha é definido que o ficheiro se refere a um *Web Service*, escrito na linguagem VB e que a classe a ser tornada pública é *Service1*.

```
<%@ WebService Language="VB" CodeBehind="Valida.asmx.vb"
Class="WebServiceUtilizadores.Service1" %>
```

O mesmo serviço poderá ser desenvolvido numa outra linguagem qualquer como se poderá constatar no segundo *Web Service* apresentado no capítulo 3.5.4 deste relatório.

No próximo tópico mostra-se o primeiro *Web Service* (*valida.asmx*), desenvolvido em *Visual Basic .NET*, que serve para validar, inserir e eliminar utilizadores da base de dados implementada em *Mysql*. (32)

### 3.5.3 *Web Service* de registo e validação de utilizadores

Para validar, inserir e eliminar utilizadores que poderão utilizar a aplicação de comparação de rastos, é imprescindível desenvolver um sistema de gestão de acessos.

Uma vez que se pretende que esta aplicação, na sua versão final e completa, funcione em qualquer dispositivo ou plataforma, achou-se que a melhor solução seria implementar um *Web Service* que se encarregasse desta tarefa. Assim, mais tarde, a integração de todo o trabalho fica mais simples e funcional. (33)

Tendo em conta que já foi feita uma abordagem ao conceito de *Web Service*, importa referir que foram criados quatro *WebMethods*:

1. **validar** (ByVal Username As String, ByVal Password As String)
2. **inserir** (ByVal Username As String, ByVal Password As String, ByVal Nome As String, ByVal Email As String)
3. **mostra** () As DataSet
4. **eliminar** (ByVal Username As String, ByVal Password As String)

Estes *WebMethods* poderão ser consumidos por qualquer aplicação que venha a necessitar de uma gestão de acessos, neste caso em particular o acesso à aplicação de comparação de rastos GPS

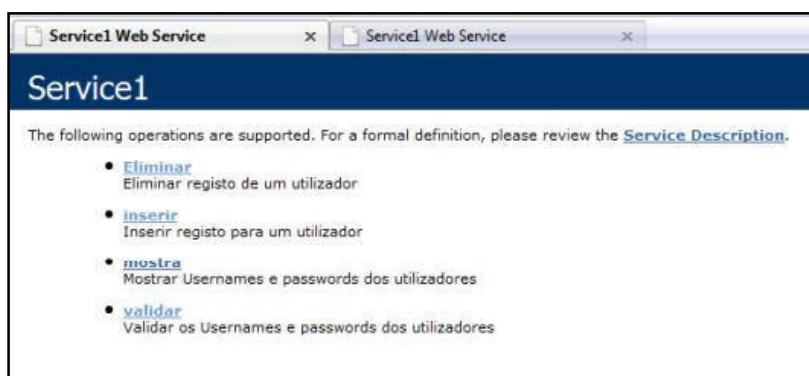


Figura 44 – Web Service valida.asmx

O código implementado para este *Web Service* pode ser consultado no Anexo X – Web Service registo e validação de utilizadores.

Para testar um *Web Service* (ver Figura 44) este deverá ser publicado, quer na própria máquina, no caso de se pretender testar localmente, ou numa entidade de registo de *Web Services*, no caso de se querer tornar público na Internet.

Numa máquina local a publicação pode ser feita via IIS, apache ou outro.

### 3.5.3.1 Utilizar o serviço Web numa aplicação Windows

Para exemplificar o consumo do *Web Service* apresentado no ponto anterior, foi desenvolvida uma aplicação para dispositivos móveis que vai utilizar os métodos criados no *Web Service* valida.aspx.

Para isso, primeiro, criou-se um novo projeto “*Smart Device Project*” no *Visual Studio* e de seguida adicionou-se a referência para o Serviço que se quer utilizar (*Add Reference*).

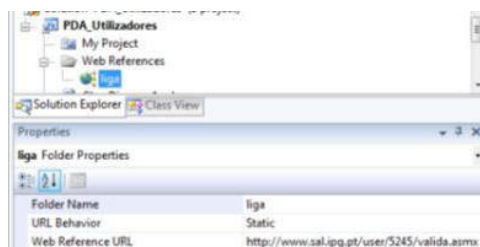


Figura 45 – Adicionar referência para um *Web Service*

Após adicionar a referência ao *Web Service*, fez-se o *Import* com o nome da aplicação e o nome de ligação (*Imports PDA\_Utilizadores.liga*), depois destes dois passos concluídos, está disponível mais uma classe para ser utilizada. Tem de ser declarada no código para se conseguir utilizar. Para isso instancia-se a classe desse serviço:

```
Dim oRemoto As New Service1
```

Agora é só definir a interface que se pretende e evocar os métodos do serviço. Foram criadas algumas aplicações simples, semelhantes à da Figura 46.



Figura 46 – Aplicação para PDA que consome *Web Service*

Para se evocar um método do serviço basta em cada botão ou outro elemento fazer a sua chamada, ver Figura 47.

```
Private Sub Validar_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Validar.Click
    Dim oRemoto As New Service1
    Retorno.Text = oRemoto.validar(Username.Text, Password.Text)
End Sub
```

Figura 47 – Código exemplificativo de como evocar um método do serviço Web

Com esta chamada vamos evocar o método validar do *Web Service* e que irá enviar como parâmetros o *Username* e a *Password* e retorna a variável “Retorno” do tipo *String* com uma das mensagens possíveis: "Utilizador válido"; "Password errada!"; "O Utilizador não existe".

A utilização dos outros métodos é semelhante ao descrito neste exemplo. Na aplicação PDA\_Utilizadores foram implementadas chamadas a todos os métodos do *Web Service* de forma a confirmar o seu correto funcionamento.

### 3.5.4 *Webservice envio de rastros para uma base de dados on-line*

O segundo serviço Web criado neste projeto tem como objectivo o envio de um determinado rasto para a base de dados referida algumas páginas atrás neste relatório.

Esta funcionalidade irá ser muito importante, uma vez que um utilizador, depois de se registar, poderá enviar os seus rastros para a plataforma. Esta tarefa será suportada pelo *Web Service* aqui apresentado.

Para uma melhor percepção do processo, quando um utilizador fizer o *upload* do rasto, vão verificar-se os seguintes passos:

1. O utilizador escolhe o ficheiro de rastros a enviar (ver Figura 17).
2. Ainda do lado do cliente, é feita uma operação que extrai do ficheiro de rastros as *strings NMEA* (correspondentes a cada linha do ficheiro) para um *array* de *strings*, colocando em cada uma das posições do *array* as posições guardadas pelo equipamento GPS (ver Figura 48). O código gerado para realizar esta operação pode ser consultado no Anexo I – Código para extrair para um *array* as *strings* NMEA do ficheiro de rastros.

Name	Value
array	Count = 1367
[0]	"38"
[1]	"\$GPRMC,105229.000,A,4033.3477,N,00714.5185,W,0.00,,070508,,,"
[2]	"\$GPGGA,105230.000,4033.3477,N,00714.5185,W,1,08,1.0,836.1,M,"
[3]	"\$GPGSA,A,3,23,25,20,13,17,04,11,02,,,,,1.8,1.0,1.5*38"
[4]	"\$GPRMC,105230.000,A,4033.3477,N,00714.5185,W,0.00,,070508,,,"
[5]	"\$GPGGA,105231.000,4033.3477,N,00714.5185,W,1,08,1.0,836.1,M,"
[6]	"\$GPGSA,A,3,23,25,20,13,17,04,11,02,,,,,1.8,1.0,1.5*38"
[7]	"\$GPRMC,105231.000,A,4033.3477,N,00714.5185,W,0.00,,070508,,,"
[8]	"\$GPGGA,105232.000,4033.3477,N,00714.5185,W,1,07,1.1,836.1,M,"
[9]	"\$GPGSA,A,3,23,25,20,13,17,04,02,,,,,2.1,1.1,1.8*3E"
[10]	"\$GPRMC,105232.000,A,4033.3477,N,00714.5185,W,0.00,,070508,,,"
[11]	"\$GPGGA,105233.000,4033.3422,N,00714.5170,W,1,07,1.1,847.2,M,"
[12]	"\$GPGSA,A,3,23,25,20,13,17,04,02,,,,,2.1,1.1,1.8*3E"
[13]	"\$GPGSV,3,1,10,13,75,193,29,23,60,053,32,04,54,307,34,20,34,074"
[14]	"\$GPGSV,3,2,10,17,33,223,20,25,31,138,20,02,18,311,16,07,17,155"
[15]	"\$GPGSV,3,3,10,27,16,161,,11,14,143,*7F"
[16]	"\$GPRMC,105233.000,A,4033.3422,N,00714.5170,W,3.20,33.73,070!"
[17]	"\$GPGGA,105234.000,4033.3426,N,00714.5164,W,1,07,1.1,845.2,M,"
[18]	"\$GPGSA,A,3,23,25,20,13,17,04,02,,,,,2.1,1.1,1.8*3E"

Figura 48 – Array contendo as strings NMEA extraídas do ficheiro de rastos

- Quando o *Web Service* é invocado, este *array* é passado como um argumento juntamente com o utilizador, o nome do rasto e o tamanho do *array*.

```
ligacao.Convertir(utilizador, rasto, arrText, tamanho)
```

- Já do lado do *Web Service* este responsabiliza-se por:
  - Primeiro, extrai as *strings NMEA* correspondentes à latitude e à longitude, convertendo-as de seguida para valores decimais, colocando-os num novo *array* bidimensional;
  - Segundo, estes valores (latitude e longitude) são enviados para a base de dados de rastos juntamente com o respectivo utilizador e nome de rasto.

O código apresentado na Figura 49 é o responsável por executar as operações descritas na alínea a) do ponto 4. As classes *Converte.vb* e *GrausDecimais.vb*, auxiliam todo este processo e o código de cada uma delas pode ser consultado no Anexo II – Código da classe *Converte* e no Anexo III – Código da classe *GrausDecimais*, respetivamente.

```
For i = 0 To tamanho - 1
    'tamanho = arrText.Length;
    'Corre as strings existentes no array e converte para um array de
    coordenadas decimais
    Dim conv As New Converte()

    'Chama a classe converte
    Dim snmea As String = arrText(i)
    conv.converte(snmea)

    'retorna as strings slatitude e slongitude com os respectivos valores
    extraídos da string NMEA
    slatitude = conv.ConsultarLatitude()
    slongitude = conv.ConsultarLongitude()
    'posicao = 0

    If (Not slatitude Is Nothing) And (Not slongitude Is Nothing) Then
        'Verifica se as coordenadas actuais são diferentes das actuais
        If (slatitude <> slatitudeold) Or (slongitude <> slongitudeold) Then
            'Vai chamar a classe GrausDecimais e converte as strings para
            valores decimais
            'Guarda esses valores num array de decimais arraydec
            Dim gd As New GrausDecimais()
            latdec = gd.transforma(slatitude)
            lngdec = gd.transforma(slongitude)
            arraydec(posicao, 0) = latdec
            arraydec(posicao, 1) = lngdec
            posicao = posicao + 1
        End If
        slatitudeold = slatitude
        slongitudeold = slongitude
    End If
Next
```

Figura 49 – Código para extrair a latitude e longitude de uma string NMEA

Finalmente o *Web Service* insere o rasto na base de dados. O código deste *Web Service* apresenta-se na Figura 50.

```
Dim query2 As String = "SELECT max(rasto) FROM rastos"
Dim cmd1 As New OdbcCommand(query2, conexao)
conexao.Open()

codigo = CInt(cmd1.ExecuteScalar)
conexao.Close()

Dim conn2 As OdbcConnection
conn2 = New
OdbcConnection(ConfigurationManager.ConnectionStrings("cs").ConnectionString
)

conn2.Open()
Dim comand2 As OdbcCommand = New OdbcCommand
comand2.Connection = conn2
codigo = codigo + 1
For i = 0 To posicao - 1

    comand2.CommandText = "INSERT INTO rastos (rasto, posicao,
NomeRasto, lat, lng, Username) VALUES ('" & codigo & "', '" & i & "', '" &
NomeRasto & "', '" & arraydec(i, 0) & "', '" & arraydec(i, 1) & "', '" &
Username & "')"
    comand2.ExecuteNonQuery()
Next
conn2.Close()
retorno = "Rasto Inserido"

Return retorno
```

Figura 50 – Código de Web Service Insere rasto

Este serviço *Web* tem como retorno a *string* “Rasto Inserido”.

A implementação destes *Web Services* abre caminho para futuras soluções da aplicação Partilha de Carro.

## 4 Conclusões e trabalho futuro

### 4.1 Conclusão

A Partilha de Carro (ou *Carpooling*) é uma das medidas previstas pelo IMTT (Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres) nas suas mais recentes indicações sobre mobilidade sustentável, o que valida a efetivação deste projeto.

Na primeira parte do relatório, capítulo dois, é feita uma resenha do que existe neste momento em termos de *Carpooling*, tanto a nível nacional como em outros países. Consta-se que existem muitas iniciativas que no entanto têm revelado algumas dificuldades em se afirmar. Quer seja por questões de segurança e privacidade ou por questões de comodidade, certo é que as entidades responsáveis pelas iniciativas não têm obtido os resultados esperados.

É nesse sentido que este documento, além de ser um relato técnico do trabalho desenvolvido, também pretende servir de suporte a alguma análise e reflexão no sentido de mudar esta atitude por parte da generalidade dos condutores.

A segunda parte do relatório, capítulo três, é dedicada à exposição do trabalho desenvolvido. São descritos os métodos de comparação de rastros de GPS, é apresentado o estudo de otimização do repositório de rastros, explica-se o funcionamento da aplicação desenvolvida e apresentam-se alguns exemplos de serviços Web que podem vir a ser incorporados numa futura solução final da aplicação Partilha de Carro.

A partilha de carro é algo que ainda não tem grande significado entre os condutores portugueses, mas todas as condicionantes que poderão surgir, tanto ambientais como económicas, farão com que exista uma reflexão generalizada sobre a utilização de veículos nas grandes cidades.

O sucesso do incentivo à prática da utilização da partilha do veículo requer que seja enquadrado por uma política de mobilidade sustentável que promova a implementação de medidas de discriminação positiva que favoreçam a sua disseminação.

Ter benefícios no estacionamento privado no local de trabalho para os veículos com mais de um passageiro, reservar vias para os veículos com mais de um passageiro ou reduzir o valor de portagens para os veículos com mais de um passageiro, são alguns exemplos de medidas que podem ser implementadas de incentivo à prática de *carpooling*.

Por tudo aquilo que já foi referido ao longo deste relatório, pensa-se que este projeto poderá ajudar a resolver alguns dos problemas causados pelo excesso de veículos que atualmente circulam nas estradas e principalmente nos acessos aos centros urbanos. Em

particular, utilizando os métodos de comparação de rastros de GPS, descritos na Secção 3.2, que permitem a comparação de rastros de GPS com rastros existentes num repositório de rastros, sabendo se existe compatibilidade entre eles, incrementando deste modo a eficiência do sistema.

