Parametrização e Implementação de um Software de Gestão de Rotas na MedLog

Hugo João Sampaio Pereira Ribeiro

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Alcibíades Paulo Guedes

Orientador na MedLog: Eng.ª Raquel Miranda

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2010-07-05

Resumo

O principal objectivo deste projecto é identificar as mais valias resultantes da utilização de um software de gestão de rotas numa empresa de transporte de mercadorias. Procura-se encontrar a melhor forma de utilizar esta ferramenta de apoio à decisão nos diferentes níveis de planeamento da cadeia de distribuição. A exigência do mercado de distribuição de produtos de saúde motiva a necessidade de uma nova abordagem a esta problemática.

Compreender as particularidades dos diferentes tipos de serviço prestado pela empresa foi o primeiro passo para poder encarar o problema. Com esse propósito, foi analisada informação que pudesse descrever a situação vivida pela empresa no início deste projecto. Deste modo, identificaram-se as principais deficiências do método utilizado na criação e gestão de rotas de distribuição. Paralelamente foi feito um estudo às potencialidades do programa de modo a identificar as questões que poderia ajudar a solucionar. Com o intuito de alargar o âmbito dos trabalhos aos diferentes níveis de planeamento, definiu-se um conjunto de clientes inseridos nas respectivas rotas e estudou-se a melhor forma de as reformular.

Atendento às rígidas restrições de entrega, relacionadas com horários de fornecimento e nível de serviço prestado, desenvolveu-se um modelo que procura uma melhor solução dentro destas condições. No entanto, com o propósito de testar as potencialidades do software, definiu-se também um cenário em que os horários de entrega pudessem ser renegociados. Nessas circunstâncias, foram recolhidos os resultados das duas abordagens.

O estudo levado a cabo neste projecto comprova que a maior limitação para uma empresa de distribuição capilar reside nas janelas de entrega impostas pelos clientes. O processo de reformulação de rotas deve ser multi departamental uma vez que influí directamente no nível de serviço prestado. Relativamente às capacidades do software de gestão de rotas analisado, concluiu-se que revela insuficiencias para responder aos diferentes níveis de planeamento que distribuição em causa exige. Ainda assim, a utilização desta ferramenta complementada por técnicas aplicadas ao planeamento logístico representam passos seguros para um melhor balanceamento estratégico do nível de serviço.

Parameterization and Implementation of a Vehicle Routing and Scheduling Software

Abstract

The main objective of this project is to identify the gains from the use of a vehicle routing and scheduling software in a freight company. It is tried to find the best way to use this tool for decision support at different levels of planning in the distribution chain. The demand of the distribution of health products' market motivates the need for a new approach to this issue.

Understanding the particularities of different types of service provided by the company was the first step to face the problem. For this purpose, information describing the situation experienced by the company at the beginning of this project was analyzed. Thus, the main shortcomings of the method used in the creation and management of distribution routes were identified. A study of the capabilities of the program was done in parallel, in order to identify the issues that it could help solve. With the aim of extending the scope of the project to different levels of planning, a set of customers included in the company's routes was chosen and the best way to reformulate their planning was studied.

Attending the strict restrictions related to delivery schedules and service level, a model that seeks a better solution in these conditions was developed. However, in order to test the software capabilities, it was also defined a scenario in which the delivery times could be renegotiated. In such circumstances, the results from the two approaches were collected.

The study carried out in this project demonstrates that the greatest limitation to a capillary distribution company resides in the delivery time windows imposed by customers. The process of restructuring the routes should be multi departmental given the direct impact on the level of service. Regarding the capabilities of the software analyzed, it was concluded that it reveals inadequacies to meet the different levels of planning required by this kind of distribution. However, the use of this tool complemented by logistical planning techniques represents secure steps to a better balance of the strategic level of service.

Agradecimentos

À MedLog SGPS S.A., pela formação proporcionada e confiança depositada durante a realização deste projecto.

À Engenheira Raquel Miranda, pela disponibilidade e acompanhamento em todas as fases do projecto.

Ao Professor Alcibíades Paulo Guedes, pelo acompanhamento prestado e pela sua enriquecedora contribuição pela vasta experiência na área.

Ao Engenheiro Daniel Marques, pelos conhecimentos transmitidos, essenciais para a integração na empresa.

À Engenheira Liliana Alves, pelos conhecimentos transmitidos e por garantir todas as condições para a realização do projecto.

A toda a equipa de Distribuição na MedLog pela participação activa nos trabalhos e por toda a informação transmitida, contribuindo desse modo para um rápido conhecimento dos processos.

À Andreia, por todo o apoio incondicional, por me acalmar em alturas de maior aperto e me motivar em momentos de cansaço.

À minha família, pelo apoio e por me proporicionar todas as condições para realizar o meu trabalho ao longo do Mestrado Integrado.

A todos os que, embora aqui não mencionados, de forma directa ou indirecta contribuiram para o sucesso do meu percurso.

Índice de Conteúdos

1 Introdução 1
1.1 Âmbito do Projecto 1
1.2 Objectivos 1
1.3 Metodologia adoptada 1
1.4 A Empresa 2
1.4.1 O Grupo MedLog SGPS SA 2
1.4.2 O Mercado 3
1.4.3 A Dismed – Transporte de Mercadorias SA 4
1.5 Temas Abordados e Organização do Presente Relatório 5
2 Logística e Gestão da Distribuição 6
2.1 Logística e Distribuição – Evolução de Conceitos de Tendências 6
2.2 Distribuição Farmacêutica em Portugal 7
2.3 Planeamento de distribuição 8
2.4 Problema da Definição de Rotas com Janelas de Entrega (VRPTW) 9
2.5 O que é um CVRS – *Computer Vehicle Routing Scheduling* 10
2.6 Evolução dos Sistemas 13
2.7 Dificuldade na implementação 14
2.8 Criação de Clusters na Distribuição 15
3 A Distribuição na Dismed – Transporte de Mercadorias SA 16
3.1 O Estado Actual da Distribuição 16
3.2 Como são geridas as rotas 19
3.3 O Optimizador de Rotas – TOURSOLVER 20
3.3.1 Clientes 22
3.3.2 Viaturas 22
3.3.3 Parâmetros comuns 23
3.4 O SIG Integrado – MAPPOINT 24
3.5 O processo de optimização 25
4 Definição do Protótipo e Metodologia Implementada 28
4.1 A definição do protótipo 28
4.2 Metodologia Utilizada 30
4.3 Avaliação das Rotas Actuais 30
4.4 Reformulação Condicionada 31
4.5 Reformulação Livre 37
5 Resultados da implementação 38
5.1 Avaliação das Rotas Actuais 38
5.2 Redefinição Condicionada 39
5.3 Reformulação Livre 40
5.4 Resumo Comparativo 41
5.5 Discussão de Resultados 43
6 Conclusões e Perspectivas de Trabalho Futuro 45
7 Referências 48

ANEXO A: Constituição da Rota 1 – Gaia Interior 50

ANEXO B: Mapa de Distribuição Relativo à Rota 1 - Gaia Interior 51

ANEXO C: Menus de Optimização do TOURSOLVER 52

ANEXO D: Resultado da Rota 50 55

Índice de Figuras

Figura 1.1: Cronograma da MedLog 2
Figura 1.2: Plataformas Logísticas 3
Figura 1.3: VN Nacional por Regiões 3
Figura 1.4: Evolução d quota de mercado nacional do Grupo MedLog 4
Figura 1.5: Serviços prestados pela Dismed 5
Figura 2.1: Posicionamento Transversal da Logística 7
Figura 2.2: Composição do Mercado de Distribuição Farmacêutica em Portugal 7
Figura 2.3: Níveis de Planeamento da Distribuição 8
Figura 2.4: Ilustração de um modelo VRPTW 9
Figura 2.5: Estratégia de solução em sistemas correntes de CVRS 11
Figura 2.6: Heurística da Poupança de Clarke & Wright 12
Figura 3.1: Volume de Actividade Por Armazém 16
Figura 3.2: Representação das plataformas MedLog 17
Figura 3.3: Diferentes Níveis na Gestão de Rotas 20
Figura 3.4: Cartografia MAPPOINT 24
Figura 3.5: Grafismo do SIG MAPPOINT 25
Figura 3.6: Menu de Optimização do TOURSOLVER 26
Figura 4.1: Volume de actividade nos vários períodos do dia 28
Figura 4.2: Representação geográfica do protótipo analisado 29
Figura 4.3: Constituição típica de uma rota 31
Figura 4.4: Descrição do Processo de Reformulação de Rotas Condicionada 33
Figura 4.5: Criação de Clusters 33
Figura 4.6: Definição das zonas de distribuição 34
Figura 4.7: Localização inicial dos clientes prioritários na zona de Gaia 35
Figura 4.8: Criação de clusters prioritários na zona de Gaia 35
Figura 4.9: Composição final das rotas da zona de Gaia 36
Figura 4.10: Clusters de Distribuição com reformulação livre 37
Figura 5.1: Poupança em distância percorrida 41
Figura 5.2: Poupança em tempo de viagem 41
Figura 5.3: Poupança em Viaturas 42
Figura 5.5: Tempo de Viagem Médio por Viatura 42
Figura 5.4: Distância Média por Viatura 42

Figura 5.6: Amplitude dos Tempos de Viagem 43
Figura 5.7: Amplitude das Distâncias 43
Figura 6.1: Capacidades do TOURSOLVER 45

Índice de Tabelas

Tabela 1: Lançamento dos Principais CVRS 13
Tabela 2: Planeamento diário de entregas 18
Tabela 3: Caracterização das zonas de distribuição 34
Tabela 4: Resultados da Avaliação das Rotas Actuais 38
Tabela 5: Resultado da Reformulação Condicionada de Rotas 39
Tabela 6: Resultados da reformulação livre 40
Tabela 7: Quadro Resumo dos Resultados 41

1 Introdução

1.1 Âmbito do Projecto

A presente tese está englobada da unidade curricular de Projecto de Dissertação em Empresa, que é desenvolvida no âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão. Ao abrigo do protocolo assinado entre a MedLog SGPS S.A. e a FEUP, o projecto teve a duração de 4 meses e meio e foi realizado integralmente nas instalações da empresa, em Gondomar.

O estudo levado a cabo visou analisar os diferentes níveis de planeamento da cadeia de transportes do grupo.

1.2 Objectivos

A motivação deste trabalho é o estudo do planeamento da distribuição nas empresas do grupo MedLog. O aumento do volume de actividade e o alargamento das áreas de negócio acarretam um elevado grau de exigência a quem quer manter um serviço de excelência.

Consciente desta nova realidade, a empresa aposta forte na melhoria dos processos actualmente implementados na distribuição. A aquisição de um software de gestão de rotas é prova disso mesmo. A finalidade do projecto passa por avaliar as potencialidades e mais-valias desse mesmo software no contexto de distribuição do grupo.

É possível dividir este projecto em três fases, tendo cada uma delas objectivos claros a cumprir. Sendo este um factor novo na actividade da empresa, a primeira fase do projecto é aprender a lidar com todas as questões de funcionamento do programa. Só conhecendo as potencialidades do sistema de apoio à decisão em causa é que é possível perceber em que fases do planeamento da rede de distribuição e de que forma pode funcionar com utilidade. Por fim, testar a implementação de resultados extraídos do software é fundamental para validar a qualidade dos mesmos.

1.3 Metodologia adoptada

Por se tratar de um projecto com o objectivo de reformular o planeamento da rede de distribuição da Dismed, a parte inicial do mesmo foi reservada a um estudo cuidado do estado actual. Este período de análise de processos e particularidades operacionais foi fundamental para que fosse possível nas fases seguintes do projecto ter consciência das necessidades exigidas Assim, era importante perceber a exigência do mercado em causa e de que modo estava a empresa preparada para dar resposta a esta problemática, tendo em conta os seus objectivos. Por outro lado, interessava conhecer como se encontrava a empresa nos domínios da organização planeamento e controlo das suas actividades de distribuição.

Uma vez que a aquisição do software de gestão de rotas consistiu numa novidade para a empresa, foi necessário aprender a utilizá-lo. Num período inicial do projecto, decorreu uma fase de formação levada a cabo pelos fornecedores da ferramenta. Assim, paralelamente ao levantamento do estado actual, foram sendo realizados testes ao programa, de modo a conhecer as suas capacidades e limitações. Nestas simulações foram testadas todas as opções existentes na ferramenta, e analisados os seus resultados.

O passo seguinte passou por analisar de que forma pode este sistema de apoio à decisão ser útil à Dismed no planeamento das suas actividades. Perceber de que modo deve o programa ser utilizado, em que nível ou níveis de planeamento deve ser incluído, foram algumas das questões alvo de análise. Tendo em conta o trinómio "potencialidades do software", "exigência do mercado" e um estudo cuidado das "técnicas utilizadas em planeamento de distribuição", construi-se a base do modelo a implementar.

De modo a dotar o trabalho de uma componente prática interessante, definiu-se um protótipo a implementar. Nesta decisão foi envolvida a equipa de distribuição que teve um papel fundamental no desenrolar dos trabalhos. No estudo realizado a este grupo de clientes, começou-se por avaliar o comportamento das rotas actualmente em vigor. Numa fase posterior, montaram-se cenários de melhoria tendo em conta factores como condicionalismos deste tipo de serviço e potencialidades do software em estudo.

1.4 A Empresa

1.4.1 O Grupo MedLog SGPS SA

Em 1975, um grupo de proprietários de farmácias do Norte sentiu necessidade de advogar conjuntamente os interesses da profissão e do sector, nomeadamente ao nível do aprovisionamento. Foi esta a força impulsionadora para a criação da Cooprofar – Cooperativa de Proprietários de Farmácias – que desde então se dedica à distribuição de produtos farmacêuticos. Mantendo uma postura empreendedora, e com o intuito de alargar o seu portfólio de actividades, surge em 1999 a Mercafar, empresa vocacionada para a distribuição, promoção e representação de produtos de saúde. Regendo-se desde sempre por rigor e competência no trabalho, as duas organizações viram o seu Sistema de Gestão da Qualidade certificado pela APCER, norma ISSO 9001/2000, dois anos mais tarde. Mais recentemente, já no ano de 2008, foi criada a MedLog SGPS SA, tentando agregar na mesma entidade diferentes áreas de negócio e deste modo aproveitar as sinergias daí decorrentes. Esse terá sido de resto um ano de grandes mudanças, uma vez que da empresarialização surgiram ainda as empresas Dismed – Transporte de Mercadorias SA, Farvision e LHS.

O cronograma que se segue complementa a informação com alguns dos principais destaques na história do grupo MedLog.

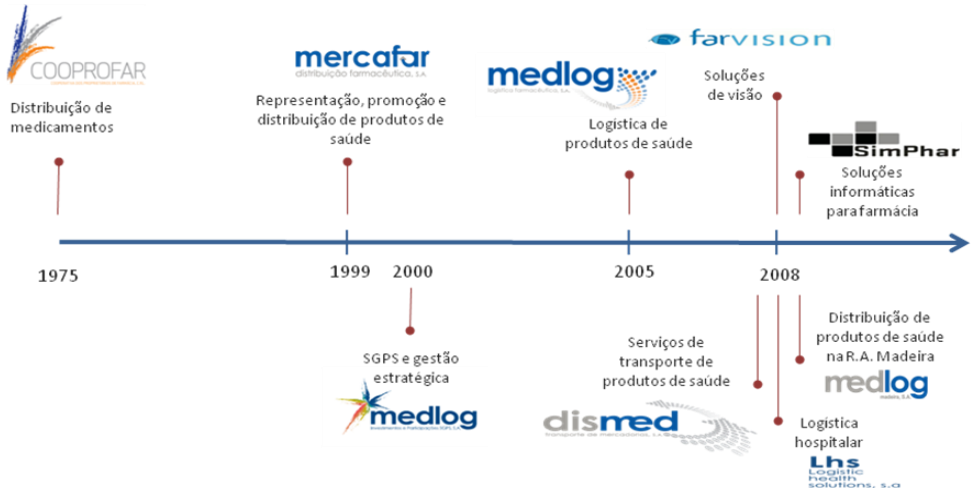


Figura 1.1: Cronograma da MedLog

Fonte: [MedLog 2010]

1.4.2 O Mercado

De origem nortenha, foi nesta região do território nacional que o grupo MedLog se afirmou inicialmente. Durante muitos anos, a presença das regiões centro e sul do país era praticamente nula. No entanto, esta situação tem vindo a alterar-se, tendo-se tornado um player nacional efectivo. Prova disso mesmo constituem as aberturas de plataformas logísticas em Macedo de Cavaleiros, Guarda, Aveiro e, mais recentemente, em Alcochete.

Figura 1.2: Plataformas Logísticas
Fonte: [MedLog 2010]

Como consequência deste novo posicionamento no mercado nacional, o peso relativo do volume de negócio por zona geográfica foi sendo progressivamente mais distribuído. Inicialmente, a contribuição do mercado do norte era esmagadora. O gráfico seguinte ilustra de forma clara esta situação.

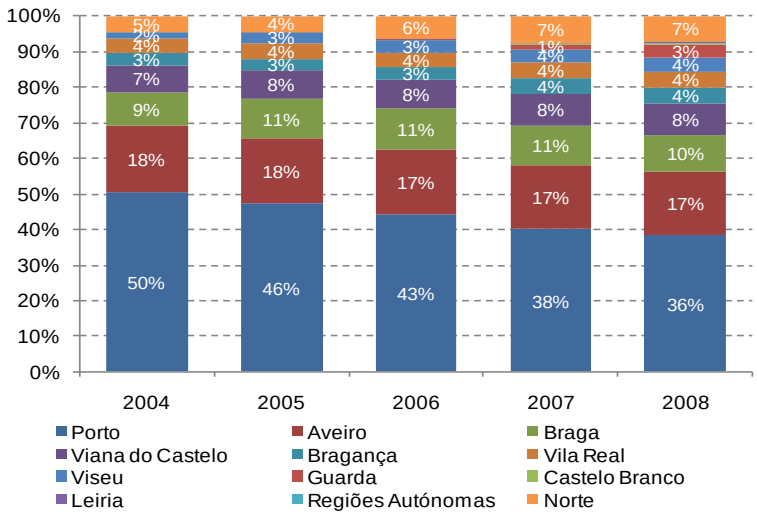


Figura 1.3: VN Nacional por Regiões
Fonte: [MedLog 2010]

O crescimento orgânico e conquista de novos mercados permitiu aumentar significativamente e de forma sustentada quota de mercado nos últimos anos, atingindo em 2009 os 10,2%.

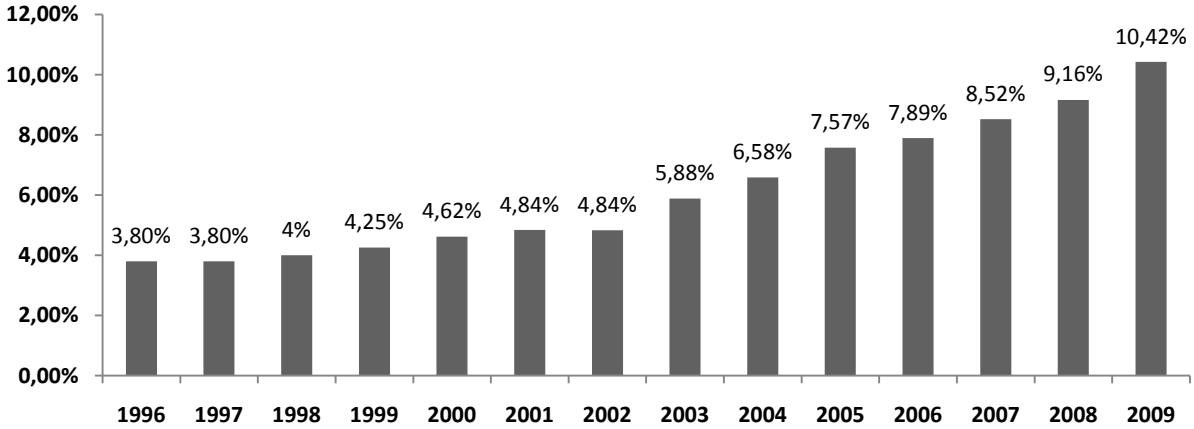


Figura 1.4: Evolução d quota de mercado nacional do Grupo MedLog

Fonte: [MedLog 2010]

A figura 1.4 descreve o crescimento da quota de mercado nacional que o Grupo MedLog tem tido mais recentemente. De notar que desde 1996 esse valor nunca sofreu uma descida no ano seguinte e, por outro lado, desde 2003 que o crescimento tem sido mais acentuado.

1.4.3 A Dismed – Transporte de Mercadorias SA

Uma vez que o âmbito do projecto se insere na gestão da cadeia de transportes do grupo, achou-se por bem, nesta fase introdutória do relatório, reservar um espaço para conhecer melhor a empresa responsável por esse serviço.

O processo de empresarialização que resultou da evolução da Cooprofar deu origem à criação de várias empresas, como foi descrito no capítulo anterior. Este novo modelo de gestão teve como objectivo dotar o grupo de maior competitividade, procurando especializar-se em cada uma das diferentes áreas de negócio.

Fundada em 2008, a Dismed foi criada com o objectivo de assegurar as operações de distribuição às empresas do grupo MedLog. Embora este tenha sido o propósito inicial, a empresa rapidamente alargou o âmbito das suas actividades, atraindo o interesse de clientes externos. Nos dias de hoje, a Dismed não efectua apenas entregas de produtos em farmácias, estando envolvida noutras áreas de saúde. São três os diferentes servidos prestados pela Dismed.

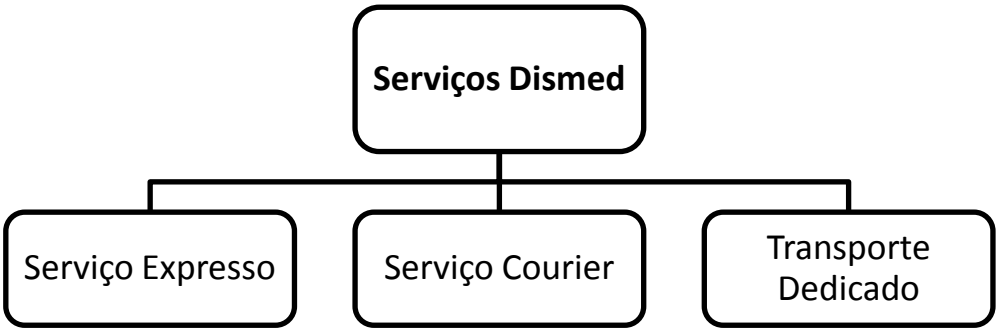


Figura 1.5: Serviços prestados pela Dismed

No capítulo 3, reservado à análise ao estado actual da distribuição na Dismed, é explicado em que consistem estes serviços.

1.5 Temas Abordados e Organização do Presente Relatório

O relatório é composto por 7 capítulos e 4 anexos. O primeiro capítulo é introdutório. É feito um enquadramento do âmbito do projecto, os principais objectivos e a metodologia levada a cabo para os atingir. Inclui-se ainda neste ponto do relatório uma apresentação à empresa onde decorreu o projecto.

No 2º capítulo são abordados as temáticas do planeamento de cadeias de transporte e sistemas de apoio à decisão ao mesmo, incluindo ainda uma revisão bibliográfica dos temas em causa. É feito um estudo sobre as ferramentas de apoio à decisão existentes no mercado, as suas características e dificuldades de implementação. O caso de estudo é explicado de forma completa no capítulo 3, onde é analisada a problemática da distribuição no grupo MedLog. No 4º capítulo é apresentado em pormenor o protótipo desenvolvido. Apresenta-se também de forma detalhada o trabalho desenvolvido e as metodologias seguidas. Os resultados e respectiva discussão, são apresentados no capítulo 5.No 6º capítulo são apresentadas as conclusões do projecto assim como orientações futuras. Por fim, o capítulo 7 é destinado às Referências.

