



CONSTRUÇÃO DE ROTAS NO TRANSPORTE DE PRODUTOS BIOLÓGICOS DE UMA UNIDADE HOSPITALAR

LILIANA MOURA CARNEIRO

novembro de 2019

CONSTRUÇÃO DE ROTAS NO TRANSPORTE DE PRODUTOS BIOLÓGICOS DE UMA UNIDADE HOSPITALAR

Liliana Moura Carneiro

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



CONSTRUÇÃO DE ROTAS NO TRANSPORTE DE PRODUTOS BIOLÓGICOS DE UMA UNIDADE HOSPITALAR

Liliana Moura Carneiro
1161295

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação da Professora Doutora Maria Teresa Pereira

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Mecânica



JÚRI

Presidente

Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá
Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Maria Teresa Ribeiro Pereira
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor Dalila Benedita Machado Martins Fontes
Professor Auxiliar, Faculdade de Economia do Porto

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial à minha mãe Anabela, por todos os dias demonstrar que todas as batalhas oriundas da vida são possíveis de superar, *“só depende do ponto de vista”*.

À minha orientadora, Maria Teresa Pereira, pela oportunidade de integrar este projeto assim como por toda a disponibilidade, interesse e apoio demonstrados no seu decorrer.

Ao meu supervisor, Serafim Carvalho, por todo o acompanhamento, apoio e conselhos.

A toda a equipa da ULSM envolvida no tema, pela amabilidade com que me receberam e a disponibilidade que sempre mostraram em contribuir para este projeto.

Aos meus amigos Alexandra Martins, Catarina Castro, Diogo Martins e Nuno Barbosa por todo o apoio que demonstraram nestes anos de mestrado.

Dedico este trabalho à minha Família: Bela, Rui, Ritinha, Filipa e ao meu amor João pelo incentivo, apoio, suporte e motivação incomensuráveis durante a concretização deste projeto.

A todos eles os meus sinceros agradecimentos!

PALAVRAS CHAVE

Logística Hospitalar, Produtos Biológicos, Roteamento, Apoio à Decisão, VRPPTW,

RESUMO

O transporte de produtos biológicos é só um pequeno exemplo de como vários problemas podem ser resolvidos com uma ferramenta de apoio à decisão, independentemente da área onde se inserem.

Esta dissertação descreve um caso de estudo desenvolvido durante o estágio profissional numa empresa do ramo hospitalar, com o objetivo da criação de rotas com recolhas e janelas temporais para o transporte de produtos biológicos colhidos fora do laboratório onde são processados.

Para a obtenção da rota, foi desenvolvida uma ferramenta de apoio à decisão baseada num modelo matemático de programação inteira que resolve problemas de roteamento de veículos com recolhas e janelas temporais - VRPPTW.

A ferramenta de apoio à decisão permitiu analisar três cenários possíveis em que a diferença entre eles passa pela decisão de instalar centrífugas nos diversos pontos de colheitas. Ambas as soluções encontradas satisfazem as restrições impostas, face ao modelo atual da empresa, que não estava a cumprir com os tempos limite de entrega.

A construção do modelo matemático permitiu construir a rota de modo eficiente, tendo em conta as distâncias percorridas, tempos de serviço, tempos de deslocação e tempo total da rota.

Com a análise e conseqüente escolha da melhor solução obteve-se uma poupança de aproximadamente 54% nos custos da Rota, com uma diminuição no tempo total da rota de 60% relativamente ao estado inicial da rota, mesmo com a adição de mais um ponto de recolha, traduzindo numa libertação de 02:30h do motorista para outros serviços. Estes resultados são válidos para um investimento em duas centrífugas, que com os ganhos obtidos, recupera-se em dois anos e nove meses.

KEYWORDS

Hospital Logistics, Biological Products, Routing, Decision Support, VRPPTW

ABSTRACT

Transporting biological products is just a small example of how various problems can be solved with a decision support tool, regardless where they are located.

This dissertation describes a case study developed during the professional internship in a hospital company, with the objective of creating routes with pick-ups and time windows to transport biological products harvested outside the laboratory where they are processed.

In order to obtain the route, a decision support tool based on an integer mathematical programming model was developed to solve the vehicle routing problems with pick-ups and time windows - VRPPTW.

The decision support tool allowed to analyze three possible scenarios in which the difference between them involves the decision to install centrifuges at the various harvesting points. Both solutions fulfill the restrictions imposed, given the current model of the company, which didn't obey the delivery times.

The construction of the mathematical model made it possible to construct the route efficiently, considering the distances traveled, service times, travel times and total route time.

The analysis and consequent choice of the best solution resulted in a saving of approximately 54% in Route costs, with a reduction in the total route time of 60% compared to the initial state of the route, even with the addition of one more pick-up point, translated at 02: 30h driver's release for other services. These results are valid for an investment in two centrifuges, which with the gains obtained, recover in two years and nine months.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ACESM	Agrupamento de Centros de Saúde de Matosinhos
CS	Centro de Saúde
CVRP	Do inglês, <i>Capacity Vehicle Routing Problems</i> (Problemas de roteamento de veículos com limite de capacidade)
HPH	Hospital Pedro Hispano
P.C.	Patologia Clínica
UCC	Unidade de Cuidados na Comunidade
UCSP	Unidade de Cuidados de Saúde Personalizados
ULSM	Unidade Local de Saúde de Matosinhos
URAP	Unidade de Recursos Assistenciais Partilhados
USF	Unidade de Saúde Familiar
VRP	Do inglês <i>Vehicle Routing Problems</i> (Problemas de Roteamento de Veículos)
VRPPD	Do inglês, <i>Vehicle Routing Problems with Pick-ups and Deliverys</i> (Problemas de Roteamento de veículos com entregas e recolhas)
VRPSD	Do inglês, <i>Vehicle Routing Problems</i> (Problemas de roteamento de veículos com entregas repartidas por veículo)
VRPTW	Do inglês, <i>Vehicle Routing Problems with Time Windows</i> (Problemas de Roteamento de Veículos com Janelas Temporais)
VRPPTW	Do inglês, <i>Vehicle Routing Problems with Pick-ups and Time Windows</i> (Problemas de Roteamento de Veículos com Recolhas e Janelas Temporais)
TSP	Do inglês, <i>Traveling Salesman Problem</i> (Problema do Caixeiro Viajante)
SVRP	Do inglês, <i>Stochastic Vehicle Routing Problem</i> (Problema de Roteamento de Veículos Estocástico)

Lista de Unidades

km	Quilómetros
min	Minutos
h	Horas

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Hemoterapia	A hemoterapia trabalha com a reposição ou remoção dos componentes do sangue humano para utilizá-los de forma terapêutica. O objetivo é prevenir e tratar casos de distúrbios da coagulação sanguínea, hemorragias e anemias causadas por diversas doenças.
Patologia Clínica	Especialidade médica que complementa o diagnóstico clínico presuntivo de alterações do estado de saúde e monitorização de terapêuticas, através de exames laboratoriais.
Anatomia Patológica	Especialidade em medicina que desenvolve o estudo científico das alterações funcionais e estruturais doenças com o objetivo de identificar as suas causas, para permitir a prática de uma medicina preditiva e preventiva adequadas, bem como a terapêutica eficaz e o prognóstico das doenças.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - DIVISÃO FUNCIONAL DO AGRUPAMENTO DE CENTROS DE SAÚDE.	4
FIGURA 2 DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES DA ULSM PELO CONCELHO DE MATOSINHOS.	4
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DO Nº DE HOSPITAIS SEGUNDO O TIPO DE ACESSO (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA I.P., 2018).	11
FIGURA 4 - NÚMERO MÉDIO DE DIAS DE INTERNAMENTO SEGUNDO A MODALIDADE (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA I.P., 2018).	12
FIGURA 5 - NÚMERO DE HOSPITAIS POR TIPO E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA REGISTRADOS EM 2016 (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA I.P., 2018).	12
FIGURA 6 - NÚMERO DE TÉCNICOS SUPERIORES NA ÁREA DE GESTÃO POR DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA I.P., 2018).	13
FIGURA 7 - ATOS COMPLEMENTARES DE DIAGNÓSTICO REALIZADOS NOS HOSPITAIS POR DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA I.P., 2018).	13
FIGURA 8 - COMPONENTES LOGÍSTICAS.	15
FIGURA 9 - FLUXO FÍSICO COMPLETO DE RESPOSTA A FLUXO DE INFORMAÇÃO(CARVALHO & RAMOS, 2013).	16
FIGURA 10 - CONSTITUIÇÃO DO SANGUE (NATIONAL GEOGRAPHIC PORTUGAL, 2019).	18
FIGURA 11 - TIPOS DE MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DE VRP.	24
FIGURA 12 - ESQUEMATIZAÇÃO DA ROTA 3.	34
FIGURA 13 - ESQUEMATIZAÇÃO DA ROTA 2.	35
FIGURA 14 - FLUXO DE MATERIAIS DA ROTA 2.	35
FIGURA 15 - IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES COM P.C..	37
FIGURA 16 - CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE RECOLHA DOS PRODUTOS BIOLÓGICOS.	38
FIGURA 17 - MALAS DE TRANSPORTE DE SANGUES.	41
FIGURA 18 - ESQUEMA DA ROTA DA 2ª VOLTA PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA.	53
FIGURA 19 - ESQUEMA DA ROTA DA 1ª VOLTA PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA.	55
FIGURA 21 - ESQUEMA DA ROTA DA 1ª VOLTA PARA A SOLUÇÃO B.	57
FIGURA 20 - ESQUEMA DA ROTA DA 2ª VOLTA PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA.	59
FIGURA 22 - ESQUEMA DA ROTA DA 1ª VOLTA PARA A SOLUÇÃO B.	61