Na sequência do trabalho apresentado neste relatório, foram submetidos e apresentados dois artigos científicos na Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação.

O artigo “Comparação de Rastos GPS para Sistemas de Partilha de Carro” foi apresentado na Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologias de Informacion (CISTI’2010) que decorreu em Santiago de Compostela em Junho de 2010 (25). Este artigo pode ser consultado no Anexo VI – Artigo Comparação de rastros GPS.

O artigo “Optimização de Rastos GPS para Sistemas de Partilha de Carro” foi apresentado na Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI’2011) que decorreu em Chaves em Junho de 2011 (26). Este artigo pode ser consultado no Anexo VII – Artigo Optimização de rastros GPS.

Estes dois artigos estão disponíveis na biblioteca digital IEEE Xplore, acessíveis por intermédio dos endereços: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=5556721](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5556721) e [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=5974306](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5974306) aos quais foram atribuídos os ISBN 978-1-4244-7227-7 e 978-1-4577-1487-0 respetivamente.

## 4.2 Trabalho futuro

Todos podemos contribuir para uma mobilidade mais sustentável, no entanto os próximos passos deverão ser dados pelo Governo, pelas autarquias locais e pelos polos gerados de emprego ao realizarem o Plano de Mobilidade e Transportes (PMT), que definirá medidas que contribuam para uma mobilidade mais sustentável.

O futuro deste projeto dependerá de muitas condicionantes, entre elas a importância que as instituições venham a atribuir a este problema.

A próxima etapa será a implementação de um portal *Web* de *Carpooling* privado e a sua aplicação em dois polos distintos. Um num ambiente urbano, mais vocacionado para a área dos serviços, onde as deslocações sejam curtas, e outro num ambiente não urbano, mais empresarial, onde as viagens sejam de média duração.

Posteriormente deverá ser realizado um estudo de adesão, fiabilidade e viabilidade de expansão do projeto.



# Bibliografia

1. **Campos, Márcia.** *Mobilidade Urbana - Carpooling*. Porto : Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia, 2002.
2. **IMTT, Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres.** Directrizes Nacionais para a Mobilidade. *Conferência Território, Acessibilidade e Gestão de Mobilidade*. [Online] Março de 2011. [Citação: 11 de Junho de 2011.]  
[http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/pacmob/directrizes/Directrizes\\_Nacionais\\_para\\_a\\_Mobilidade.pdf](http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/pacmob/directrizes/Directrizes_Nacionais_para_a_Mobilidade.pdf).
3. **Correia, Gonçalo.** Sistemas de Carpooling – Evolução Histórica e Perspectivas de Utilização Futura. [Online] 11 de Março de 2009.  
[http://www.enerdura.pt/tat\\_apres\\_sem\\_goncalocorreia.pdf](http://www.enerdura.pt/tat_apres_sem_goncalocorreia.pdf).
4. **IMTT, Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres.** Guia Para a Elaboração de Planos de Mobilidade de Empresas e Pólos. *Conferência Território, Acessibilidade e Gestão de Mobilidade*. [Online] Março de 2011.  
[http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/pacmob/guia\\_pmob/Guia\\_PM\\_Empresas\\_e\\_Polos\\_Marco\\_2011.pdf](http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/pacmob/guia_pmob/Guia_PM_Empresas_e_Polos_Marco_2011.pdf).
5. **Emprego, Ministério da Economia e do.** Direção Geral de Energia e Geologia. [Online] 2011. [Citação: 9 de Agosto de 2011.] <http://www.dgge.pt/>.
6. **IMTT, Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres.** Colecção de Brochuras Técnicas/Temáticas - Transportes Partilhados. *Conferência Território, Acessibilidade e Gestão de Mobilidade*. [Online] Março de 2011. [Citação: 11 de Junho de 2011.]  
[http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/pacmob/transp\\_partilhados/Transportes\\_Partilha\\_dos\\_Marco2011.pdf](http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/pacmob/transp_partilhados/Transportes_Partilha_dos_Marco2011.pdf).
7. **Carpool.** Partilha de Viagens. *Carpool*. [Online] 2009. [Citação: 10 de Janeiro de 2010.]  
<http://www.carpool.com.pt>.
8. **Deboleia.** O Portal para pedir e oferecer boleia. *Deboleia*. [Online] 2007. [Citação: 30 de Dezembro de 2009.] <http://www.deboleia.com>.
9. **Évora, Câmara Municipal de.** Carpooling Évora. [Online] 2010. <http://www.cm-evora.pt/carpooling>.
10. **Leiria, Instituto Politécnico de.** Gotocampus. [Online] 2009.  
<http://gotocampus2.ipleiria.pt>.
11. **Energia, Galp.** GalpShare. *Energia Positiva*. [Online] 2011.  
<http://www.energiapositiva.pt/galpshare>.
12. **rotapartilhada.com.** Rotapartilhada. [Online] 2011. <http://www.rotapartilhada.com/>.
13. **Dana, Peter.** Global Positioning System Overview. [Online] 2000. [Citação: 15 de Agosto de 2009.] [http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html).

14. **Dilão, Rui.** GPS (Global Positioning System ou Posicionamento Global). *Grupo de Dinâmica Não-Linear, Instituto Superior Técnico.* [Online] 2002. [Citação: 10 de Fevereiro de 2011.] <http://www.cienciaviva.pt/latlong/anterior/gps.asp>.
15. **Trimble.** GPS Tutorial. [Online] 2011. [Citação: 12 de Janeiro de 2011.] <http://www.trimble.com/gps/index.shtml>.
16. **Morgado, Paulo J. Q.** *Avaliação da Precisão de Posicionamento de Equipamentos Inerente à Utilização de Sistemas GPS de Baixo Custo, Receptores Utilizados para Navegação. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Municipal).* Braga : Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2009.
17. **Technologies, Orogo.** Latitude-Longitude of World Cities. [Online] 1997. [Citação: 12 de Janeiro de 2011.] <http://www.realestate3d.com/gps/world-latlong.htm>.
18. **GpsInformation.net.** NMEA Data. *GpsInformation.net.* [Online] [Citação: 29 de Dezembro de 2010.] <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>.
19. **Depriest, Dale.** NMEA data. *GPS Information.* [Online] 2009. <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>.
20. **Association, National Marine Electronics.** National Marine Electronics Association. [Online] 2010. <http://www.nmea.org/>.
21. **Baddeley, Glenn.** GPS - NMEA sentence information. [Online] Julho de 2009. [Citação: 26 de Dezembro de 2010.] <http://home.pacific.net.au/~gnb/gps/nmea.html>.
22. **VisualGPS, LLC.** [Online] [Citação: 30 de Novembro de 2010.] <http://www.visualgps.net/VisualGPSce/default.htm>.
23. **Ltd, Movable Type.** Movable Type Scripts. *Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points.* [Online] 2009. <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>.
24. **Microsoft.** Como converter coordenadas latitude e longitude graus decimal. *Suporte Microsoft.* [Online] 2010. [Citação: 5 de Dezembro de 2009.] <http://support.microsoft.com/kb/244951/pt>.
25. **USA.gov.** Degrees, Minutes, Seconds and Decimal Degrees Latitude/Longitude Conversions. [Online] 2010. [Citação: 7 de Janeiro de 2010.] <http://www.fcc.gov/mb/audio/bickel/DDDMSS-decimal.html>.
26. *Comparação de Rastos GPS para Sistemas de Partilha de Carro.* **Monteiro, Paulo, Peixoto, João e Carreto, Carlos.** Santiago de Compostela : CISTI 2010, 2010. Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información. ISBN: 987-989-96247-3-3.
27. *Optimização de Rastos GPS para Sistemas de Partilha de Carro.* **Monteiro, Paulo, Peixoto, João e Carreto, Carlos.** Chaves : CISTI 2011, 2011. Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação. ISBN: 978-1-4577-1487-0.
28. **Cunha, David.** Web Services, SOAP e Aplicações Web. [Online] 10 de Dez de 2002. [http://devedge-temp.mozilla.org/viewsource/2002/soap-overview/index\\_pt\\_br.html](http://devedge-temp.mozilla.org/viewsource/2002/soap-overview/index_pt_br.html).

29. **Roberto Chinnici, Jean-Jacques Moreau, Arthur Ryman, Sanjiva Weerawarana.** Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language. *W3C Recommendation*. [Online] 2007. <http://www.w3.org/TR/wsdl20/>.
30. Web Services. [Online] 2010. [http://asc.di.fct.unl.pt/esod/aulas/teoricas/11\\_WebServicesTyping.pdf](http://asc.di.fct.unl.pt/esod/aulas/teoricas/11_WebServicesTyping.pdf).
31. **Haddad, Renato.** Web Services . [Online] 2011. <http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/cc564893.aspx>.
32. **Macoratti, José Carlos.** Visual Basic - Acessando uma base de dados MySQL com ADO usando um driver ODBC. [Online] 2009. <http://www.macoratti.net/mysqldb2.htm>.
33. —. VB e MySQL - Incluindo, Atualizando e Excluindo dados. [Online] 2009. <http://www.macoratti.net/vbmysql3.htm>.
34. **Diário, Portugal.** Portugueses pouco interessados em partilhar carro. *Portugal Diário*. [Online] 11 de Junho de 2008. [Citação: 10 de Maio de 2010.] <http://diario.iol.pt/economia/portugal-europa-carros-deboleia-combustiveis/959117-1730.html>.
35. **Mathiesen, Thomas Tingsted.** GPS, NMEA, WGS-84, GIS and VB.NET. [Online] 2008. [Citação: 17 de Janeiro de 2011.] <http://www.tma.dk/gps/#converttode>.
36. **Wikipedia.** Great-circle distance. *Wikipedia*. [Online] 29 de Janeiro de 2010. [Citação: 8 de Novembro de 2010.] [http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle\\_distance](http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance).
37. **SIC, Jornal da Noite.** Partilha de Carro. *Rubrica Terra Alerta*. [Online] 14 de Junho de 2007. [Citação: 2 de Fevereiro de 2011.] <http://www.quercustv.org/spip.php?article31>.
38. **Hasegawa, J. K., et al., et al.** *Planejamento logístico de rotas para sistema de navegação apoiado por GPS*. Florianapolis : Unesp – Universidade Estadual Paulista, Departamento de Cartografia, 2000.
39. **Bowerman, Brad.** Using Latitude and Longitude. [Online] 1 de Setembro de 2008. <http://www.lakelandsd.com/tutorial/further.html>.
40. **Eurobarometer.** *Attitudes on issues related to EU Transport Policy - Analytical report*. s.l. : European Commission, 2007.
41. **Europeia, Comissão.** Plano de Acção para a Mobilidade Urbana. *Eur-Lex*. [Online] 30 de 09 de 2009. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0490:FIN:PT:PDF>.
42. **Depriest, Dale.** *A GPS user manual*. s.l. : 1st Books Library, 2003. p. 328. 1403398240, 9781403398246.

# Anexos

## Anexo I – Código para extrair para um array as strings NMEA do ficheiro de rastos

```
// Open the selected file to read.
System.IO.Stream fileStream = openFileDialog1.OpenFile();
int i = 0, tamanho=0;
aberto = false;
ArrayList array = new ArrayList();
string[] arrText;
using (StreamReader reader = new StreamReader(fileStream))
{
    try
    {
        string sLine = "";

        //Adiciona coordenadas a um array
        while (sLine != null)
        {
            i++;
            sLine = reader.ReadLine();
            if (sLine != null)
                array.Add(sLine);

        }
        tamanho = i-1;
        arrText = new string[tamanho];
        i = 0;
        foreach (string snmea in array)
        {
            arrText[i] = snmea;
            i++;
        }

        reader.Close();
        string utilizador, rasto;
        utilizador = txtutilizador.Text;
        rasto = txtrasto.Text;
        lblresultado.Text = ligacao.Converter(utilizador, rasto, arrText,
tamanho);

    } //fim do try
    catch (ArgumentOutOfRangeException)
    {
    }

    fileStream.Close();
}
```

## Anexo II – Código da classe Converte

```
//Array de caracteres , e * que separam as substrings
private static char[] Seps = { ',', '*' };

public void converte(string s)
{
    //verifica se string obedece aos critérios predefinidos
    if (s.Length < 6 || s[0] != '$' || s.Length > 82)
        return;
    //guarda num array de Strings /tokenized as partes da String s
    String[] tokenized = s.Split(Seps);
    try
    {
        //Guarda o tipo de string NMEA
        Type = tokenized[0];
        //Chama a Classe parseNMEAbyType
        parseNMEAbyType(tokenized);
    }
    catch (ArgumentOutOfRangeException)
    {
    }
}

private void parseNMEAbyType(String[] tokenized)
{
    //Se tipo for GPRMC guarda Latitude e Longitude
    if (Type.Equals("$GPRMC"))
    {
        if (tokenized[2] == "A")
        {
            Valid = true;
            Latitude = tokenized[3];
            Longitude = tokenized[5];
        }
    }
    //Se tipo for GPGGA guarda Latitude e Longitude
    if (Type.Equals("$GPGGA"))
    {
        Fix = tokenized[6];
        if (Fix.Equals("1") || Fix.Equals("2") || Fix.Equals("3"))
        {
            Valid = true;
            Latitude = tokenized[2];
            Longitude = tokenized[4];
        }
    }
}
}
```

## Anexo III – Código da classe GrausDecimais

```
class GrausDecimais
{
    private double coorddecimal;
    public double transforma(string s)
    {
        double graus, minutos, segundos, coord;

        //Conversão da string s para double
        coord=Convert.ToDouble(s);

        //Obter os graus
        graus = coord / 1000000;
        graus=Math.Truncate(graus);
        //Obter os minutos
        minutos = coord / 10000;
        minutos = Math.Truncate(minutos);
        minutos = minutos / 100;
        minutos = GetDecimalPart(minutos);
        //Obter os segundos
        segundos= coord/10000;
        segundos=GetDecimalPart(segundos);
        segundos=segundos/100;
        segundos=Math.Truncate(segundos);
        //Calcular os graus decimais e guardá-los em coorddecimal
        coorddecimal = graus+ (minutos/60)+(segundos/3600);
        coorddecimal=Math.Round(coorddecimal, 3);
        return coorddecimal;
    }

    //Extai parte decimal de um valor
    public static int GetDecimalPart(double value)
    {
        int number = (int)value;
        string numbString = number.ToString();
        int stringLength = numbString.Length;
        return Int32.Parse(value.ToString().Substring(stringLength + 1));
    }
}
```