O Anexo A apresenta a constituição de uma Rota. No Anexo B, está presente um mapa de distribuição dessa mesma Rota. Os menus de optimização da ferramenta alvo neste estudo são expostos no Anexo C. Por fim, no Anexo D, apresenta-se um exemplo do resultado da optimização de uma das Rotas.

2 Logística e Gestão da Distribuição

A essência da Logística é a criação de valor a todas as entidades envolvidas num negócio, sendo expresso em termos de tempo e lugar. Os produtos e serviços não têm valor a não ser que estejam em posse do cliente no tempo certo e no local certo. (Ballou, 1999)

Com a era da globalização e a introdução da filosofia de Gestão da Cadeia de Abastecimento (SCM), os clientes têm-se tornado cada vez mais exigentes no que diz respeito à qualidade e prazos de entrega e qualidade do serviço, gerando uma competitividade crescente e uma busca por serviços cada vez mais personalizados que, para as empresas de distribuição de produtos, tem se tornado um factor cada vez mais importante na obtenção de vantagem competitiva e conquista de fatias cada vez maiores do mercado (Filho & Melo, 2001).

Por outro lado, dada a crescente competitividade nestes mercados e a importância dos custos para os operadores logísticos, uma organização que queria obter performances operacionais e financeiras sustentáveis, não tem outra alternativa que não seja alinhar as suas estratégias, recursos culturais e estilo de liderança com os seus clientes. Esta é a única via para tentar ultrapassar o velho paradigma de que a satisfação do cliente é directamente proporcional ao custo dispendido nas operações logísticas (Gattorna & Christopher, 2004).

2.1 Logística e Distribuição – Evolução de Conceitos de Tendências

Logística é algo presente na vida do Homem desde que este se conhece. Inicialmente em tarefas muito básicas e essencialmente reservada a fluxo de materiais e armazenamento. Essas manifestações foram ganhando contornos mais complexos à medida que se impôs a necessidade se organizar, criando condições para uma vida em sociedade. Foram vários os acontecimentos impulsionadores do pensamento logístico ao longo da história, com destaque para a da II Guerra Mundial, em que a distribuição de armas, máquinas e suprimentos para as tropas assim o exigiam. (Carvalho & Oliveira, 2007)

A necessidade de diminuir custos, procurando localizações vantajosas em termos de matéria-prima e de mão-de-obra, e de aumentar receitas, alargando o mercado, foi provocando a progressiva especialização das empresas, facilitada pela celebração de acordos internacionais. A globalização resultante criou desafios logísticos de monta, relativos a tempos de fluxo e a custos de armazenamento e transporte. (Ballou, 1999)

Conscientes da importância da Logística, as organizações passaram a vê-la como factor de mudança organizacional. A definição de objectivos por função gera custos totais mais elevados. Por outro lado, uma organização assente em silos funcionais, impede a gestão dos elementos logísticos como um sistema único, com o objectivo de reduzir o custo global e satisfazer os requisitos do serviço. Foi neste contexto que surgiu o conceito de Logística Integrada como a adopção de políticas que, embora não sendo óptimos do ponto de vista de um só departamento, o são enquanto perspectiva integrada da empresa. Sendo um conceito simples, esta mudança organizacional envolve relações *trade-off* entre as várias áreas funcionais da empresa que, em alguns casos, geram conflitos difíceis de gerir. (Guedes, 2000).

Figura 2.1: Posicionamento Transversal da Logística

Nos dias de hoje a Logística desempenha um papel transversal aos diferentes departamentos de uma organização. Partilha interfaces e responsabilidades com todas elas no sentido da criação de valor acrescentado. A Logística é fundamental na rapidez de resposta e na personalização do bem transaccionado, aspectos aos quais o cliente é cada vez mais sensível, ajudando a incrementar as vendas.

2.2 Distribuição Farmacêutica em Portugal

O mercado da distribuição farmacêutica em Portugal começou a ganhar contornos estruturas e económicos consideráveis no início do século XX. Inicialmente eram as próprias farmácias que se encarregavam da gestão da cadeia de abastecimento. No entanto, factos como o aparecimento de novas especialidades farmacêuticas e o alargamento da segurança social a toda a população propiciavam um aumento massivo do consumo de produtos farmacêuticos.

Por outro lado, na perspectiva do proprietário da farmácia, tornou-se imperativo estar perto de um armazenista que permitisse dar resposta em tempo útil ao alargamento de procura verificado. Foi neste contexto socioeconómico que a importância estratégica da gestão da actividade grossista na indústria farmacêutica se cimentou. Inicialmente foram surgindo cooperativas de proprietários de farmácias, seguindo-se depois o aparecimento de empresas armazenistas de capital alheio às farmácias. Actualmente, o mercado nacional de distribuição farmacêutica encontra-se repartido da seguinte forma:

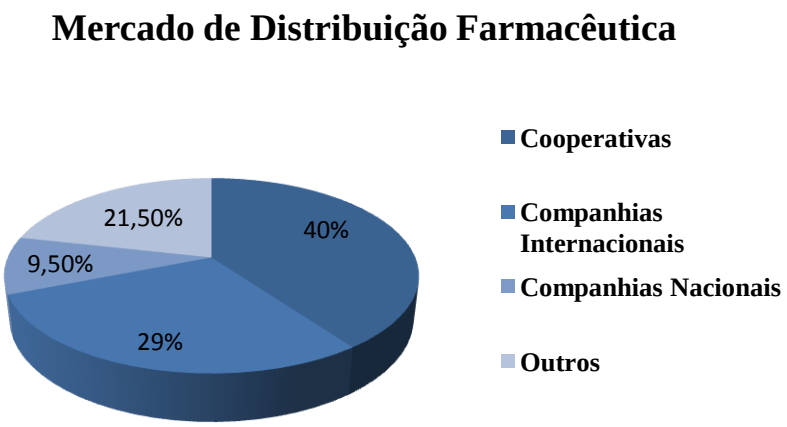


Figura 2.2: Composição do Mercado de Distribuição Farmacêutica em Portugal

Fonte: Ordem dos Farmacêuticos

O clima de grande competitividade em que o mercado se desenvolveu permitiu que o mercado português de cobertura farmacêutica se tornasse um dos melhores a nível europeu. Assim, os desafios futuros aos intervenientes no fornecimento destes produtos às populações passam pela aposta na inovação permanente, quer ao nível tecnológico quer ao nível da prestação de serviços. (Ordem dos Farmacêuticos, 2010).

2.3 Planeamento de distribuição

Num mercado em que a competitividade não pára de aumentar, não resta alternativa a quem nele se quiser impor que não passe pela inovação e rigor procurando sempre novas fontes de vantagens competitivas. Essas fontes podem ter origem numa capacidade de proporcionar um serviço diferenciado do da concorrência, ou um nível de organização que permita operar com custos mais reduzidos.

A gestão de transportes é parte essencial de um sistema logístico, sendo responsável pelos fluxos de matéria entre os elos da cadeia. Por outro lado, representa uma fatia considerável dos custos, contribuindo decisivamente para os resultados globais. Boas práticas de gestão neste sector podem garantir melhores margens para a empresa pela redução de custos e uso mais racional dos activos. O aumento da eficiência operacional permite por seu turno proporcionar ao cliente um melhor serviço. No contexto do planeamento da distribuição, é possível destacar três níveis de tomada de decisão, de acordo com o respectivo horizonte temporal. (Rushton & Croucher, 2000)

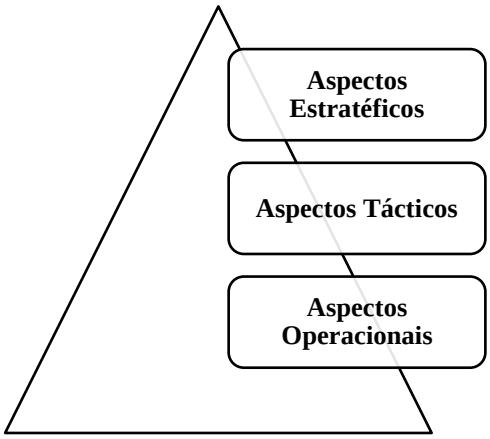


Figura 2.3: Níveis de Planeamento da Distribuição

As decisões a longo prazo, como definição de planos e políticas de base para a actividade da empresa, são tomadas ao nível do *planeamento estratégico*. A escolha da localização dos armazéns e centros de distribuição e estudos sobre o tipo de frota mais adequada são outras escolhas englobadas neste degrau de decisão. No fundo, este conjunto de decisões afectam as relações da empresa com o exterior. Quando se trabalha numa perspectiva mais imediata, pondo em prática a estratégia já delineada, opera-se ao *nível táctico*. Actividades como criação de rotas, estabelecimento de regras e procedimentos de distribuição, análise de resultados mensais, fazem também parte deste nível de planeamento. O *planeamento operacional* é composto por acções levadas a cabo diariamente. Habitualmente, actuar neste nível de planeamento era sinónimo de realizar tarefas vulgarmente conhecidas como “apagar fogos”. Contudo, dada a evolução dos sistemas de apoio à decisão e os próprios conceitos de planeamento, nos dias de hoje, esta acção é bem mais disciplinada. (Gattorna J. L., 1990).

No entanto, tem vindo a ser demonstrado comprovado que um planeamento de qualidade indiscutível não é, por si só, garantia de uma performance condizente. É necessária uma complementaridade com a capacidade de tomar e implementar decisões sofisticadas em tempo real, de modo a suprir situações não planeadas. Neste contexto, muito têm contribuído os desenvolvimentos nas ferramentas de apoio à decisão em logística (Giaglis *Et Al*, 2004).

2.4 Problema da Definição de Rotas com Janelas de Entrega (VRPTW)

O mercado da distribuição de produtos farmacêuticos é muito exigente nas condições que impõe. São fortes as pressões dos clientes no sentido de verem cumpridas as janelas de entrega previstas, que em grande parte dos casos são muito curtas.

A este tipo de problemas chama-se *VRPTW - Vehicle Routing Problem with Time Windows*. Podem ser representados por um problema teórico de grafos com $G = (V, A)$, em que $V = V_n \cup \{v_0\}$ representa os vértices e A os arcos que estabelecem ligação entre os vértices. Para os clientes são definidos por $V_n = \{v_i \in V | i = 1,2, \dots, n\}$ e para o armazém como v_0 (ver figura 2.4). Cada vértice $v_i \in V$ tem uma procura associada q_i, um tempo dispendido no seu serviço s_i, e uma janela de entrega definida por $[e_i, l_i]$ e um par de coordenadas geográficas $[x_i, y_i]$. Com base na localização de cada ponto, são calculadas as distâncias d_{ij} para todas as ligações entre os vértices v_i e v_j e o respectivo tempo de viagem t_{ij}. A condição para que seja criado um arco e, desse modo, o cliente em causa possa ser visitado é descrito por $A = \{(v_i, v_j) | v_i, v_j \in V \wedge t_{0i} + s_i + t_{ij} \leq l_j\}$. Caso esta condição não seja garantida, não é estabelecida ligação e o cliente não é visitado. Se por outro lado, dadas as restrições a viatura chegar ao clientes v_i antes do limite da sua janela de entrega l_i ocorre um tempo de espera w_i. Quando todos os arcos possíveis estiverem estabelecidos, a constituição da rota resulta da sequência de visitas estabelecida. O tempo total da rota é definido por $T_r = \sum t_{ij} + \sum s_i + \sum w_i$. (Sobh & Vacic, 2002)

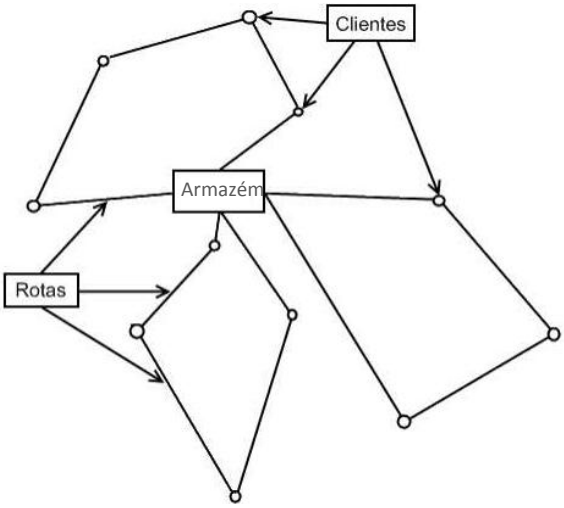


Figura 2.4: Ilustração de um modelo VRPTW

Na resolução destes problemas admite-se que cada cliente é visitado uma e uma só vez. O objectivo passa por minimizar o número de veículos necessários para garantir esse serviço, bem como a distância total percorrida e o tempo sem violar as restrições de capacidade dos veículos e as janelas de entrega estabelecidas.

Um estudo realizado por Walker (1990), revela o impacto que as pressões feitas por clientes podem ter nos custos da distribuição. Nessa investigação recorreu-se à mesma instância para comprovar a diferença existente entre um planeamento tendo em conta restrições de tempo de entrega e um planeamento "livre". As simulações foram realizadas pelo software PARAGON e revelaram que a inclusão das condições de entregas exigidas pelos clientes representava um custo adicional de 25% do custo total da operação. Ainda assim, o autor alerta para o facto de as condições em causa não serem muito exigentes, razão pela qual o impacto destas restrições poder ser consideravelmente superior noutros casos.

2.5 O que é um CVRS – *Computer Vehicle Routing Scheduling*

Como se depreende pelo nome, um optimizador tem como função encontrar um óptimo de uma função objectivo que contemple as variáveis de um problema de distribuição. O propósito da utilização destas ferramentas é auxiliar no planeamento da distribuição. Em sistemas cuja complexidade é considerável, torna-se muito complicado por técnicas manuais conseguir avaliar todas as possibilidades e incluir todas as restrições no estabelecimento de rotas e programação de entregas. (Rushton & Croucher, 2000)

Algumas ferramentas de apoio à decisão são especialmente concebidas para serem utilizadas especificamente a um nível de planeamento. No entanto, recentemente têm sido desenvolvidos programas que, devido ao facto de apresentarem novas funcionalidades, podem ser utilizados nos diferentes aspectos.

Genericamente, o objectivo dos CVRS é optimizar a utilização de recursos, atingindo a melhor relação possível entre nível de serviço prestado e custo necessário na sua implementação. No entanto, é preciso ter em conta que as soluções obtidas recorrendo a estas ferramentas não são soluções óptimas. Os resultados traduzem a melhor solução possível dados o conjunto de restrições e procuras.

Naturalmente que para quem é responsável pelo planeamento dos transportes, os CVRS representam uma grande ajuda, na medida em que é possível atender a um nível de detalhe bastante superior quando comparado com métodos totalmente manuais. O tempo de cálculo é incomparavelmente menor e o número de alternativas investigadas também o é.

No mercado actual, a oferta deste tipo de ferramentas de apoio à decisão é já considerável. É frequente o lançamento de novos packages e, os existentes, não querendo perder quota de mercado, lançam actualizações constantes. Os procedimentos utilizados por cada um deles variam em função do tipo de planeamento que se pretende. No entanto, é possível traçar em linhas gerais as bases da actuação de cada um deles.

Tudo começa na recolha de informação necessária. Informação relativa a clientes, como a localização exacta, quantidade exigida, restrições de acesso ou janela temporal de entrega. Do mesmo modo, também é necessário fornecer informação sobre o armazém onde se encontram as viaturas, as suas capacidades, tempos de trabalho, restrições legais, etc. Tendo por base esta informação, o programa começa por calcular para cada ponto de entraga, a distância

necessária para o abastecer, em tempo e em distância física. Nesta tarefa, é usada a cartografia incorporada e os limites de velocidade das ruas que atravessam, devidamente parametrizados.

De seguida, estes pontos individuais são agrupados formando rotas. Em primeiro lugar, são seleccionados os pontos mais difíceis de analisar, aqueles que têm restrições mais rígidas ou são mais afastados do armazém, e vão formando combinações de entregas até que uma viagem seja aceite por um veículo.

É então que é atribuído um veículo cujas características encaixem no exigido da referida rota. Naturalmente que estas viagens têm em conta factores como a capacidade do veículo, tempo disponível, restrições de acessibilidade, etc.

Como resultado, obtêm-se rotas com informação muito completa, da ordem em que as entregas devem ser feitas, e que entregas são feitas por veículo.

Figura 2.5: Estratégia de solução em sistemas correntes de CVRS

Adaptado de (Cooper, 1990)

Do sucesso da implementação destas ferramentas numa organização podem resultar inúmeras vantagens. À cabeça, e como consequência directa, uma considerável redução nos custos da distribuição fruto de rotas mais eficientes nas distâncias percorridas e nos tempos consumidos. Consequentemente, o número de veículos necessários para desempenhar as mesmas funções pode ser reduzido, traduzindo-se também em ganhos directos.

As vantagens na perspectiva de quem tem de gerir as operações são claras, uma vez que o nível de controlo do planeamento passa a ser muito mais rigoroso. A informação relativa a todas as rotas e veículos torna-se mais completa. Por outro lado, os responsáveis por esse mesmo planeamento ganham tempo para se dedicarem a outras actividades, uma vez que estas ferramentas os libertam de processos manuais morosos e fatigantes.

De forma indirecta, destacam-se melhorias no serviço prestado ao cliente, que passa a contar com um fornecimento mais capaz. Por fim, de salientar a possibilidade de cumprir com mais rigor a regulamentação estabelecida para motoristas uma vez que o programa consegue ter em conta essas restrições.

Tal como foi referido anteriormente, algo que diferencia estas ferramentas diz respeito aos métodos de construção e melhoramento de soluções. De seguida apresenta-se um exemplo de cada uma destas metodologias.

Método da poupança

A heurística de Clarke e Wright (1964) surge, no campo da logística, como factor de simplicidade e flexibilidade na formulação da programação de rotas, no âmbito da gestão de transporte. É uma das técnicas mais usadas que, apesar da simplicidade do seu conceito, produz excelentes resultados. Pertence a uma classe mais vasta de estratégias heurísticas repetidas designadas de "processos de troca". Esta metodologia tem como ideia base de a cada iteração trocar um conjunto de rotas em cada ponto visitado (Attwood, 1979).

Inicialmente é atribuído a cada cliente um veículo para o visitar. De seguida, são combinados conjuntos de dois pontos da mesma rota, de modo a que a cada combinação seja dispensado um veículo e reduzidas distâncias. O algoritmo termina quando não é possível realizar mais alteração que correspondam a uma poupança positiva.

A cada passo ocorre uma poupança resultante da diferença entre a situação anterior à troca e a nova combinação. Por esse motivo esta heurística é conhecida como a Heurística das Poupanças de Clarke e Wright (Carvalho & Oliveira, 2007). A figura 2.6 ilustra esta situação para o caso dos clientes i e j.

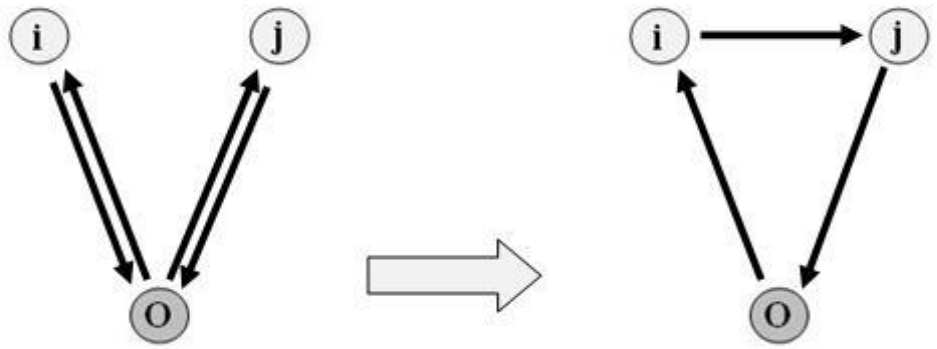


Figura 2.6: Heurística da Poupança de Clarke & Wright

$$P_{ij} = (2d_{oi} + 2d_{oj}) - \left(d_{oi} + d_{ij} + d_{jo}\right) = d_{oi} + d_{oj} - d_{ij}$$

Onde:

d_{oi} é a distância entre o depósito O e o cliente i;

d_{oj} é a distância entre o armazém O e o cliente J;

d_{ij} é a distância entre o cliente i e o cliente j;

P_{ij} é a poupança associada à ligação da entrega i e a entrega j.

Heurística K-Optimal

Os métodos de melhoria procuram aperfeiçoar resultados obtidos. É nessa categoria que se inserem as variantes da heurística k-OPT, sendo as duas mais usadas a 2-OPT e 3-OPT, desenvolvidas por Lin e Kerninghan (Lin & Kernighan, 1973).

O primeiro passo deste método é analisar uma rota estabelecida à partida e gerada por um modelo de construção. De seguida, removem-se K ligações e substituem-se por outras K que conduzam a uma solução melhor. É neste ponto que reside a diferença das duas variantes. A 2-OPT substituí duas ligações em cada alteração, a 3-OPT aumenta esse valor para três. No caso de obter uma solução melhor resultante da alteração, o algoritmo segue o cálculo partindo dessa solução, até que algum critério de paragem seja atingido.

2.6 Evolução dos Sistemas

O interesse em analisar os potenciais lucros obtidos através de uma gestão mais eficaz do estabelecimento de rotas e programação de veículos recorrendo a computadores surgiu em finais dos anos 60. Desde então que o investimento nestas ferramentas de apoio à decisão não tem parado (Cooper, 1990).

Sendo a performance da distribuição avaliada por um lado pelo nível de serviço que presta e por outro pelos custos operacionais, é sobre estas duas vertentes que estes sistemas de apoio à decisão pretendem causar impacto. Ao possibilitar uma análise mais completa às soluções possíveis, o objectivo destas ferramentas passa por possibilitar a quem o usa fornecer um serviço de nível superior a um custo inferior (Attwood, 1979).

A tabela seguinte apresenta a data de lançamento de alguns dos principais programas. É possível comprovar que foi em Inglaterra que esta temática desde cedo foi alvo de grande investimento, uma vez que grande parte dos sistemas ainda hoje no mercado tiveram origem britânica.

Tabela 1: Lançamento dos Principais CVRS

Fonte: Rushton, et al. 1990

	Ano de Lançamento	País de Origem
Dayload	1982	Inglaterra
Optrak 3	1992	Inglaterra
Paragon	1979	Inglaterra
Roadshow	1987	Estados Unidos da América
Routemaster	1967	Inglaterra
Trandos	1983	Estados Unidos da América
Truckstops	1983	Estados Unidos da América

Inicialmente, estes sistemas de apoio à decisão tinham grandes limitações como o tempo de processamento e incapacidade em considerar variadíssimas restrições. Por outro lado, não era possível ao utilizador alterar manualmente as soluções obtidas, impedindo deste modo atender a restrições não consideradas nos parâmetros de partida. Outra grande limitação verificada então prendia-se com o facto de não ser possível visualizar os resultados obtidos, favorecendo assim a desconfiança nos mesmos. (Golden et al., 1986)

No entanto, e como aconteceu com o ramo da tecnologia em geral, estas ferramentas foram sofrendo grandes melhorias, especialmente no início da década de 90. Estes desenvolvimentos tecnológicos aliados às pesquisas desenvolvidas na área da investigação operacional ajudaram a tornar estes softwares muito mais capazes a vários níveis. Matematicamente, era agora possível contemplar uma quantidade de variáveis muito superior, produzindo deste modo soluções mais valiosas. (Filho & Melo, 2001)

Por outro lado, e na óptica do utilizador, tornaram-se visualmente mais amigáveis e com uma componente interactiva que permite ao programador introduzir manualmente as suas modificação. Fundamental neste processo de evolução foi também o aparecimento de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) integrados nestes softwares, que vieram facilitar a localização de todos os pontos de entrega e recolha, partindo dos seus endereços. O desenvolvimento destes sistemas e a aposta em interfaces *user-friendly* oferecem uma perspectiva de continuidade nesta tendência. Actualmente são já em número considerável as organizações que incluem a criação de rotas e escalonamento de viaturas recorrendo a softwares especializados como parte integrante dos seus sistemas logísticos. (Bodin, 1990)

2.7 Dificuldade na implementação

Apesar dos desenvolvimentos que estas aplicações têm apresentado, ainda se verifica com frequência grandes dificuldades na sua implementação. Antes de ser tomada uma decisão relativa à aquisição de um CVRS ou outra ferramenta de apoio à decisão há uma série de questão que devem ficar esclarecidas no ceio da empresa (Filho & Melo, 2001).