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ESTUDOS DE VRPTW.	28
TABELA 2 - IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE ENTREGA/RECOLHA.	36
TABELA 3 - TEMPOS DE ENTREGA ATUAIS DA 1ª VOLTA.	39
TABELA 4 - TEMPOS DE ENTREGA ATUAIS DA 2ª VOLTA.	39
TABELA 5 - HORÁRIOS DE FUNCIONAMENTO DAS PATOLOGIAS CLÍNICAS.	41
TABELA 6 - DESCRIÇÃO DE VARIÁVEIS.	45
TABELA 7 - MATRIZ COM TEMPOS DE PERCURSO EM MINUTOS.	47
TABELA 8 - TEMPOS DE SERVIÇO DAS PATOLOGIAS CLÍNICAS.	47
TABELA 9 - DEFINIÇÃO DE JANELAS TEMPORAIS DA 1ª VOLTA.	53
TABELA 12 - RESULTADOS OBTIDOS NA 1ª VOLTA.	54
TABELA 11 - JANELAS TEMPORAIS DA 2ª VOLTA.	54
TABELA 10 - RESULTADOS OBTIDOS DA 2ª VOLTA.	55
TABELA 13 - TEMPOS DE ENTREGA DOS PRODUTOS BIOLÓGICOS AO LABORATÓRIO.	56
TABELA 16 - JANELAS TEMPORAIS DA 1ª VOLTA DA SOLUÇÃO B.	57
TABELA 17 - RESULTADOS OBTIDOS NA 1ª VOLTA.	58
TABELA 14 - DEFINIÇÃO DE JANELAS TEMPORAIS DA 2ª VOLTA DA SOLUÇÃO B.	58
TABELA 15 - RESULTADOS OBTIDOS DA 2ª VOLTA DA SOLUÇÃO B.	59
TABELA 18 - TEMPOS DE ENTREGA DOS PRODUTOS BIOLÓGICOS AO LABORATÓRIO.	60
TABELA 19 - JANELAS TEMPORAIS DA 1ª VOLTA DA SOLUÇÃO B COM CENTRÍFUGAS.	61
TABELA 20 - RESULTADOS OBTIDOS NA 1ª VOLTA.	62
TABELA 21 - TEMPOS DE ENTREGA DOS PRODUTOS BIOLÓGICOS AO LABORATÓRIO.	62
TABELA 22 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES.	63
TABELA 23 - ANÁLISE DAS SOLUÇÕES OBTIDAS.	64
TABELA 24 - ANÁLISE DAS POUAPANÇAS OBTIDAS FACE AO ESTADO ATUAL.	65

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	APRESENTAÇÃO DA UNIDADE LOCAL DE SAÚDE DE MATOSINHOS	3
1.2	OBJETIVOS	6
1.3	METODOLOGIA	6
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	SETOR DA SAUDE EM PORTUGAL	11
2.2	LOGÍSTICA HOSPITALAR	15
2.3	ANÁLISES CLÍNICAS	17
2.3.1	CONDIÇÕES PARA TRANSPORTE DE HEMODERIVADOS	18
2.4	PLANEAMENTO DE ROTAS	19
2.4.1	INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL NO PLANEAMENTO DE ROTAS	19
2.4.2	PROBLEMAS DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS - VRP	20
2.4.3	MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS VRP	23
2.4.4	SELEÇÃO DO TIPO DE PROBLEMA PARA O CASO DE ESTUDO	29
3	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	33
3.1	ESTADO ATUAL DA DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAS ENTRE O ACESM E O HPH	33
3.2	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	39
4	DESENVOLVIMENTO DO CASO DE ESTUDO	45
4.1	FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA	45
4.1.1	VARIÁVEIS DE DECISÃO	48
4.1.2	FUNÇÃO OBJETIVO	48
4.1.3	RESTRICÇÕES	48
4.2	RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	51
4.2.1	SOLUÇÃO A – NÃO INSTALAR CENTRÍFUGAS	53
4.2.2	SOLUÇÃO B – INSTALAR CENTRÍFUGAS	57

4.2.3	INSTALAÇÃO DE UMA CENTRÍFUGA	57
4.2.4	INSTALAÇÃO DE DUAS CENTRÍFUGAS	61
4.3	ANÁLISE COMPARATIVA DAS SOLUÇÕES OBTIDAS	63
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	69
5.1	CONCLUSÕES	69
5.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	70
6	BIBLIOGRAFIA	73
7	ANEXOS	79
7.1	ANEXO1 – ARTIGO 8º DA PORTARIA 166/2014 DE 21 DE AGOSTO	79
7.2	ANEXO2 – PROCEDIMENTO INTERNO DA ULSM 2441 – ACONDICIONAMENTO E TRANSPORTE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS DO ACESM PARA O SERVIÇO DE PATOLOGIA CLÍNICA	83

INTRODUÇÃO

- 1.1 APRESENTAÇÃO DA UNIDADE LOCAL DE SAÚDE DE MATOSINHOS
- 1.2 OBJETIVOS
- 1.3 METODOLOGIA
- 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo é feita uma breve apresentação da organização onde decorreu o projeto, a contextualização do problema e objetivos, a metodologia utilizada para a sua concretização e, por fim, a estrutura desta dissertação.

1.1 APRESENTAÇÃO DA UNIDADE LOCAL DE SAÚDE DE MATOSINHOS

A ULSM – Unidade Local de Saúde de Matosinhos foi a primeira ULS criada no país em 1999, é um estabelecimento público dotado de personalidade jurídica, autonomia administrativa, financeira e patrimonial de natureza empresarial, que integra o Hospital Pedro Hispano (HPH) e o Agrupamento de Centros de Saúde de Matosinhos (ACESM).

São atribuições da ULSM:

- ✓ Prestar cuidados primários e continuados de saúde à população do concelho de Matosinhos (175.478¹ habitantes);
- ✓ Prestar cuidados diferenciados de saúde à área de influência da ULSM (concelho de Matosinhos e referência direta os concelhos de Vila do Conde (79.533¹ habitantes) e Póvoa de Varzim (63408¹ habitantes), totalizando 318.419 utentes;
- ✓ Assegurar as atividades de saúde pública e os meios necessários ao exercício das competências da autoridade de saúde no concelho de Matosinhos.

Os serviços de suporte encontram-se sediados no HPH, nomeadamente os serviços de Compras, de Logística e Farmacêuticos.

O ACESM é composto pelas seguintes unidades:

¹ Dados retirados dos Censos de 2011 publicados pelo Instituto Nacional de Estatística, disponível em <https://www.ine.pt>

Centro de Saúde Leça da Palmeira	Centro de Saúde de Matosinhos	Centro de Saúde Senhora da Hora	Centro de Saúde S. Mamede Infesta
<ul style="list-style-type: none"> • Unidade de Saúde Familiar Leça • Unidade de Saúde Familiar Maresia • Unidade de Cuidados na Comunidade Leça da Palmeira • Unidade de Saúde Familiar Dunas • Unidade de Saúde Familiar Progresso • Unidade de Cuidados de Saúde Personalizados Santa Cruz do Bispo 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidade de Saúde Familiar Horizonte • Unidade de Saúde Familiar Oceanos • Unidade de Cuidados de Saúde Personalizados Matosinhos • Unidade de Cuidados na Comunidade Matosinhos 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidade de Saúde Familiar Lagoa • Unidade de Saúde Familiar Caravela • Unidade de Cuidados na Comunidade Senhora da Hora 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidade de Saúde Familiar Infesta • Unidade de Cuidados de Saúde Personalizados S. Mamede • Unidade de Cuidados na Comunidade S. Mamede • Unidade de Saúde Familiar Porta do Sol

Figura 1 - Divisão Funcional do Agrupamento de Centros de Saúde.

As unidades de saúde distribuem-se pelo concelho de Matosinhos cobrindo uma área 63,2 km², sendo que a Unidade de Saúde Familiar Dunas é a mais distante do HPH localizando-se na freguesia de Lavra a cerca de 11 km. As unidades funcionais distribuem-se por 10 edifícios, sendo que em termos operacionais a ULSM possui 225 pontos de consumo (175 no HPH e 50 no ACESM)