## Anexo IV – Código para inserir rastos no repositório

```
if (txtutilizador.Text != "" && txtrasto.Text != "")
{
    //criar consultas consultas
    string query1 = "SELECT max(rasto) FROM Rastos";
    OleDbConnection conn = new OleDbConnection(connString);
    //Preencher o datarow com valores
    OleDbCommand cmd2 = new OleDbCommand(query1, conn);
    conn.Open();
    int codigo = (int)cmd2.ExecuteScalar();
    conn.Close();
    for (i = 0; i < posicao; i++)
    {
        try
        {
            //cria a consulta
            string query = "SELECT * FROM Rastos";
            OleDbConnection conn1 = new OleDbConnection(connString);
            conn1.Open();
            OleDbCommand cmd = new OleDbCommand(query, conn1);
            OleDbDataReader dr = cmd.ExecuteReader();
            //criar o data adapter e executar a consulta
            OleDbDataAdapter oDA = new OleDbDataAdapter(query, conn1);
            //criar o DataSet
            DataSet oDs = new DataSet();

            //Preencher o dataset com o data adapter
            oDA.Fill(oDs, "Rastos");

            //criar um objeto Data Row
            DataRow oDR = oDs.Tables["Rastos"].NewRow();
            oDR["rasto"] = codigo + 1;
            oDR["posicao"] = i;
            oDR["lat"] = arraydec[i, 0];
            oDR["lng"] = arraydec[i, 1];
            oDR["NomeRasto"] = txtrasto.Text;
            oDR["Username"] = txtutilizador.Text;

            //Incluir um datarow ao dataset
            oDs.Tables["Rastos"].Rows.Add(oDR);

            //Usar o objeto Command Bulder para gerar o Comandop Insert
            OleDbCommandBuilder oCB = new OleDbCommandBuilder(oDA);

            //Atualizar o BD com valores do Dataset
            oDA.Update(oDs, "Rastos");

            //liberar o data adapter , o dataset , o comandbuilder e a conexao
            oDA.Dispose();
            oDs.Dispose();
            oCB.Dispose();
            conn1.Dispose();
            conn1.Close();
        }
        catch (ArgumentOutOfRangeException)
        {
        }
    }
    //final do ciclo for
} //fim do primeiro if
```



## Anexo V – Código métodos de comparação

```
//Botão Comparar - Aqui são implementados 6 métodos de comparação tendo em conta os critérios
private void btcomparar_Click(object sender, EventArgs e)
{
    ListaUtilizador.Items.Clear();
    ListaRasto.Items.Clear();
    Listad.Items.Clear();

    //criar consultas consultas
    string query1 = "SELECT max(rasto) FROM Rastos";
    string query2="SELECT max(posicao) FROM Rastos";
    OleDbConnection conn = new OleDbConnection(connString);

    //Preencher o datarow com valores
    OleDbCommand cmd2 = new OleDbCommand(query1, conn);
    OleDbCommand cmd3 = new OleDbCommand(query2, conn);
    conn.Open();

    //guarda nas variáveis maximorasto e maximoposicao os valores maximos existentes na BD
    int maximorasto = (int)cmd2.ExecuteScalar();
    int maximoposicao = (int)cmd3.ExecuteScalar();
    conn.Close();

    int x=0;
    double criteriodist;
    int proximo = 0, np=0;
    bool controlo = false;
    bool controlo1 = false;
    int rasto, pos;
    double lat, lng;
    string username, nomerasto;
    double fc=0.0104375;

    //Primeiro Critério
    if (criterio1.Checked != false || criterio2.Checked != false || criterio3.Checked != false || criterio4.Checked != false
|| criterio5.Checked!=false || criterio6.Checked!=false)
    {
        if (criterio1.Checked == true)
        {
            OleDbConnection conn3 = new OleDbConnection(connString);
            conn3.Open();

            for (x = 1; x <= maximorasto; x++)
            {
                string query = "select * from Rastos where rasto =" + x;
                string query4 = "SELECT max(posicao) FROM Rastos where rasto =" + x;
                double inicio = 0;
                double dfim = 0;

                OleDbCommand cmd = new OleDbCommand(query, conn3);
                OleDbCommand cmd4 = new OleDbCommand(query4, conn3);

                int maximoposicao1 = (int)cmd4.ExecuteScalar();
                int marca = maximoposicao1;
                //Aqui é o loop do DataReader
                //posicao = 0;
                OleDbDataReader dr = cmd.ExecuteReader();
                proximo = 0;
                controlo = false;
                controlo1 = false;

                while (dr.Read())
                {
                    rasto = Convert.ToInt16(dr["rasto"]);
                    pos = Convert.ToInt16(dr["posicao"]);
```

```

lat = Convert.ToDouble(dr["lat"]);
lng = Convert.ToDouble(dr["lng"]);
username = Convert.ToString(dr["Username"]);
nomerasto = Convert.ToString(dr["NomeRasto"]);
if (pos != maximoposicao1)
{
    inicio = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[1, 0] - lat), 2) + Math.Pow(Math.Abs(arraydec[1, 1] -
lng), 2));
    criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
    criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
    if (inicio < criteriodist && controlo1 == false)
    {
        proximo++;
        marca = pos;
        controlo1 = true;
    } //fim do if
}
if (pos > marca)
{
    dfim = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 0] - lat), 2) +
Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 1] - lng), 2));
    criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
    criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
    if (dfim < criteriodist && proximo > 0 && controlo == false)
    {
        controlo = true;
        ListaUtilizador.Items.Add(username);
        ListaRasto.Items.Add(nomerasto);
        Listad.Items.Add(dfim*10000);
        np++;
    } //fim do if
} //fim do if
} //fim do While
} //fim do ciclo for
iguais.Text = Convert.ToString(np);
np = 0;
conn3.Dispose();
conn3.Close();
} //fim do if criterio 1

if (criterio2.Checked == true)
{
    OleDbConnection conn3 = new OleDbConnection(connString);
    conn3.Open();

    for (x = 1; x <= maximorasto; x++)
    {
        string query = "select * from Rastos where rasto = " + x;
        string query4 = "SELECT max(posicao) FROM Rastos where rasto = "+x;
        //string query = "SELECT * FROM Rastos;";

        OleDbCommand cmd = new OleDbCommand(query, conn3);
        OleDbCommand cmd4 = new OleDbCommand(query4, conn3);

        int maximoposicao1 = (int)cmd4.ExecuteScalar();
        //Aqui é o loop do DataReader
        OleDbDataReader dr = cmd.ExecuteReader();
        while (dr.Read())
        {
            rasto = Convert.ToInt16(dr["rasto"]);
            pos = Convert.ToInt16(dr["posicao"]);
            if (pos == maximoposicao1)
            {
                lat = Convert.ToDouble(dr["lat"]);
                lng = Convert.ToDouble(dr["lng"]);
                username = Convert.ToString(dr["Username"]);
                nomerasto = Convert.ToString(dr["NomeRasto"]);
            }
        }
    }
}

```

```
double d = 0;
d = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao-1, 0] - lat), 2) +
Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao-1, 1] - lng), 2));
criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
if (d < criteriodist)
{
    //proximo = true;
    ListaUtilizador.Items.Add(username);
    //string rr = rasto.ToString();
    ListaRasto.Items.Add(nomerasto);
    //listaLat.Items.Add(rasto.ToString());
    Listad.Items.Add(d*10000);
    np++;
} //fim do if

} //fim do while
} //fim do ciclo for
iguais.Text = Convert.ToString(np);
np = 0;
conn3.Dispose();
conn3.Close();
} //fim do if criterio2

if (criterio3.Checked == true)
{
    OleDbConnection conn3 = new OleDbConnection(connString);
    conn3.Open();

    for (x = 1; x <= maximorasto; x++)
    {
        string query = "select * from Rastos where rasto =" + x;
        string query4 = "SELECT max(posicao) FROM Rastos where rasto =" + x;
        //string query = "SELECT * FROM Rastos;";
        double inicio = 0;
        double dfim = 0;

        OleDbCommand cmd = new OleDbCommand(query, conn3);
        OleDbCommand cmd4 = new OleDbCommand(query4, conn3);
        int maximoposicao1 = (int)cmd4.ExecuteScalar();
        //Aqui é o loop do DataReader
        //posicao = 0;
        OleDbDataReader dr = cmd.ExecuteReader();
        while (dr.Read())
        {
            rasto = Convert.ToInt16(dr["rasto"]);
            pos = Convert.ToInt16(dr["posicao"]);

            if (pos == 1)
            {
                lat = Convert.ToDouble(dr["lat"]);
                lng = Convert.ToDouble(dr["lng"]);
                inicio = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[1, 0] - lat), 2) + Math.Pow(Math.Abs(arraydec[1, 1] -
lng), 2));
            }
            if (pos == maximoposicao1)
            {
                lat = Convert.ToDouble(dr["lat"]);
                lng = Convert.ToDouble(dr["lng"]);
                username = Convert.ToString(dr["Username"]);
                nomerasto = Convert.ToString(dr["NomeRasto"]);
                dfim = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 0] - lat), 2) +
Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 1] - lng), 2));
                criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
                criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
                if (inicio < criteriodist && dfim < criteriodist)
                {
```

```

        ListaUtilizador.Items.Add(username);
        ListaRasto.Items.Add(nomerasto);
        Listad.Items.Add(dfim*10000);
        np++;
    } //fim do if
} //fim do if
} //fim do While
} //fim do ciclo for
iguais.Text = Convert.ToString(np);
np = 0;
conn3.Dispose();
conn3.Close();
} //fim do if criterio3

if (criterio4.Checked == true)
{
    OleDbConnection conn3 = new OleDbConnection(connString);
    conn3.Open();

    for (x = 1; x <= maximorasto; x++)
    {
        string query = "select * from Rastos where rasto =" + x;
        string query4 = "SELECT max(posicao) FROM Rastos where rasto =" + x;
        //string query = "SELECT * FROM Rastos;";
        double inicio = 0;
        double dfim = 0;

        OleDbCommand cmd = new OleDbCommand(query, conn3);
        OleDbCommand cmd4 = new OleDbCommand(query4, conn3);
        int maximoposicao1 = (int)cmd4.ExecuteScalar();
        //Aqui é o loop do DataReader
        //posicao = 0;
        OleDbDataReader dr = cmd.ExecuteReader();

        while (dr.Read())
        {
            rasto = Convert.ToInt16(dr["rasto"]);
            pos = Convert.ToInt16(dr["posicao"]);
            lat = Convert.ToDouble(dr["lat"]);
            lng = Convert.ToDouble(dr["lng"]);
            username = Convert.ToString(dr["Username"]);
            nomerasto = Convert.ToString(dr["NomeRasto"]);

            if (pos != maximoposicao1)
            {
                inicio = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[1, 0] - lat), 2) + Math.Pow(Math.Abs(arraydec[1, 1] -
                lng), 2));
                criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
                criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
                if (inicio < criteriodist)
                {
                    proximo++;
                } //fim do if
            }
            if (pos == maximoposicao1)
            {
                dfim = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 0] - lat), 2) +
                Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 1] - lng), 2));
                criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
                criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
                if (dfim < criteriodist && proximo > 0)
                {
                    ListaUtilizador.Items.Add(username);
                    ListaRasto.Items.Add(nomerasto);
                    Listad.Items.Add(dfim*10000);
                    np++;
                } //fim do if
            } //fim do if
        }
    }
}

```

```

        //fim do While
    } //fim do ciclo for
    iguais.Text = Convert.ToString(np);
    np = 0;
    conn3.Dispose();
    conn3.Close();
} //fim do if criterio4

if (criterio5.Checked == true)
{
    OleDbConnection conn3 = new OleDbConnection(connString);
    conn3.Open();
    proximo = 0;
    for (x = 1; x <= maximorasto; x++)
    {
        string query = "select * from Rastos where rasto =" + x;
        string query4 = "SELECT max(posicao) FROM Rastos where rasto =" + x;
        double inicio = 0;
        double dfim = 0;
        OleDbCommand cmd = new OleDbCommand(query, conn3);
        OleDbCommand cmd4 = new OleDbCommand(query4, conn3);

        int maximoposicao1 = (int)cmd4.ExecuteScalar();
        //Aqui é o loop do DataReader
        OleDbDataReader dr = cmd.ExecuteReader();
        proximo = 0;
        controlo = false;
        while (dr.Read())
        {
            rasto = Convert.ToInt16(dr["rasto"]);
            pos = Convert.ToInt16(dr["posicao"]);
            lat = Convert.ToDouble(dr["lat"]);
            lng = Convert.ToDouble(dr["lng"]);
            username = Convert.ToString(dr["Username"]);
            nomerasto = Convert.ToString(dr["NomeRasto"]);
            if (pos == 0)
            {
                inicio = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[1, 0] - lat), 2) + Math.Pow(Math.Abs(arraydec[1, 1] -
                lng), 2));

                criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
                criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
                if (inicio < criteriodist)
                {
                    proximo++;
                } //fim do if
            }
            if (pos != 0)
            {
                dfim = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 0] - lat), 2) +
                Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 1] - lng), 2));
                criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
                criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
                if (dfim < criteriodist && proximo > 0 && controlo == false)
                {
                    controlo = true;
                    ListaUtilizador.Items.Add(username);
                    ListaRasto.Items.Add(nomerasto);
                    Listad.Items.Add(dfim * 10000);
                    np++;
                } //fim do if
            } //fim do if
        } //fim do While
    } //fim do ciclo for
    iguais.Text = Convert.ToString(np);
    np = 0;
    conn3.Dispose();
    conn3.Close();
} //fim do if criterio5

```

```

if (criterio6.Checked == true)
{
    OleDbConnection conn3 = new OleDbConnection(connString);
    conn3.Open();
    for (x = 1; x <= maximorasto; x++)
    {
        string query = "select * from Rastos where rasto =" + x;
        string query4 = "SELECT max(posicao) FROM Rastos where rasto =" + x;
        double inicio = 0;
        double dfim = 0;
        OleDbCommand cmd = new OleDbCommand(query, conn3);
        OleDbCommand cmd4 = new OleDbCommand(query4, conn3);
        int maximoposicao1 = (int)cmd4.ExecuteScalar();
        //Aqui é o loop do DataReader
        //posicao = 0;
        OleDbDataReader dr = cmd.ExecuteReader();
        while (dr.Read())
        {
            rasto = Convert.ToInt16(dr["rasto"]);
            pos = Convert.ToInt16(dr["posicao"]);
            lat = Convert.ToDouble(dr["lat"]);
            lng = Convert.ToDouble(dr["lng"]);
            username = Convert.ToString(dr["Username"]);
            nomerasto = Convert.ToString(dr["NomeRasto"]);
            if (pos != maximoposicao1)
            {
                for (i = 0; i < posicao - 1; i++)
                {
                    inicio = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[i, 0] - lat), 2) + Math.Pow(Math.Abs(arraydec[i, 1] -
                    lng), 2));
                    criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
                    criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
                    if (inicio < criteriodist)
                    {
                        proximo++;
                    } //fim do if
                }
            }
            if (pos == maximoposicao1)
            {
                dfim = Math.Sqrt(Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 0] - lat), 2) +
                Math.Pow(Math.Abs(arraydec[posicao - 1, 1] - lng), 2));
                criteriodist = Convert.ToDouble(txtproximidade.Text);
                criteriodist = ((criteriodist * fc) / 1000);
                if (dfim < criteriodist && proximo > 0)
                {
                    ListaUtilizador.Items.Add(username);
                    ListaRasto.Items.Add(nomerasto);
                    Listad.Items.Add(dfim*10000);
                    np++;
                } //fim do if
            } //fim do if
        } //fim do While
    } //fim do ciclo for
    iguais.Text = Convert.ToString(np);
    np = 0;
    conn3.Dispose();
    conn3.Close();
} //fim do if criterio6

} //fim do primeiro if
}

```

## Anexo VI – Artigo Comparação de rastos GPS

COMPARAÇÃO DE RASTOS GPS PARA  
SISTEMAS DE PARTILHA DE CARRO

Paulo Monteiro, Carlos Carreto

Unidade de Investigação para o Desenvolvimento do Interior  
Instituto Politécnico da Guarda  
Guarda  
paulojbras@gmail.com, ccarreto@ipg.pt

João Peixoto

Centro Algoritmi  
Universidade do Minho  
Guimarães  
peixoto@kanguru.pt

**RESUMO:** O presente artigo resulta de um trabalho, em fase de desenvolvimento, que pretende implementar métodos de comparação de rastos GPS para um sistema de partilha de carro. O artigo apresenta os métodos usados para a obtenção dos rastos GPS e algoritmos que permitem identificar percursos semelhantes, sugerindo hipóteses de partilha de carro que respeitem os critérios definidos pelo utilizador do sistema. Um dos objectivos principais do projecto prende-se com a necessidade de diminuir o número de carros que entram nas cidades, reduzindo dessa forma o congestionamento dos centros urbanos.