Numa primeira instância, deve ser feita uma análise custo - benefício e averiguar até que ponto é vantajoso partir para esta solução. Naturalmente que esta decisão terá sempre limitações uma vez que à partida não é possível avaliar o impacto que uma ferramenta destas trará à organização. No entanto, a motivação inerente à escolha deve ser suficientemente consistente para desencadear este processo. Paralelamente, deve ser realizada uma boa prospecção do mercado de modo a encontrar a solução que melhor se adapte ao problema que se quer resolver. O que acontece por vezes é precisamente o contrário. Decisões destas são tomadas de ânimo leve, sem que um investimento desta ordem se justifique.

Assim que um CVRS é adquirido, a empresa deve adaptar-se a uma nova forma de trabalhar. Muitas dificuldades surgem em aproveitar da melhor forma estas ferramentas devido a um mau planeamento e gestão da sua implementação.

Embora com tenham capacidades reconhecidas e potencial para ser tornarem um valioso auxílio no planeamento, estas ferramentas são muito exigentes ao nível da informação necessária para o seu funcionamento. É imprescindível uma boa gestão e integração da informação para que, por um lado, seja garantida a fiabilidade dos dados fornecidos e, por outro, a tarefa de alimentar o CVRS com informação necessária não se torne problemática. (Veríssimo & Martins, 2002).

Outra situação muito frequente e que tem a ver com a qualidade das soluções apresentadas, acontece quando o software indica um caminho por ser o mais curto mas, na verdade, a solução mais interessante passar por seguir uma estrada diferente por outro motivo que não somente a distância percorrida. De modo a contornar estes acontecimentos, não pode nunca ser dispensada uma avaliação experiente dos resultados obtidos.

Falando agora de problemas relacionados com a performance destes programas, verifica-se muitas vezes uma grande dificuldade em extrair os resultados pretendidos. Em alguns casos, a problemática da distribuição tem condicionantes que não conseguem ser ponderadas pelo CVRS. Por este motivo, algumas das organizações com capacidade para desenvolver um sistema de apoio à decisão internamente acabam por adoptar esta estratégia. Para algumas delas é mesmo a única forma de terem resposta para os seus problemas.

2.8 Criação de Clusters na Distribuição

As técnicas de agrupar – *clustering* - são utilizadas em muitas áreas de conhecimento, como são exemplo a biologia, geologia, medicina, marketing ou psicologia. Nestas metodologias procura-se criar grupos de objectos com características semelhantes no sentido de padronizar comportamentos ou características. Quando em logística se criam *clusters*, o objectivo passa por dividir os elementos de uma amostra – no caso clientes – em grupos, de forma a que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si, no que diz respeito às variáveis que neles foram medidas. Do mesmo modo, espera-se que elementos de grupos diferentes apresentem diferenças significativas nos mesmos aspectos. Para que estes métodos tenham sucesso, é necessário ponderar correctamente as características que definiam a constituição destes grupos. Caso contrário, são criados clusters que não conseguirão responder à divisão que se pretende (Neto et al., 2008).

Relativamente à classificação das técnicas utilizadas, estas podem-se dividir numa primeira instância em métodos hierárquicos e de particionamento. Nos algoritmos clássicos de agrupamento hierárquico, os clusters são formados através da divisão progressiva do grupo inicial, formando assim uma hierarquia. Nestes métodos, a divisão é normalmente representada através de uma estrutura em árvore, dando precisamente a ideia da criação de vários grupos partindo de um *cluster* inicial. (Kaiser et al., 2007)

Por sua vez, os métodos de particionamento procuram encontrar a melhor divisão possível dos N objectos em K grupos. O objectivo é o particionamento de todos os pontos segundo dois critérios. Por um lado a "coesão interna" de cada grupo e, por outro, o isolamento dos clusters formados. A cada passo destes algoritmos, novos grupos vão sendo formados através da divisão ou junção de clusters definidos anteriormente. A principal diferença entre os dois métodos reside no facto de no caso de agrupamentos não hierárquicos ser necessário indicar em quantos grupos se pretende fazer a divisão.

De entre os métodos não hierárquicos mais difundidos encontra-se o algoritmo de *k-médias*. Segundo Huang (1998) é o método mais capaz de realizar agrupamentos a um número de dados numeroso de uma forma eficiente. A característica base da divisão é a posição geográfica de cada ponto.

3 A Distribuição na Dismed – Transporte de Mercadorias SA

Uma fase inicial do projecto foi reservada a um estudo cuidado da situação vivida na empresa. Por um lado, conhecer detalhadamente as exigências e condicionalismos do mercado em que a Dismed actua e, paralelamente, tomar conhecimento do modo de actuação. Tendo sempre em mente o objectivo proposto inicialmente, reserva-se neste capítulo um espaço de análise à situação vivida ao início do projecto e, em particular, no que à gestão de rotas diz respeito.

3.1 O Estado Actual da Distribuição

Desde 2008 que os serviços de transporte que asseguram a actividade do grupo MedLog estão a cargo da Dismed. No entanto, além de responsável por todas estas operações, a empresa dedica-se à prestação de serviços de distribuição e transporte a clientes externos. Como foi referido em capítulos anteriores, o grupo MedLog tem hoje cinco plataformas logísticas em território nacional. A escolha dos locais para colocação dos seus armazéns é reveladora da estratégia de crescimento adoptada. Os primeiros passos neste sentido, passaram por garantir uma presença forte no centro do país, com a abertura dos armazéns de Aveiro e Guarda em 2003. Mais tarde, no decorrer do ano de 2008, a infra-estrutura inaugurada em Macedo de Cavaleiros veio fortalecer a presença na região Norte. Apesar da existência de fortes bases nortenhas, o grupo MedLog deu em 2009 um passo decisivo para ser tornar um player nacional na logística de saúda, ao instalar-se também em Alcochete. Esta plataforma veio proporcionar uma actuação activa em todo o território nacional.

O armazém de Gondomar funciona como armazém central, partindo deste o fornecimento às restantes plataformas. É o local de maiores dimensões, onde se encontram mais colaboradores e, naturalmente, responsável por uma fatia muito considerável de volume de actividade. Esta análise foi feita na perspectiva da actividade de distribuição. Nesse sentido, realizou-se um estudo nos meses de Abril e Maio com o objectivo de obter o número de entregas efectuadas a partir de cada armazém. O gráfico seguinte sintetiza os resultados desse estudo, reforçando ainda a ideia de supremacia do armazém de Gondomar relativamente aos restantes.

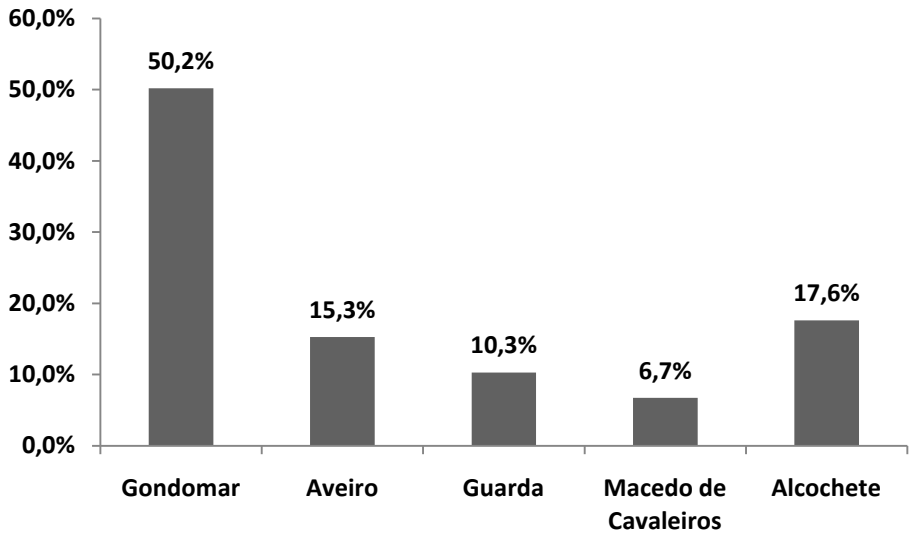


Figura 3.1: Volume de Actividade Por Armazém

Diariamente, são estabelecidas ligações entre a plataforma de Gondomar e os restantes armazéns. Nestes transbordos pode ser transportada mercadoria respeitante a encomendas ou fluxos de produtos com o intuito de garantir uma boa gestão global de stocks. Caso exista um pedido de um cliente pertencente a uma determinada zona do país em que o armazém destinado ao fornecimento não tenha capacidade de resposta imediata, existe a possibilidade de solicitar a outra plataforma a mercadoria em causa. Nestes casos, a entrega é efectuada no dia seguinte ao pedido. Na figura 3.2 estão representados os cinco armazéns e as respectivas zonas de actuação.

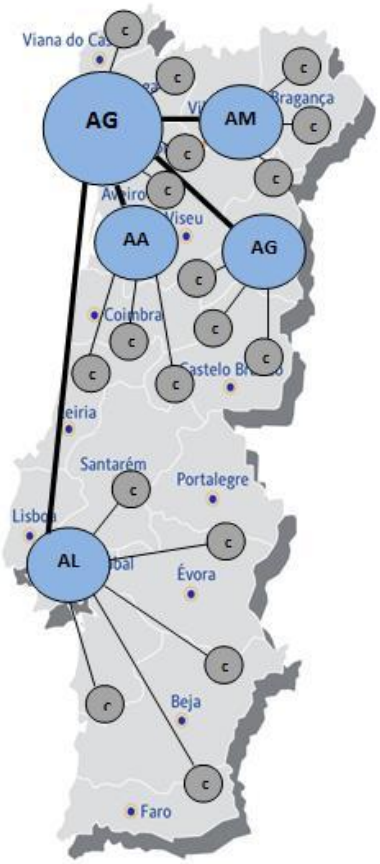


Figura 3.2: Representação das plataformas MedLog

AG – Armazém de Gondomar
AM – Armazém de Macedo de Cavaleiros
AA – Armazém de Aveiro
AG – Armazém da Guarda
AL – Armazém de Alcochete

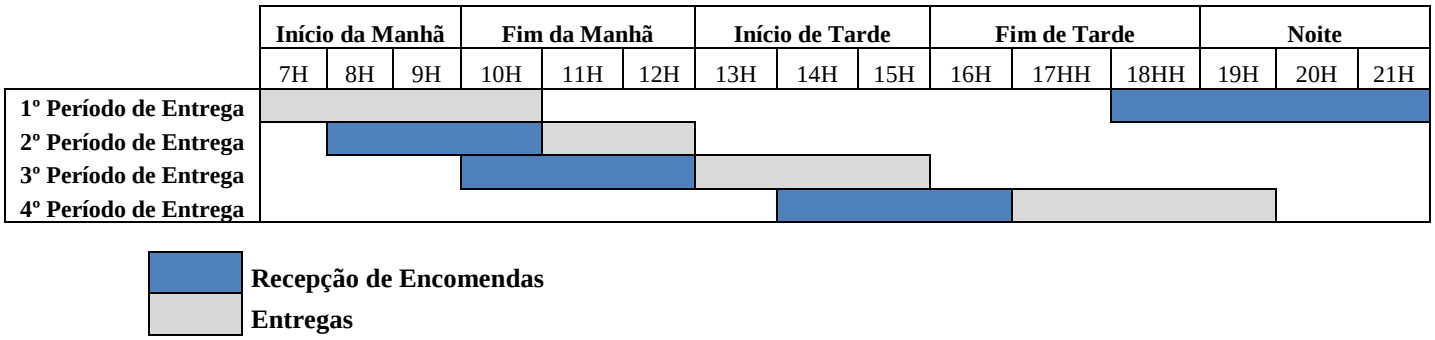
Pertencendo a um grupo dinâmico e em crescimento, a Dismed enquadra-se nessa filosofia e tem vindo a alargar o seu portfólio de actividades. Entre frota própria e subcontratada, a empresa tem ao seu dispor cerca de 100 viaturas, com capacidades de carga entre 7,5 e 17 m^3 e possibilidade de transporte de mercadoria em frio positivo. Fruto das competências reveladas, esta situação tem-se acentuado nos tempos mais recentes. Consequentemente, a Dismed tornou-se uma distribuidora de referência no panorama nacional da logística de saúde. Recentemente, têm sido solicitados outros tipos de serviço por parte de clientes externos. A entrega porta a porte em farmácias e casas de saúde, há muito de deixou de ser actividade

única na Dismed. Nos dias de hoje, são três os tipos de serviço prestados pela empresa, tendo cada um deles particularidades e exigências distintas.

Serviço Expresso

Este serviço representa a maior parte do volume de actividade da empresa. A entrega porta a porta nas farmácias e casas de saúde exige grande capacidade de resposta. Este tipo de distribuição revela-se particularmente complexo, uma vez que estão contempladas várias entregas diárias a cada posto. Neste particular não existe uma regra aplicada indiferenciadamente a todos os clientes. Flexibilidade é a palavra de ordem no serviço de entregas prestado pela Dismed aos clientes Cooprofar. Naturalmente que um serviço deste género exige tempos de resposta muito curtos de modo a responder a todas as solicitações.

Tabela 2: Planeamento diário de entregas



A tabela apresentada visa descrever o planeamento da distribuição num dia de semana. Existem quadro períodos de maior intensidade de entregas. Ao início da manhã são entregues farmácias que enviaram os seus pedidos na véspera e que, por algum motivo, não foi possível satisfazer a entrega no próprio dia. As encomendas que são recebidas nesta parte inicial do dia podem ser entregues antes do almoço ou ao início da tarde. Nestes casos depende do número de entregas previstas para o cliente em causa e também da urgência do pedido. A hora de almoço é outro período de maior movimentação, isto porque, juntamente com a primeira entrega do dia, é o período em que mais pedidos são efectuados. Terminado este grupo de viagens, segue-se outro ponto de considerável agitação. As encomendas que já não vão a tempo da entrega da hora de almoço, juntamente com as que são realizadas ao longo da tarde, são entregues ao fim da tarde. Estes são então os quatro períodos em que se verifica um maior fluxo de actividade. Para as farmácias que se encontram abertas durante a noite, está também previsto um serviço que garanta o seu fornecimento até às 24 horas.

No entanto, e neste tipo de negócio em particular, o que por vezes causa maior impacto na actividade diária não é o que está planeado mas sim aquilo que não segue a regra. Além do que está estabelecido neste plano, surgem situações imponderáveis que devem ser cumpridas sob pena de ver comprometido o bom nome perante os seus clientes. Caso disso são, por exemplo, os pedidos urgentes aos quais terão forçosamente de ser atribuídas diferentes regras. Verifica-se ainda outra dificuldade que se prende com o facto de um número considerável de clientes ter dificuldade em cumprir rigorosamente os horários estabelecidos para os pedidos de encomenda.

Serviço Courier

Este é um serviço prestado pela Dismed a pré-grossistas na área de produtos de saúde. Nestes casos, está estabelecido o compromisso de entrega no destinatário nas 24 horas seguintes à entrada da encomenda. No final do dia, é feita nas instalações do cliente a recolha dos volumes a transportar, sendo estes entregues no dia seguinte em qualquer ponto de Portugal Continental. Nas instituições abrangidas por este tipo de serviço incluem-se clínicas, hospitais, consultórios privados, entre outros.
Do ponto de vista operacional, cada ponto de entrega é associado por código postal à rota que estiver mais próxima. Todas as rotas estão parametrizadas com esta informação, não sendo no entanto dispensável que diariamente sejam conferidas as ligações estabelecidas informaticamente.

Transporte Dedicado

Outra área de negócio em que a Dismed actua é a Logística Hospitalar. Alguns dos serviços prestados a este tipo de clientes exigem, pelas suas características, um serviço dedicado por parte da distribuidora. Nesses casos, as viaturas destacadas para o realizar não partilham a sua actividade com nenhum dos outros dois tipos de serviço.

Com o objectivo de garanti um serviço de qualidade, a Dismed desenvolve soluções à medida de cada cliente. Toda a sua frota está equipada com aparelhos de leitura por radiofrequência. Estes PDA's – Personal Digital Assistant – garantem a rastreabilidade de todas as encomendas. São usados pelo motorista numa primeira instância no momento de carga da viatura. Após esta leitura, fica registada a confirmação que o volume entrou "em trânsito". Depois, aquando da entrega no destinatário, ocorre outro momento de leitura que confirma a entrega bem sucedida. Estes PDA's estão devidamente integrados com o Sistema de Informação do grupo, funcionando como um grande auxílio no trabalho dos motoristas e um grande avanço no controlo de erros no serviço de distribuição.

Conforme descrito acima, nas viaturas da Dismed são transportadas mercadorias de diferentes clientes e correspondentes a serviços de característica distintas. Nesse sentido, é necessário fazer uma gestão da integração destes tipos de serviço. O protocolo estabelecido com os clientes Cooprofar é nesse sentido mais rígido, havendo uma imperatividade maior nos casos das farmácias, até porque o acordo feito com os pré-grossistas prevê prazos de entrega mais alargados.

3.2 Como são geridas as rotas

Antes de passar à explicação da gestão de rotas propriamente dita, convém clarificar o contexto de rota no âmbito das actividades da Dismed. Uma rota é constituída por um conjunto de farmácias que seguem numa mesma viatura. Tem um carácter semi-dinâmico uma vez que, apesar da sua composição fixa, o seu trajecto varia diariamente em função das que efectivaram um pedido de encomenda.

A primeira decisão na criação de uma rota está relacionada com o armazém de origem. De acordo com a região que se pretende servir, estará abrangida por um dos armazéns. A partir desta divisão, a problemática da distribuição é analisada localmente. As rotas foram criadas no sentido de estabelecer manchas de distribuição facilmente identificáveis. A designação da rota indica claramente a zona a que se destina bem como a altura do dia em que é realizada.

Quando se concretiza a entrada de um cliente novo no sistema, há determinadas variáveis que têm de ser tidas em conta na disponibilização dos serviços. Desde logo o número de entregas que foram acordadas realizar-se diariamente. Depende do acordo que foi estabelecido na negociação realizada. Depois, de acordo com a zona existirá um conjunto de rotas possíveis onde inserir o cliente em questão. Para que se perceba melhor de que foram são feitas estas decisões, o esquema seguinte tenta representar o processo de inclusão de um novo cliente nas rotas já existentes.

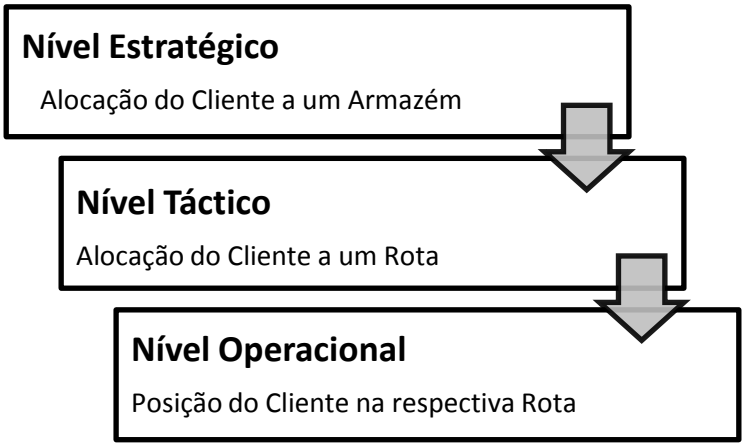


Figura 3.3: Diferentes Níveis na Gestão de Rotas

Na prática, procura-se colocar o cliente na posição em que seja necessário efectuar um menor percurso para o visitar.

Neste processo de gestão de rotas, a equipa de distribuição tem também um papel fundamental. Na verdade são os motoristas que diariamente realizam as rotas traçadas e têm, desse ponto de vista, uma sensibilidade própria para avaliar a evolução que os percursos vão sofrendo.

Apesar de na constituição de uma rota apenas fazerem parte farmácias, de acordo com o que foi descrito na tópico reservado aos serviço prestados pela Dismed, existem outros clientes que devem ser visitados. Deste modo, quando um motorista destacado para uma rota inicia a sua viagem, é bastante provável que durante o seu percurso além de farmácias visite outras instituições incluídas no serviço *courier*. A compilação desta informação é auxilia pelo PDA. Durante o processo de carga da viatura, o motorista vai adicionando volumes ao seu mapa de distribuição. No final do processo, e assim que o aparelho indique que não existem mais volumes a carregar, pode ser impresso o respectivo mapa. Neste mapa, além das farmácias que pertencem à rota em questão e efectivaram encomenda, são incluídos outros clientes abrangidos pelo serviço Dismed. Nos anexos A e B, respectivamente, podem ser consultados, para uma mesma rota, a sua constituição fixa e o mapa de distribuição de um dia específico.

3.3 O Optimizador de Rotas – TOURSOLVER

Conforme descrito no capítulo introdutório do presente relatório, a aquisição de um software de apoio à decisão na gestão de rotas constituiu um factor novo na actividade da empresa. Por isso mesmo, fez parte dos objectivos do projecto adquirir os conhecimentos necessários para extrair o melhor uso possível desta ferramenta. Nesta secção são descritas as mais importantes

funcionalidades do software em causa, bem como das condições exigidas para o seu funcionamento

O TOURSOLVER 5 é um CVRS que, tal como outros programas da mesma categoria, tem como principais funcionalidades auxiliar no planeamento de rotas e escalonamento de viaturas. Embora o algoritmo esteja protegido por direitos de autor e por esse motivo não possa ser revelado pelos fornecedores, foi possível com o decorrer do projecto e nos testes efectuados verificar que se trata de um optimizador de custo. Como optimizador, as operações que vai realizando têm a finalidade de reduzir o custo global da operação. Na função objectivo são ponderados custos de diferentes ordens e a tarefa do programa é garantir o menor custo possível não violando as restrições impostas. A função objectivo pode ser definida do seguinte modo:

$$F\ OBJ = MIN\ H.C_H + HE.C_{HE} + K.C_K + V.C_V + E.C_E + R.C_R, \qquad (1)$$

Onde:

H – número de horas em horário “normal”

C_H – custo por hora “normal”

HE – número de horas extra

C_{HE} – custo por hora extra

K – número de quilómetros percorridos

C_K – custo por quilómetro

V – número de viaturas utilizadas

C_V – custo fixo por utilização de viatura

E – número de entregas realizadas

C_E – custo por entrega realizada

R – número de recolhas realizadas

C_R – custo por recolha realizada

A introdução dos custos presentes na função objectivo é feita pelo utilizador, que tem também a possibilidade de impor limites nos horários de funcionamento das viaturas e nos tempos de condução dos motoristas. De seguida apresentam-se os parâmetros passíveis de controlo, que devem ser introduzidos de acordo com o tipo de distribuição pretendida. De referir que neste relatório apenas são descritas as variáveis utilizadas no projecto. Nesse sentido, existem alguns parâmetros que o TOURSOLVER tem capacidade de considerar mas que não se enquadravam à utilização que se pretendia.

3.3.1 Clientes

Para se submeter informação relativa aos clientes, é carregado um ficheiro em EXCEL em que cada linha representa um ponto de entrega e cada coluna está reservada a um parâmetro.

Quantidade

Este parâmetro indica o espaço que deve ser reservado no veículo alocado ao cliente em causa. Pode ser indicado em qualquer unidade de volume ou peso desde que em concordância com o que for referido nas características do veículo. É um dos factores que limita a capacidade de uma viatura.