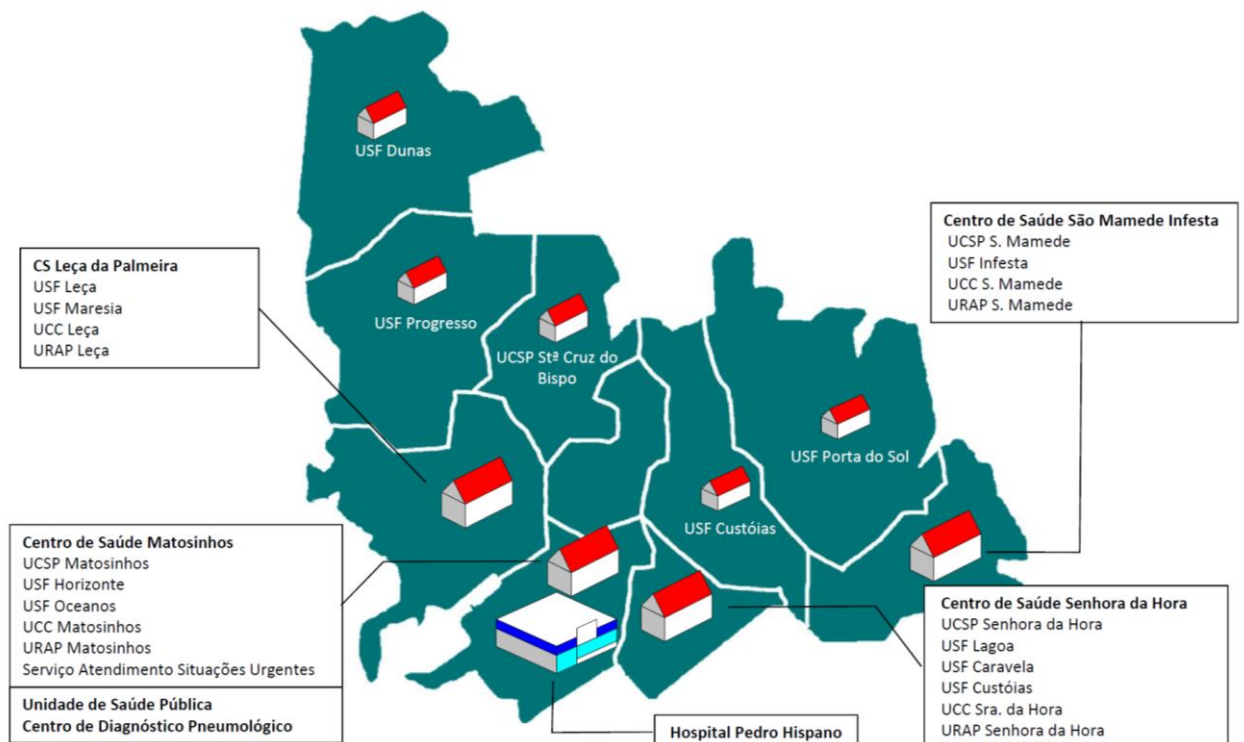


Figura 2 Distribuição das unidades da ULSM pelo concelho de Matosinhos.

Com o objetivo de melhorar a acessibilidade dos doentes aos cuidados de saúde e aumentar a rentabilidade da capacidade instalada dos serviços, a ULSM optou por internalizar as análises clínicas, passando a ser feitas nos centros de saúde que integram a ULSM, em articulação com os serviços de Patologia Clínica e Anatomia Patológica. Deste modo, em vez de concentrar os utentes para análises clínicas num único ponto, estes foram distribuídos por área geográfica. Atualmente os utentes podem fazer as suas análises clínicas nos seguintes centros de saúde:

- USF Dunas
- USF Progresso
- CS Leça da Palmeira
- CS Matosinhos
- USF Porta do Sol
- CS São Mamede de Infesta

Após serem recolhidas as amostras no ACESM, estas são transportadas para o HPH a fim de serem processadas nos laboratórios.

Em termos estatísticos, no ano de 2017 a ULSM contabilizou 77.337 colheitas nos centros de saúde, ou seja, fizeram em média 309 colheitas por dia, registando um aumento de cerca de 6% em relação ao ano anterior.

1.2 OBJETIVOS

A presente dissertação tem como principal objetivo desenhar uma solução para o problema de construção de rotas com recolhas e janelas temporais numa unidade hospitalar.

Pretende-se atingir o principal objetivo cumprindo os seguintes pontos:

- ✓ Identificar e analisar todas as operações relacionadas com a rota dos produtos biológicos, bem como o processo de distribuição atual praticado pela Unidade Local de Saúde de Matosinhos;
- ✓ Definir indicadores mensuráveis de comparação entre os moldes atuais e a solução proposta;
- ✓ Formular um modelo matemático determinístico para o problema encontrado;
- ✓ Encontrar uma solução, se possível, sem aumento dos recursos disponíveis;
- ✓ Selecionar e implementar a melhor solução;
- ✓ Calcular o impacto da solução definida.

1.3 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, foi seguida a seguinte metodologia:

- Numa primeira fase, foi realizada uma contextualização do setor da saúde em Portugal, seguido de uma introdução à logística hospitalar;
- Numa segunda fase foi estudada a legislação acerca do transporte de produtos biológicos;
- Numa terceira fase encontram-se estudos e pesquisas acerca de problemas de roteamento de veículos, nomeadamente as suas variantes e aplicações;
- Numa quarta fase é apresentado o processo de transporte de produtos biológicos praticado atualmente pela ULSM;
- Numa quinta fase é construída a formulação matemática para a resolução do problema de roteamento utilizando janelas temporais;
- Numa sexta fase é utilizada a ferramenta *Solver* para colocar o modelo em prática e alcançar uma solução ótima;
- Numa sétima fase é comparada a situação atual com a proposta de aquisição de centrífugas para os centros de saúde.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente relatório encontra-se dividido em seis capítulos principais: Introdução, Revisão Bibliográfica, Contextualização do Problema, Desenvolvimento do Caso de Estudo, Conclusões e Trabalhos Futuros, Bibliografia e por fim Anexos.

No capítulo da Introdução é feita uma apresentação da organização onde decorreu o projeto, seguindo-se da descrição dos objetivos do mesmo, bem como a metodologia adotada, finalizando com a presente estrutura.

No capítulo da Revisão Bibliográfica encontram-se todos os estudos e pesquisas de todos os temas utilizados para o desenvolvimento da dissertação. Nos primeiros subcapítulos é feito um enquadramento do setor da saúde, logística hospitalar e abordagem ao tema das análises clínicas colmatando com os vários tipos de problemas de roteamento de veículos finalizando com os métodos utilizados para a respetiva resolução.

No capítulo da Contextualização do Problema é feita uma abordagem ao âmbito do projeto, bem como uma descrição do estado atual do modelo de distribuição praticado pela ULSM.

No capítulo do Desenvolvimento do Caso de Estudo encontram-se todos os passos dados desde a implementação da ferramenta de apoio à decisão até à escolha da melhor solução, findando com uma análise comparativa das soluções obtidas.

No capítulo das Conclusões e Trabalhos Futuros, como o próprio nome indica são tiradas todas as considerações finais com a realização do projeto e ainda se identificam trabalhos futuros de melhoria ao trabalho desenvolvido na presente dissertação.

No capítulo da Bibliografia é apresentada todas as referências bibliográficas utilizadas para o estudo.

Por último no capítulo dos Anexos encontram-se documentos essenciais ao fundamento do projeto.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SETOR DA SAÚDE EM PORTUGAL

2.2 LOGÍSTICA HOSPITALAR

2.3 TRANSPORTE DE PRODUTOS BIOLÓGICOS

2.3.1 CONDIÇÕES PARA TRANSPORTE DE HEMODERIVADOS

2.4 PLANEAMENTO DE ROTAS

2.4.1 PROBLEMAS DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS - VRP

2.4.2 MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS VRP

2.4.3 MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS VRP

2.4.4 SELEÇÃO DO TIPO DE PROBLEMA PARA O CASO DE ESTUDO

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta secção seguem-se as pesquisas fundamentais para a elaboração da presente dissertação.

2.1 SETOR DA SAÚDE EM PORTUGAL

Neste subcapítulo é feita uma contextualização do setor enquadrante no âmbito do projeto, salientando alguns dados estatísticos do tipo de hospitais em Portugal, bem como sobre os técnicos de gestão que incorporam os quadros dos hospitais.

A ULSM, como já foi referido na apresentação da organização, é uma pessoa coletiva de direito público de natureza empresarial dotada de autonomia administrativa, financeira e patrimonial, nos termos do regime jurídico do setor público empresarial.

De acordo com os dados estatísticos do Instituto Nacional de Estatística do ano de 2016, existiam em Portugal 225 hospitais, em que 114 eram hospitais privados, 107 hospitais públicos e 4 eram hospitais em parceria público-privada. Dos 107 hospitais públicos, 101 são de acesso universal e os restantes 6 são hospitais militares ou prisionais. Em termos percentuais reflete-se do seguinte modo:

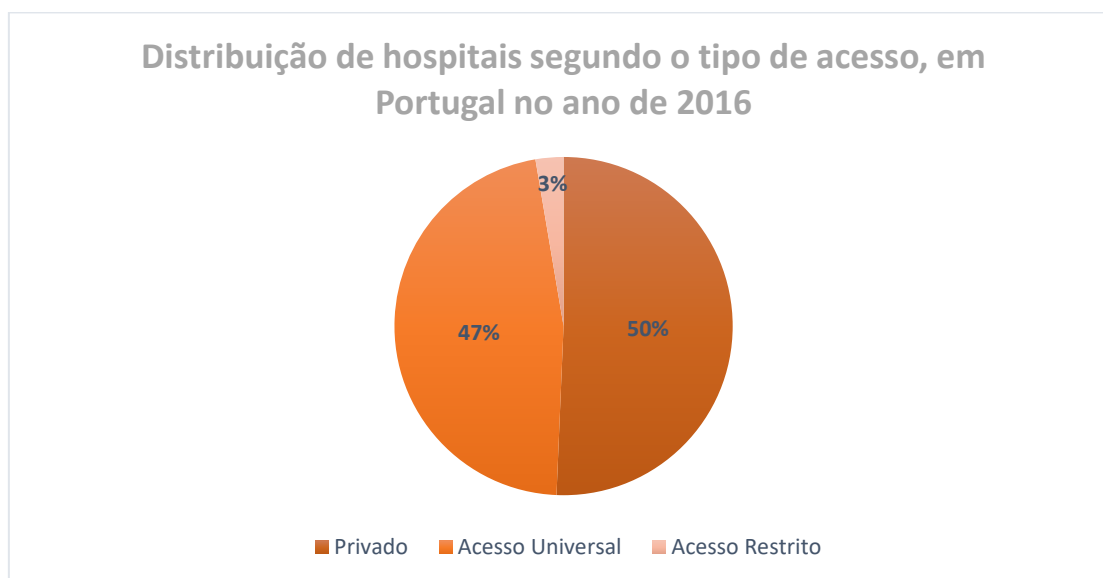


Figura 3 - Distribuição do nº de hospitais segundo o tipo de acesso (Instituto Nacional de Estatística I.P., 2018).