**Palavras-chave:** GPS, rastos GPS, partilha de carro.

## I. INTRODUÇÃO

Cada vez entram mais carros nas cidades. A maioria transporta apenas uma pessoa, o próprio condutor. Além disso, em Portugal, o sector dos transportes é o segundo maior emissor de gases com efeito estufa. Este sector cresceu mais de 100% desde 1990 [1]. Com a subida do preço dos combustíveis, partilhar o carro e dividir as despesas parece ser uma opção atractiva, no entanto, quem está disponível para dar ou aceitar boleia ainda encontra pouca receptividade à ideia. Isso é agravado pelo facto de, actualmente, não existirem soluções que permitam implementar a ideia da partilha de carro a grande escala e de forma eficiente [2].

Desenvolver estratégias que permitam esse incentivo é uma das possíveis soluções. O trabalho apresentado neste artigo vai de encontro a esse objectivo. Assim, pretende-se criar uma plataforma on-line para onde se possam enviar rastos GPS, sendo estes comparados com os já existentes numa base de dados de rastos. Serão devolvidos os percursos semelhantes tendo em conta um conjunto de cinco critérios diferentes de comparação.

Tendo em conta estes pressupostos, o principal desafio que se coloca ao desenvolver os métodos de comparação descritos neste artigo, é possibilitar a qualquer utilizador comparar os seus rastos GPS com os rastos de outros utilizadores e saber se existe compatibilidade entre os seus percursos e outros que já tenham sido disponibilizados.

Esta plataforma está em desenvolvimento e consistirá num portal Web composto por um serviço que realiza a comparação

de rastos, o qual se complementar com um outro de gestão de utilizadores.

O resto do artigo está dividido em quatro partes: na secção “Projectos de partilha de carro” descrevemos algumas soluções de partilha de carro existentes neste momento; na secção “Trabalho desenvolvido” apresentamos o trabalho já desenvolvido para implementar os métodos de comparação de rastos GPS; na secção “Resultados” apresentamos os primeiros resultados obtidos, e, por último, na secção “Conclusões e trabalho futuro” concluímos sobre o trabalho desenvolvido e apresentamos os próximos passos para concretizar o projecto de partilha de carro.

## II. PROJECTOS DE PARTILHA DE CARRO

Em Portugal existem duas iniciativas com objectivos mais ou menos semelhantes aos que se pretendem atingir com este projecto.

Os portais *deboleia* (<http://deboleia.com>) e *carpool* (<http://carpool.com.pt>) são as propostas mais visíveis. Ambas têm como princípio básico de funcionamento a partilha de boleias. Os utilizadores limitam-se a colocar anúncios aos quais outros utilizadores podem responder estabelecendo-se assim um canal de comunicação que poderá vir ou não a resultar em boleia.

O *carpool* baseia-se num ambiente mais gráfico, recorrendo aos mapas do Google para ilustrar os percursos, já o *deboleia* está mais voltado para um ambiente onde o texto predomina. As políticas de acesso aos sites são também diferentes. O *deboleia* tem um acesso completamente livre, a única exigência é que o e-mail indicado seja válido uma vez que o anúncio a publicar deverá ser confirmado antes de aparecer no site. No caso do portal *carpool* este exige um registo prévio e a definição do percurso que o utilizador realiza e, só assim terá acesso aos detalhes dos percursos já disponíveis.

Os dois portais indicados não fazem comparação de rastos GPS e até ao momento não se conhecem portais de partilha de carros que usem essa funcionalidade. Sendo assim, a comparação directa das vantagens e desvantagens deste trabalho, em relação a outros, torna-se muito difícil.

No entanto, se considerarmos os portais *deboleia* e *carpool*, pode dizer-se que o projecto aqui apresentado tem vantagens

no tratamento de rastros dentro das cidades e nos acessos às cidades, uma vez que a precisão é maior e existe uma maior certeza nos locais de partida e de chegada, uma vez que o factor de proximidade pode ser adaptado a diferentes situações.

Por outro lado, os projectos referidos têm o objectivo de “arranjar boleia”, que por vezes até pode ser esporádica. Neste projecto o principal objectivo é a partilha de carro tendo em conta percursos realizados com alguma frequência.

Imaginando uma situação de milhares de rastros no acesso a uma grande cidade, facilmente se chega à conclusão que os projectos *carpool* e *deboleia* não serão eficientes uma vez que não comparam rastros, é o próprio utilizador que tem que fazer esse trabalho. Com a implementação dos métodos de comparação de rastros propostos neste artigo, todo esse trabalho será feito pelo sistema.

### III. TRABALHO DESENVOLVIDO

Nesta secção apresentamos os métodos usados para a obtenção dos rastros GPS e os algoritmos desenvolvidos para identificar percursos semelhantes.

#### A. Sistema de Posicionamento Global

O GPS é um sistema espacial de localização e navegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA, que pode ser usado 24 horas por dia, em quaisquer condições atmosféricas. O objectivo inicial era satisfazer as necessidades das forças militares americanas e dos seus aliados, de modo a determinar posição, velocidade e tempo, em relação a um sistema de referência definido para qualquer ponto sobre ou próximo da superfície da terra [6].

A utilização deste sistema pelos civis foi uma consequência imediata do grande potencial de precisão oferecido e definitivamente pela disponibilização dos dados do sistema por parte do governo americano [13].

A posição sobre a Terra é referenciada em relação ao equador e ao meridiano de Greenwich e traduz-se por três atributos: a latitude, a longitude e a altitude, embora a informação de GPS seja mais do que apenas a posição. Hoje em dia, existe um sistema de posicionamento global devido à utilização dos satélites artificiais. São ao todo 31 satélites que dão uma volta à Terra a cada 12 horas e que enviam continuamente sinais de rádio. Em cada ponto da Terra estão sempre visíveis pelo menos quatro satélites e com os diferentes sinais desses satélites o receptor GPS calcula a latitude, longitude e altitude do lugar onde se encontra [8].

A latitude é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 90° para Norte ou para Sul. Por exemplo, Lisboa está à latitude de 38° 4' N, o Rio de Janeiro à latitude de 22° 55' S e Macau à latitude de 22° 27' N.

A longitude é a distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do Equador. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 180° para Este ou para Oeste. Por exemplo, Lisboa está à longitude de 9° 8' W, o Rio de Janeiro à longitude de 34° 53' W e Macau à longitude de 113° 56' E [5].

A Terra é aproximadamente esférica, com um ligeiro achatamento nos pólos. Para se definir a altitude de um ponto

sobre a Terra define-se uma esfera --- geóide --- com um raio de 6378 km. A altitude num ponto da Terra é a distância na vertical à superfície deste geóide. Por exemplo, a altitude média do aeroporto de Lisboa é de 114 m, mas a altitude média da Holanda é negativa.

Importa também perceber o conceito de rastro GPS. Este pode ser entendido como o conjunto de coordenadas que definem o percurso entre dois pontos. Ou seja, para que se consiga traçar um percurso será necessário definir um conjunto de pontos que, seguindo uma determinada ordenação, dão origem a um percurso único.

#### B. Comparação de rastros GPS

Foi desenvolvido um algoritmo de comparação de rastros GPS e implementada a aplicação que permite testar este algoritmo. Nesta secção serão apresentadas as particularidades de cada um deles.

É importante referir que os receptores GPS trabalham os sinais em diversos formatos. Um dos protocolos mais utilizados é desenvolvido e padronizado pela National Marine Electronic Association (NMEA) [11].

Este é um formato de comunicação entre diversos equipamentos electrónicos que permite, através de frases com uma sequência alfanumérica, transmitir diversas informações, entre as quais, o posicionamento do receptor GPS.

Para implementar o algoritmo de comparação de rastros GPS foram seguidos alguns procedimentos, que serão explicados nas próximas secções: Aquisição de dados, Conversão de coordenadas, Repositório de dados e Métodos de comparação de rastros GPS.

##### 1) Aquisição de dados

A fase de aquisição de dados é de extrema importância para o desenrolar dos restantes processos. Assim, um futuro utilizador do sistema poderá usar o seu próprio equipamento GPS, provavelmente um smartphone com GPS ou um dos vários modelos de GPS disponíveis no mercado, que permitam registar os percursos efectuados por intermédio do próprio software ou software freeware disponível na Web.

Para desenvolver o trabalho aqui apresentado, utilizou-se um smartphone NDrive S300 e o software VisualGPSce [12] - uma aplicação gratuita para Pocket PC que permite gravar percursos GPS no formato NMEA [10].

Os ficheiros de rastros GPS obtidos com o smartphone NDrive S300, são ficheiros de texto com a estrutura apresentada na figura 1.

```
$GPGSV,3,2,11,10,28,171,28,18,26,312,27,21,09,278,20,17,09,107,22*7A
$GPRMC,3,3,11,24,08,239,08,07,059,14,12,03,201,94A
$PRMOC,171146.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A#61
$PRGGA,171146.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1,07,11,1,831.2,M,51.2,M,0.0000*A#C
$PRGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,1.8,1.1,1.2,A#30
$PRMOC,171146.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,060508,,A#62
$PRGGA,171147.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1,07,11,1,831.2,M,51.2,M,0.0000*A#D
$PRGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,1.8,1.1,1.2,A#31
```

Figure 1. Ficheiro de rastros GPS em formato texto.

Cada linha deste ficheiro representa um dos valores registados pelo VisualGPSce. Os códigos apresentados no



início da linha: \$GPGSV, \$GPRMC, \$GPGCA e \$GPGGA, têm significados e utilizações distintas. No entanto, importa referenciar os que foram utilizados no projecto (\$GPGGA e \$GPRMC) [13] e que são aqueles que devolvem a latitude e longitude relevantes para a implementação dos algoritmos.

A forma de extracção das latitudes e longitudes dos ficheiros consiste em dividir cada uma das linhas (\$GPGGA e \$GPRMC) em várias substrings guardadas num objecto posição composto por latitude e longitude [11].

Na figura 2, podem observar-se os valores da latitude e longitude numa linha \$GPGCA.

```
$GPGGA,17.147,000,4.032,9.64,00715.0773,0.1,07,1.1,881.2,M,51.2,M,0000,M,0.0,0000,0.0
```

Figure 2. Valores da latitude e longitude em formato NMEA.

### 2) Conversão para coordenadas decimais

Tendo como objectivo facilitar os cálculos que irão ser efectuados pelos métodos de comparação de rastos GPS, apresenta-se o processo utilizado para converter os valores de longitude e latitude do formato NMEA para um número decimal. De salientar que todos os mapas (maps.google.com, mappoint, autoroute) usam longitudes e latitudes decimais.

Como as coordenadas obtidas na fase da aquisição de dados estão no formato graus, minutos e segundos é conveniente efectuar uma conversão destes valores para graus decimais.

De seguida apresenta-se a fórmula utilizada para efectuar esta conversão (1) [17]:

$$\text{decPos} = (\text{Pos DIV } 100) + (\text{Pos} - (\text{Pos DIV } 100) * 100) / 60 \quad (1)$$

Em que decPos é o valor decimal da posição, Pos é o valor da posição em formato NMEA e DIV representa a divisão inteira entre dois valores.

Por exemplo, aplicando a fórmula, o valor 5601.0318 em formato NMEA será convertido no valor decimal 56.0172, por intermédio dos seguintes cálculos:

$$5601.0318 \rightarrow 56 + (1.0318 / 60)$$

Para confirmação do correcto funcionamento deste procedimento de conversão foi utilizado um site Web do governo de Estados Unidos da América que efectua a conversão de graus, minutos e segundos para graus decimais, tendo-se confirmado que a aplicação faz correctamente esta conversão [15].

Como referido, numa fase posterior do projecto, considera-se a distância como um dos critérios de comparação dos rastos. A devolução de rastos com características idênticas irá variar em função do critério de comparação escolhido pelo utilizador conjuntamente com o factor de proximidade.

### 3) Repositório de rastos

Foi criado um repositório de rastos onde vão sendo guardados os utilizadores e os percursos de cada utilizador. Cada registo deste repositório contém a seguinte informação: identificação do utilizador, identificação do percurso e

identificação do rasto GPS desse percurso. O número de rasto é atribuído pela aplicação tendo em conta o último rasto que está inserido na base de dados. Já a posição (definida por latitude e longitude de cada ponto do rasto) é sequencial e começa a partir do zero sempre que se transita para um novo rasto ou para um novo percurso.

Acrescenta-se ainda que este repositório já se encontra filtrado de forma a não apresentar rastos de percursos com pontos repetidos. Ou seja, caso o sistema detecte que existem pontos iguais (localizações referentes a paragem num semáforo, por exemplo) serão eliminados, mantendo apenas um ponto referente a essa localização.

### 4) Algoritmo de Comparação de rastos GPS

Os métodos de comparação de rastos GPS apresentados a seguir, baseiam-se no cálculo de distâncias entre pontos de diferentes rastos. Tendo em conta que a superfície da Terra é esférica, a distância entre dois pontos A e B pode ser calculada recorrendo às fórmulas de Grande-Círculo [16]. No entanto, estas fórmulas são complexas e envolvem funções trigonométricas que tornam o cálculo pesado do ponto de vista computacional, o qual pode afectar o tempo de resposta do portal de partilha de carros que se pretende desenvolver.

Assim, de modo a simplificar os cálculos, considerou-se que a distância total dos rastos será suficientemente pequena para se poder considerar que os pontos dos rastos a comparar pertencem ao mesmo plano e assim calcular a distância entre eles recorrendo ao Teorema de Pitágoras.