Janela de Entrega

Aqui pode-se definir o período em que se pretende que o cliente seja visitado. Não existem restrições quanto ao tamanho da janela de entrega, e podem-se definir até quatro intervalos para cada cliente. Deve ser indicada a hora inicial e final do período e, no caso de ser parametrizado mais do que uma janela horária por cliente, apenas numa delas se efectivará a visita.

Tempo de visita

O tempo de paragem em cada ponto de entregas pode ser definido neste parâmetro. Tem a particularidade de conter uma componente fixa e uma variável. Pode ser definido um tempo rígido por paragem bem como a duração para o descarregamento de uma unidade transportada.

Recurso associado

Existe a possibilidade de "reservar" determinada viatura aos clientes que se entender. Para tal, é necessário preencher este campo com o nome do recurso, que terá de ser igual à sua identificação.

Recurso excluído

Do mesmo modo que é possível associar um veículo a um cliente, é possível garantir que determinado veículo não visitará um deles. Utiliza-se de modo análogo, podendo no entanto ser neste caso definidos mais do que uma viatura.

Sequência de visita

Esta opção é utilizada quando se pretende avaliar uma rota. Ao conjunto de pontos a visitar é indicada a ordem pela qual se efectua a entrega e, deste modo, a rota é avaliada segundo essa condição.

Prioridade

Na impossibilidade de cumprir o horário de entregas, é necessário definir quais os clientes prioritários e que têm forçosamente de ser visitados a tempo. Para tal, o programa oferece duas possibilidades. Pode ser atribuída uma classificação de pontualidade, de 0 a 5, em que 0 é pontualidade mínima e 5 pontualidade máxima. Este parâmetro determina se a restrição imposta na definição das janelas de entrega é uma restrição rígida ou não. Outra possibilidade passa por atribuir um valor de penalidade por atraso que é tido em conta no cálculo do custo da solução obtida.

3.3.2 Viaturas

De forma análoga ao que foi referido para os clientes, as viaturas são compiladas num ficheiro com o mesmo formato.

Capacidade

De acordo com o que foi descrito para as quantidades de cada cliente, aqui é apresentada a capacidade do veículo para que seja limitado o número de pontos que consegue visitar sem efectuar nova carga. Caso seja necessário, por defeito, é incluída na simulação uma nova passagem pelo armazém para o recarregamento para que possa ser concluído o plano.

Carga

Relativamente a esta acção, e de forma análoga à descarga, pode ser definido um tempo fixo para efectua a carga de uma viatura ou parcelas por unidade carregada.

Horário de funcionamento

É necessário fornecer informações quanto à disponibilidade de cada veículo. É definida uma hora de começo e hora de fim de funcionamento. Relativamente ao horário, e nos casos em que se pretende fazer um planeamento diário, deve ser indicado o tempo reservado para almoço. Ainda como características de horário, há a possibilidade de estabelecer diferentes períodos de "horas extra" que terão um custo diferente, sempre de acordo com o que for parametrizado pelo utilizador.

Tempo máximo de condução legal

Neste parâmetro introduz-se a restrição de que o condutor do respectivo veículo só pode estar X horas seguidas em condução. Este parâmetro obriga a paragens de tempo flexível e determinadas pelo operador sempre que o máximo tempo legal de condução for atingido.

Custos

Relativamente aos custos, é possível definir várias componentes distintas. Pode ser parametrizado um custo fixo por utilização da viatura, pode ainda ser introduzido um custo horário nas viagens realizadas e também um custo por distância. Adicionalmente, existe a possibilidade de atribuir um custo fixo por visita.

3.3.3 Parâmetros comuns

Embora compilados em ficheiros em separado, alguns destes parâmetros são comuns e devem ser preenchidos nos dois casos. É o que acontece com a identificação e a localização que, naturalmente, têm de ser conhecidos quer no caso dos clientes quer nas viaturas.

Identificação

Neste campo é colocado o nome do cliente. Esta coluna pode ou não ser utilizada como chave, servindo de identificação ao longo do processo de optimização.

Localização

De modo a indicar o local exacto que se pretende visitar, o programa oferece duas soluções. Uma delas passa pela introdução da morada, contendo o maior número de informação possível. Como alternativa, pode-se introduzir os valores das suas coordenadas GPS obtidos previamente. Esta parece ser a melhor opção não só porque reduz os tempos de computação, mas também porque existem formas de obter a georeferenciação do conjunto a estudar de uma forma mais fidedigna

3.4 O SIG Integrado – MAPPOINT

O TOURSOLVER possui também um Sistema de Informação Geográfico (SIG) integrado. O MAPPOINT, desenvolvido pela Microsoft, permite ao utilizador a visualização do seu trabalho, facilitando a interpretação do mesmo. É nesta aplicação que são submetidos os ficheiros que contêm informações relativas a clientes, viaturas e armazéns. Antes de avançar para o processo de optimização, a cartografia do SIG permite comprovar se a localização de cada ponto está correcta. Na figura 3.4, relativa à cartografia do programa, é possível visualizar a representação de alguns clientes. Deste modo, o utilizador tem a possibilidade de confrontar as informações parametrizadas com aquilo que é representado. Informações relativas a sentidos de ruas e pontos de referência podem também ser obtidas nesta ferramenta.

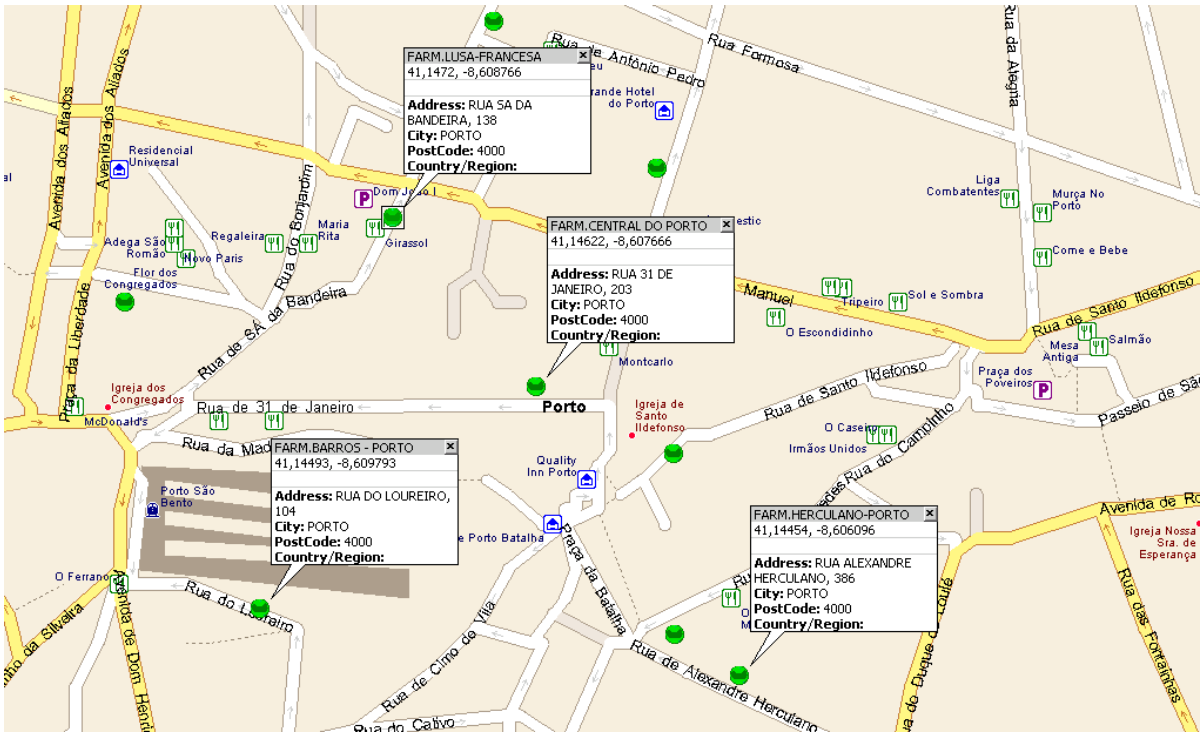


Figura 3.4: Cartografia MAPPOINT

Numa fase posterior ao à execução do algoritmo, é também nesta aplicação que é possível visualizar o itinerário seguido por cada rota. Esta visualização torna-se muito interessante na óptica do utilizador, permitindo ter uma noção clara do trabalho desenvolvido.

Além da visualização gráfica de rotas, respectivos clientes e armazéns, o MAPPOINT possuí diversas funcionalidades de desenho que podem ser úteis ao trabalho do utilizador, nomeadamente na criação de *clusters* por proximidade geográfica.

A título exemplificativo, apresenta-se na seguinte figura a representação das cinco plataformas logísticas e dos clientes inseridos nas respectivas áreas de fornecimento. Os armazéns estão representados a vermelho, estando reservada uma cor para cada conjunto de clientes

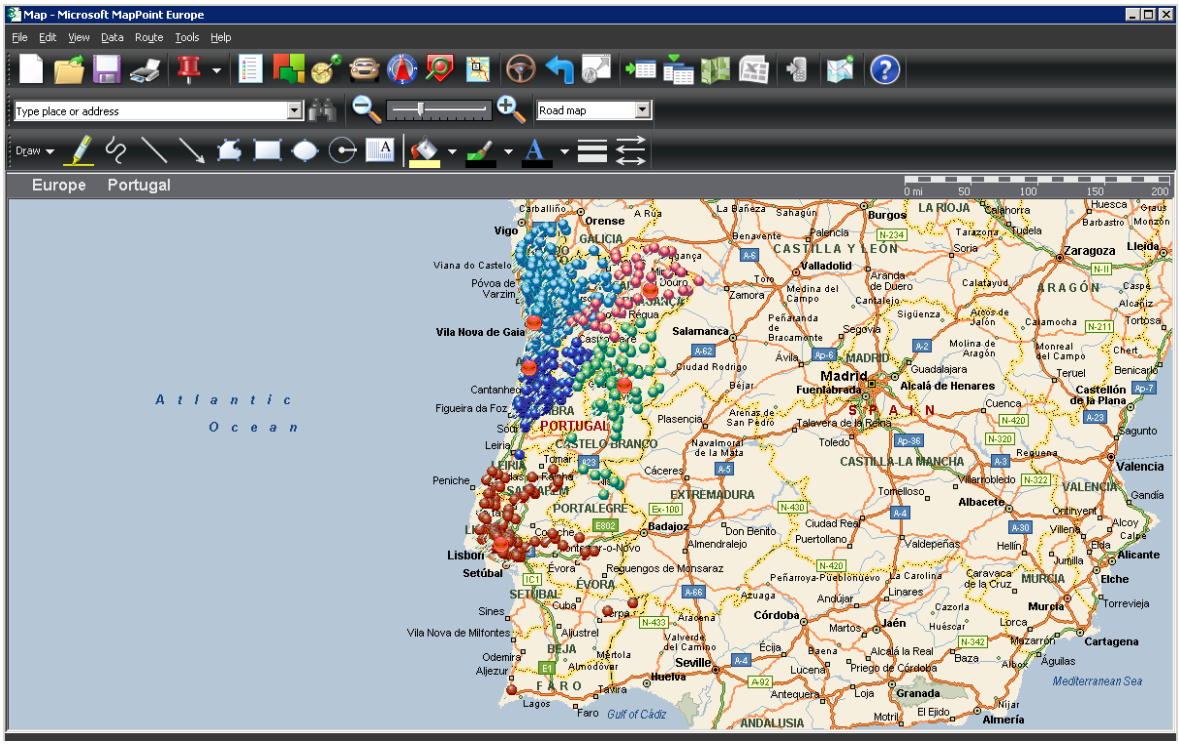


Figura 3.5: Grafismo do SIG MAPPOINT

3.5 O processo de optimização

Assim que seja confirmada a localização de todos os pontos de paragem e respectivo armazém, o utilizador pode dar início à optimização propriamente dita. Este processo é activado directamente a partir do SIG sendo necessário que o utilizador confirme a activação dos parâmetros previamente compilados nos ficheiros submetidos ao MAPPOINT. A base de dados desta ferramenta permite ainda a manipulação de outras variáveis como é o caso da definição dos limites de velocidade nos diferentes tipos de estrada. Ainda nesta sequência de opções, existe a possibilidade de escolher entre o modo de avaliação de rota e o de optimização. No caso de ser pretendido avaliar uma ou mais rotas, deve ser indicado quais os clientes que seguem em cada viatura e a sua ordem de entregas. Por seu lado, quando se trata de uma optimização, esta informação não é naturalmente indicada. Neste caso deve ser estabelecido um critério de paragem ao algoritmo ou accionar a opção de optimização completa. Este conjunto de passos que devem ser dados pelo utilizador encontram-se no Anexo C, onde é possível confirmar a existência destas opções.

À medida que o algoritmo vai correndo, o utilizador tem a possibilidade de acompanhar os resultados no menu que se apresenta de seguida. De dois em dois segundos os valores vão sendo recalculados e deste modo é possível ir avaliando a evolução da solução. A figura 3.6 apresenta o template de optimização do TOURSOLVER.

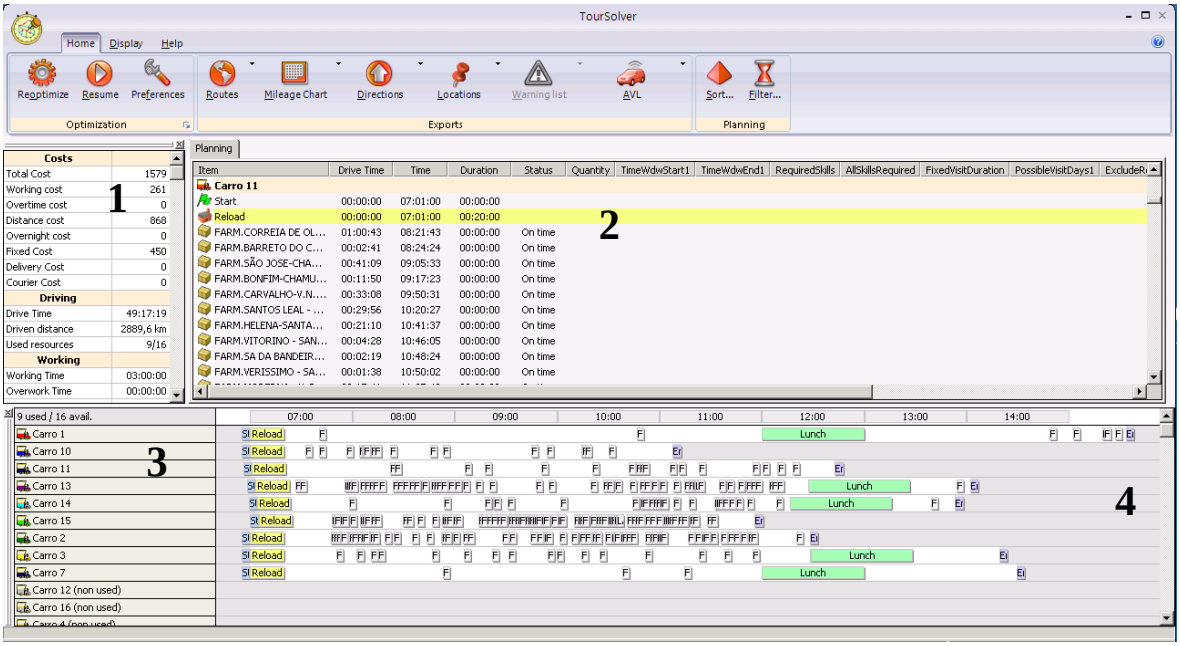


Figura 3.6: Menu de Optimização do TOURSOLVER

Na barra de ferramentas do programa existem três categorias de opções. Nos botões de optimização, podem ser alteradas as definições do problema assim como preferências em que o utilizador pode personalizar o ambiente de trabalho. As opções relacionadas com exportação são utilizadas para que se extraia toda a informação resultante da optimização. Neste particular, podem ser relatórios contendo a localização GPS de todos os pontos ou o *mileage chart*, uma tabela que apresenta a distância em tempo e em espaço a percorrer entre todos os pontos considerados. Existem ainda nesta barra de ferramentas opções de ordenação e filtro dos resultados do planeamento, em que apenas é necessário definir o critério desta intervenção.

Além destas opções, no menu de optimização do TOURSOLVER existem quatro diferentes áreas de apresentação de resultados.

Secção 1 – Neste menu é possível verificar os valores descriminados dos vários tipos de custo da operação, bem como outros valores da rota como quilómetros e tempo necessário e ainda o número de viaturas usadas. No fundo é aqui que é feita uma análise numérica e um resumo do resultado do problema.

Secção 2 – São apresentados os pontos de entrega e recolha, pela ordem correcta, indicando também a hora em que são visitados e os quilómetros percorridos entre cada dois pontos.

Secção 3 – É apresentada a lista das viaturas destacadas para o planeamento em causa. Neste *report*, é possível verificar quais os veículos em utilização e quais os que não são necessários.

Secção 4 – Visualização gráfica do escalonamento das viaturas, através de um Diagrama de Gantt. Neste diagrama, além da sequência dos pontos de visita, são representados todos os períodos de pausa estabelecidos, como é o caso da hora de almoço.

Após esta análise existe novamente um processo reservado a avaliações e juízos humanos no sentido de validar ou não a solução proposta. Deste modo, tendo ao seu dispor toda esta informação, é mais simples ao utilizador introduzir manualmente alguma condição que possa não ter sido ponderada à partida, ou efectuar directamente as alterações que achar necessárias.

No Anexo D do presente relatório, é possível consultar um exemplo da informação contida num ficheiro resultante de um processo de optimização para uma rota. Além da informação do trajecto, é apresentada uma tabela com valores relativos a tempos de viagens e distância percorrida para o itinerário seguido. Esta informação é, deste modo, muito importante na perspectiva de planeamento da distribuição.

4 Definição do Protótipo e Metodologia Implementada

Concluídas as fases de estudo do cenário anterior à realização deste projecto e analisadas as potencialidades do sistema de apoio à decisão, foi necessário estabelecer uma ligação entre as duas realidades para que desse modo fosse possível medir o impacto da introdução deste novo recurso. Assim, foi desenvolvido um protótipo, onde foram aplicadas metodologias que se encontram descritas de seguida e que permitiram a elaboração de um novo plano de distribuição. Neste capítulo é descrito o método proposto na reformulação do planeamento, estando incluídas todas as etapas neste processo e apresentadas justificações para as medidas tomadas.

4.1 A definição do protótipo

Como referido anteriormente, o dia de distribuição na Dismed é composto por vários períodos distintos, estando a cada um deles associadas necessidades de planeamento diferentes. De modo a entender melhor o peso destes períodos na actividade da empresa, foi feito um estudo que consistiu na análise de entregas de dois meses (Abril e Maio) a clientes fornecidos por rotas com partida no armazém de Gondomar. O gráfico seguinte resume os resultados do mesmo, reforçando a ideia de que na primeira entrega do dia ocorre uma parte considerável da actividade diária.

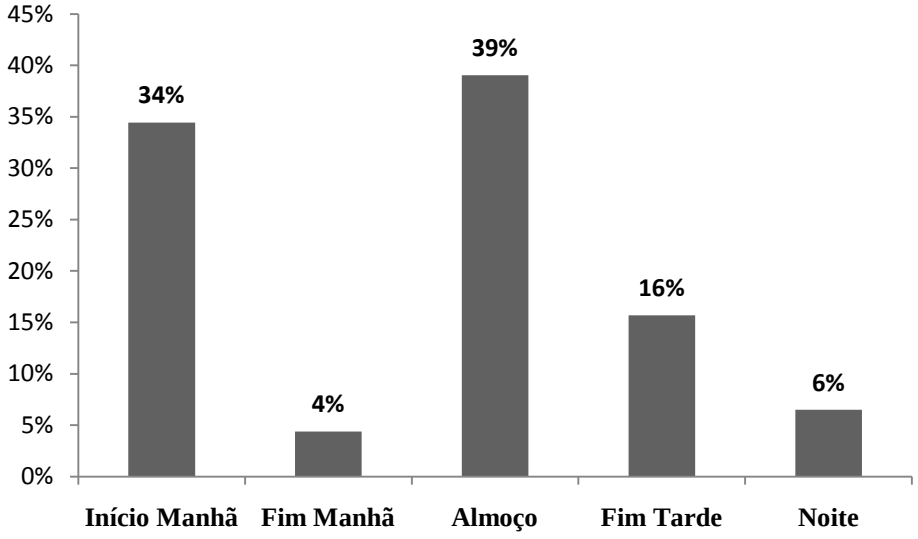


Figura 4.1: Volume de actividade nos vários períodos do dia

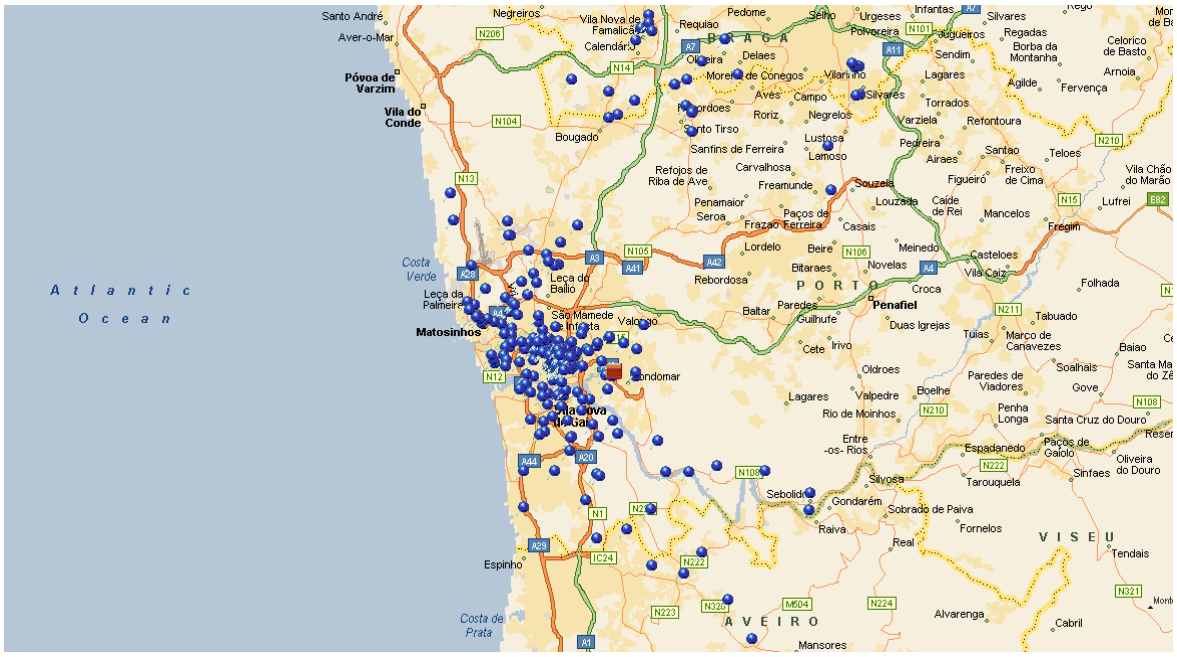
Outro factor decisivo na definição do protótipo foi o facto das encomendas do primeiro período de entregas de cada dia serem preparadas durante a noite anterior. Por este motivo, verificam-se menos atrasos na saída das viaturas provocados por insuficiências na capacidade de aviamento. Os motoristas quando iniciam a carga do veículo têm já todas as encomendas preparadas, ao contrário do que acontece noutras alturas do dia. Nestas circunstâncias, vêm-se minimizadas contribuições de factores externos à distribuição.

O serviço de entrega de produtos farmacêuticos obedece a regras rígidas. Algumas dessas regras têm grande impacto no planeamento da distribuição, como é o caso das exigentes janelas de entrega. Naturalmente que num processo de redefinição de rotas, alguns clientes são prejudicados e outros beneficiados em virtude de um novo escalonamento de entregas.