Relativamente ao pessoal ao serviço, no que diz respeito aos técnicos superiores foram contabilizados 5.626 (+ 102 face a 2015), sendo que 41,8% pertencem à área de gestão, 30,8% à área de serviço social e 27,4% à área de farmácia. Verificou-se que a maioria dos técnicos superiores se concentra nos hospitais públicos (76,7%).

Em 2016, registaram-se cerca de 1,2 milhões de internamentos nos hospitais portugueses. Do total de internamentos 72,0% ocorreram em hospitais públicos.

Geograficamente, o número médio de dias de internamento segundo a modalidade distribuiu-se da seguinte forma:

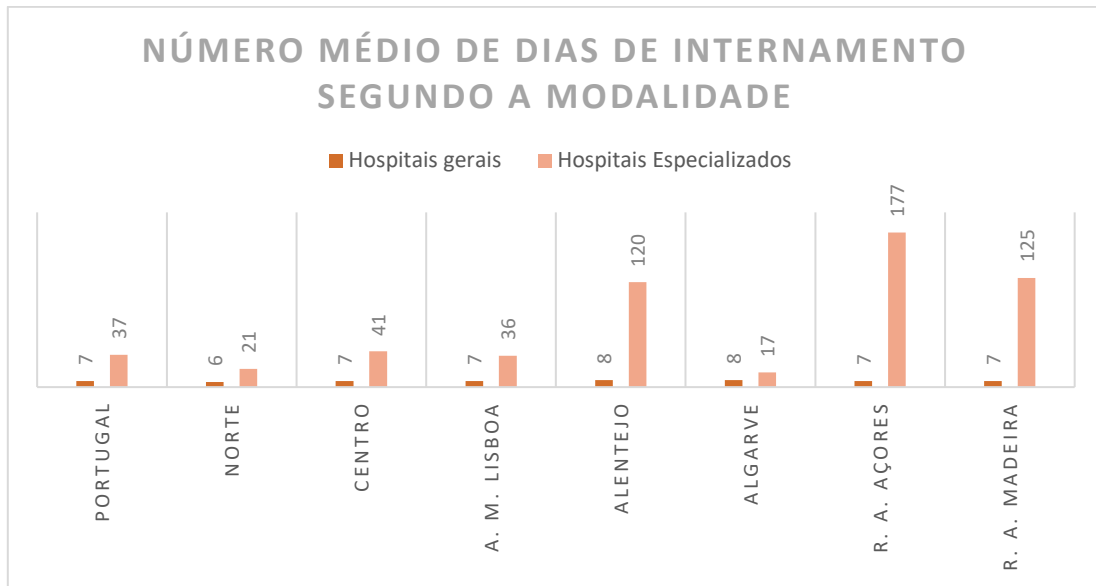


Figura 4 - Número médio de dias de internamento segundo a modalidade (Instituto Nacional de Estatística I.P., 2018).

A duração média de internamento nos hospitais gerais foi bastante homogénea, com a região Norte a registar a média mais baixa, nos hospitais especializados verificam-se valores mais elevados para as regiões autónomas, facto esse explicado pelo INE que está relacionado com uma frequência elevada de hospitais especializados em Psiquiatria. A Região Norte mais uma vez é a segunda região a registar os valores mais baixos.

Na figura abaixo é possível observar que de uma forma geral, existem mais hospitais privados do que públicos.

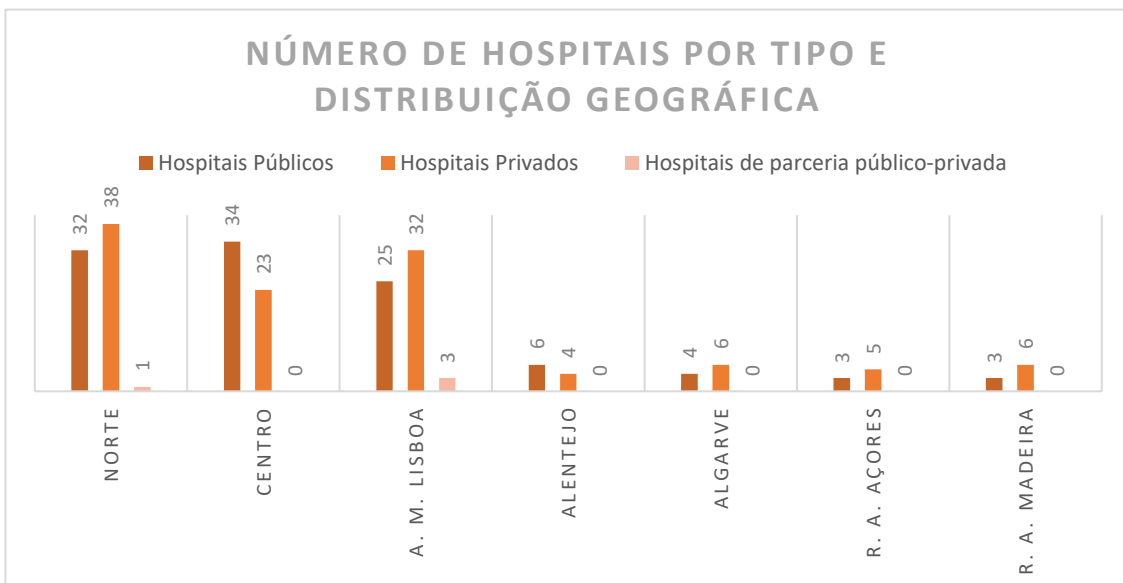


Figura 5 - Número de hospitais por tipo e distribuição geográfica registados em 2016 (Instituto Nacional de Estatística I.P., 2018).

Os hospitais públicos concentram-se maioritariamente na zona Norte e Centro de Portugal.

Relativamente ao número de técnicos superiores na área de gestão, é possível constatar na figura abaixo que a maioria se concentra na área metropolitana de Lisboa.

Dos 1001 técnicos registados, o INE concluiu um aumento de 1,8% relativamente ao ano anterior.

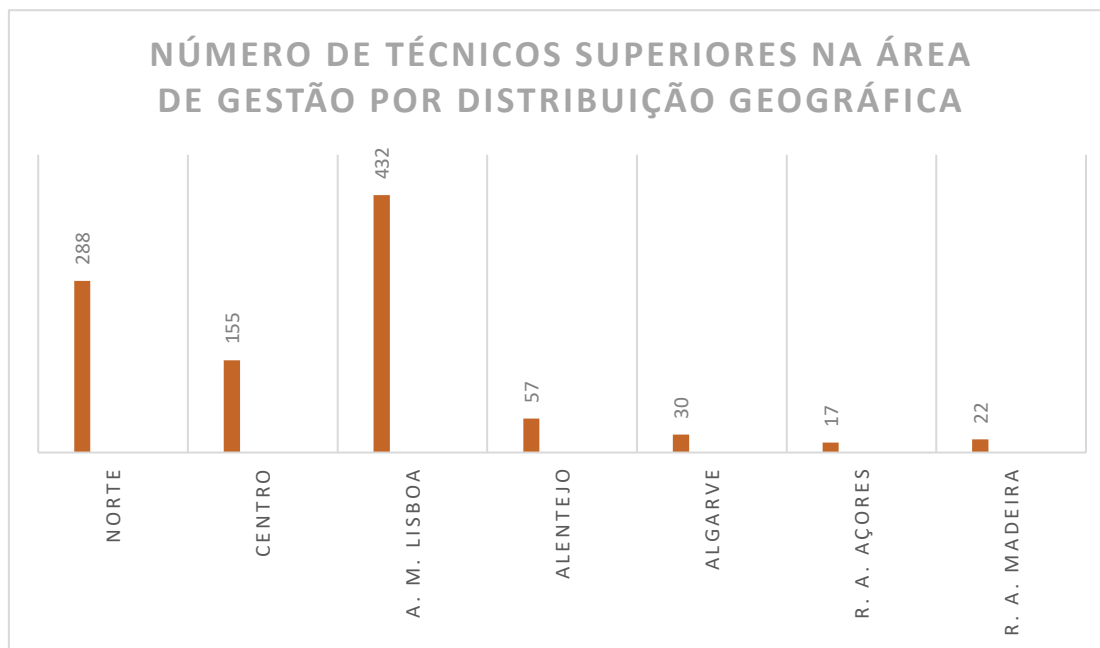


Figura 6 - Número de Técnicos superiores na área de Gestão por Distribuição Geográfica (Instituto Nacional de Estatística I.P., 2018).