Apresentamos a seguir os diferentes métodos de comparação de rastos implementados (figura 3) que correspondem aos critérios de comparação que os utilizadores poderão escolher no sistema de partilha de carro em desenvolvimento.

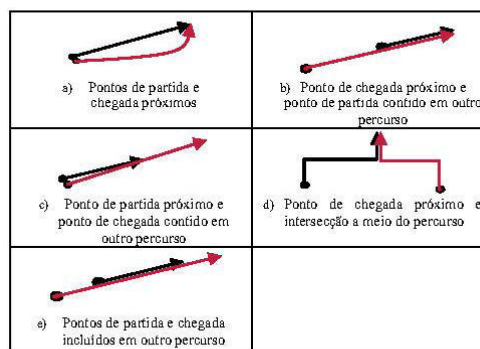


Figure 3. Critérios de comparação de rastos.

Como referido anteriormente, o cálculo da distância entre dois pontos servirá para estabelecer semelhanças entre os rastos. O processo consiste em comparar o percurso actual com todos os outros que já estão inseridos no repositório de rastos. O factor proximidade é utilizado em conjunto com um dos critérios apresentados na figura 3.

Dos cinco critérios apresentados, provavelmente a solução mais procurada será a representada na alínea a) da figura 3, em que os pontos de partida e chegada se encontram próximos.

Para se estabelecer o quão próximo está um determinado ponto de outro, definiu-se um valor de referência. Este valor foi calculado da forma que se descreve a seguir. Em Portugal um grau corresponde a aproximadamente 100 km e um minuto a 1,6 km. Partindo deste pressuposto sabemos que um minuto corresponde a 0,0167 graus decimais [13]. Desta forma, obtém-se o valor decimal de referência (valRefer) - 0,0104375, que corresponde a 1000 metros.

No momento de determinar se um ponto está próximo de outro, tendo em conta uma proximidade definida (em metros), pelo utilizador, converte-se a distância obtida entre os pontos em metros, por intermédio da fórmula (2).

$$\text{distMetros} = (\text{distObtida} * 1000) / \text{valRefer} \quad (2)$$

Logo, se a distância em metros obtida entre dois pontos de rastros diferentes, for inferior ao valor que o utilizador introduziu como factor de proximidade, considera-se que os pontos estão próximos um do outro.

Na prática, a solução implementada compara dois percursos de cada vez, utilizando em simultâneo dois métodos de comparação definidos pelo utilizador: a proximidade pretendida e um dos critérios apresentados na figura 4. Cada processo fará a comparação entre o rasto fornecido pelo utilizador e todos os outros que já estejam inseridos no repositório de dados.

#### IV. RESULTADOS

Não foi possível até ao momento, obter dados relevantes sobre a performance dos métodos apresentados na secção anterior. No entanto, como o projecto está em fase de implementação, espera-se apresentar resultados na conferência, que permitam validar o sistema de comparação de rastros GPS proposto.

#### V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A realização de um maior número de testes, assim como a obtenção de rastros GPS em diferentes locais será uma das próximas etapas do projecto. O número de rastros presente no repositório de dados terá de ser incrementado significativamente, com vista a testar a fiabilidade e rapidez da aplicação no processo de comparação de percursos.

Terá de ser analisada a questão da altitude, ou seja, até que ponto a sua não utilização interfere na qualidade das comparações efectuadas.

Após a fase de testes a aplicação poderá então ser disponibilizada num portal Web para que sejam feitos os testes finais com vários utilizadores e vários percursos em simultâneo. De referir que o sistema de registo de utilizadores já está desenvolvido.

A partilha de carro é algo que ainda não tem grande significado entre os condutores portugueses, mas pensamos que todas as condicionantes que poderão surgir, tanto ambientais como económicas, farão com que exista uma reflexão generalizada sobre a utilização de veículos nas grandes cidades. A partilha de carro entre pessoas que vivem e trabalham próximo umas das outras será uma das soluções para minimizar este problema. Com este projecto espera-se estar a contribuir para que o problema da utilização intensiva do automóvel possa ser pensado, analisado e resolvido.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Rubrica Terra Alerta, Jornal da Noite. Sic Notícias. Partilha de Carro, 14 de Junho de 2007. [Consult. 5 Dez. 2009]. <http://www.queercastv.org/spip.php?article31>.
- [2] Portugal Diário. Portugueses pouco interessados em partilhar carro, 14 de Junho 2008. [Consult. 11 Junho 2009]. <http://diario.iol.pt/economia/portugal-europa-carros-deboleia-combustiveis/959117-1730.html>.
- [3] Deboleia. O Portal para pedir e oferecer boleia, actual. 2007. [Consult. 30 Dezembro 2009]. <http://www.deboleia.com>.
- [4] Carpool, Partilha de Viagens, actual. 2009. [Consult. 10 Janeiro 2010]. <http://www.carpool.com.pt>.
- [5] Orogo Technologies. Latitude-Longitude of World Cities, actual. 1997. [Consult. 12 Junho 2009]. <http://www.realestate3d.com/gps/world-latlong.htm>.
- [6] Dião, Rui. GPS (Global Positioning System ou Sistema de Posicionamento Global). Grupo de Dinâmica Não-Linear, IST. [Consult. Junho 2009]. <http://www.ciencia.viva.pt/latlong/anterior/gps.asp>.
- [7] Dana, Peter. Global Positioning System Overview, actual. 2000. [Consult. 15 Agosto 2009]. [http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html).
- [8] Trimble. GPS Tutorial, actual. 2010. [Consult. 12 Janeiro 2010]. <http://www.trimble.com/gps/index.shtml>.
- [9] Hasegawa, J. K.; Galo, M.; Monico, J. F. G.; Imai, N. N.. Planejamento logístico de rotas para sistema de navegação apoiado por GPS. Unesp – Universidade Estadual Paulista, Departamento de Cartografia. Florianópolis 2000.
- [10] GpsInformation.net. NMEA Data. [Consult. 7 Julho 2009]. <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>.
- [11] Baddeley, Glenn. GPS - NMEA sentence information, actual. Julho 2009. [Consult. 26 Agosto 2009]. <http://home.pacific.net.au/~gnb/gps/nmea.html>.
- [12] VisualGPS, LLC, actual. 2009. [Consult. 5 Junho 2009]. <http://www.visualgps.net/VisualGPSce/default.htm>.
- [13] MORGADO, Paulo J. Q. Avaliação da Precisão de Posicionamento de Equipamentos Inerente à Utilização de Sistemas GPS de Baixo Custo, Receptores Utilizados para Navegação. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Municipal) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga 2009.
- [14] Suporte Microsoft. Como converter coordenadas latitude e longitude graus decimal, actual. 2010. [Consult. 5 Dezembro 2009]. <http://support.microsoft.com/kb/244951/pt>.
- [15] USA.gov. Degrees, Minutes, Seconds and Decimal Degrees Latitude/Longitude Conversions, actual. 2010. [Consult. 7 Janeiro 2010]. <http://www.fcc.gov/mb/audio/bickel/DDDMMSS-decimal.html>.
- [16] Great-circle distance, Wikipedia. 14, 29 de Janeiro de 2010. [Consult. 8 Fev. 2010]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle\\_distance](http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance).
- [17] MATHIESEN, Thomas Tingsted. GPS, NMEA, WGS-84, GIS and VB.NET, actual. 2008. [Consult. 17Jan2010]. <http://www.tma.dk/gps/#convertode>

## Anexo VII – Artigo Optimização de rastos GPS

## OPTIMIZAÇÃO DE RASTOS GPS

## SISTEMAS DE PARTILHA DE CARRO

Paulo Monteiro, Carlos Carreto

Unidade de Investigação para o Desenvolvimento do Interior  
Instituto Politécnico da Guarda  
Guarda  
paulojbras@gmail.com, ccarreto@ipgg.pt

João Peixoto

Centro Algoritmi  
Universidade do Minho  
Guimarães  
peixoto@kanguru.pt

**RESUMO:** O presente artigo resulta de um estudo sobre optimização de rastos de GPS, com aplicação em projectos que tirem partido deste tipo de rastos. Apresentam-se os métodos usados para a obtenção de repositórios optimizados de rastos. É feita uma análise à eficácia e aos tempos de execução dos algoritmos de comparação de rastos de GPS, utilizando as diferentes optimizações. Procura-se saber, até que ponto a diminuição do número de pontos nos rastos não prejudica a qualidade da solução obtida. Conclui-se que dentro de uma determinada gama de optimização, este processo é vantajoso, uma vez que reduz os tempos de execução dos algoritmos e, mantém a qualidade da comparação de rastos em níveis bastante aceitáveis.

**Palavras-chave:** Optimização de rastos de GPS, rastos de GPS, partilha de carro.

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo apresentado neste artigo surge na continuidade de um projecto em curso, que visa o desenvolvimento de um sistema de partilha de carros, permitindo assim a diminuição do número de veículos que entram nas cidades, reduzindo dessa forma o congestionamento dos centros urbanos [1].

Existe um crescimento notório do número de veículos que circulam nos acessos às grandes cidades, sendo que, a maioria transporta apenas uma pessoa. Este fenómeno contribui para um agravamento significativo do congestionamento dos centros urbanos, que consequentemente causam problemas de estacionamento e agravam a emissão de gases com efeito estufa [2].

Numa primeira fase do projecto, já concluída, foram desenvolvidos algoritmos de comparação de rastos de GPS. O método utilizado baseia-se no cálculo de distâncias entre pontos de diferentes rastos. Considerou-se que a distância total dos rastos é suficientemente pequena para se poder considerar que os pontos dos rastos a comparar pertencem ao mesmo plano e assim calcular a distância entre eles recorrendo ao Teorema de Pitágoras [10].

O projecto em curso consistirá num portal Web composto por um serviço que realiza a comparação de rastos, o qual se complementará com um outro de gestão de utilizadores. A ideia principal é criar uma comunidade de utilizadores/condutores que, frequentemente, partilhem os mesmos percursos ou percursos semelhantes.

O cálculo da distância entre dois pontos serve para estabelecer semelhanças entre os rastos de GPS. O processo consiste em comparar o percurso em questão com todos os outros que já estão inseridos num repositório de rastos. O factor proximidade é utilizado em conjunto com um dos critérios apresentados na Figura 1 [1].

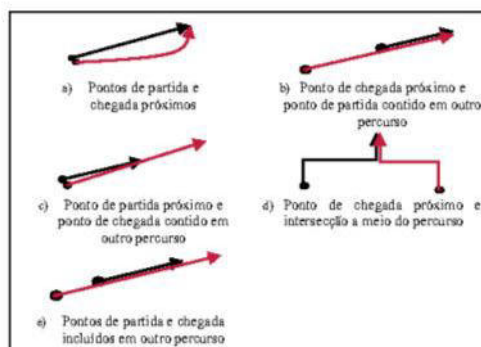


Figura 1. Critérios de comparação de rastos.

Dos cinco critérios apresentados, a solução mais abrangente será a representada na alínea d) da figura 1, em que os pontos de chegada se encontram próximos e existe uma intersecção a meio do percurso.

Os rastos de GPS são formados por pontos, que são identificados por latitude e longitude. Cada rasto precisa de um número diferente de pontos para ser definido. É por intermédio destes pontos que se consegue estabelecer uma comparação. Ou seja, para que se consiga traçar um percurso será necessário definir um conjunto de pontos que, seguindo uma determinada ordenação, dão origem a um percurso único.

A latitude é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 90° para Norte ou para Sul [4]. Por exemplo, Lisboa está à latitude de 38° 4' N, o Rio de Janeiro à latitude de 22° 55' S e Macau à latitude de 22° 27' N [3].

A longitude é a distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do Equador. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 180° para Este ou para Oeste [5]. Por

exemplo, Lisboa está à longitude de 9° 8' W, o Rio de Janeiro à longitude de 34° 53' W e Macau à longitude de 113° 56' E [3].

Para se estabelecer o quão próximo está um determinado ponto de outro, definiu-se um valor de referência. Em Portugal um grau corresponde a aproximadamente 100 km e um minuto a 1,6 km. Partindo deste pressuposto sabemos que um minuto corresponde a 0,0167 graus decimais [11]. Desta forma, obtém-se o valor decimal de referência (valRefer) - 0,0104375, que corresponde a 1000 metros [1].

No momento de determinar se um ponto está próximo de outro, tendo em conta uma proximidade definida (em metros), pelo utilizador, converte-se a distância obtida entre os pontos em metros, por intermédio da fórmula (1).

$$\text{distMetros} = (\text{distObtida} * 1000) / \text{valRefer} \quad (1)$$

Logo, se a distância em metros obtida entre dois pontos de rastos diferentes, for inferior ao valor que o utilizador introduziu como factor de proximidade, considera-se que os pontos estão suficientemente próximos um do outro.

Na prática, a solução implementada compara dois percursos de cada vez, utilizando em simultâneo dois métodos de comparação definidos pelo utilizador: a proximidade pretendida e um dos critérios apresentados na Figura 1. Cada processo fará a comparação entre o rasto fornecido pelo utilizador e todos os outros que já estejam inseridos no repositório de rastos.

Na continuidade deste trabalho, surgiu a necessidade de reduzir o espaço que os rastos ocupam, otimizando assim o seu armazenamento. Se os rastos puderem ser reduzidos poderá otimizar-se o repositório de rastos de GPS e desta forma contribuir para minimizar os tempos de execução dos algoritmos. É esse estudo que aqui se apresenta.

O presente artigo encontra-se dividido em quatro partes: na secção “Motivação” apresentam-se as principais razões que levaram à realização deste estudo; na secção “Metodologia” expõem-se os métodos utilizados e a forma como foram explorados; na secção “Estudo” é analisado um conjunto de tabelas e gráficos que expõem o estudo realizado, e, por último, na secção “Conclusões” resume-se o trabalho realizado e apresentam-se os próximos passos para concretizar o projecto de partilha de carro.

## II. MOTIVAÇÃO

Um dos pilares fundamentais do projecto Partilha de Carro é o repositório de rastos de GPS. Cada um dos rastos inserido neste repositório ocupa um determinado espaço proporcional ao número de pontos necessários para esse percurso.

Para desenvolver o trabalho aqui apresentado, utilizou-se um smartphone NDrive S300 e o software VisualGPSce [8] - uma aplicação gratuita para Pocket PC que permite gravar percursos GPS no formato NMEA [6]. Qualquer outro equipamento que gere percursos no formato NMEA poderá ser usado para registar os rastos.

Os ficheiros de rastos GPS obtidos, são ficheiros de texto com a estrutura apresentada na Figura 2.

```
$GPGSV,3,2,11,10,28,179,28,18,26,312,27,21,09,278,29,17,09,107,229,A
$GPRMC,3,2,11,24,68,230,08,07,059,14,12,03,201,44A
$A,B,M,171146.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,360508,,A#E1
$GPGGA,171146.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.07,1.1,551.2,M,31.2,M,,0000.4C
$GPRMC,3,1,13,10,18,26,08,28,09,1.1,1.8,1.1,1.4,E,0
$GPRMC,171146.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,360508,,A#E2
$GPGGA,171147.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1.07,1.1,551.2,M,31.2,M,,0000.4D
$GPRMC,3,1,13,10,18,26,08,28,09,1.8,1.1,1.4,E,0
```

Figura 2. Conteúdo típico de um ficheiro de texto com rastos GPS no formato NMEA.