Esta questão delicada tem de ser analisada caso a caso, medindo o impacto das alterações. Por esse motivo, impunha-se um grande conhecimento de todas as particularidades do serviço prestado ao grupo de clientes em análise. Sendo certo que há determinados factores numericamente quantificáveis capazes de segmentar clientes, há questões menos visíveis, mas não menos importantes, que só quem contacta diariamente com elas as conhece. Deste modo, a envolvência da equipa da distribuição no processo foi vista como essencial no levantamento destas situações.

Dados os factores referidos, definiu-se então que o grupo de clientes alvo neste estudo seria os que estão incluídos nas primeiras rotas de cada dia. Em primeiro lugar, este grupo de clientes representa uma percentagem muito significativa do serviço diário. Por outro lado, o facto de se ter verificado que é neste período que os tempos de saída dos veículos são mais constantes, permite aferir com mais rigor o impacto das medidas tomadas, uma vez que estão minimizadas influências de factores externos. O terceiro ponto que reforça a escolha deste grupo de rotas está relacionado com o nível de conhecimento existente destes clientes, uma vez que são visitados com muita frequência e existe por parte da equipa de distribuição um conhecimento profundo de questões como localização e horários de funcionamento.

Assim, o protótipo definido é composto por um total de 221 clientes agrupados inicialmente em 16 rotas. A figura seguinte ilustra a localização geográfica de todos os clientes. Cada ponto a azul represente uma farmácia, sendo que o quadrado vermelho localiza o armazém de Gondomar.


Atlantic Ocean
Costa Verde
Costa de Prata
Póvoa de Varzim
Vila do Conde
Matosinhos
Gondomar
Espinho
Santo André
Aver-o-Mar
Negreiros
Vila Nova de Famalicão
Requião
Pedome
Selho
Urgeses
Infantas
Silvares
Regadas
Celorico de Basto
Arnoia
Borba da Montanha
Sendim
Lagares
Agilde
Fervença
Torrados
Varziela
Refontoura
Pedreira
Santão
Teloes
Airães
Freixo de Cima
Figueiró
Vila Chão do Marão
Lufrei
Fregim
Mancelos
Casteloes
Vila Caiz
Folhada
Tabuado
Marco de Canavezes
Baiao
Soalhais
Gove
Santa Cruz do Douro
Paços de Gaiolo
Oliveira do Douro
Sinfaes
Tarouquela
Espadanedo
Penha Longa
Paredes de Viadores
Boelhe
Valpedre
Oldroes
Rio de Moinhos
Entre -os- Rios
Silvosa
Sobrado de Paiva
Fornelos
Tendais
Cabril
Alvarenga
Real
Raiva
Gondarém
Sebolido
Mansores
Cete
Irivo
Duas Igrejas
Guilhufe
Paredes
Baltar
Penafiel
Croca
Novelas
Meinedo
Beire
Lordelo
Rebordosa
Bitaraes
Leça do Bailio
Leça da Palmeira
São Mamede de Infesta
Valongo
Vila Nova de Gaia
Bougado
Santo Tirso
Sanfins de Ferreira
Lustosa
Lamoso
Refojos de Riba de Ave
Carvalhosa
Freamunde
Penamaior
Seroa
Frazão
Ferreira
Casais
Paços de Ferreira
Souzela
Louzada
Caide de Rei
Roriz
Negrelos
Avés
Campo
Vilarinho
Moreira de Conegos
Olheira
Delães
Calendário
Aveiro
Mansores
Alvarenga
Cabril
Espinho
Tendais
Fornelos
Sobrado de Paiva
Gondarém
Sebolido
Silvosa
Real
Raiva
Tarouquela
Espadanedo
Sinfaes
Oliveira do Douro
Santa Cruz do Douro
Paços de Gaiolo
Penha Longa
Paredes de Viadores
Boelhe
Valpedre
Oldroes
Rio de Moinhos
Entre -os- Rios
Lagares
Cete
Irivo
Duas Igrejas
Guilhufe
Paredes
Baltar
Penafiel
Croca
Novelas
Meinedo
Beire
Lordelo
Rebordosa
Bitaraes
Leça do Bailio
Leça da Palmeira
São Mamede de Infesta
Valongo
Vila Nova de Gaia
Bougado
Santo Tirso
Sanfins de Ferreira
Lustosa
Lamoso
Refojos de Riba de Ave
Carvalhosa
Freamunde
Penamaior
Seroa
Frazão
Ferreira
Casais
Paços de Ferreira
Souzela
Louzada
Caide de Rei
Roriz
Negrelos
Avés
Campo
Vilarinho
Moreira de Conegos
Olheira
Delães
Calendário
Vila Nova de Famalicão
Requião
Pedome
Selho
Urgeses
Infantas
Silvares
Regadas
Celorico de Basto
Arnoia
Borba da Montanha
Sendim
Lagares
Agilde
Fervença
Torrados
Varziela
Refontoura
Pedreira
Santão
Teloes
Airães
Freixo de Cima
Figueiró
Vila Chão do Marão
Lufrei
Fregim
Mancelos
Casteloes
Vila Caiz
Folhada
Tabuado
Marco de Canavezes
Baiao
Soalhais
Gove
Santa Cruz do Douro
Paços de Gaiolo
Oliveira do Douro
Sinfaes
Tarouquela
Espadanedo
Penha Longa
Paredes de Viadores
Boelhe
Valpedre
Oldroes
Rio de Moinhos
Entre -os- Rios
Silvosa
Sobrado de Paiva
Fornelos
Tendais
Cabril
Alvarenga
Real
Raiva
Gondarém
Sebolido
Mansores

Existe entre a Cooprofar e os seus clientes um compromisso que contempla um serviço de entrega de extremo rigor. Cabe então à Dismed, como prestadora do serviço, assegurar a efectividade desse compromisso. O nível de serviço é medido por diversos factores, sendo que no caso da distribuição passa em grande parte pelo cumprimento dos horários de entrega estabelecidos. Nesse sentido, existem já clientes com um grau de importância considerável que, também por esse motivo, exigem um nível de serviço particular. Falando em concreto deste protótipo, ainda que se trate da primeira entrega do dia, ao contrário do que possa parecer, não se trata de uma janela de entrega igual para todos eles. Existem micro intervalos de tempo que devem manter-se e que condicionam a reformulação das rotas. Não existe portanto liberdade total para reordenar os pontos de entrega.

4.2 Metodologia Utilizada

Procurou-se neste projecto estudar a capacidade de resposta que o TOURSOLVER pode ter para diferentes níveis de planeamento da distribuição na empresa. Nesse sentido, dividiu-se em três fases o trabalho realizado. Inicialmente, recorrendo ao software, avaliaram-se as rotas actualmente em vigor. Depois, e tendo em conta as restrições mencionadas anteriormente, reformulou-se, ainda que de forma condicionada, este conjunto de rotas. Por fim, e com o objectivo de, por um lado, perceber que peso têm as restrições ao nível dos horários de entrega e, por outro, medir o potencial desta ferramenta de planeamento, testou-se o software relaxando algumas restrições.

4.3 Avaliação das Rotas Actuais

Assim que ficou definido o protótipo, foram estudadas ao pormenor todas as rotas. O primeiro passo deste estudo passou por avaliar os seus percursos, recorrendo para isso ao TOURSOLVER. Para o efeito, foi realizado um tratamento de dados a submeter ao programa. Conhecendo a composição e sequência de entregas de cada rota, a informação foi parametrizada de acordo com essas indicações.

No decorrer deste estudo cuidado dos itinerários seguidos por cada rota, foram surgindo algumas questões relacionadas com o trajecto estabelecido. Em alguns casos, conclui-se existir algum factor que não apenas a localização dos clientes a determinar o trajecto seguido pela rota. A razão para que esta situação aconteça prende-se com o facto de existirem clientes cuja importância é tal que “obrigam” a alterações no planeamento das rotas para que sejam garantidas as melhores condições de entrega, neste caso os horários. No fundo, são estes clientes que orientam a rota e determinam o caminho que ela deve seguir.

Parte envolvente neste processo, a equipa de distribuição foi fundamental na identificação destes casos. Rota a rota, foram localizados os clientes que maior influência teriam no trajecto da mesma. Estas restrições limitam consideravelmente um processo de reformulação do planeamento de distribuição. Estando estes clientes habituados a um nível de serviço, não é de modo algum pacífica uma alteração que comprometa essas condições.

Ainda assim, o objectivo desta primeira abordagem foi avaliar cada rota individualmente, medindo a distância percorrida e o tempo consumido. Só a partir destes dados foi possível avançar com eventuais cenários de melhoria.

4.4 Reformulação Condicionada

De modo a adaptar o processo de reformulação às principais restrições relacionadas com janelas de entrega, foi sugerido um modelo que, recorrendo às potencialidades do software adquirido para o efeito, conseguisse procurar soluções de melhoria sem as violar.

Tendo em conta as condições verificadas durante a avaliação às rotas actualmente em vigor e, analisada cada uma individualmente, identificou-se até que ponto os horários de entrega eram estritamente rígidos, não havendo por isso possibilidade de os alterar. A esse conjunto de clientes chamou-se "clientes prioritários".

	Cliente	Hora prevista
Clientes Prioritários	Cliente A	8:25
	Cliente B	8:40
	Cliente C	8:50
	Cliente D	9:00
Clientes não Prioritários	Cliente E	9:15
	Cliente F	9:30
	Cliente G	9:40
	Cliente H	10:00
	Cliente I	10:15
	Cliente J	10:25

Figura 4.3: Constituição típica de uma rota

Verificou-se também que o posicionamento desses clientes no escalonamento da rota era em exclusivo na parte superior, correspondente às primeiras entregas. A figura 4.3 representa a constituição típica de uma rota.

Tendo em conta estas condicionantes, considerou-se que a reformulação de uma rota deve passar por duas fases distintas. A existência de clientes com prioridades diferentes ao nível dos horários de entrega, exige o estabelecimento de um critério que os distinga nesse capítulo. Por conseguinte, uma vez que são determinantes no trajecto que uma rota tem de seguir, a análise aos clientes prioritários devem ser feita em separado relativamente aos não prioritários. Por outro lado, a localização dos pontos de entrega é um factor que naturalmente tem de ser incluído nesta análise. Assim, podem definir-se estas duas características como os critérios de decisão na reformulação destas rotas.

Com base nestas conclusões, era importante perceber a capacidade de resposta do software a estas necessidades. Ao longo da fase de estudos do funcionamento da ferramenta, que fez parte deste projecto, foi sendo observado o comportamento do programa aos diferentes tipos de problemas que iam sendo colocados. Funcionando como optimizador, o TOURSOLVER não demonstrou ter capacidade de criar grupos de elementos – *clustering* – com características semelhantes. Quando não há intervenção do utilizador em sentido oposto, as soluções oferecidas são sempre numa perspectiva do custo mínimo da operação. Na prática, avaliando custos, recursos e necessidades, o software apresenta a constituição de rotas de modo a que se

despenda a menor quantia possível. No entanto, as soluções apresentadas têm em consideração que todos os pontos de entrega devem efectivamente ser visitados. Sempre que o número de clientes a visitar é alterado, o programa produz soluções totalmente diferentes. Ou seja, as soluções fornecidas pelo software só fazem sentido na perspectiva de todos os pontos serem visitados. Por este motivo, esta abordagem não é interessante quando adaptada ao conceito de distribuição em prática na Dismed. Como foi já referido em capítulos anteriores, o conceito de rota é semi-dinâmico. Apesar de uma constituição fixa, a composição final de uma rota depende sempre dos clientes que nesse momento efectivarem encomenda.

Tendo em conta estas limitações, tentou encontrar-se alternativas de modo a contornar o problema. Da análise aos parâmetros do TOURSOLVER, verificou-se ser possível destacar para um conjunto de pontos de entrega um veículo em específico. Esta funcionalidade permite ao utilizador definir que conjunto de clientes que devem seguir na mesma viatura. Nestas circunstâncias, concluiu-se que teria de ser desenvolvida uma solução para a criação de *clusters*, dada a incapacidade do software nesses domínios.

O método utilizado na formação de *clusters* foi o *k-médias*. Este algoritmo pertence à classe dos métodos de agrupamentos de particionamento, procurando encontrar a melhor partição dos *m* objectos – que neste caso representam os clientes – em *k* grupos. Para desenvolver esta aplicação recorreu-se ao XLSTAT, um complemento do EXCEL direccionado para tratamento de dados e análise estatística. De acordo com o estudo realizado e documentado na secção 2.8 do presente relatório, escolheu-se este método por apresentar uma boa performance no tratamento de dados numerosos. O algoritmo pode ser traduzido pelo seguinte modelo:

$$R = \sum_{K=1}^{K} \sum_{x_i \in C_k} d(x_{0,k}\,, x_j) \qquad (2)$$

Onde:

$x_{0,k}$ é o centróide do *cluster* k;

$d(x_{0,k}, x_j)$ é a distância entre o centro do *cluster* k e o cliente j;

K é o número total de *clusters*;

R é a soma dos resultados obtidos por cada *cluster*.

Assim, procura-se definir os *clusters* de modo que a equação (2) seja minimizada. Deste modo formam-se grupos em que o somatório da distância entre cada ponto e o *centróide* é minimizado.

Recorrendo a esta ferramenta, foram formados numa primeira instância *clusters* apenas constituídos por clientes prioritários. A partir destes agrupamentos, determinam-se os *centróides* das rotas. O estabelecimento deste ponto central serve de referência para que de seguida se analisem os restantes clientes. Assim, a cada *centróide* são associados os pontos de entrega mais próximos, completando deste modo os *clusters* de distribuição. O objectivo desta

metodologia é garantir que as principais restrições de janelas de entrega são mantidas e que, para cada veículo, se minimize as distâncias percorridas entre os pontos de uma rota. Por outro lado, a criação desta barreira, resultante da divisão por critério de prioridade, visa limitar o impacto que a reformulação pode ter nos horários de entrega, minimizando as variações.

A figura 4.4 descreve o processo de reformulação de rotas. Estabelece-se então a existências de dois momentos destinados à aplicação do algoritmo de *clustering* e dois momentos de aplicação de metodologias *routing scheduling* existentes no TOURSOLVER.

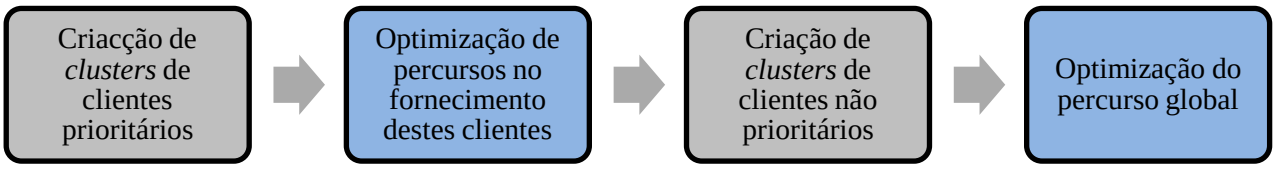


Figura 4.4: Descrição do Processo de Reformulação de Rotas Condicionada

Visualmente, a definição do grupo de clientes prioritários representa o *núcleo* de uma rota. São os pontos visitados no início e que, por esse motivo, orientam numa fase inicial o percurso. Na figura 4.5, esses pontos estão representados a preto. A constituição final de uma rota é formada quando ao *centróide* dos pontos pioneiros forem associadas as farmácias mais próximas, representadas a cinzento. Deste modo fica definida a fronteira do cluster, havendo depois lugar à optimização do percurso global, garantindo que as farmácias do núcleo são visitadas em primeiro lugar.

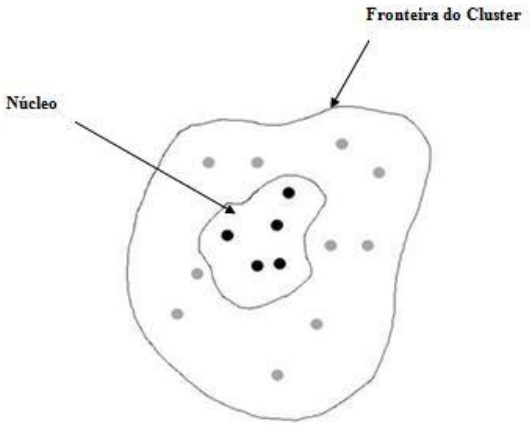


Figura 4.5: Criação de Clusters

De acordo com a metodologia descrita, a reformulação de rotas começa numa análise aos clientes prioritários de cada rota. Embora neste protótipo constem 221 clientes, naturalmente que para a fase de formação de *clusters* não faz sentido analisar de uma só vez todos eles. Por esse motivo, foram definidas zonas de distribuição em função da concentração de pontos de entrega e da existência de barreiras naturais, como é o caso do Rio Douro.

Na figura 4.6 podem observar-se essas cinco diferentes zonas. A metodologia foi então aplicada a cada uma delas.

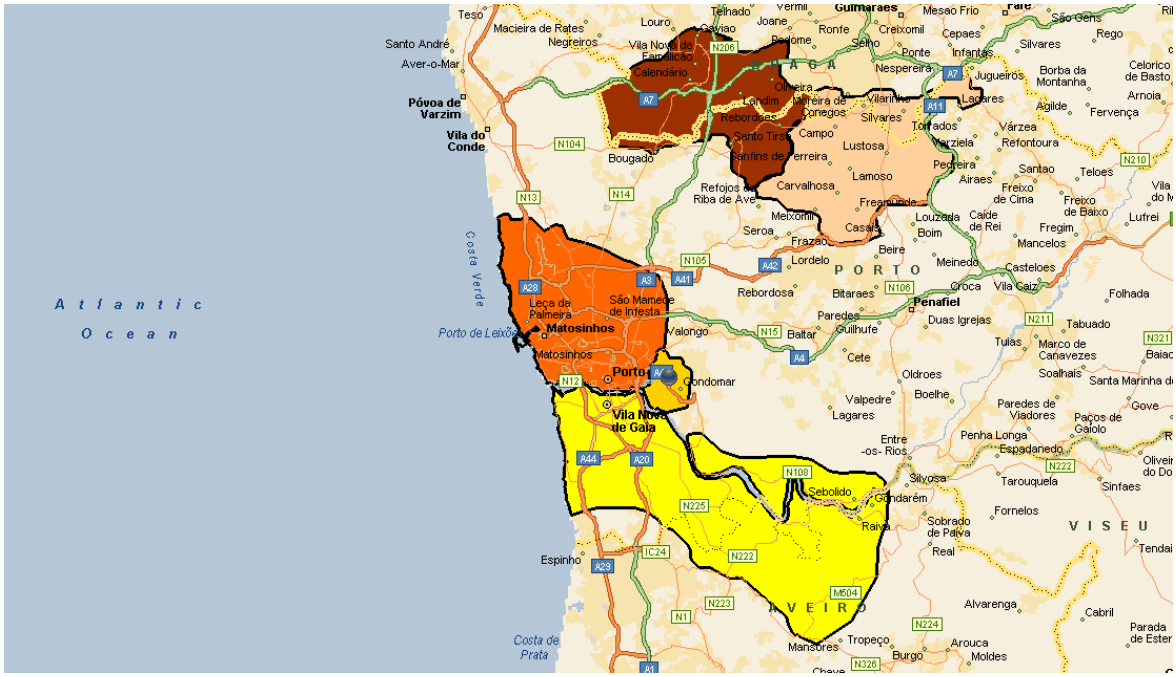


Figura 4.6: Definição das zonas de distribuição

Complementando a informação descrita na figura, a tabela 3 define a instância relativa a cada uma das zonas. Estava então estabelecido que de um problema único inicial, foram definidos cinco problemas de menores dimensões.

Tabela 3: Caracterização das zonas de distribuição

Zona		Clientes	Rotas
Gaia		55	4
Porto/Matosinhos/Maia		126	8
Gondomar/Valbom		12	1
Famalicão/Santo Tirso		20	2
Vizela/Paços de Ferreira		7	1

Pela análise da tabela, identifica-se a existência de uma zona que abrange sensivelmente metade da totalidade dos clientes incluídos neste protótipo. Sendo esta uma área de grande concentração de farmácias, não existe uma definição clara das fronteiras entre as rotas nesta região. Optou-se neste caso por incluir na mesma abordagem todos os pontos desta zona e, desse modo, colocar em causa permitindo mudanças entre os pontos dessas rotas.

De seguida apresenta-se a descrição passo a passo da reformulação de rotas condicionada. Para uma melhor percepção, é feito um acompanhamento do tratamento dado a uma das regiões previamente estabelecidas. A zona escolhida foi a de Gaia.

1º Passo: Localizar geograficamente os grupos de clientes prioritários. Na figura abaixo, cada uma das quatro rotas da zona de Gaia está representada por uma cor.

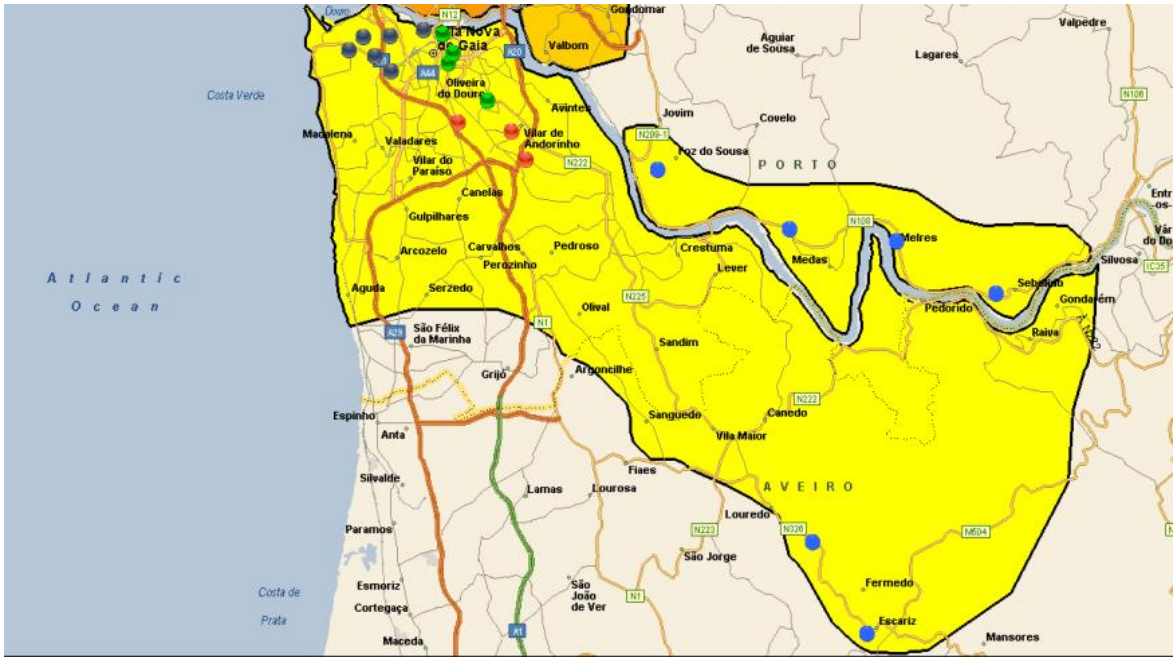


Figura 4.7: Localização inicial dos clientes prioritários na zona de Gaia

2º Passo: Recorrendo ao algoritmo *k-médias*, criar *clusters* deste conjunto de clientes principais. No final deste procedimento, os clientes prioritários ficam divididos por rota e, para cada uma delas, é determinado o seu *centróide*. É nesta fase que são introduzidas as primeiras alterações, ao verificar-se a formação de grupos diferentes dos iniciais. As alterações são visíveis pela comparação das figuras 4.7 e 4.8. Neste caso, dois dos clientes mudaram de rota.