Relativamente aos atos complementares de diagnóstico de Patologia Clínica, Imuno-hemoterapia, Anatomia Patológica e Imagiologia, seguem-se os seguintes registos:

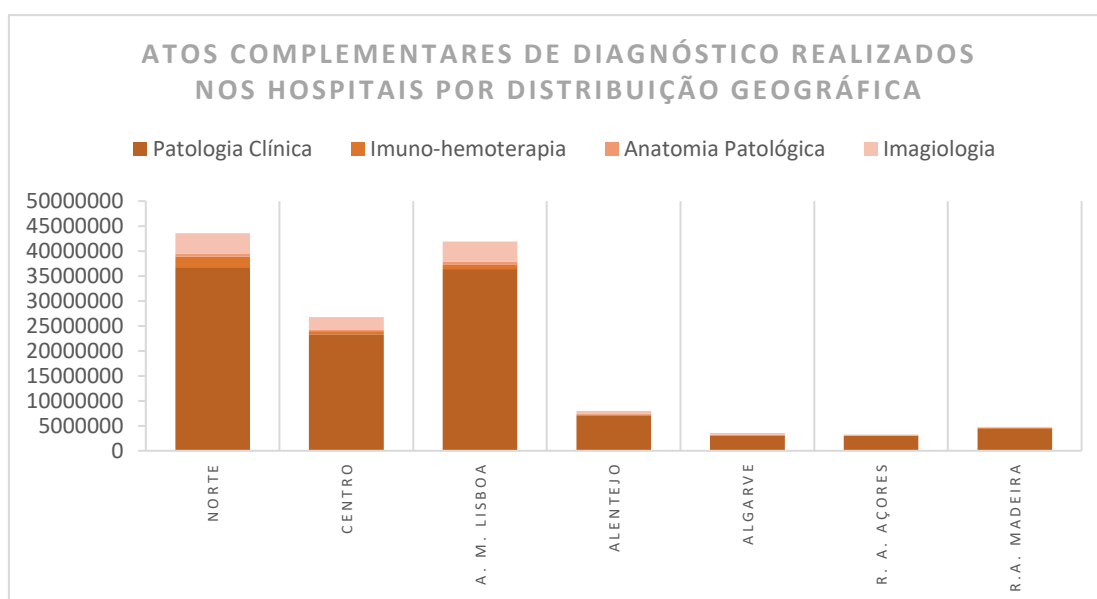


Figura 7 - Atos complementares de diagnóstico realizados nos hospitais por distribuição geográfica (Instituto Nacional de Estatística I.P., 2018).

A grande maioria dos atos complementares de diagnóstico pertence à Patologia clínica, sendo que acima de 80% são realizados em hospitais públicos (Instituto Nacional de Estatística I.P., 2018). São nas regiões Norte e Metropolitana de Lisboa que se concentram a maioria.

De acordo com a *Health Cluster Portugal* a Saúde é um setor proeminente e em rápido desenvolvimento em Portugal, tendo registado uma evolução notável ao longo das últimas duas décadas (Health Cluster Portugal, 2019).

Derivada à qualidade das instituições de Investigação e Desenvolvimento e dos hospitais portugueses, incluindo os seus recursos humanos e as infraestruturas e equipamentos, o país posiciona-se como “um parceiro competitivo ao nível dos serviços científicos/tecnológicos/analíticos especializados, bem como um destino atrativo para a realização de ensaios clínicos” (Health Cluster Portugal, 2019).

Dados os números de técnicos superiores ligados à gestão hospitalar, é fácil constatar que existe falta de competências de gestão no setor da saúde, nomeadamente, integração, cooperação e coordenação entre as diferentes entidades da cadeia de valor.

Um estudo feito pela *Porto Business School* refere que o aumento da concorrência dos prestadores de cuidados de saúde tem a virtude de criar incentivos à melhoria da relação qualidade/custo, mas por outro lado tem o risco de potenciar um investimento excessivo em infraestruturas e equipamentos face às necessidades do mercado e diminui a capacidade de planeamento e de gestão das infraestruturas existentes (Gomes, Alvim, Gonçalves, & Oliveira, 2012).

Assim, os profissionais de saúde e todos os profissionais inseridos no setor hospitalar começam a mostrar interesse na Logística Hospitalar, que é uma área que contribui de forma decisiva para os demais resultados, quer os da saúde dos pacientes, doentes, utentes ou clientes quer os da sustentação e autonomia das organizações hospitalares.

A área da saúde é fértil em problemas de gestão e organização. O estudo deste tipo de problemas é crescente, devido ao aumento da procura dos cuidados da saúde, que por sua vez, deve-se ao maior acesso aos cuidados de saúde nas sociedades desenvolvidas e ao envelhecimento da população (J. A. Oliveira, Ferreira, Figueiredo, Dias, & Pereira, 2014).

2.2 LOGÍSTICA HOSPITALAR

A logística nasce para todas as empresas, sem exclusão das instituições de saúde, comportando numerosas origens militares (Carvalho & Ramos, 2013).

A Logística nasceu no meio militar, porém sempre foram mencionados cinco grandes componentes logísticos (Carvalho & Ramos, 2013):

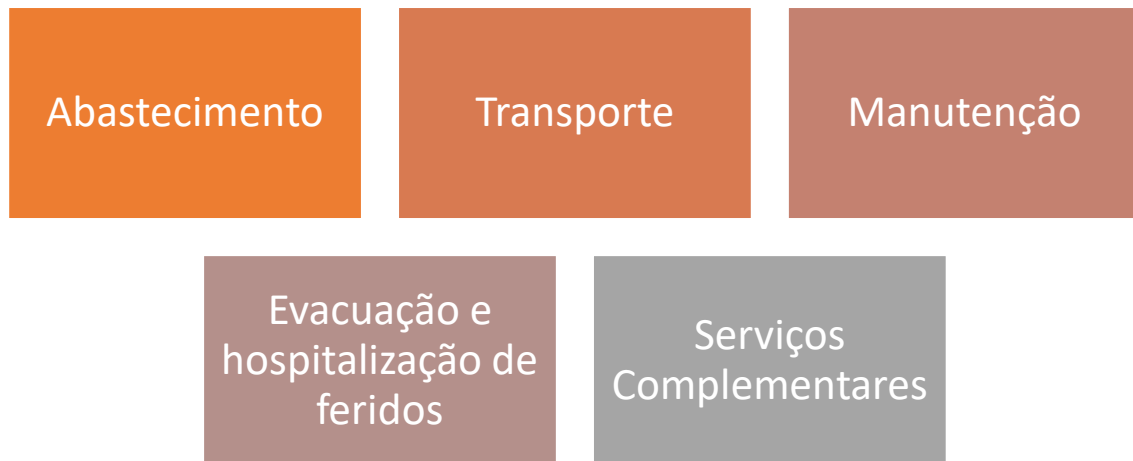


Figura 8 - Componentes Logísticas.

Numa unidade de prestação de cuidados de saúde há logística em todos os processos. Por exemplo, no processo de encontrar fornecedores para os vários consumíveis, que vão desde (Carvalho & Ramos, 2013):

- Materiais de consumo clínico
- Produtos farmacêuticos
- Equipamentos
- Materiais para serviços de lavanderia
- Materiais para serviço de catering, limpeza ou vigilância
- Entre outros.

Pode-se presenciar, paralelamente, toda uma outra logística ligada ao utente, que irá ocorrer desde que se verifica um evento, um desastre, até ao momento em que esse mesmo cliente venha a sair da instituição que o acolheu (Carvalho & Ramos, 2013).

Uma simples questão de administração de um fármaco ou um uso de um consumível num serviço clínico tem por trás uma série de atividades de natureza logística (Carvalho & Ramos, 2013).

Chega-se rapidamente à conclusão que numa unidade hospitalar se se quiser responder sustentadamente em menor tempo a um pedido dos serviços clínicos face a uma encomenda, implica mais auxiliares de ação médica nas atividades de distribuição interna, maior número de equipamentos (carros/malas) internos de distribuição, maior número de colaboradores afetos ao aviamento nos armazéns de produtos de consumo

clínico ou de farmácia. Da mesma forma, uma redução do custo por redução dos períodos de distribuição pode fazer perigar os níveis de qualidade do serviço pretendido. Os autores Carvalho e Ramos concluem que estes casos são concomitantes a uma menor capacidade de gestão e a maiores níveis de risco.

Antes de chegar ao utente, existem diversas atividades logísticas que têm um grande impacto no serviço ao utente, são elas (Carvalho & Ramos, 2013):

- Abastecimento dos fornecedores;
- Negociação com os fornecedores
- Contratualização e gestão de contratos com os fornecedores
- Armazenagem, *layout* e arrumação
- Gestão de stocks
- Aviamento
- Distribuição interna aos serviços clínicos

Todas estas atividades estão representadas na figura que se segue:

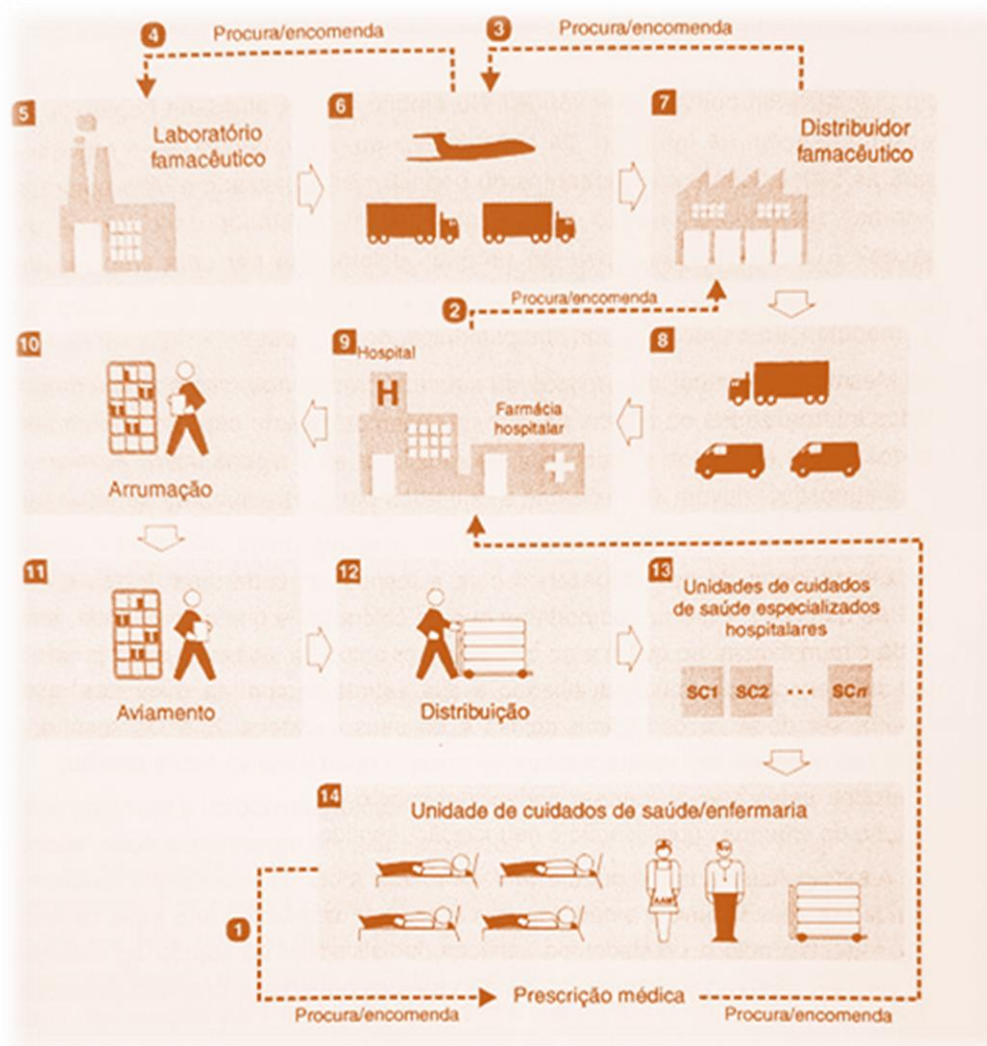


Figura 9 - Fluxo físico completo de resposta a fluxo de informação (Carvalho & Ramos, 2013).

O projeto em questão insere-se na atividade número 12 da Figura 9. Na ULSM ocorre a distribuição interna para os serviços clínicos localizados no Hospital Pedro Hispano, mas também ocorre a distribuição externa para o ACESM.

O transporte na área da saúde é um assunto estudado na literatura de otimização de processos logísticos desde há muitos anos. Hoje em dia, os sistemas de informação dão apoio à tomada da decisão, permitindo obter ganhos de eficácia e de eficiência junto do planeamento logístico (J. A. Oliveira et al., 2014).

2.3 ANÁLISES CLÍNICAS

As análises clínicas são um dos mais importantes meios de diagnóstico complementares uma vez que permitem, através da recolha de materiais biológicos como urina, sangue, fezes, saliva ou outros tecidos, diagnosticar anomalias, patologias ou doenças de maior ou menor gravidade contribuindo ainda para a sua prevenção e deteção antecipada (Trofa Saúde, 2017).

Embora uma análise laboratorial contribua fortemente para a triagem, diagnóstico, acompanhamento e monitoramento terapêutico da maioria, se não de todos, os distúrbios humanos, erros de diagnóstico podem ocorrer em qualquer momento do processo do exame total, ou seja, desde a adequação da prescrição do exame até à interpretação dos resultados. Dentro deste ciclo, erros decorrentes das atividades pré-analíticas representam até 70% de todos os erros de laboratório. Este tipo de erros ocorre, principalmente devido ao uso inadequado ou incorreto de procedimentos de coleta, manuseamento, preparação e por último, mas não menos relevante, de transporte e armazenamento das amostras. Em particular deve-se à centralização de diagnóstico laboratorial em grandes instalações com necessidade de transportar um grande número de amostras de diversos locais para os laboratórios principais (Lippi et al., 2011).

Segundo a Ordem dos farmacêuticos, é da responsabilidade dos laboratórios ter o documento - Manual de colheitas de amostras biológicas, com instruções precisas individualizadas de preparação, colheita, tratamento e transporte de amostras e o tempo máximo entre a colheita e a receção da amostra (Ordem dos Farmacêuticos e Associação Portuguesa de Analistas Clínicos, 2016).

Após a colheita de sangue e antes do seu transporte para o laboratório, é necessário separar os elementos da amostra – processo de centrifugação. A centrifugação permite obter os principais elementos do sangue (National Geographic Portugal, 2019; Utley, Moores, & Stephens, 1981):

- Hemácias (parte do sangue que contém os glóbulos vermelhos);
- Plaquetas (parte sólida do sangue);
- Plasma (parte líquida do sangue).

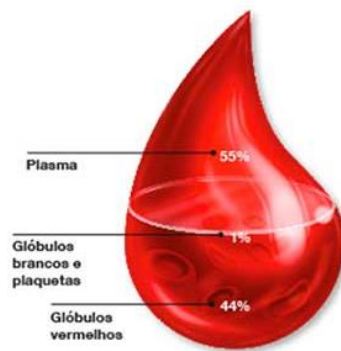


Figura 10 - Constituição do sangue (National Geographic Portugal, 2019).

A etapa de centrifugação das amostras é muito importante na fase pré-analítica e deve ser perfeitamente conduzida para reduzir o risco de falhas (Utley et al., 1981).

As principais consequências de erros nesta fase são: a centrifugação incompleta, danos a elementos celulares, incluindo hemólise (destruição dos glóbulos vermelhos) e a perda de amostras, obrigando a novas coletas, elevando o custo e causando impacto negativo sobre a satisfação do cliente (Utley et al., 1981).

De maneira a proteger a qualidade da amostra coletada, existem tubos com gel que formam uma barreira estável entre o soro e o coágulo após centrifugação (Merve, Serpil, Onur, & Ozcan, 2017).

Na fase pós-colheita e pré-centrifugação recomenda-se não ultrapassar duas horas, especialmente para análises de glicose, eletrólitos e LDH (Merve et al., 2017).

2.3.1 CONDIÇÕES PARA TRANSPORTE DE HEMODERIVADOS

O transporte de hemoderivados deve ser feito nas seguintes condições (Lippi et al., 2011)(González-Gross et al., 2008)(Klose et al., 2004)(Afonso, 2011):

- ✓ A temperatura não deve exceder 10 ° C;
- ✓ O transporte deve ser feito com um tempo máximo de trânsito de 24 horas;
- ✓ Devem ser utilizadas caixas de transporte de segurança, que permitam o ambiente interno a uma temperatura constante;
- ✓ Os tubos de sangue devem ser transportados na vertical, num recipiente adequado, preferencialmente com dupla contenção;
- ✓ Durante o transporte, os tubos devem ser almofadados de maneira a que estes sejam sujeitos o menos possível a oscilações e/ou colisões.

2.4 PLANEAMENTO DE ROTAS

O planeamento de rotas é de elevada complexidade, pois estão dependentes critérios e condicionantes que por vezes parecem difíceis de conjugar e de chegar à solução mais rentável para a organização.

Segundo Ballou (2006), existem princípios básicos para a elaboração de rotas:

- ✓ **Coordenação espacial** – afetar um veículo a clientes que estão mais próximos, tendo em consideração a volumetria e tonelagem a transportar, tendo em consideração as capacidades do veículo;
- ✓ **Coordenação temporal** – combinar entregas do mesmo dia da semana;
- ✓ **Entregas e recolhas** – combinar entregas e recolhas num ponto sempre possível;
- ✓ **Construção de rotas** – partir com os pontos mais afastados do depósito e incluir viagens no regresso;
- ✓ **Veículos** – usar em primeiro lugar os veículos maiores para evitar custos de não utilização;
- ✓ **Restrições** – evitar janelas temporais apertadas – negociar com o cliente;
- ✓ **Subcontratar** – explorar meios alternativos para entrega ou recolha de cargas com volumes reduzidos ou para locais pouco frequente ou remotos.

Para a definição de rotas existem diversas restrições que têm de ser consideradas (Moura, 2004):

- Capacidade da frota, tendo em consideração que existem entregas de encomendas e recolhas de vasilhames nos clientes;
- Dimensão e tonelagem dos veículos, que condicionam a acessibilidade dos mesmos;
- Janelas temporais relativas aos horários dos motoristas, sendo consideradas como janelas duplas por efeito da hora para almoço;
- Janelas temporais relativas aos clientes, para a receção das encomendas;
- Velocidades médias diferentes, para os veículos, conforme a zona geográfica.

2.4.1 INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL NO PLANEAMENTO DE ROTAS

A investigação operacional tem como objetivo o estudo e a investigação de operações e sistemas que combinam elementos humanos e materiais, através de técnicas quantitativas que apoiam na tomada de decisões (Belfiore, 2006)(Chabot, Coelho, Renaud, & Côté, 2018)(Hillier, n.d.).

Os problemas a resolver podem ser de nível estratégico ou operacional (Hillier, n.d.).

A nível operacional, a gestão da produção é o domínio em que as aplicações de programação linear são mais numerosas. Porém áreas como: o marketing, na determinação de políticas de preços, de afetação da força de vendas; as finanças, na

escolha de programas de investimento e a logística na gestão de transportes, a Investigação Operacional é uma ferramenta valiosíssima para a determinação eficaz de soluções que melhor satisfazem os objetivos das organizações (Hillier, n.d.).

A Investigação Operacional utiliza quatro princípios fundamentais (Hillier, n.d.):

1. Análise sistemática e definição concreta do problema;
2. Interdisciplinaridade na visão do problema (contributo de todas as áreas relevantes para o assunto em causa);
3. Utilização de modelos (normalmente as situações reais não são experimentáveis, logo recorre-se a modelos que representem a realidade de forma mais simples para a estudar e interpretar);
4. Recurso ao método científico. O método científico implica: a formulação do problema, onde são definidos objetivos, variáveis de decisão; a construção do modelo matemático, onde é definida a função objetivo e as restrições entre as variáveis; o cálculo da solução; o estudo da solução, onde é possível testar e analisar novas variáveis; o controlo da solução encontrada e por fim a implementação da solução encontrada.