Os códigos apresentados no início da linha: \$GPGSV, \$GPRMC, \$GPGCA e \$GPGGA, têm significados e utilizações distintas [7]. No entanto, importa referenciar os que foram utilizados no projecto (\$GPGGA e \$GPRMC) e que são aqueles que devolvem a latitude e longitude relevantes para a implementação dos algoritmos.

Quanto maior for o percurso, ou mais tempo demorar a percorrer, maior é o número de posições necessárias para representar a totalidade do rasto.

Na fase de aquisição, por cada segundo que passa, é registada uma posição. Isto dá origem a que, em situações de muito congestionamento de trânsito, sejam adquiridas muitas posições idênticas e por vezes iguais às registadas no segundo anterior.

Na Tabela 1 pode observar-se a estrutura genérica da representação de rastos. Nesta representação, além do identificador do rasto, é guardado o identificador do ponto, o nome do rasto e as coordenadas (latitude e longitude). O campo ponto assume valores sequenciais até ao limite necessário para representar cada rasto. Por exemplo, para guardar o rasto 56 são necessários 179 pontos diferentes.

rasto	ponto	NomeRasto	lat	lng
56	175	SraRemediosCentral	40,53761	7,26555
56	176	SraRemediosCentral	40,53764	7,26553
56	177	SraRemediosCentral	40,53765	7,26555
56	178	SraRemediosCentral	40,53766	7,26555
56	179	SraRemediosCentral	40,53765	7,26553
57	1	TmgLemairinhas	40,53526	7,26225
57	2	TmgLemairinhas	40,53527	7,26233
57	3	TmgLemairinhas	40,53523	7,26233
57	4	TmgLemairinhas	40,53519	7,26234
57	5	TmgLemairinhas	40,53513	7,26233

Tabela 1. Repositório de rastos.

No momento de inserção do rasto no repositório, e de forma a não surgirem rastos de percursos com pontos repetidos, foi realizada uma filtragem prévia. Ou seja, caso o sistema detecte que existem pontos iguais (localizações referentes a paragem num semáforo, por exemplo) serão descartados, mantendo apenas um ponto referente a essa localização.

Embora seja feita esta optimização inicial na altura do carregamento dos rastos GPS, o repositório de rastos continuava a armazenar coordenadas de pontos muito próximos uns dos outros. Perante isto, surgiu a ideia de optimizar este repositório de forma a diminuir o número de posições armazenadas em cada percurso [9].

Isto seria uma mais-valia para o projecto, uma vez que poderia reduzir-se o espaço físico ocupado pelo repositório e, por conseguinte, reduzir o número de comparações necessárias,

originando assim uma diminuição no tempo de execução dos algoritmos.

Assim, surgiu uma questão fundamental: até que ponto é possível reduzir o número de pontos dos rastos de GPS sem prejudicar a qualidade das soluções encontradas pelo sistema. As secções seguintes reflectem o nosso trabalho de análise a estes dois pontos.

### III. METODOLOGIA

Nesta secção apresenta-se o método utilizado para a redução/optimização do repositório de rastos de GPS.

Num sistema de partilha de carro a proximidade é fundamental, mas também pode ser desprezada até um determinado valor. Ou seja, não é imperativo que o condutor com quem vamos partilhar carro se encontre perto de nós, por exemplo, numa distância inferior a cinco metros. Por outro lado, provavelmente, ninguém irá partilhar carro com alguém que se encontre distante um quilómetro.

Partindo deste pressuposto, a optimização do repositório de rastos passou pelas fases que se descrevem nos parágrafos seguintes.

O mesmo rasto foi inserido em cinco repositórios diferentes. À partida o rasto foi inserido no repositório base, designado por Rasto, na sua forma original, só com a filtragem descrita no ponto anterior.

Numa segunda abordagem, a quando da inserção do rasto no repositório, foram descartados todos os pontos que se encontravam a menos de cinco metros de distância do anterior. Portanto, só foram inseridos no repositório os que obedeciam a este parâmetro. Obteve-se assim a primeira optimização que passará a ser designada por Rasto5.

Procedeu-se de forma idêntica para distâncias de dez, vinte e cinquenta metros. Estas optimizações serão designadas Rasto10, Rasto20 e Rasto50 respectivamente. Não se consideraram outras distâncias maiores, pensando que estas poderiam levar a uma degradação da solução obtida pelo sistema. Isso confirmou-se logo para a optimização Rasto50.

Desta forma obtiveram-se cinco repositórios de rastos GPS, o original e quatro optimizações. O passo seguinte foi estudar até que ponto os repositórios eram reduzidos no que diz respeito ao número de pontos necessários para representar os rastos. Seguidamente entender de que forma esta redução afectava a qualidade dos resultados obtidos. A métrica de avaliação da qualidade da optimização é feita recorrendo à comparação entre o número de percursos idênticos identificados pelos algoritmos de comparação.

### IV. ESTUDO

Para se proceder ao estudo aqui apresentado, foram registados cerca de sessenta rastos. A grande maioria foi obtida em percursos urbanos e cerca de sete por cento correspondem a trajectos interurbanos.

#### A. Optimização do repositório de rastos GPS

Depois de obtidos, os rastos foram inseridos nos diferentes repositórios de acordo com as optimizações referidas no ponto anterior.

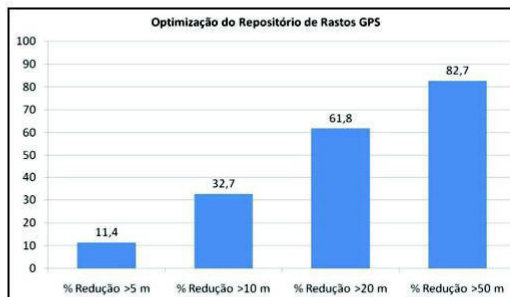


Figura 3. Optimização do Repositório de rastos GPS.

Verificou-se que a redução Rasto50 é significativa, Figura 3, podendo atingir valores na ordem dos 83% de redução do número de pontos necessários para representar um percurso em comparação com o repositório original. Já a optimização Rasto20, reduz os percursos em cerca de 62%. A redução Rasto10 diminui o número de pontos em cerca de 33% e a Rasto5 consegue reduções na ordem dos 11,4%.

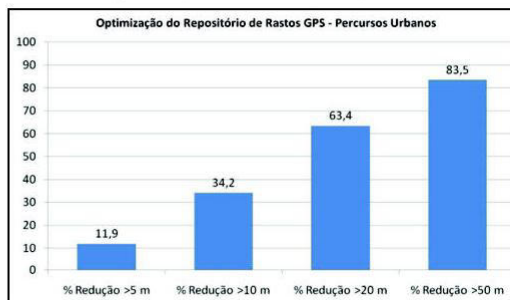


Figura 4. Optimização do Repositório de rastos GPS – Percursos urbanos.



Figura 5. Optimização do Repositório de rastos GPS Percursos interurbanos.

Neste processo, é notório o facto dos rastros registados fora de um ambiente urbano, Figura 5, serem mais resistentes ao processo de redução. Comparando com os percursos urbanos, Figura 4, constata-se que em qualquer uma das optimizações a percentagem de redução é muito superior. No caso da optimização Rasto20 verifica-se uma diferença na ordem dos 23%.

Analisando um exemplo de um rastro GPS correspondente a um percurso interurbano (rastro nº6, Tabela 2), verifica-se que a velocidade média deste percurso ultrapassa os 50 Kms/h. São necessários 1484 pontos para representar este trajecto o que faz com que a relação pontos/m (15,5), que representa a distância média entre duas posições, seja superior a todos os outros percursos, que correspondem a trajectos urbanos.

Nº Rasto	Nome Rasto	metros	Pontos/m	Velocidade Média	Duração	Normal
1	EscolaCasa	2090	8,78	21,3	0:05:52	238
2	CabeleireiraCasa	3410	10,18	33,2	0:06:10	335
3	RioDirizModelo	2570	13,11	45,1	0:03:25	196
4	JardimEscoces	1170	10,45	34,7	0:02:10	112
5	ModeloTelheiro	1800	8,37	26,3	0:04:08	215
6	ArcoCasa	23000	15,50	54,4	0:25:23	1484
7	EscolaInfor5	1920	10,49	20,8	0:05:32	183
8	Infor5Mercado	3550	10,69	35,5	0:06:00	332
9	MercadoSC	1740	8,92	28,3	0:03:42	195

Tabela 2. Representação dos rastros.

Importa referir que os rastros obtidos em ambiente urbano tem um papel mais relevante para este projecto do que os rastros recolhidos fora de ambiente urbano.

**B. Resultados**

Tendo como ponto de partida a análise registada no ponto anterior, importa testar os resultados obtidos quando os algoritmos de comparação de rastros, Figura 1, são aplicados nos repositórios de rastros optimizados.

Assim, foi seleccionada uma amostra aleatória, composta por dez rastros, que representa cerca de 20% da totalidade dos rastros. Os rastros desta amostra de teste foram comparados com todos os restantes rastros do repositório tendo em conta quatro dos cinco critérios de comparação apresentados na Figura 1, alíneas a), b), d) e e). Descartou-se o critério c) dada a sua semelhança com o critério da alínea b).

Na aplicação de cada um destes critérios foi ainda introduzida uma variação na proximidade. Utilizaram-se seis valores de referência, proximidades de 1000, 500, 300, 100, 50 e 20 metros, que permitem cobrir um conjunto de diferentes situações reais. As percentagens apresentadas nos gráficos das próximas subsecções, são obtidas fazendo a média de todos os resultados que se obtêm ao variar a proximidade aplicando comparações com os dez rastros escolhidos para este estudo.

Assim, verificou-se o comportamento do algoritmo de comparação utilizando três variáveis distintas: critério de comparação, proximidade e repositório de rastros optimizado, ver Tabela 3.

Rastro Comparado	Prox.	Rastro			Rasto5			Rasto20			
		Nº Rastos	seg	%	Nº Rastos	seg	%	Nº Rastos	seg	%	
CabeleireiraCasa	1000	27	117	0%	27	100	0%	27	65	0%	-44%
	500	12	117	8%	13	100	8%	13	65	8%	-44%
	300	8	118	8%	8	100	0%	8	65	0%	-44%
	100	8	120	8%	8	98	0%	8	65	0%	-46%
	50	8	120	8%	8	98	0%	8	65	0%	-46%
	20	6	118	8%	6	99	0%	4	65	-33%	-45%
LameirinhosIardim	1000	25	50	0%	25	99	0%	25	24	0%	-52%
	500	11	48	0%	11	99	0%	11	24	0%	-50%
	300	2	48	0%	2	99	0%	2	24	0%	-50%
	100	0	48	0%	0	99	0%	0	24	0%	-50%
	50	0	48	0%	0	99	0%	0	24	0%	-50%
	20	0	48	0%	0	99	0%	0	24	0%	-50%

Tabela 3. Estudo do comportamento do algoritmo utilizando o critério d).

**1) Critério a) – Pontos de partida e chegada próximos**

Aplicando o critério de comparação a) - pontos de partida e chegada próximos, verificou-se que a optimização Rasto20 consegue manter a solução próxima da solução original. Verifica-se uma perda de 1,6%, em média, no número de rastros semelhantes encontrados. Com as outras optimizações verifica-se um afastamento significativo dos resultados iniciais, principalmente com a optimização Rasto50 (Figura 6).

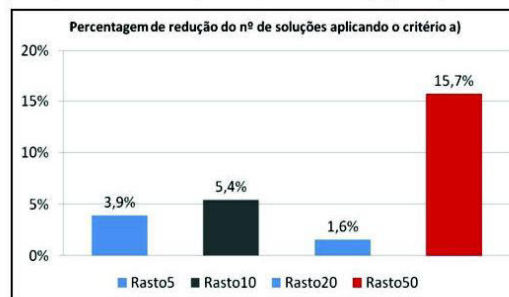


Figura 6. Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério a).

De referir que neste critério não foi tido em conta o tempo de execução do algoritmo, uma vez que este não se revelou significativo, uma vez que com qualquer uma das optimizações o tempo de execução é aproximadamente um segundo.

**2) Critério b) – Ponto de chegada próximo e ponto de partida contido em outro percurso**

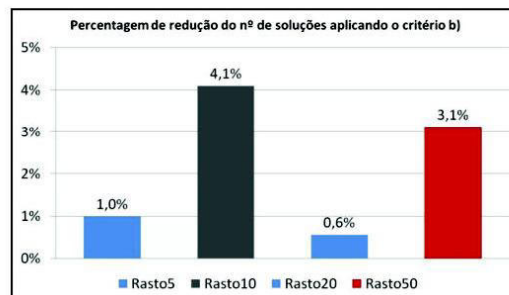


Figura 7. Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério b)

No gráfico da Figura 7 pode observar-se que as optimizações Rasto20 e Rasto5, mantêm uma solução próxima da original, perdendo em média 1% de eficácia, quando aplicado o critério b)- Ponto de chegada próximo e ponto de partida contido em outro percurso. Neste caso, o tempo de execução também não se revelou significativo.

3) *Critério d) – Ponto de chegada próximo e intersecção a meio do percurso*

Na aplicação do critério d) - Ponto de chegada próximo e intersecção a meio do percurso, é de destacar a redução significativa de 80% e 96% no tempo de execução do algoritmo de comparação de rastos, Figura 9, quando utilizadas as optimizações Rasto20 e Rasto50, respectivamente.

Juntando o facto da optimização Rasto20 manter intacta a solução original, então podemos afirmar que esta é uma optimização a ter em conta em futuros trabalhos, ver Figura 8.

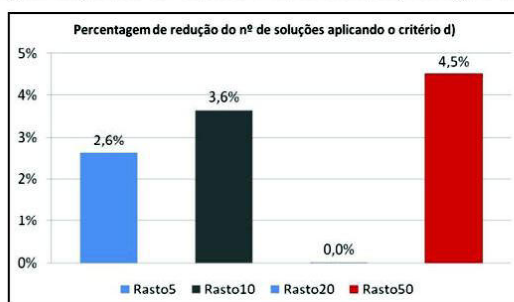


Figura 8. Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério d)

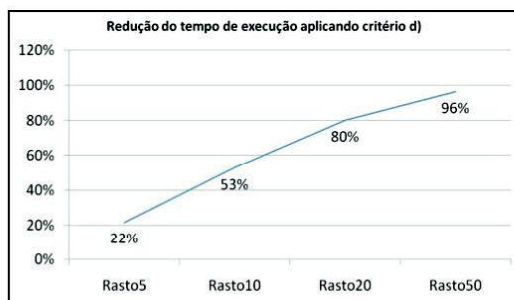


Figura 9. Redução do tempo de execução aplicando o critério d)

A utilização do critério d) é um dos que terá mais aplicação no projecto de partilha de carro.