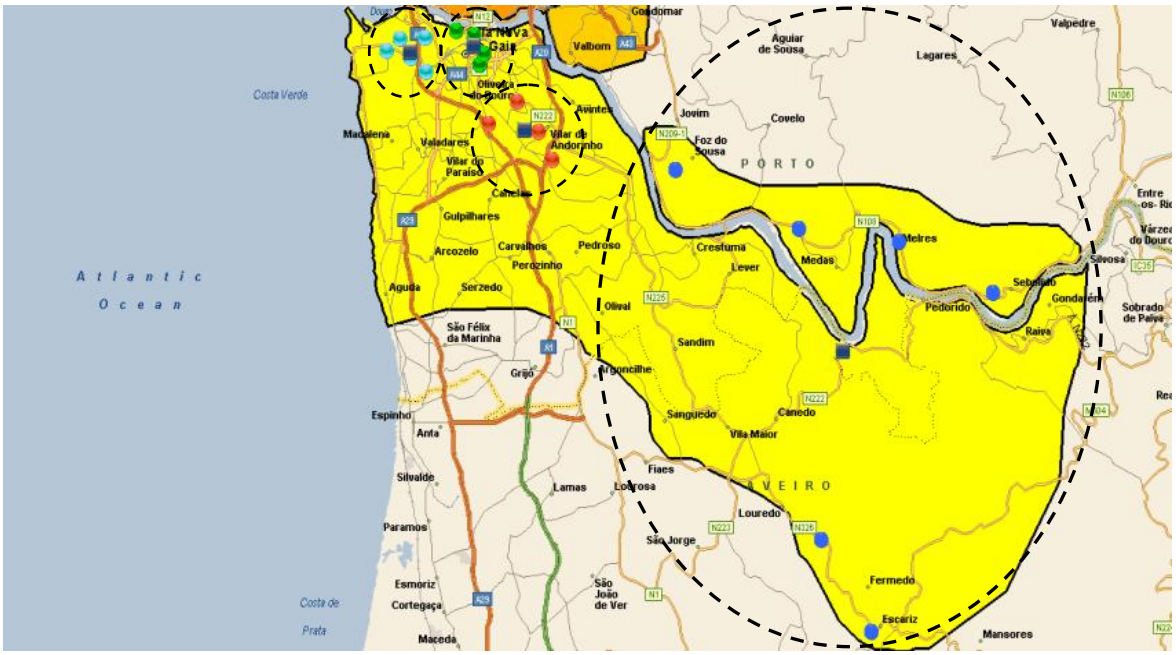


Figura 4.8: Criação de clusters prioritários na zona de Gaia

3º Passo: Recorrendo ao TOURSOLVER, optimiza-se o percurso destes primeiros pontos, garantindo que nenhum deles é visitado fora limite horário estabelecido. Assim, a cada *cluster* previamente formado é enviada uma viatura. Com esta informação, o TOURSOLVER optimiza o percurso dentro de cada grupo. Nesta fase, caso seja violada alguma das restrições destes conjuntos, é necessário voltar ao passo 2 e formar novos *clusters*.

4º Passo: A cada *centróide* é atraído o grupo de clientes não prioritários que se localizem mais proximamente. No final desta fase, a constituição da rota fica completa, sendo então necessário avalia-la a vários níveis. Por um lado, garantir que o veículo tem capacidade de carga para servir os clientes em questão. Outra restrição a ter em conta é o horário de funcionamento da viatura, de modo a regressar ao armazém a tempo de realizar a rota seguinte.

5º Passo: Optimização do percurso tendo em conta estas condições. No final, é submetido ao CVRS toda a informação trabalhada até esta fase, sendo então optimizados os percursos, resultando na constituição final da rota.

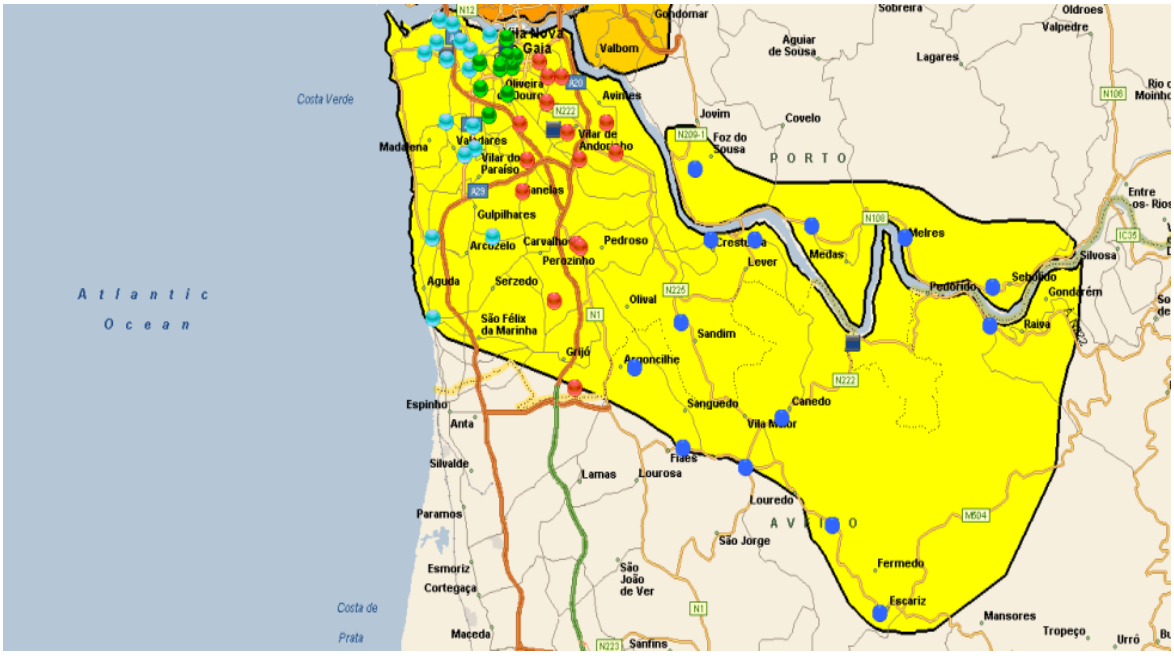


Figura 4.9: Composição final das rotas da zona de Gaia

6º Passo: Experiência e juízos humanos na validação destes grupos criados. Embora a criação dos *clusters* tenha sido realizada tendo em conta duas características – localização e prioridade – a verdade é que a análise geográfica não tem em conta factores como trânsito, estradas e situações do género. Por esse motivo, será sempre necessário que exista a possibilidade de intervenção humana de modo a adaptar as soluções obtidas.

Fica claro nesta descrição que se trata de um processo iterativo. É necessário um tratamento de dados anterior à utilização do programa, sendo que depois é este que valida a composição das rotas, ponderando as condições impostas pelo utilizador. Esta abordagem foi implementada nas restantes seis zonas de uma forma análoga. Os resultados são apresentados no capítulo seguinte.

4.5 Reformulação Livre

Nesta fase do projecto, decidiu-se testar a utilização do programa num cenário em que os horários de entrega pudessem ser renegociados. Na prática, significa dizer que para o protótipo em análise, todos os clientes teriam a mesma janela horária, não existindo a esse nível prioridades diferentes.

Sendo o objectivo desta abordagem testar as capacidades do software com total liberdade, a consideração feita na solução anterior relativamente à definição de zonas de entregas não foi tida em causa.

À semelhança do cenário anterior, interessa também neste caso reduzir as distâncias intra-rota. O método escolhido para a formação dos *clusters* de distribuição foi igualmente a heurística *k-médias*. No entanto, neste caso é eliminado um dos critérios de aglomeração. Uma vez que o período de entrega é definido como igual para todos os clientes, não existem diferentes categorias relativamente à prioridade. Os clusters foram formados apenas por proximidade geográfica. A metodologia seguida pode ser descrita em quatro passos:

1º Passo: Localização de todos os clientes

2º Passo: Definição de *clusters* de distribuição recorrendo ao algoritmo *k-médias*.

3º Passo: Recorrendo ao TOURSOLVER, optimizar o percurso relativo a cada *cluster*, confirmando que as restrições de capacidade do veículo e de horas não são violados.

4º Passo: Caso nenhuma das restrições seja violada, a optimização é concluída. Se, por outro lado, algum critério não for satisfeito, volta-se ao 2º passo havendo uma redefinição dos *clusters*.

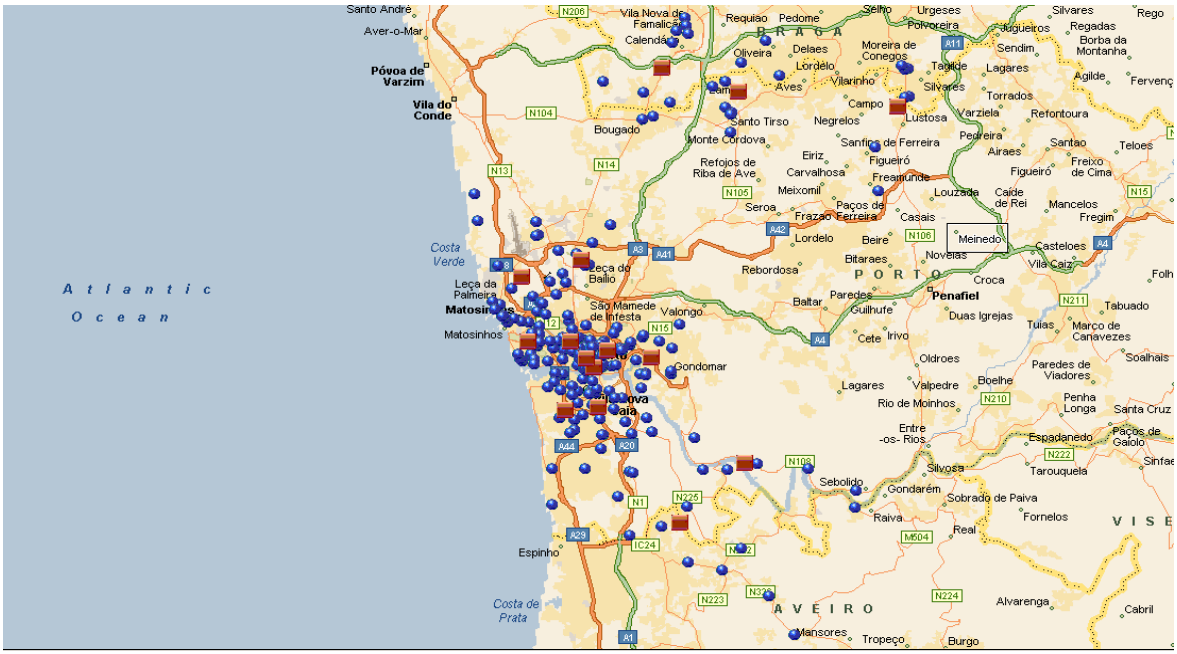


Figura 4.10: Clusters de Distribuição com reformulação livre

A figura 4.10 apresenta a localização dos *centroides* dos 15 cluster formados seguinte esta metodologia. A cada grupo de clientes de um mesmo *cluster*, é atribuída uma viatura e desse modo é optimizado o percurso.

5 Resultados da implementação

Nesta secção do relatório são apresentados os resultados das soluções propostas. De acordo com o que foi descrito na secção anterior, foram realizados três trabalhos distintos.

5.1 Avaliação das Rotas Actuais

A tabela seguinte apresenta um resumo da avaliação feita às rotas utilizadas aquando do início do projecto. Todos estes valores foram obtidos utilizando o software.

Tabela 4: Resultados da Avaliação das Rotas Actuais

Zona	Rota	Clientes	Distância (km)	Tempo (hh:mm)
Gaia	1 – Gaia Interior	15	75,4	1:50
	10 – Gaia Fiães	13	153,7	3:29
	41- Gaia Centro	12	42,9	1:01
	70 – Gaia Litoral	15	65,8	1:39
	Total	55	337,8	8:00
Porto/Maia/Matosinhos	3 – Porto Boavista	18	57,7	1:31
	12 – Costa Cabral	15	28,8	0:47
	43 – Boavista Carvalhido	19	37,3	1:07
	45 – Porto Baixa	18	27,9	0:46
	51 – Campanhã Baixa	18	25,8	0:43
	2 – Maia	11	70,6	1:30
	9 – Matosinhos	13	74,6	1:32
	44 – Padrão Senhora da Hora	14	53,1	1:21
	Total	126	375,8	9:17
Famalicão/ Santo Tirso	6 – Famalicão	10	112,4	2:08
	106 – Santo Tirso – Trofa	10	96,7	1:48
	Total	20	209,1	3:57
Gondomar / Valbom	50 – Valbom	12	28,3	0:50
	Total	12	28,3	0:50
Vizela/ Paços De Ferreira	5 – Vizela Paços de Ferreira	7	114,2	1:53
	Total	7	114,2	1:53
TOTAL		**220**	**1065,2**	**24:01**

5.2 Redefinição Condicionada

Na tabela 5 são apresentados os resultados obtidos seguindo a metodologia descrita no capítulo anterior, destinada a um novo planeamento das rotas contemplando as rígidas restrições resultantes dos horários de entrega. Neste caso, e ao contrário da situação anterior, os resultados reflectem a optimização do programa tendo em conta a parametrização descrita no ponto 4.4.

Tabela 5: Resultado da Reformulação Condicionada de Rotas

Zona	Rota	Clientes	Distância (km)	Tempo (hh:mm)
Gaia	1 – Gaia Interior	16	51,3	1:35
	10 – Gaia Fiães	13	143,0	3:15
	41- Gaia Centro	11	35,4	0:52
	70 – Gaia Litoral	15	55,2	1:27
	Total	55	284,9	7:11
Porto/Mais/Matosinhos	3 – Porto Boavista	18	49,8	1:17
	12 – Costa Cabral	15	27,0	0:43
	43 – Boavista Carvalhido	19	34,2	1:00
	45 – Porto Baixa	17	23,9	0:38
	51 – Campanhã Baixa	18	24,7	0:42
	2 – Maia	11	59,3	1:15
	9 – Matosinhos	13	70,6	1:27
	44 – Padrão Senhora da Hora	14	45,2	1:09
	Total	125	334,7	8:11
Famalicão/ Santo Tirso	6 – Famalicão	10	100,2	1:53
	106 – Santo Tirso – Trofa	10	93,4	1:44
	Total	21	193,6	3:38
Gondomar / Valbom	50 – Valbom	12	18,8	0:39
	Total	12	18,8	0:39
Vizela/ Paços de Ferreira	5 – Vizela Paços de Ferreira	7	114,2	1:53
	Total	7	114,2	1:53
TOTAL		**220**	**946,2**	**21:38**

5.3 Reformulação Livre

Neste ponto, os resultados reflectem uma nova realidade. Uma vez que se libertaram algumas das restrições mais limitadoras, as mudanças estruturais fizeram-se sentir. Nesse sentido, considerou-se que dadas as profundas alterações na constituição das rotas, quer em número de clientes quer em sequência de visitas, não faria sentido manter as suas designações.
Os resultados do método implementado, ditaram a necessidade de recorrer a 15 viaturas, menos uma do que o que se verifica na situação actual.

Tabela 6: Resultados da reformulação livre

Rota	Clientes	Distância (km)	Tempo (hh:mm)
1	9	97,2	2:12
2	13	85,0	2:05
3	10	91,3	1:41
4	10	95,6	1:44
5	7	113,7	1:52
6	10	50,3	1:12
7	17	59,1	1:34
8	16	37,6	1:05
9	22	49,4	1:22
10	17	74,2	1:51
11	18	24,5	0:41
12	21	35,6	0:59
13	14	23,0	0:45
14	18	29,3	0:50
15	19	23	0:37
Total	220	888,9	20:37

5.4 Resumo Comparativo

Neste ponto tenta-se sintetizar os resultados obtidos, cruzando a informação de cada análise feita. São apresentados alguns indicadores no intuito de avaliar a qualidade das soluções desenvolvidas. Deste modo é possível mais facilmente analisar os resultados.

De acordo com a ordem de trabalhos conhecida, foram denominados três cenários. O cenário 1 diz respeito à avaliação de rotas. Os cenários 2 e 3 representam os resultados das reformulações condicionada e livre, respectivamente.

Na tabela 7 apresentam-se os principais indicadores de avaliação do planeamento realizado. Para cada um dos três cenários, é possível verificar o número de viaturas necessárias, a distância a percorrer e o tempo total de viagens.

Tabela 7: Quadro Resumo dos Resultados

	Viaturas	Distância (km)	Tempo (hh:mm)
Cenário 1	16	1065	24:01
Cenário 2	16	946	21:38
Cenário 3	15	889	20:37

De acordo com os resultados apresentados na tabela 7, as poupanças obtidas em termos de distância e percorrer e tempos de viagem, são apresentadas na figura 5.1 e 5.2 respectivamente.

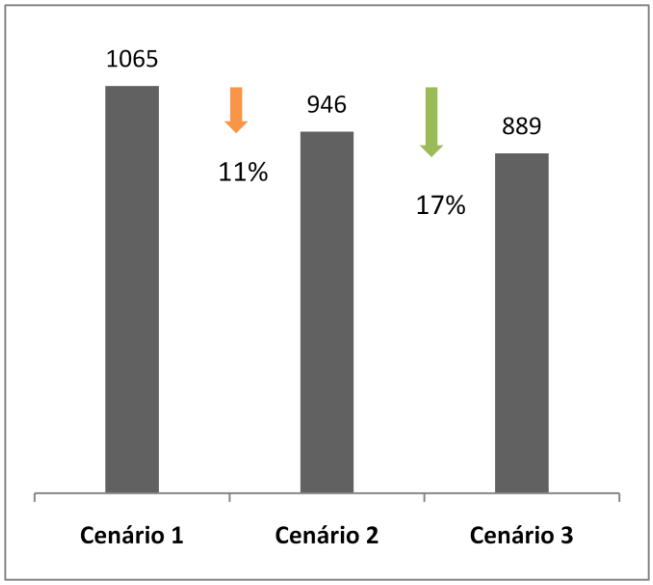


Figura 5.1: Poupança em distância percorrida

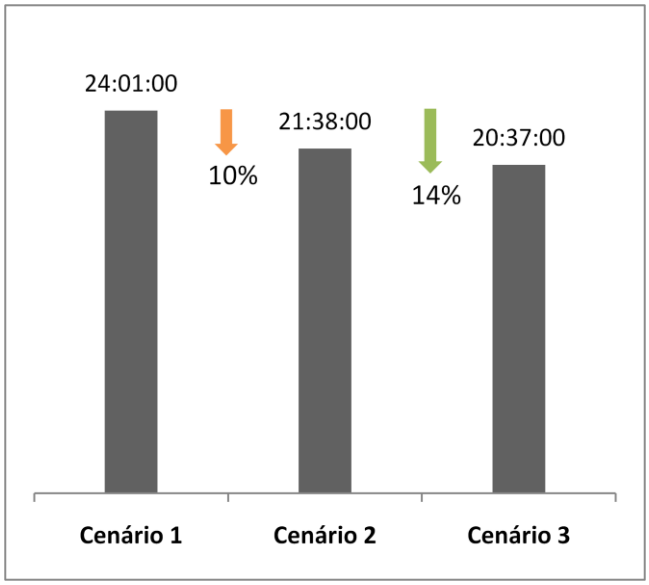


Figura 5.2: Poupança em tempo de viagem

Se para os dois indicadores anteriores se verificaram melhorias em ambas as abordagens, o mesmo não aconteceu relativamente ao número de veículos a utilizar. Neste particular, apenas na reformulação livre se conseguiu poupar o uso de uma viatura, de acordo com o que é descrito no gráfico seguinte.

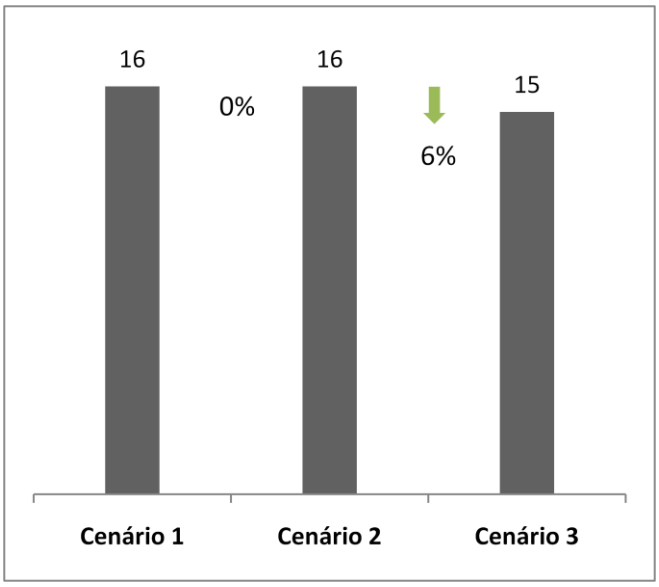


Figura 5.3: Poupança em Viaturas

Sendo certo que a utilização de menos uma viatura representa um ganho directo, interessa perceber se essa redução de recursos se traduz num aumento de volume de trabalho por veículo. Desse modo, fez-se uma análise ao tempo médio e distância média percorrida por cada rota.

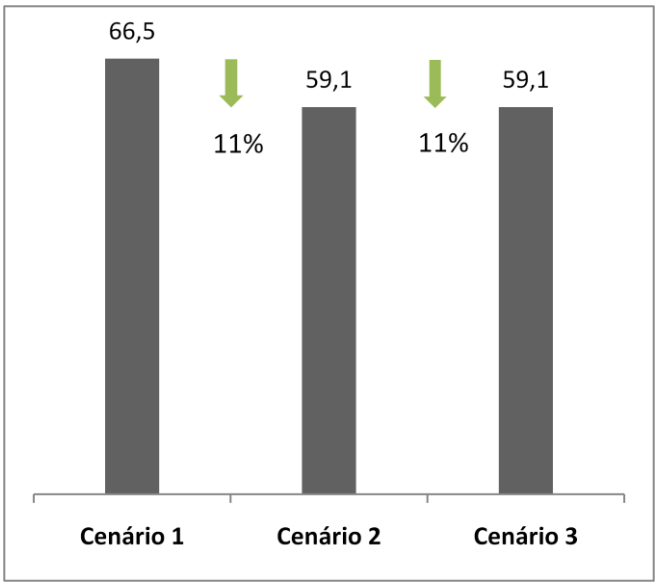


Figura 5.5: Distância Média por Viatura

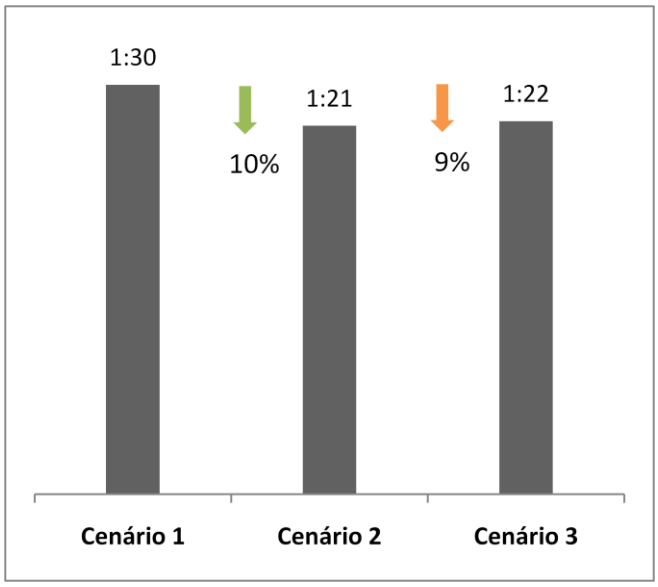


Figura 5.4: Tempo de Viagem Médio por Viatura

Estes valores permitem concluir que, apesar da redução do número de veículos, o volume de trabalho em termos de distância percorrida e tempo de viagem se mantém do cenário 2 para o cenário 3.

Os próximos indicadores dizem respeito à distribuição do volume de trabalho pelos recursos disponíveis. A análise contemplou uma vez mais os 3 cenários.