2.4.2 PROBLEMAS DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS - VRP

Um dos problemas de maior impacto na gestão da cadeia de abastecimento é a distribuição de produtos entre locais, mais conhecido como o problema de roteamento de veículos (VRP) em que o seu propósito é definir para um conjunto de viaturas as rotas de visita a locais bem definidos (Marinakis & Migdalas, 2007).

O VRP é um dos problemas mais estudado na literatura devido à sua ampla aplicabilidade e importância na determinação de estratégias eficientes para reduzir os custos Operacionais nas redes de distribuição (Kumar & Panneerselvam, 2012).

Este problema contém diversas variantes, nomeadamente o transporte de mercadorias, que pode contemplar a situação de entrega e recolha de bens (PDP – *Pickup and Delivery Problems*), ou seja, os objetos têm de ser transportados entre uma origem e um destino. Estes podem ser classificados em três grupos (J. A. Oliveira et al., 2014):

- n origens para m destinos, em que qualquer vértice pode servir como uma fonte ou como um destino para qualquer mercadoria;
- 1 origem para n destinos e 1 destino final;
- 1 origem para 1 destino.

Este tipo de problemas pode ter uma natureza estática ou dinâmica. Nos de natureza estática, a informação é conhecida antecipadamente e não se altera durante a fase de construção e implementação da solução; por outro lado, no caso dinâmico, a informação disponível é atualizada à medida que se constrói ou se implementa parte da solução, por força de novos pedidos, nestes casos a estratégia de solução também é dinâmica, isto é, pode ser alterada com o tempo. Esta vertente deste problema resulta do facto de

os pedidos de transporte surgirem por vezes no mesmo dia em que necessitam de ser realizados (*DARP Dial-A-Ride Problem*) (J. A. Oliveira et al., 2014)

A distribuição, de bens ou serviços, é realizada por um determinado número de veículos localizados num determinado depósito. Esses veículos são conduzidos por um determinado número de condutores disponíveis, com auxílio de uma rede rodoviária adequada com o objetivo de satisfazer as necessidades de um determinado número de clientes. Uma solução de VRP é a determinação de rotas onde os veículos saem e terminam num determinado depósito passando uma única vez por cada cliente satisfazendo por completo as necessidades deste (Marinakis & Migdalas, 2007).

Os VRP's apresentam um elevado número de objetivos, entre os quais a minimização da distância total percorrida, minimização do número de rotas, minimização da duração das rotas, entre outros (Marinakis & Migdalas, 2007).

No dia a dia das organizações, vão surgindo novos problemas que vêm complicar o modelo típico de VRP. Com a finalidade de dar resposta ao mundo atual, existem as diversas variantes do VRP que se baseiam em incrementos de restrições dependendo do tipo de problema (M. D. B. Oliveira, 2012).

Num problema clássico de VRP todas as componentes constituintes são determinísticas, ou seja, são conhecidos os clientes, a quantidade a transportar, os tempos de percurso e os tempos de serviço. Em casos reais existe alguma incerteza que ao ser ignorada pode provocar erros relevantes nas soluções obtidas. Assim o SVRP considera um ou mais elementos do problema com natureza aleatória, para se aproximar o mais possível da realidade (Liu, 2009).

Quando temos variáveis de origem estocástica, deixa de ser possível satisfazer todas as restrições para todos os valores que as variáveis tomam. Nestes casos, cabe ao decisor tomar a decisão de quais as restrições que são cruciais daquelas que podem ser violadas (Murata & Itai, 2008).

2.4.2.1 CVRP – Problemas de roteamento de veículos com limite de capacidade

Neste tipo de variante do VRP é considerado a capacidade dos veículos. O objetivo é encontrar um número exato de percursos com custo mínimo pela soma das arestas pertencentes a esses percursos, com a restrição de que a soma dos produtos a entregar num percurso não pode ultrapassar a capacidade do veículo responsável pelo respetivo transporte (Galic, Fosin, Gold, & Reinholz, 2008).

Na literatura, com a resolução de problemas deste tipo, verifica-se na maioria que o número de veículos disponíveis para a distribuição é superior ao número de veículos necessários. Para chegar ao número de veículos necessários, é associado um custo fixo a cada veículo, e este por sua vez é adicionado à função objetivo de minimização de custo total, desta forma é possível encontrar o número efetivamente necessário para a distribuição (Marinakis & Migdalas, 2007)(Galic et al., 2008).

Pode-se falar de capacidade a nível de volumetria dos veículos, mas também pode-se abordar a capacidade de tempo máximo da rota. Assim, o somatório dos comprimentos de todas as arestas associadas a uma rota não pode exceder o tempo máximo que o veículo pode percorrer. Não esquecendo que adicionando o tempo que o veículo demora em cada cliente obtém-se o tempo de serviço do condutor que também não pode ser ultrapassado (Marinakis & Migdalas, 2007).

Um caso particular desta vertente de VRP é o TSP, mais conhecido como o problema do “Caixeiro viajante”, que consiste em definir a rota que minimiza a distância a percorrer pelo caixeiro viajante na sua tarefa de visitar um determinado número de clientes necessários, e após o qual terá que regressar ao ponto de onde partiu (Chabot et al., 2018).

O TSP e o CVRP têm em comum a restrição principal da capacidade do veículo utilizado na rota que indica que tem que ser igual ou superior à procura total dos clientes atendidos na rota que se pretende otimizar (El Hassani, Bouhafs, & Abder, 2008).

2.4.2.2 VRPSD – Problemas de roteamento de veículos com entregas repartidas por veículo

Este tipo de problema sugere que o cliente possa ser servido por mais do que um veículo. Desta forma, é possível controlar entregas de clientes que ultrapassem a capacidade do veículo de distribuição (Belfiore, 2006).

Os autores mostram que ao permitir dividir as encomendas por veículos, é possível obter redução de custos na ordem dos 50% (Belfiore, 2006)(Murata & Itai, 2008).

2.4.2.3 VRPPD – Problema de Roteamento de veículos com entregas e recolhas

Variante que permite entregas e recolhas nos clientes (M. D. B. Oliveira, 2012).

O objetivo deste tipo de problemas é similar ao VRP normal, mas com o objetivo de afetar a rota a um veículo que sirva a procura do cliente e recolha o vasilhame de forma a ter em conta a capacidade do veículo e o mínimo custo possível (M. D. B. Oliveira, 2012).

2.4.2.4 VRPTW – Problema de roteamento de veículos com janelas temporais

VRP com janelas temporais é uma extensão do CVRP, que além das restrições de capacidade, é adicionada outra que define o intervalo de tempo que o cliente pode ser visitado. Assim, com a chegada de um veículo a um cliente, este só pode começar o serviço se o seu tempo for maior ou coincidente com o do início da janela temporal. Após o cliente ser atendido, a hora que o veículo sai tem que ser menor ou igual ao fim do intervalo de tempo dado pelo cliente(Belfiore, 2006).

Para este tipo de problema é necessário definir a janela temporal, o tempo de deslocação do depósito ao cliente e por fim o tempo que o veículo permanece no cliente (El Hassani et al., 2008).

2.4.3 MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS VRP

Modelos de decisão são frequentemente utilizados para avaliar os custos e benefícios, em investimentos em novas tecnologias em diversas áreas, nomeadamente na área da saúde (Soárez, Soares, & Novaes, 2014).

Os modelos de decisão combinam informações primárias com secundárias, com o objetivo de reproduzir contextos específicos, com base em pressupostos conceituais e metodológicos, aplicando técnicas matemáticas e computacionais, com a finalidade de sintetizar e tornar compreensível o efeito de intervenções nos sistemas (Soárez et al., 2014) (J. A. Oliveira et al., 2014).

Um modelo caracteriza-se como sendo uma estrutura matemática que se propõe a representar a complexidade do mundo real de uma forma mais simplificada, sem modificar os seus atributos essenciais. Procura dividir o problema em componentes menores sem, no entanto, perder a visão do todo, mapeando os dados mais importantes, a relação entre eles e a relação com os outputs do modelo, e o impacto que estes componentes podem ter na decisão final. Não esquecendo que um modelo será sempre uma representação simplificada da realidade, não podendo ser reconhecida como uma “verdade inquestionável” (Soárez et al., 2014) (Marinakis & Migdalas, 2007).

Os dados utilizados para construir o modelo podem ser bastante variados e provir de diversas fontes, tais como: ensaios clínicos, estudos observacionais, bases de dados administrativos, séries de casos, opinião de especialistas, análises secundárias, etc.

Em alguns casos, a construção de um modelo deverá se basear somente em dados secundários, surge assim a dificuldade em obter as informações. Na maioria das vezes, os dados disponíveis nas fontes secundárias, especialmente em bases de dados administrativos, foram contruídos para fins específicos, mostrando-se necessário ajustar os dados existentes para que estes possam ser incluídos na perspetiva que orienta o modelo de decisão (Soárez et al., 2014).

Após a construção do modelo, é necessário proceder à sua validação. A validação é condicionada a dois fatores principais (Soárez et al., 2014):

1. A estrutura do modelo, tipo e desenho;
2. A qualidade da evidência utilizada para alimentar o modelo.

Em relação à estrutura o modelo, esta deve ser o mais transparente possível, de modo a que os resultados possam ser compreendidos de forma intuitiva. Os resultados do modelo não devem ser apresentados como estimativas únicas, ou como resultados

absolutos. Desta forma, compreende-se que os resultados devem ser acompanhados de uma análise de sensibilidade para explorar os efeitos da sua incerteza sobre os resultados (Soárez et al., 2014).

Por outro lado, a proveniência dos dados é o que confere qualidade no modelo, logo toda a evidência relevante deve ser identificada e reunida, utilizando critérios explícitos, justificáveis e métodos reprodutíveis (Soárez et al., 2014)(M. D. B. Oliveira, 2012).