4) *Critério e) – Pontos de partida e chegada incluídos em outro percurso*

A par do critério tratado no ponto anterior, este é dos que mais aplicabilidade terá no projecto. Na análise ao gráfico da Figura 10 observa-se que as optimizações: Rasto5, Rasto10 e Rasto20, mantêm a solução praticamente igual à original.

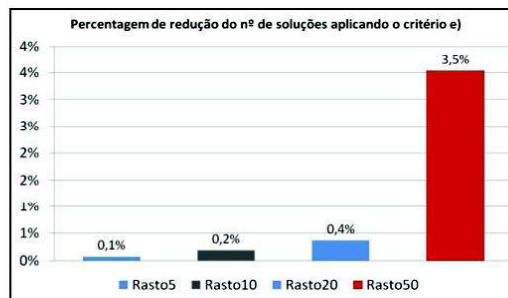


Figura 10. Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério e)

Já no que diz respeito à redução do tempo de execução do algoritmo, não se verifica uma taxa de redução tão elevada como no critério anterior. No entanto, tanto a solução Rasto20 como a Rasto50 conseguem manter níveis bastante elevados de redução no tempo de execução, Figura 11.



Figura 11. Redução do tempo de execução aplicando o critério e)

5) *Resumo*

O primeiro passo deste estudo foi reduzir o número de pontos que pertencem a cada um dos rastos inseridos nos repositórios. Como foi apresentado na secção 3, esta redução consistiu em descartar, de cada um dos trajectos, pontos que estivessem próximos do ponto anterior em x metros.

Este processo deu origem a quatro optimizações Rasto5 (descarta pontos que estejam próximos 5 metros do ponto anterior), Rasto10 (descarta pontos que estejam próximos 10 metros do ponto anterior), Rasto20 (descarta pontos que estejam próximos 20 metros do ponto anterior) e Rasto50 (descarta pontos que estejam próximos 50 metros do ponto anterior).

Verificou-se que a redução do repositório de rastos é significativa, podendo atingir taxas de cerca de 80% de redução (Figura 3). Comparativamente, o repositório original é constituído por 17665 posições GPS e o repositório optimizado Rasto50 é constituído por 3435 posições.

Na fase seguinte do estudo, foram feitas comparações com estas quatro optimizações do repositório de rastos. Estas quatro optimizações, juntamente com o repositório original, foram utilizadas na análise comparativa que foi feita com dez rastos

escolhidos aleatoriamente de entre os sessenta que constituem cada um dos repositórios.

Além disso, cada um dos rastros foi analisado aplicando quatro critérios de comparação distintos, abordados na secção 1. Foi também tido em conta o critério de proximidade, ou seja, para cada conjunto de variáveis (Optimização / Critério) foi testado em seis proximidades distintas: 1000, 500, 300, 100, 50 e 20 metros (Tabela 3).

Fazendo a média de todas as comparações efectuadas, obtém-se o resultado exposto no gráfico da Figura 12. Pode concluir-se que reduzindo o repositório de rastros, a optimização Rasto20, é a que apresenta um melhor comportamento. Utilizando este repositório optimizado, a solução encontrada reduz em 0,6% o n.º de rastros semelhantes, se comparado com o repositório original.

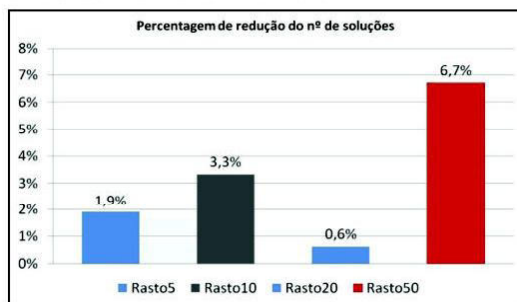


Figura 12. Percentagem de redução do nº de soluções

Além de manter uma solução próxima da original, a optimização Rasto20 reduz drasticamente o tempo de execução do algoritmo, numa média de 72%. No gráfico da Figura 13 pode constatar-se que a optimização Rasto50, reduz ainda mais este tempo. No entanto, os resultados obtidos com este repositório afastam-se da solução inicial em cerca de 7%.

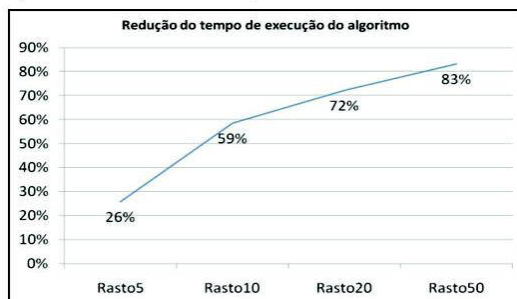


Figura 13. Redução do tempo de execução do algoritmo

Podemos desta forma concluir que a optimização Rasto20 é a que melhor corresponde às expectativas do projecto.

## V. CONCLUSÕES

O estudo aqui apresentado representa um passo muito importante para a concretização do projecto "Partilha de

Carro"[1]. A possibilidade de reduzir/optimizar o repositório de rastros que, por sua vez, permite reduzir o tempo de execução do algoritmo de comparação de rastros, vai ser muito importante na implementação da aplicação final do projecto "Partilha de Carro". Tendo em conta os resultados obtidos, este tipo de optimização poderá ser estendido a outras aplicações/projectos que tirem partido de rastros GPS.

Encontra-se em fase de desenvolvimento o projecto partilha de carro "Carpool LPG" que pretende incentivar a partilha de carro entre condutores que estudem ou trabalhem no campus do Instituto Politécnico da Guarda. Esta é a primeira aplicação prática destes conceitos que temos estado a trabalhar. Sendo esta uma aplicação piloto, poderá vir a ser trabalhada com o objectivo de generalizar a partilha de carro numa escala mais abrangente, por exemplo a nível nacional.

A partilha de carro ainda não tem grande significado entre os condutores portugueses. No entanto, todas as condicionantes que poderão surgir: ambientais, económicas (por exemplo, reflexo dos constantes aumentos dos custos de combustíveis), entre outras farão com que exista uma reflexão sobre a utilização generalizada de veículos nos grandes centros urbanos [2].

A partilha de carro entre pessoas que vivem e trabalham próximo, será uma das soluções para minimizar este problema. Com este projecto espera-se estar a contribuir para que o problema da utilização intensiva do automóvel possa ser pensado, analisado e minimizado.

## REFERÊNCIAS

- [1] Paulo Monteiro, João Peixoto e Carlos Carreto, "Comparação de Rastros GPS para Sistemas de Partilha de Carro", Actas de la 5ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, Santiago de Compostela, España, 16-19 de Junio, 2010, ISBN: 978-989-96247-3-3.
- [2] Rubrica Terra Alerta, Jornal da Noite. Sic Notícias. Partilha de Carro, 14 de Junho de 2007. [Consult. 2 Fevereiro 2011]. <http://www.quercustv.org/spip.php?article31>.
- [3] Orogo Technologies. Latitude-Longitude of World Cities, actual. 1997. [Consult. 12 Janeiro 2011]. <http://www.realestate3d.com/gps/world-latlong.htm>.
- [4] Dillão, Rui. GPS (Global Positioning System ou Sistema de Posicionamento Global). Grupo de Dinâmica Não-Linear, IST. [Consult. 10 Fevereiro 2011]. <http://www.ciencia.viva.pt/latlong/anterior/gps.asp>.
- [5] Trimble. GPS Tutorial, actual. 2011. [Consult. 12 Janeiro 2011]. <http://www.trimble.com/gps/index.shtml>.
- [6] GpsInformation.net. NMEA Data. [Consult. 29 Dezembro 2010]. <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>.
- [7] Baddeley, Glenn. GPS - NMEA sentence information, actual. Julho 2009. [Consult. 26 Dezembro 2010]. <http://home.pacific.net.au/~gnb/gps/nmea.html>.
- [8] VisualGPS, LLC, actual. 2009. [Consult. 30 Novembro 2010]. <http://www.visualgps.net/VisualGPSce/default.htm>.
- [9] MORGADO, Paulo J. Q. Avaliação da Precisão de Posicionamento de Equipamentos Inerente à Utilização de Sistemas GPS de Baixo Custo, Receptores Utilizados para Navegação. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Municipal) - Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga 2009.
- [10] Great-circle distance, Wikipedia. 14, 29 de Janeiro de 2010. [Consult. 8 Novembro 2010]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle\\_distance](http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance).
- [11] MATHIESEN, Thomas Tingsted. GPS, NMEA, WGS-84, GIS and VB.NET, actual. 2008. [Consult. 17 Janeiro 2011]. <http://www.tma.dk/gps/#convertode>



## Anexo VIII – Tabela base para estudo de otimização do repositório de rastos

Nº Rasto	Nome Rasto	metros	Pontos/m	Velocidade Média	Duração	Nº pontos									
						Normal	>5 m	% Redução >5 m	>10 m	% Redução >10 m	>20 m	% Redução >20 m	>50 m	% Redução >50 m	
1	EscolaCasa	2090	8,78	21,3	0:05:52	238	203	14,7	151	36,6	82	65,5	37	84,5	
2	CabeleiraCasa	3410	10,18	33,2	0:06:10	335	294	12,2	242	27,8	131	60,9	60	82,1	
3	RioDizModelo	2570	13,11	45,1	0:03:25	196	185	5,6	162	17,3	94	52,0	45	77,0	
4	JardimEscoces	1170	10,45	34,7	0:02:10	112	105	6,3	81	27,7	47	58,0	21	81,3	
5	ModeloTelheiro	1800	8,37	26,3	0:04:08	215	184	14,4	133	38,1	73	66,0	35	83,7	
6	ArcoCasa	23000	15,50	54,4	0:25:23	1484	1423	4,1	1318	11,2	814	45,1	382	74,3	
7	EscolaInfor5	1920	10,49	20,8	0:05:32	183	146	20,2	109	40,4	61	66,7	28	84,7	
8	Infor5Mercado	3550	10,69	35,5	0:06:00	332	311	6,3	243	26,8	132	60,2	63	81,0	
9	MercadoSC	1740	8,92	28,3	0:03:42	195	160	17,9	117	40,0	70	64,1	30	84,6	
10	SCHotelTurismo	1450	6,97	20,8	0:04:10	208	157	24,5	105	49,5	59	71,6	25	88,0	
11	CreperieCasa	1230	10,00	35,6	0:02:05	123	116	5,7	86	30,1	48	61,0	22	82,1	
12	RioDizIPG	5770	12,28	40,2	0:08:36	470	451	4,0	395	16,0	217	53,8	101	78,5	
13	EscolaCabeleira	2510	8,81	30,5	0:04:56	285	266	6,7	175	38,6	100	64,9	43	84,9	
14	CasaEscola	2470	10,38	31,6	0:04:41	238	221	7,1	177	25,6	96	59,7	43	81,9	
15	MexicanalPG	2350	11,75	40,9	0:03:27	200	194	3,0	172	14,0	89	55,5	44	78,0	
16	CasaPolis	2500	8,39	25,8	0:05:50	298	255	14,4	180	39,6	101	66,1	46	84,6	
17	CovipneusSardinha	2010	11,55	39,8	0:03:02	174	169	2,9	146	16,1	78	55,2	37	78,7	
18	OuteiroCovipneus	3000	11,24	32,0	0:05:37	267	247	7,5	206	22,8	112	58,1	51	80,9	
19	EscolaOuteiro	3500	10,09	35,0	0:06:01	347	327	5,8	262	24,5	142	59,1	64	81,6	
20	ManigotoGuarda	31800	16,40	57,4	0:33:13	1939	1910	1,5	1769	8,8	1205	37,9	535	72,4	
21	ManigotoPinhel	8300	16,90	57,6	0:08:39	491	464	5,5	416	15,3	281	42,8	124	74,7	
22	EuroLatinaModelo	2550	8,20	27,0	0:05:40	311	263	15,4	177	43,1	99	68,2	45	85,5	
23	CasaEuroLatina	1650	7,78	26,4	0:03:46	212	175	17,5	114	46,2	65	69,3	28	86,8	
24	AveiroIgrejaBarra	17200	19,93	62,0	0:16:37	863	801	7,2	720	16,6	563	34,8	271	68,6	
25	AlfarazesCasa	2520	9,00	30,6	0:04:56	280	246	12,1	179	36,1	96	65,7	43	84,6	
26	BentoMeniEscola	2250	9,45	28,6	0:04:43	238	200	16,0	151	36,6	85	64,3	40	83,2	
27	BesHospital	1540	7,98	27,2	0:03:24	193	167	13,5	103	46,6	61	68,4	28	85,5	
28	CamaraRotundaG	2160	7,97	25,5	0:05:05	271	229	15,5	152	43,9	86	68,3	37	86,3	
29	CasaCasaChaves	2040	9,36	27,1	0:04:31	218	192	11,9	140	35,8	76	65,1	32	85,3	
30	CasaChavesEscola	2960	9,80	32,9	0:05:23	302	273	9,6	204	32,5	112	62,9	50	83,4	
31	DornaPolicia	925	5,57	18,4	0:03:01	166	108	34,9	74	55,4	41	75,3	18	89,2	
32	EscolaCamara	3080	9,69	33,0	0:05:36	318	295	7,2	219	31,1	118	62,9	54	83,0	
33	HospitalVivaci	1620	8,35	29,4	0:03:18	194	167	13,9	119	38,7	66	66,0	29	85,1	
34	HotelTurismoAlfarazes	1730	9,72	33,9	0:03:04	178	166	6,7	126	29,2	69	61,2	30	83,1	
35	IPGBairroLuz	3530	12,74	33,5	0:06:19	277	256	7,6	218	21,3	117	57,8	57	79,4	
36	JardimDorna	1250	7,44	24,2	0:03:06	168	143	14,9	97	42,3	55	67,3	25	85,1	
37	ModeloJardim	3200	11,72	41,3	0:04:39	273	262	4,0	221	19,0	122	55,3	57	79,1	
38	PiscinasHotelTurismo	1770	8,55	29,7	0:03:35	207	179	13,5	137	33,8	73	64,7	31	85,0	
39	PoliciaPiscinas	2200	7,48	25,3	0:05:13	294	245	16,7	161	45,2	88	70,1	40	86,4	
40	RotundaGTaxis	1900	8,96	31,3	0:03:39	212	177	16,5	139	34,4	75	64,6	34	84,0	
41	SardinhaCgd	1260	6,96	23,4	0:03:14	181	136	24,9	94	48,1	51	71,8	23	87,3	
42	SMiguelIPG	4840	11,95	37,0	0:07:51	405	384	5,2	333	17,8	183	54,8	87	83,5	
43	TaxisSardinha	1900	9,05	30,8	0:03:43	210	184	12,4	137	34,8	74	64,8	35	83,3	
44	AlegriaTmg	1990	9,09	25,5	0:04:41	219	184	16,0	139	36,5	78	64,4	37	83,1	
45	CentralEstadio	1530	9,00	31,0	0:02:58	170	155	8,8	111	34,7	62	63,5	27	84,1	
46	EstadioJardim	1700	9,04	31,5	0:03:15	188	170	9,6	123	34,6	68	63,8	31	83,5	
47	EuroLatinaRitus	1160	7,79	23,1	0:03:01	149	127	14,8	79	47,0	45	69,8	20	86,6	
48	GoreteEuroLatina	1240	7,75	26,4	0:02:50	160	138	13,8	92	42,5	51	68,1	22	86,3	
49	JardimAlegria	2230	10,83	38,0	0:03:31	206	190	7,8	153	25,7	84	59,2	42	79,6	
50	JardimSraRemedios	1250	7,06	24,8	0:03:01	177	158	10,7	91	48,6	54	69,5	23	87,0	
51	LameirinhasJardim	1140	9,27	29,1	0:02:21	123	112	8,9	86	30,1	47	61,8	19	84,6	
52	LidlCasa	1980	8,08	24,4	0:04:52	245	214	12,7	149	39,2	82	66,5	34	86,1	
53	ParqueTmg	2310	9,06	28,9	0:04:48	255	227	11,0	166	34,9	92	63,9	41	83,9	
54	PiscinasGorete	2200	8,53	29,7	0:04:27	258	218	15,5	163	36,8	88	65,9	38	85,3	
55	RitusLidl	2250	8,15	11,5	0:11:46	276	228	17,4	152	44,9	82	70,3	35	87,3	
56	SraRemediosCentral	1590	8,88	29,7	0:03:13	179	156	12,8	113	36,9	63	64,8	26	85,5	
57	TmgLameirinhas	1400	9,33	32,2	0:02:36	150	136	9,3	104	30,7	56	62,7	24	84,0	
58	TmgPiscinas	3520	14,73	50,3	0:04:12	239	233	2,5	196	18,0	138	42,3	63	73,6	
59	AquariusCasa	1600	9,09	22,3	0:04:19	176	155	11,9	116	34,1	62	64,8	28	84,1	
60	PonteCasa	2220	10,33	31,1	0:04:17	215	189	12,1	157	27,0	84	60,9	39	81,9	