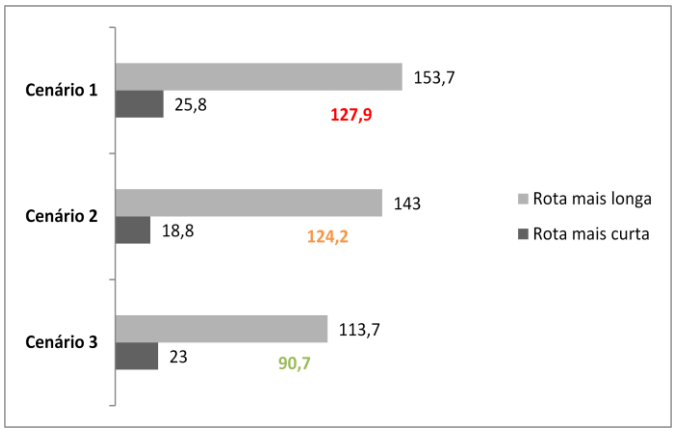


Figura 5.7: Amplitude das Distâncias

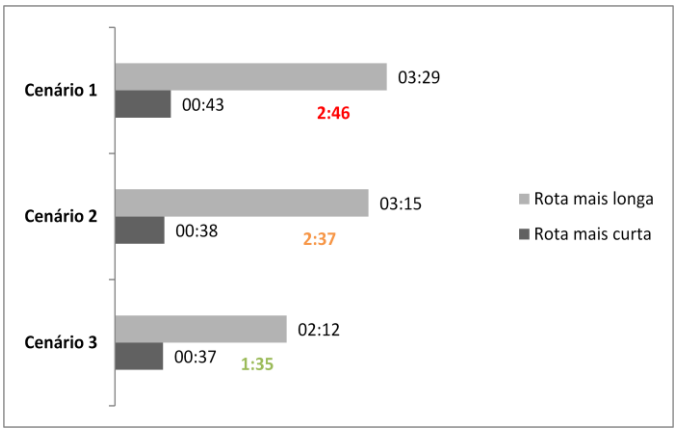


Figura 5.6: Amplitude dos Tempos de Viagem

Este estudo foi feito tendo em vista analisar o impacto que as soluções têm ao nível do planeamento. Para questões como escalonamento de motoristas e viaturas e a própria gestão de frota, é de todo o interesse conhecer os limites mínimos e máximos de cada trajecto. A este nível verificou-se que, tanto em termos de distância percorrida como tempo de viagem, o 3º cenário apresenta menores amplitudes, revelando-se mais equilibrado em ambos os indicadores. As diferenças entre as duas primeiras abordagens são relativamente baixas.

5.5 Discussão de Resultados

Foi possível no decorrer dos trabalhos verificar que, tendo em conta as limitações inerentes a esta actividade, as rotas analisadas não estavam totalmente erradas. Embora não tenham sido preparadas com o auxílio de ferramentas de apoio à decisão, era notória a existência de critérios sólidos na sua preparação. Uma vez que estão em análise cenários probabilísticos, já que tendo cada rota uma constituição fixa, diariamente os pontos a visitar vão-se alterando, existia já o conceito da formação de *clusters* de distribuição. Naturalmente que com o avolumar de clientes, seguindo o método de adicionar um novo ponto de entrega ao ponto mais próximo já existente, vai-se perdendo o controlo da situação. Esta foi uma das situações que a metodologia proposta tentou solucionar. Porém, se quanto à definição das zonas a que cada rota abastecia se verificou uma divisão coerente, o mesmo não aconteceu relativamente à sequência de entregas. Este aspecto levou a um estudo complexo, caso a caso, no intuito de entender o nível de prioridade de cada cliente.

Foi com base nestas conclusões resultantes da avaliação das rotas existentes que se construiu o modelo proposto. A ideia principal do modelo consistiu, tal como descrito no capítulo 4, em agrupar primeiro os pontos de visita definindo o trajecto depois. No processo de criação de *clusters* foi necessário ter em conta a localização e a prioridade de cada cliente. Pela análise dos resultados obtidos adoptando esta metodologia, verifica-se que é possível obter ganhos significativos relativamente às rotas em vigor no início do projecto. Esta reformulação de

rotas condicionada aos principais clientes produziu resultados melhores, correspondentes a poupanças de 11% em distância a percorrer e 10% em tempo total de condução, mantendo o número de viaturas.

No entanto, ao longo da realização dos trabalhos, foi-se tomando consciência mais efectiva da dimensão dos condicionalismos do cumprimento de horários à medida dos clientes prioritários. Tendo em conta um dos objectivos do projecto, que se prendia com a avaliação das potencialidades de um sistema de apoio à decisão no planeamento da distribuição, avançou-se para um cenário em que essas capacidades pudessem ser testadas. De acordo com os resultados apresentados anteriormente, nestas condições, foi possível obter soluções significativamente mais eficazes que as anteriores. Neste cenário, obtiveram-se ganhos e 17% em km e 14% em tempo de viagem. Para que se tenha uma ideia mais exacta do que representam estes valores, por cada ponto de entrega, trata-se de sensivelmente um minuto em tempo de viagem e cerca de 800 metros de distância percorrida.

Comparando os resultados das duas abordagens propostas, é evidente a considerável redução do total de quilómetros percorridos e tempo total de condução do conjunto de rotas obtidas recorrendo a este último método. Conclui-se também que o planeamento da distribuição segundo uma reformulação livre se revelou mais equilibrado, uma vez que as variações nos principais indicadores de desempenho de rotas foram menores. Esta perspectiva é interessante para os responsáveis pelo planeamento uma vez que se evitam grandes flutuações de carga horária em função do trabalho atribuído. Esta é uma das principais diferenças entre as duas abordagens, uma vez que seguindo uma reformulação atendendo aos principais condicionalismos, se mantêm sensivelmente os mesmos valores nestes capítulos. Por outro lado, esta situação representa vantagens ao nível da gestão da frota, dado que se promove um equilíbrio das distâncias percorridas pelos veículos. Relativamente à distribuição do trabalho pelos recursos disponíveis, obtiveram-se valores muito semelhantes para distância média e tempo médio de condução por viatura. Quer isto dizer que, apesar de no 3º cenário se ter reduzido o número de veículos para 15, se manteve o volume médio de trabalho. Este é, indubitavelmente, um indicador positivo relativamente à qualidade das soluções obtidas com o auxílio da ferramenta.

Foram realizados testes a estes resultados em estrada. Este estudo comprovou a veracidade dos valores calculados pelo TOURSOLVER relativamente a distâncias a percorrer, reforçando a necessidade no entanto da integração de um sistema de navegação GPS que, mais do que a sequência de pontos de visita, possibilite ao motorista ter um conhecimento do trajecto a percorrer.

Importa ainda referir que, relativamente a estes resultados, e apesar das justificações apresentadas na definição do protótipo implementado, este grupo não é de todo o mais favorável para se verificarem melhorias significativas. Dada a localização próxima relativamente ao armazém de Gondomar, é facilmente perceptível que a margem para poupanças a nível de distância percorrida e tempo de viagem são menores do que para outros casos em que os clientes estejam mais afastados. Pensando já numa perspectiva de trabalhos futuros, prevê-se que o impacto desta metodologia noutras zonas do país seja mais evidente.

Perante os resultados obtidos, este estudo deixa claro que o grande entrave às melhorias que o planeamento da distribuição pode sofrer resulta do cumprimento das exigências solicitadas pelos clientes relativamente a horários de entrega. Nesse sentido, pretende ter um contributo para os benefícios que alinhar os seus objectivos com os dos seus clientes podem trazer para a empresa.

6 Conclusões e Perspectivas de Trabalho Futuro

O objectivo de estudar as potencialidades deste software e desenvolver metodologias que permitam a sua implementação foi cumprido na totalidade. Os aspectos mais positivos e os menos positivos do programa são descritos neste relatório onde ficam também demonstradas as vantagens da utilização das abordagens propostas. O seguimento deste trabalho permitirá à empresa revolucionar por completo o modo de como gere o planeamento da cadeia de distribuição.

Era importante saber a que níveis de planeamento das actividades de gestão de rotas tinha a ferramenta capacidade para ser uma ajuda útil. Neste particular, verificou-se que o TOURSOLVER não está preparado para cobrir todos os níveis. A incapacidade em criar grupos de características semelhantes, impossibilita que as optimizações sejam feitas sem uma preparação prévia da informação. Nessa preparação incluí-se uma análise com o objectivo de criar *clusters* de distribuição. O modelo desenvolvido, é deste modo uma resposta à limitação detectada.

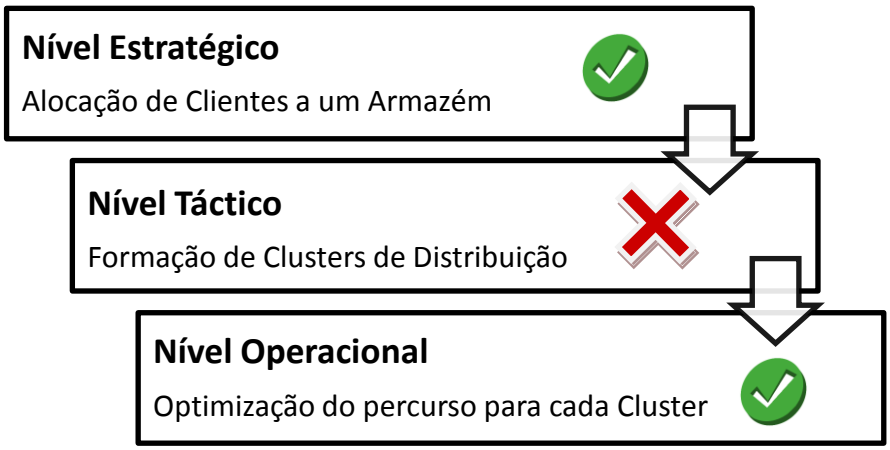


Figura 6.1: Capacidades do TOURSOLVER

De acordo com a figura 6.1, aos níveis estratégico e operacional, a ferramenta revelou estar preparada para dar respostas de qualidade. A intervenção exterior é no sentido de colmatar a insuficiência ao nível táctico, no estabelecimento de zonas de distribuição.

Ao longo da realização dos trabalhos, foram sendo feitos estudos relativamente a outros casos semelhantes de implementação de sistemas de apoio à decisão no departamento de Distribuição. Conforme os documentos citados neste relatório, uma decisão deste tipo necessita por parte da organização de uma adaptação de processos. Estando este projecto envolvido no plano de introdução do TOURSOLVER na Dismed, foi necessário também um levantamento de pré requisitos e condições necessárias para o sucesso do programa. Assim, considera-se fundamental a integração do programa com o sistema de informação da empresa, de modo a automatizar fluxo de informação. Por outro lado, é essencial criar condições que garantam condições para que sejam obtidas informações exactas relativamente à localização dos pontos de entrega e recolha.

Contudo, o estabelecimento destas pontes de modo a garantir o bom funcionamento do sistema de informação não é, de modo algum, suficiente para o sucesso deste projecto. Com a entrada deste novo recurso, deve promover-se uma mudança de filosofia no que à gestão da

cadeia de distribuição diz respeito. Aproveitando algumas das potencialidades da ferramenta, nomeadamente ao nível do controlo de custos, devem ser criadas competências seguras ao nível do planeamento. O objectivo deve passar por quantificar o custo do fornecimento de qualquer nível de serviço prestado ao cliente. Um conhecimento concreto dos custos ajuda a conduzir em direcção a uma estratégia de distribuição adequada. Os parâmetros do serviço ao cliente devem ser concebidos, acordados e realizados por todas as pessoas envolvidas nas actividades de distribuição. Neste grupo devem estar naturalmente as chefias das duas partes mais directamente envolvidas, como são o departamento de Distribuição e o departamento de Marketing e Vendas. É fundamental que o acordo alcançado sobre estes parâmetros seja depois mantido e respeitado por todos. O que acontece por vezes é um conflito de interesses entre os dois departamentos. Quando o departamento de Marketing pensa exclusivamente numa perspectiva da qualidade do serviço ao cliente e, por seu turno, o departamento de Logística adopta uma estratégia de racionalização de processos, existe um forte entrave a um entendimento. Nestes casos, as duas equipas medem forças sem que daí se preveja qualquer ganho para a empresa. Quando surgem conflitos deste tipo, pode ser uma indicação que o nível de serviço ao cliente foi mal estabelecido. O ponto-chave é que estes conflitos devem ser resolvidos na fase de planeamento e nunca na linha da frente operacional.

Ao realizar este trabalho, tentou-se não só apresentar um contributo ao nível operacional, produzindo rotas mais eficazes mas, sobretudo, introduzir um novo pensamento sobre o planeamento da cadeia logística. Deste modo, considera-se apropriado que a empresa aborde as operações de distribuição sob uma perspectiva de logística integrada. Neste contexto, só de uma visão integrada de toda a gama de actividades do grupo pode surgir uma política sensível de serviço ao cliente. Como resultado de um mau balanceamento estratégico, podem surgir perigosos danos. As penalidades de custo noutros departamentos podem ultrapassar largamente as poupanças alcançadas na distribuição.

Com este trabalho conclui-se ainda que as condicionantes de entrega relativas às janelas horárias são a principal restrição neste tipo de planeamento. Assim, apresentam-se soluções que contornem essas imposições mas também uma perspectiva de mudança que se traduz em melhores resultados.

Outra consideração a ter em conta reside na aceitação que este tipo de ferramentas tem por parte da equipa de distribuição. Para quem trabalha há largos anos neste ramo e, especialmente para os que lidam com a estrada diariamente, é por vezes complicado aceitar que algo vindo de um computador é capaz de dar informações mais válidas relativamente a itinerários. Foi algo que ficou claro durante este projecto, uma certa desconfiança nos resultados extraídos da ferramenta. Neste caso, a melhor forma de contornar a questão é envolver as equipas de distribuição nestas actividades para que possam por eles próprios comprovar a veracidade das soluções. Por outro lado, por parte dos responsáveis, é também importante um acompanhamento de perto dos resultados para que se possa validar a qualidade dos mesmos.

Garantidas as condições identificadas como essenciais neste relatório para o sucesso desta aquisição, estão já definidos os estágios que o plano de implementação do TOURSOLVER deve abranger futuramente. Está já em estudo a criação de uma plataforma que estabeleça a ligação entre o TOURSOLVER e os PDA’s utilizados pelo motorista nas diferentes fases do seu trabalho. O Objectivo passa por conseguir ter um planeamento em tempo real do trajecto que as rotas devem ter. No momento da carga da viatura, o motorista utiliza o terminal na leitura dos códigos da mercadoria que transporta. Essas etiquetas contêm informação

relativamente ao destinatário. Informação essa que é depois enviada pelo PDA ao TOURSOLVER sendo alvo de um processo de optimização. Nestes casos, os problemas impostos à ferramenta serão de reduzida complexidade, uma vez que se trata de uma viatura e uma rota apenas. Os testes levados a cabo nesse sentido, concluem que os tempos de computação nestes casos são curtos e, assim, possíveis de executar em tempo útil. Deste modo, é possível obter trajectos optimizados de acordo com a composição da viatura. A figura 6.2 representa o processo futuro de optimização de rotas.

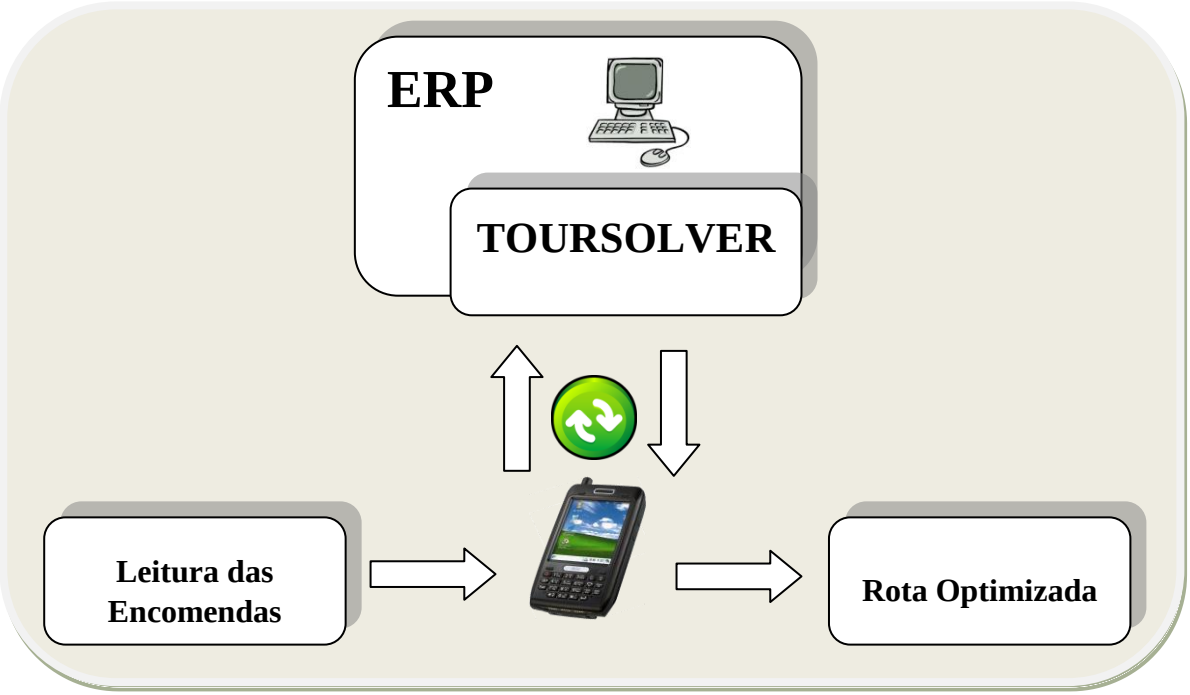


Figura 6.2: Integração ERP - TOURSOLVER

Nesta solução, deve ser incluído um sistema de navegação que, tal como referido no capítulo de discussão de resultados, permita aos motoristas terem um conhecimento do trajecto que devem efectuar. Nesta perspectiva, ganha particular importância a eficiência ao nível do planeamento táctico, uma vez que é nessa fase que são definidos os grupos alvo de posterior optimização.

7 Referências

Attwood, P. (1979). *Planning a Distribution System.* Gower Press.

Ballou, R. H. (1999). *Business Logistics Management* (4th ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Bodin, L. D. (1990). Twenty Years Of Routing and Scheduling. *Operational Research* , pp. 571-579.

Bodin, L. D., Golden, B. L., & Ball, M. (1983). Routing and Scheduling of Vehicles and Crews: The State of Art. pp. 69-211.

Carvalho, R. B., & Oliveira, L. G. (2007). Gestão de Informação Aplicada à Logística. *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação* .

Cooper, J. (1990). *Logistics and Distribution Planning.* Kogan Page.

Filho, V. J., & Melo, A. C. (2001). Sistemas de Roteirização e Programação de Veículos. *21* (2), pp. 223-232.

Gattorna, J. L. (1990). *The Gower Handbook of Logistics & Distribution Management* (4th ed.).

Gattorna, J., & Christopher, M. (2004). Supply Chain Cost Management and Value-Based Pricing. pp. 115-121.

Ghisi, M. A., Consoli, M. A., Marcheto, R. A., & Neves, M. F. (2004). Usos e Benefícios de Softwares de Roteirização na Gestão de Transportes. *VII Seminário em Administração FEA-USP* , pp. 2-12.

Giaglis, G. M., Minis, I., Tatarakis, A., & Zeimpekis, V. (2004). Minimizing Logistics Risk Through Real-Time Vehicle Routing and Mobile Technologies. *Internacional Journal of Physical Distribution & Logistics Management* , 749-764.

Golden, B., Bodin, L., & Goodwin, T. (1986). Microcomputer-based Vehicle Routing and Scheduling Software. pp. 277-285.

Guedes, A. P. (2000). Acetatos de Apoio à Disciplina de Logística do MIEIG, Faculdade de Engenharia da Universisade do Porto.

Huang, Z. (1998). Extensions to the K-Means Algorithm for Clustering Large Data Sets with Categorical Values. pp. 283-304.

Kaiser, M. S., Prata, P. A., & Ribeiro, G. M. (2007). Análise Comparativa Entre Transcad e Heurística de Agrupamento e de Roteamento de Veículos. *Programa de Engenharia de Transportes* .

Lin, S., & Kernighan, B. W. (1973). An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling-Salesman Problem. *Operations Research 21* , pp. 283-304.

MedLog. URL http://www.medlog.pt, acedido a 24 de Junho de 2010

Ordem dos Farmacêuticos. URL http://www.ordemdosfarmaceuticos.pt, acedido a 23 de Maio de 2010

Neto, A. S., Ferreira, J. J., Machado, L. M., & Silva, M. V. (2008). Análise de Cluster Aplicada à Logística: Definição de Zonas de Transporte Para uma Empresa do Sector Siderúrgico. *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção* , pp. 2-8.

Ramos, K. C., & Gonçalves, M. B. (2004). Avaliação de Softwares Roteirizadores de Veículos. *XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes* , pp. 1237-1248.

Rushton, A. J., & Croucher, P. (2000). *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (2nd ed.). Kogan Page.

Sobh, T. M., & Vacic, V. (2002). Vehicle Routing Problems With Time Windows.

Stern, W., L., & Weitz, B. A. (1997). The Revolution in Distribution: Challenges and Opportunities. pp. 823-829.

Veríssimo, N., & Martins, M. F. (2002). Análise da Aplicação de um Software Roteirizador em um Sistema Milk Run. *XXII Encontro Nacional de Engenharia da Produção* , pp. 1-8.

Walker, M. (1990). Transport Costs on Costumer Service. In J. Cooper, *Logistics and Distribution Planning* (pp. 45-61). Kogan Page.

ANEXO A: Constituição da Rota 1 – Gaia Interior

cooprofar

Pág. 1 de 1

Mapa de Distribuição - Motoristas

CORDA : 1 - Gaia Interior

Partida Gondomar

D3

Fim Pedido : 21:30

Hora Prevista de Saída : 08:30

Data : 200__ /____ / ____ Hora Saída : ____ : ___ Hora Chegada : ____ : ____

Motorista : _____

Farmácia	Localidade	N.º Factura(s)	Caixa(s)	Tab.(s)	Frio	Hora Prevista	Hora Entrega
TAVARES DA SILVA	VILA NOVA DE GA					08:55	
MARQUES	V.N.GAIA					09:00	
TEIXEIRA LOPES	VILA NOVA DE GA					09:05	
PAES MOREIRA-V.N.GAIA	CANELAS					09:10	
FILOMENA	CANELAS					09:15	
AZEVEDO - PEROSINHO	V.N.GAIA					09:17	
IBERICA	SERMONDE					09:20	
MOREIRA - CARVALHOS	CARVALHOS					09:25	
CENTRAL - CARVALHOS	CARVALHOS					09:30	
DO OUTEIRO	PEDROSO					09:40	
DIAS	AVINTES					09:45	
SARAIVA	AVINTES					09:50	
OLIVEIRA - O.DOURO	OLIVEIRA DO DOU					09:55	
ALVES DE OLIVEIRA	V.N.GAIA					10:00	
MATIAS	OLIVEIRA DO DOU					10:05	

OBSERVAÇÕES :

> mapa_distribuicao.rep

Criado em : 25-JUN-10 18:45:23

ANEXO B: Mapa de Distribuição Relativo à Rota 1 - Gaia Interior

COOPROFAR Página 1 de 2 — **Mapa de Distribuição**

D3 — Data de Reimpressão : 25-06-2010 18:47

Hora de fim de pedido 21:30:00
Hora prevista de saída 08:30:00
Hora de Impressão 14-06-2010 07:54:37

Hora Saída MOTOR.	14-06-2010 07:54:37
Hora Chegada MOTOR.	14-06-2010 10:35:00
Hora Saída PORTARIA	14-06-2010 08:32:00
Hora Cheg. PORTARIA	14-06-2010 10:34:00

649080

649080

CORDA: 1 - Gaia Interior

PARTIDA: Armazém Gondomar

Viatura : MERCEDES VITO 111 CDI — Motorista : JOSE ALVES COSTA
Matricula : 56HU22 — Guia Transportador n.º
KMS Saída : 91467 — KMS Chegada : 91514

Farmácia	Localidade	Nº de Doc./Fact./Tipo		Refª Externa	Tipo Oper	Tipo Prod	Nº de Caixa	Tab.(c)	Cx.(c)	Corr. Dev.	Tab. Dev.	Hora Prevista	Hora Entrega	Nº Docum.	Tipo	Forma	Outros
2 MARQUES *2* RUA ESCULTOR ALVES DE SOUSA, 363	V.N.GAIA	5926530	F				210566	2			1	09:00	08:40				
		5927746	F				15660	2									
3 TEIXEIRA LOPES *3* RUA DE LABORIM, 75	VILA NOVA DE GAIA	5923124	F				206443	3			1	09:05	08:48				
		5926110	F				206369	3									
		5926127	F				105893										
4 PAES MOREIRA-V.N.GAIA *4* RUA DA RECHOUSA, 671	CANELAS	5921469	F				14797	5			2	09:10	08:55				
		5927278	F				2620 9158 10778 202675	5									
5 FILOMENA *5* PRACETA DA LAGARTEIRA, 46	CANELAS	5921135	F				101530	1	31		1	09:15	09:02				
		5923503	F					32									
		5921219	F														
8 MOREIRA - CARVALHOS *8* RUA DO PADRÃO, 202	CARVALHOS	5928771	F				92 102620 102634 105099 108235 208604	1			6	09:25	09:38				
		5923133	F				207369	7									
9 CENTRAL - CARVALHOS *9* LARGO FRANCA BORGES, 12-14	CARVALHOS	5926270	F				13754	2			5	09:30	09:44				
		5926489	F				12585	2									

COOPROFAR Página 2 de 2 — **Mapa de Distribuição**

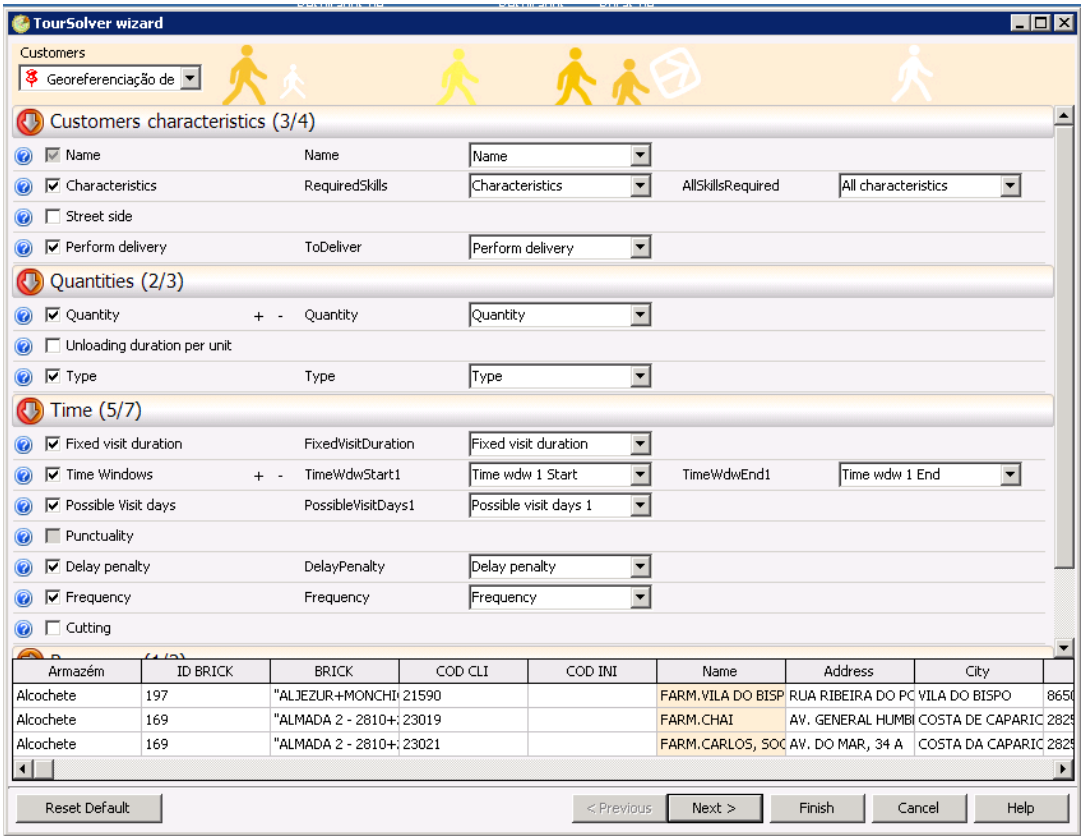
Farmácia	Localidade	Nº de Doc./Fact./Tipo		Refª Externa	Tipo Oper	Tipo Prod	Nº de Caixa	Tab.(c)	Cx.(c)	Corr. Dev.	Tab. Dev.	Hora Prevista	Hora Entrega	Nº Docum.	Tipo	Forma	Outros
12 SARAIVA *12* RUA DE PINHAIS BASTOS, 123	AVINTES	5926376	F				106282	1			3	09:50	10:08				
								1									
14 ALVES DE OLIVEIRA *14* RUA CAETANO DE MELO, 219	V.N.GAIA	5921286	F						1		0	10:00	10:21				
								1									

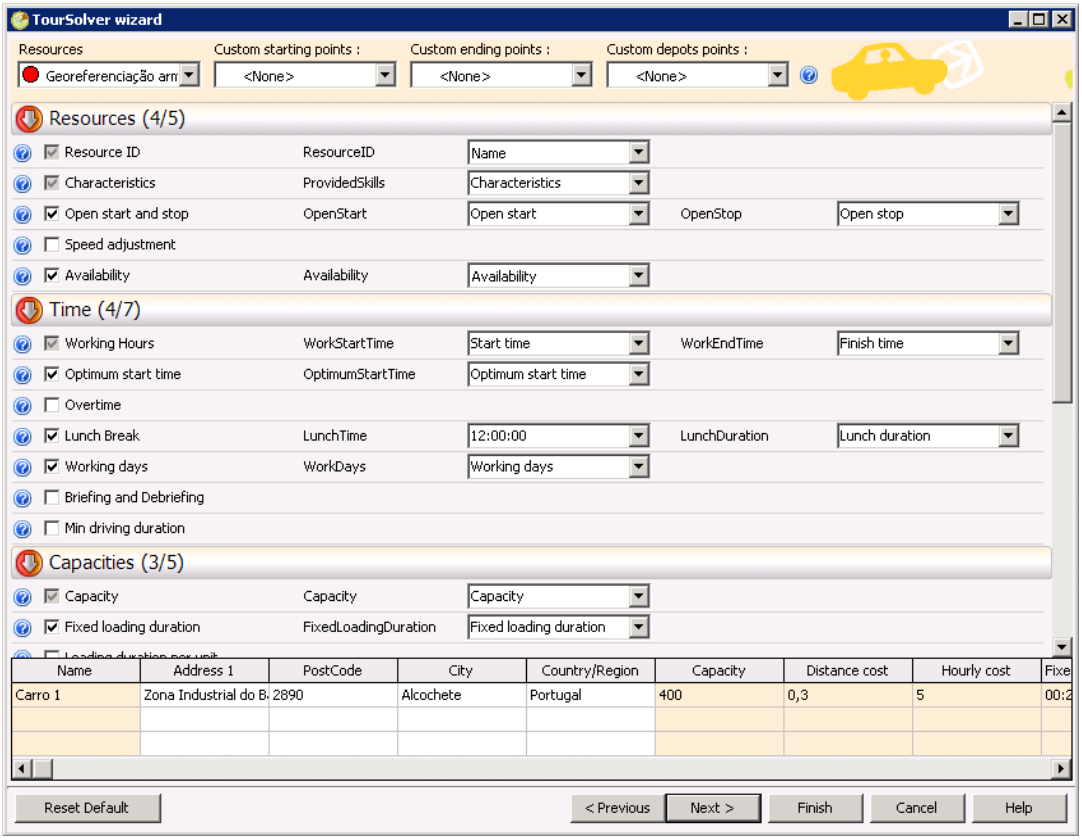
Observações do Responsável :

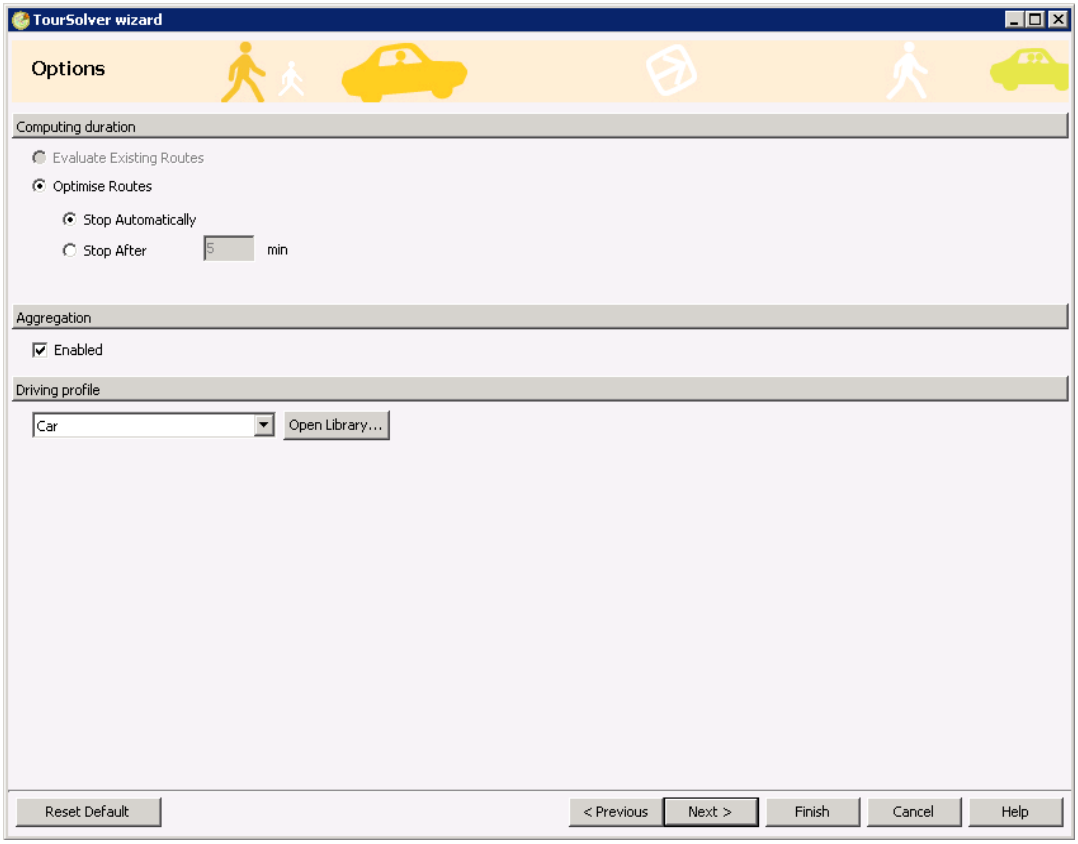
Observações do Motorista :

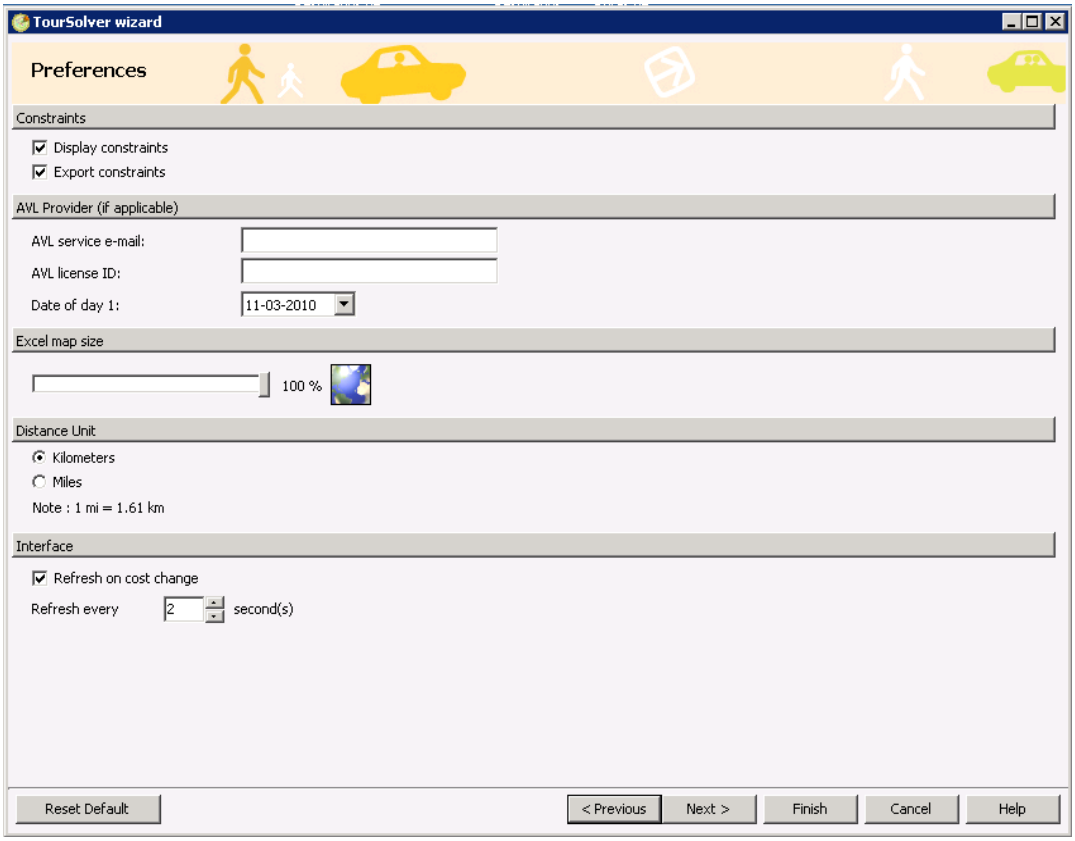
Legenda: S - saco, T - tabuleiro, C - cx. cartão, O - outro

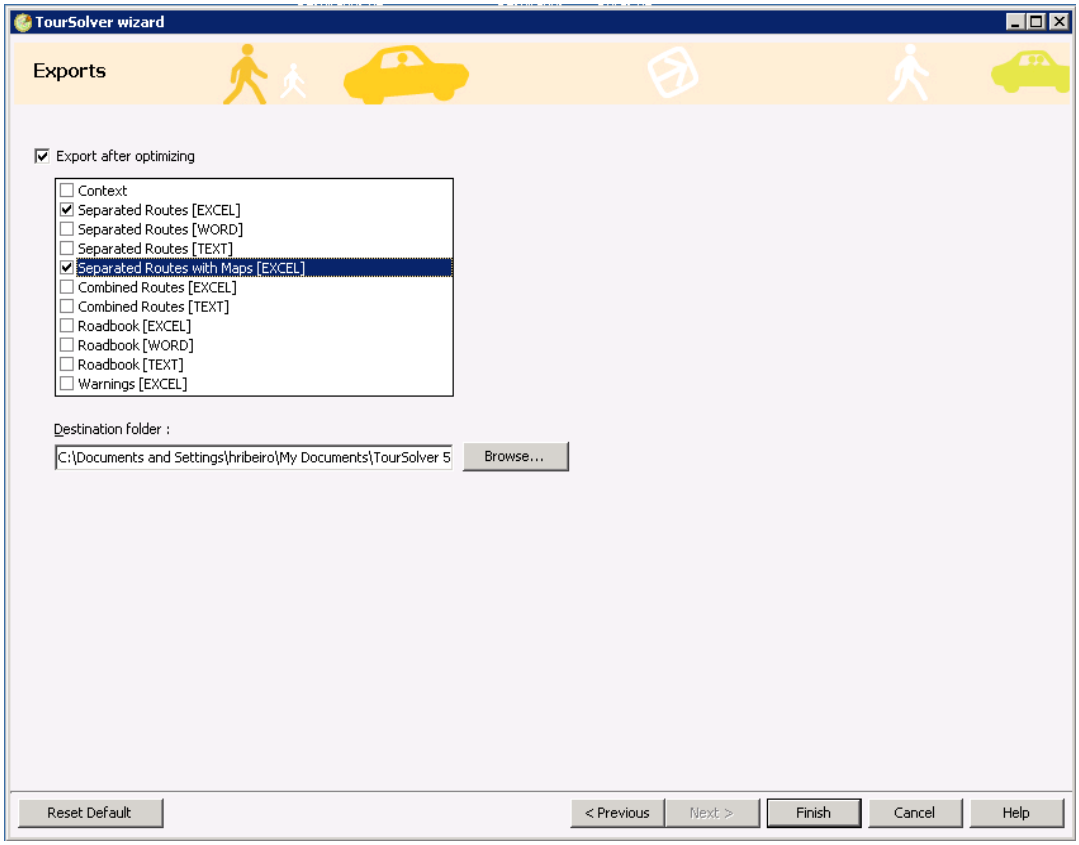
ANEXO C: Menus de Optimização do TOURSOLVER



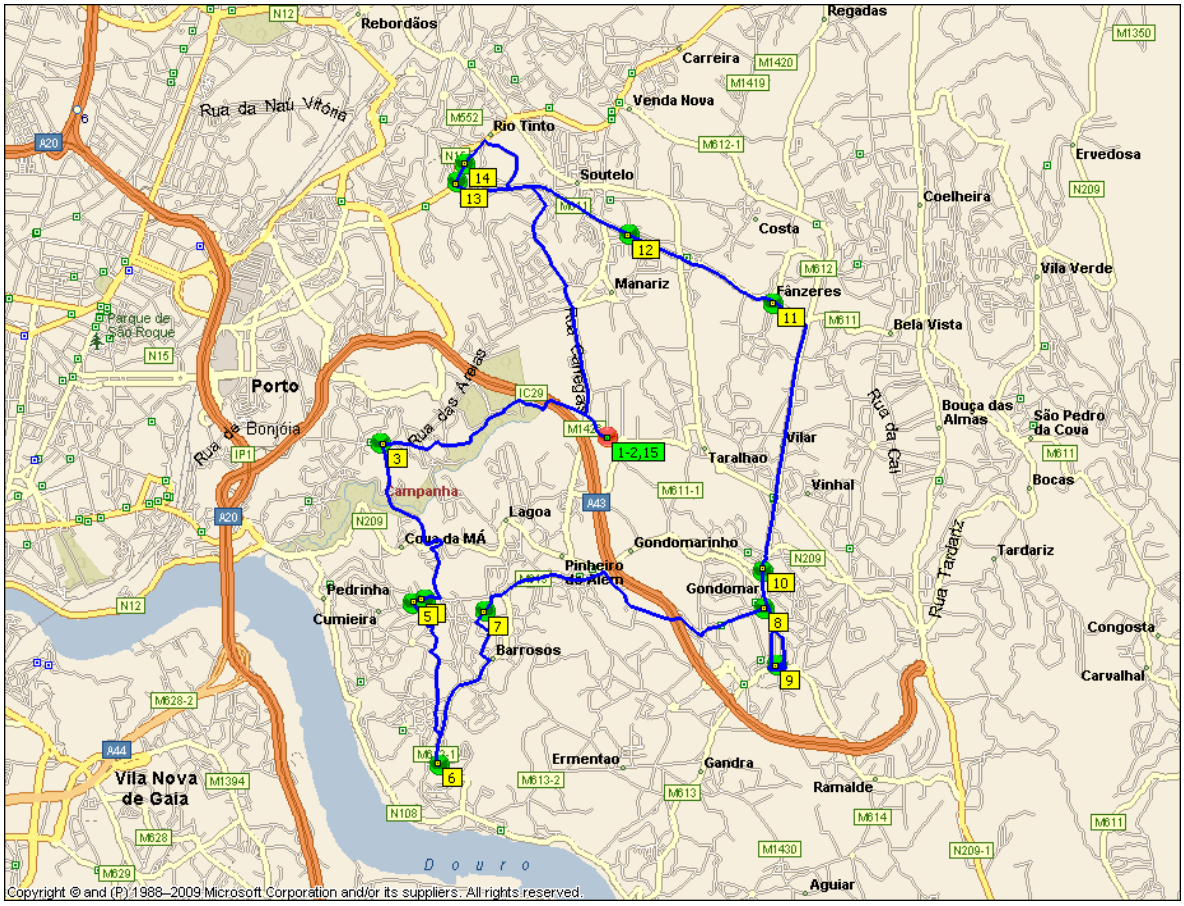



TourSolver wizard
Options
Computing duration
Evaluate Existing Routes
Optimise Routes
Stop Automatically
Stop After
5
min
Aggregation
Enabled
Driving profile
Car
Open Library...
Reset Default
< Previous
Next >
Finish
Cancel
Help


TourSolver wizard
Preferences
Constraints
Display constraints
Export constraints
AVL Provider (if applicable)
AVL service e-mail:
AVL license ID:
Date of day 1:
11-03-2010
Excel map size
100 %
Distance Unit
Kilometers
Miles
Note : 1 mi = 1.61 km
Interface
Refresh on cost change
Refresh every
2
second(s)
Reset Default
< Previous
Next >
Finish
Cancel
Help


TourSolver wizard
Exports
Export after optimizing
Context
Separated Routes [EXCEL]
Separated Routes [WORD]
Separated Routes [TEXT]
Separated Routes with Maps [EXCEL]
Combined Routes [EXCEL]
Combined Routes [TEXT]
Roadbook [EXCEL]
Roadbook [WORD]
Roadbook [TEXT]
Warnings [EXCEL]
Destination folder :
C:\Documents and Settings\hribeiro\My Documents\TourSolver 5
Browse...
Reset Default
< Previous
Next >
Finish
Cancel
Help

ANEXO D: Resultado da Rota 50



50 Day 1					
Customer	**Drive Time**	**Time**	**Duration**	**Driven distance**	**Cumulated distance**
Start	00:00:00	08:30:00	00:00:00	0,0 m	0,0 m
Reload	00:00:00	08:30:00	00:15:00	0,0 m	0,0 m
FARM.DE AZEVEDO - PORTO	00:04:44	08:49:44	00:05:00	2,1 km	2,1 km
FARM.CENTRAL DE VALBOM UNIP.L.	00:03:45	08:53:29	00:05:00	1,7 km	3,7 km
FARM.NOVA DE VALBOM	00:00:12	08:53:41	00:05:00	101,0 m	3,8 km
FARM.DO MONTE - VALBOM	00:03:04	08:56:45	00:05:00	1,4 km	5,2 km
FARM.CASTRO - GONDOMAR	00:00:00	09:00:00	00:05:00	1,5 km	6,7 km
FARM.CENTRAL DE GONDOMAR	00:04:59	09:04:59	00:05:00	2,5 km	9,2 km
FARM.CARDOSO - GONDOMAR	00:01:32	09:06:31	00:05:00	716,0 m	9,9 km
FARM.CRUZ MAIA - S.COSME	00:01:46	09:08:17	00:05:00	825,0 m	10,7 km
FARM.FANZERES	00:04:36	09:12:53	00:05:00	2,2 km	13,0 km
FARM.SILVEIRA - FANZERES	00:02:40	09:15:33	00:05:00	1,2 km	14,2 km
FARM.SÃO CAETANO	00:03:04	09:18:37	00:05:00	1,4 km	15,6 km
FARM.DO CHAO VERDE	00:00:18	09:18:55	00:05:00	150,0 m	15,8 km
End	00:05:51	09:24:46	1:00:00	3,0 km	18,8 km