Nesta tabela apresentam-se os rastos utilizados no estudo de otimização do repositório de rastos de GPS e a redução conseguida em cada rasto depois de aplicadas as diferentes otimizações (5, 10, 20 e 50 metros).

Na primeira parte da tabela são dados algumas informações sobre cada um dos rastos, distância do percurso (metros), nº de pontos do rasto (Normal), a média de metros por cada ponto do rasto (Pontos/m), a velocidade média que foi utilizada no percurso (Velocidade Média) e a duração do percurso.

Do lado direito da tabela encontram-se as informações de otimização do rasto aplicando os diferentes critérios. Por cada otimização são registadas duas informações, o número de pontos com que esse rasto fica depois da otimização e a percentagem de redução conseguida.

## Anexo IX – Exemplo de tabela com análise do critério e)

Nº Rasto	Rasto Comparado	Proximidade	Rasto				Rasto5				Rasto10				Rasto20				Rasto50			
			Nº Rastos	seg.	%	% tempo	Nº Rastos	seg.	%	% tempo	Nº Rastos	seg.	%	% tempo	Nº Rastos	seg.	%	% tempo	Nº Rastos	seg.	%	% tempo
2	CabeleiraCasa	1000	8	4	8	3	0%	25%	8	2	0%	50%	7	1	13%	75%	7	1	13%	75%		
		500	3	4	3	3	0%	25%	3	2	0%	50%	3	1	0%	75%	3	1	0%	75%		
		300	2	4	2	3	0%	25%	2	2	0%	50%	2	1	0%	75%	1	1	50%	75%		
		100	1	4	1	3	0%	25%	1	2	0%	50%	1	1	0%	75%	1	1	0%	75%		
		50	1	4	1	3	0%	25%	1	2	0%	50%	1	1	0%	75%	1	1	0%	75%		
51	LameirinhasJardim	1000	19	3	19	2	0%	33%	19	2	0%	33%	19	1	0%	67%	19	1	0%	67%		
		500	5	3	5	2	0%	33%	5	2	0%	33%	5	1	0%	67%	6	1	-20%	67%		
		300	2	3	2	2	0%	33%	2	2	0%	33%	2	1	0%	67%	2	1	0%	67%		
		100	1	3	1	2	0%	33%	1	2	0%	33%	1	1	0%	67%	1	1	0%	67%		
		50	0	3	0	2	0%	33%	0	2	0%	33%	0	1	0%	67%	0	1	0%	67%		
40	RotundaGTaxis	1000	11	3	11	2	0%	33%	11	2	0%	33%	11	1	0%	67%	10	1	9%	67%		
		500	1	3	1	2	0%	33%	1	2	0%	33%	1	1	0%	67%	1	1	0%	67%		
		300	0	3	0	2	0%	33%	0	2	0%	33%	0	1	0%	67%	0	1	0%	67%		
		100	0	3	0	2	0%	33%	0	2	0%	33%	0	1	0%	67%	0	1	0%	67%		
		50	0	3	0	2	0%	33%	0	2	0%	33%	0	1	0%	67%	0	1	0%	67%		
32	EscolaCamara	1000	23	3	22	2	4%	33%	22	2	4%	33%	22	1	4%	67%	17	1	26%	67%		
		500	1	3	1	2	0%	33%	1	2	0%	33%	1	1	0%	67%	1	1	0%	67%		
		300	1	3	1	2	0%	33%	1	2	0%	33%	1	1	0%	67%	1	1	0%	67%		
		100	0	3	0	2	0%	33%	0	2	0%	33%	0	1	0%	67%	0	1	0%	67%		
		50	0	3	0	2	0%	33%	0	2	0%	33%	0	1	0%	67%	0	1	0%	67%		
17	CovipneusSardinha	1000	19	3	19	2	0%	33%	19	2	0%	33%	20	2	-5%	33%	20	1	-5%	67%		
		500	9	3	9	2	0%	33%	9	2	0%	33%	9	1	0%	67%	8	1	11%	67%		
		300	5	3	5	2	0%	33%	5	2	0%	33%	5	1	0%	67%	4	1	20%	67%		
		100	2	3	2	2	0%	33%	2	2	0%	33%	2	1	0%	67%	2	1	0%	67%		
		50	2	3	2	2	0%	33%	2	2	0%	33%	2	1	0%	67%	2	1	0%	67%		
41	SardinhaCgd	1000	53	4	53	3	0%	25%	53	2	0%	50%	53	1	0%	75%	53	1	0%	75%		
		500	33	4	33	3	0%	25%	32	2	3%	50%	32	1	3%	75%	29	1	12%	75%		
		300	5	4	5	3	0%	25%	5	2	0%	50%	5	1	0%	75%	5	1	0%	75%		
		100	0	4	0	3	0%	25%	0	2	0%	50%	0	1	0%	75%	0	1	0%	75%		
		50	0	4	0	3	0%	25%	0	2	0%	50%	0	1	0%	75%	0	1	0%	75%		
33	HospitalVivaci	1000	31	3	31	2	0%	33%	31	2	0%	33%	31	1	0%	67%	30	1	3%	67%		
		500	1	3	1	2	0%	33%	1	2	0%	33%	1	1	0%	67%	1	1	0%	67%		
		300	1	3	1	2	0%	33%	1	2	0%	33%	1	1	0%	67%	1	1	0%	67%		
		100	0	3	0	2	0%	33%	0	2	0%	33%	0	1	0%	67%	0	1	0%	67%		
		50	0	3	0	2	0%	33%	0	2	0%	33%	0	1	0%	67%	0	1	0%	67%		
14	CasaEscola	1000	26	4	26	3	0%	25%	25	3	4%	25%	24	2	8%	50%	24	1	8%	75%		
		500	4	4	4	3	0%	25%	4	3	0%	25%	4	2	0%	50%	4	1	0%	75%		
		300	3	4	3	3	0%	25%	3	3	0%	25%	3	2	0%	50%	3	1	0%	75%		
		100	1	4	1	3	0%	25%	1	3	0%	25%	1	2	0%	50%	1	1	0%	75%		
		50	0	4	0	3	0%	25%	0	3	0%	25%	0	2	0%	50%	0	1	0%	75%		
45	CentralEstadio	1000	21	4	21	3	0%	25%	21	3	0%	25%	21	2	0%	50%	24	1	-14%	75%		
		500	7	4	7	3	0%	25%	7	3	0%	25%	7	2	0%	50%	7	1	0%	75%		
		300	2	4	2	3	0%	25%	2	3	0%	25%	2	2	0%	50%	2	1	0%	75%		
		100	0	4	0	3	0%	25%	0	3	0%	25%	0	2	0%	50%	0	1	0%	75%		
		50	0	4	0	3	0%	25%	0	3	0%	25%	0	2	0%	50%	0	1	0%	75%		
31	DornaPolícia	1000	36	3	36	2	0%	33%	36	2	0%	33%	36	1	0%	67%	36	1	0%	67%		
		500	15	3	15	2	0%	33%	15	2	0%	33%	15	1	0%	67%	15	1	0%	67%		
		300	2	3	2	2	0%	33%	2	2	0%	33%	2	1	0%	67%	2	1	0%	67%		
		100	1	3	1	2	0%	33%	1	2	0%	33%	1	1	0%	67%	1	1	0%	67%		
		50	1	3	1	2	0%	33%	1	2	0%	33%	1	1	0%	67%	1	1	0%	67%		
20	0	3	0	2	0%	33%	0	2	0%	33%	1	1	0%	67%	1	1	0%	67%				
		Media					0,1%	30%			0,2%	35%			0,4%	64%			3,5%	70%		

Critério e) - Percurso incluído em outro percurso.

A tabela está organizada da seguinte forma:

- Nas colunas, além da identificação do rasto, encontram-se as diferentes otimizações realizadas (Rasto, Rasto5, Rasto10, Rasto20 e Rasto50).
- Em cada uma das otimizações apresentam-se quatro informações:
  - Nº Rastos – onde se pode consultar o nº de rastos semelhantes encontrados pelo algoritmo de comparação,
  - seg. – segundos que a aplicação demorou a devolver os resultados,
  - % - percentagem de redução no número de rastos encontrados,
  - % tempo – que representa a percentagem de redução no tempo de execução do algoritmo.
- Nas linhas aparecem os rastos e os diferentes factores de proximidade utilizados no estudo (1000, 500, 300, 100, 50 e 20 metros).

## Anexo X – Web Service registo e validação de utilizadores

```
Imports System.Web.Services
Imports System.Web.Services.Protocols
Imports System.ComponentModel
Imports System.Data
Imports System.Data.Odbc
Imports System.Data.SqlClient

<System.Web.Services.WebService (Namespace:="Webservice")> _
<System.Web.Services.WebServiceBinding (ConformsTo:=WsiProfiles.BasicProfile1_1)> _
<ToolboxItem(False)> _
Public Class Service1
    Inherits System.Web.Services.WebService

    <WebMethod (Description:="Validar os Usernames e passwords dos utilizadores")> _
    Public Function validar (ByVal Username As String, ByVal Password As String) As String
        ' Função que serve para validar os Usernames e passwords dos utilizadores
        Dim conexao As OdbcConnection
        Dim meudataset As New DataSet
        Dim adaptador As OdbcDataAdapter
        Dim sql As String
        Dim retorno As String
        Dim num As Integer
        Dim Login As String
        Dim Pass As String

        conexao = New OdbcConnection (ConfigurationManager.ConnectionStrings ("cs").ConnectionString)
        conexao.Open ()

        sql = "SELECT * FROM login where username =" & Username & ""
        adaptador = New OdbcDataAdapter (sql, conexao)
        adaptador.Fill (meudataset, "Login")
        num = meudataset.Tables ("Login").Rows.Count

        If num > 0 Then
            Login = meudataset.Tables ("Login").Rows (0).Item (0)
            Pass = meudataset.Tables ("Login").Rows (0).Item (1)
            If Login = Username And Pass = Password Then
                retorno = "Utilizador válido"
            Else
                retorno = "Password errada!"
            End If
        Else
            retorno = "O Utilizador não existe"
        End If
        Return retorno
        conexao.Close ()
    End Function

    <WebMethod (Description:="Inserir registo para um utilizador")> _
    Public Function inserir (ByVal Username As String, ByVal Password As String, ByVal Nome As String,
        ByVal Email As String) As String
        ' Função que serve para inserir um registo na tabela Login com os campos: Username, password,
        Nome e Email
        Dim conexao As New OdbcConnection
        Dim comando As OdbcCommand = New OdbcCommand
        Dim Retorno As String
        Dim estado As String

        conexao = New OdbcConnection (ConfigurationManager.ConnectionStrings ("cs").ConnectionString)
        conexao.Open ()

        estado = validar (Username, Password)
        comando.Connection = conexao
        comando.CommandText = "INSERT INTO login (Username, Password, Nome, Email) VALUES ('" &
        Username & "', '" & Password & "', '" & Nome & "', '" & Email & "')"

        If estado = "O Utilizador não existe" Then
            comando.ExecuteNonQuery ()
            conexao.Dispose ()
            conexao.Close ()
            Retorno = "O Utilizador criado"
        Else
            Retorno = "O Utilizador já existe"
        End If

        Return Retorno
    End Function
End Class
```

```
End Function

<WebMethod(Description:="Mostrar Usernames e passwords dos utilizadores")> _
Public Function mostra() As DataSet
    Dim conexao As New OdbcConnection
    Dim meudataset As New DataSet
    Dim adaptador As OdbcDataAdapter
    Dim sql As String
    Dim num, i As Integer

    conexao = New OdbcConnection(ConfigurationManager.ConnectionStrings("cs").ConnectionString)
    conexao.Open()
    sql = "SELECT * FROM Login"
    adaptador = New OdbcDataAdapter(sql, conexao)
    adaptador.Fill(meudataset, "Login")
    num = meudataset.Tables("Login").Rows.Count

    For i = 0 To num - 1
        MsgBox("Registo: " & meudataset.Tables("Login").Rows(i).Item(0) & " - " &
meudataset.Tables("Login").Rows(i).Item(1))
    Next i
    conexao.Close()
    Return meudataset
End Function

<WebMethod(Description:="Eliminar registo de um utilizador")> _
Public Function Eliminar(ByVal Username As String, ByVal Password As String) As String
    Dim conexao As New OdbcConnection
    Dim comando As OdbcCommand = New OdbcCommand
    Dim Retorno As String
    Dim estado As String

    conexao = New OdbcConnection(ConfigurationManager.ConnectionStrings("cs").ConnectionString)
    conexao.Open()

    ' validar utilizador e estado = ao retorno de VALIDAR
    estado = validar(Username, Password)
    comando.CommandText = "DELETE FROM login where Username =" & Username & ""
    comando.Connection = conexao
    If estado = "Utilizador válido" Then
        comando.ExecuteNonQuery()
        conexao.Close()
        Retorno = "O Utilizador foi eliminado"
    Else
        Retorno = estado
    End If
    Return Retorno
End Function
End Class
```