Existem vários métodos para a resolução de problemas VRP, que se categorizam da seguinte forma:

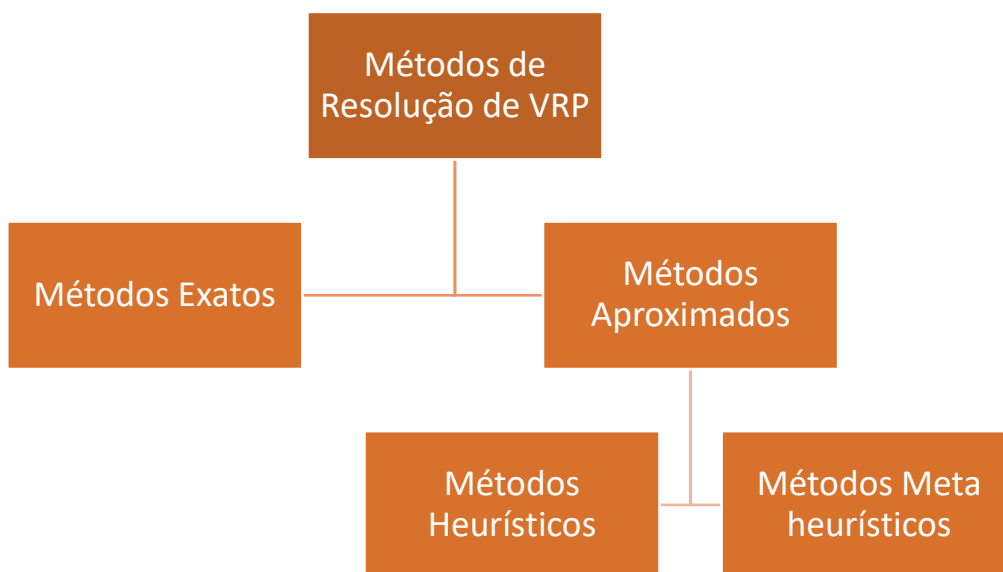


Figura 11 - Tipos de Métodos de Resolução de VRP.

2.4.3.1.1 Métodos Exatos

Os métodos exatos permitem obter a solução ideal por enumerarem todas as soluções possíveis, analisando todas as iterações selecionando a solução ótima. Assim, como VRP é um problema NP-difícil, não é esperado (e é em geral impossível) desenvolver métodos de solução exata que possam dar resposta em tempo útil (Marinakis & Migdalas, 2007).

Os métodos exatos mais utilizados passam por (Chabot et al., 2018):

- *Branch and Bound*: que consiste numa procura estruturada e inteligente no espaço de todas as soluções possíveis para um problema. Deste modo, o espaço de soluções é, de um modo contínuo, repartido em subconjuntos cada vez menores e no caso de a formulação matemática procurar minimizar a função objetivo, como é costume nos problemas de roteamento, é calculado um limite inferior para o custo de cada solução dentro de um subconjunto. Após cada repartição, todos os subconjuntos cujo limite exceda o valor de custo de uma solução possível já encontrada para o problema, são excluídos de ramificações seguintes. A ramificação continua até que uma solução possível seja encontrada

e que o seu valor de custo não seja melhor que o limite calculado para todos os subconjuntos;

- *Branch and Cut*: é um método exato de solução que combina o algoritmo *Branch & Bound* com um conjunto de planos de corte;
- *Branch and Price*: método semelhante ao anterior, no entanto, este foca-se na geração de colunas em vez da geração de planos de corte.

2.4.3.1.2 Métodos heurísticos

Os métodos heurísticos têm sofrido alterações levando à construção de algoritmos modernos e complexos com visão na melhoria de processos (Kumar & Panneerselvam, 2012).

Um método heurístico clássico tem a desvantagem de explorar apenas um subconjunto da totalidade de soluções possíveis. A evolução de algoritmos modernos visam colmatar essa falha e permitir a análise a soluções não ótimas, obrigando à deterioração da função objetivo (Belfiore, 2006)(Kumar & Panneerselvam, 2012).

Estes métodos caracterizam-se por construir soluções possíveis de forma gradual tendo sempre em conta o valor da função objetivo (J. A. Oliveira et al., 2014).

Os métodos heurísticos são muitas vezes utilizados na definição de rotas, pois permitem não só a construção de rotas, bem como analisar trocas entre as rotas, permitindo aos utilizadores responder às alterações de última hora (Moura, 2004).

Em toda a literatura utilizada, verifica-se que o primeiro método a utilizar na resolução de problemas é o método das poupanças, também conhecido como o algoritmo de *savings* de *Clarke and Wright* para chegar à solução possível.

2.4.3.1.3 Métodos Meta-heurísticos

Vários algoritmos meta-heurísticos foram propostos para resolverem problemas do tipo VRPTW, sendo os mais conhecidos (Marinakis & Migdalas, 2007):

- *Simulated Annealing*: Em cada iteração do algoritmo são comparados dois valores da função objetivo – a solução atual e a nova solução encontrada;
- *Tabu Search*: explora o espaço de soluções movendo-se, em cada iteração, da solução atual para a melhor solução encontrada num subconjunto da vizinhança $V(s)$. Pode ser simplesmente vista como uma combinação de pesquisa local com memórias de curta duração.

Seguem-se na tabela abaixo, alguns estudos de VRPTW, com diversas abordagens (Belfiore, 2006)(Galic et al., 2008)(Tam & Ma, 2008)(El Hassani et al., 2008)(Hsueh, Chen, & Chou, 2008)(Murata & Itai, 2008):

Autores	Problema aplicado	Contexto de aplicação	Resultados obtidos
Patrícia Belfiore 2; Hugo Tsugunobu; Yoshida Yoshizaki, 2006	VRPTWSD (VRPTW + VRPSD)	Desenvolvimento de um algoritmo de resolução de VRPTWSD que permita minimizar a distância total de transporte respeitando as janelas temporais dos clientes. Para a resolução do problema foi utilizado o método heurístico de Solomon.	Extensão da heurística de Solomon, que permite combinações de várias soluções diversificadas. A nível computacional foi possível encontrar melhores soluções com o aumento da procura dos clientes.
Tonci Caric; Ante Galic; Juraj Fosin; Hrvoje Gold; Andreas Reinholz, 2008	VRPTW	Desenvolvimento de um modelo de otimização combinando regras de trânsito e topologia de rede de transporte do mundo real.	O algoritmo desenvolvido alcançou os melhores resultados a nível da função de custos.

Vincent Tam; K. T. Ma, 2008	VRPTW	Estudo de métodos heurísticos e meta-heurísticos para a resolução do problema.	Desenvolvimento de um método híbrido para a resolução de problemas de VRP, combinando o método das poupanças com o método do vizinho mais próximo, conseguiram obter o mínimo da função: número de veículos x duração das rotas.
Amir Hajjam El Hassani; Lyamine Bouhafis; Abder Koukam, 2008	CVRPTW	Construção de um algoritmo que combina o método das poupanças com o ACS (do inglês Ant colony solution - algoritmo baseado num paradigma computacional inspirado na maneira como as colônias das formigas interagem). Utiliza programação em Java.	Melhores performances computacionais e na maioria dos problemas apresenta as melhores soluções.
Che-Fu Hsueh; Huey-Kuo Chen; Huey-Wen Chou, 2008	VRPTW – Dinâmico	Construção de um algoritmo que combine informações em tempo real de incidentes que surjam durante as rotas como atrasos de entrega, estradas cortadas, acidentes rodoviários, etc..	Modelo que oferece dinamismo na medida em que sempre que ocorre um incidente, o veículo recebe novas indicações por parte da logística, o modelo permite inserir dados como emergência e atrasos de modo a dar resposta às janelas temporais, recalculando rotas.

Tadahiko Murata; Ryota Itai, 2008	VRP com variabilidade na procura dos clientes	Formulação de um problema com dois períodos de procura diferente. Para a resolução apresentam soluções de otimização multicritério.	Os resultados da simulação mostram que o método proposto tem a eficácia para aumentar a similaridade das rotas obtidas. Embora o método das poupanças diminuir um pouco a duração máxima da rota, melhora a similaridade das rotas que podem diminuir a possibilidade de os motoristas de enganarem ou se perderem no caminho. Se os motoristas se perderem durante a entrega, o custo de suas rotas pode aumentar.
--------------------------------------	--	--	---

Tabela 1 - Estudos de VRPTW.

Assim, se conclui que os VRP's são inúmeros dependendo das condições da situação que se pretende estudar. Note-se que as variantes podem ser combinadas.

2.4.4 SELEÇÃO DO TIPO DE PROBLEMA PARA O CASO DE ESTUDO

Dos problemas identificados acima, foram selecionados dois tipos:

- ✓ VRPTW – Problemas de roteamento de veículos com janelas temporais
- ✓ VRPPD – Problemas de roteamento de veículos com entregas e recolhas

Estes dois tipos foram selecionados, uma vez que se trata de desenvolver uma rota para recolher amostras e pelo facto de a recolha ter de ocorrer após a colheita e num intervalo de tempo definido, ou seja dentro de janelas temporais. Este último é considerado um fator crucial.

Tendo em conta as principais características dos dois problemas, para o caso de estudo foi considerada a conjugação VRPPTW do inglês *Vehicle Routing Problem with Pick-ups and Time Windows* (problemas de roteamento de veículos com recolhas e janelas temporais).

CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

- 3.1 ESTADO ATUAL DA DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAS ENTRE O
ACESM E O HPH
- 3.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Ao serviço de Logística, para além do transporte de material de aprovisionamento, farmácia, material esterilizado, material para esterilizar e correspondência compete o transporte de produtos biológicos com recolha nos Centros de Saúde e com destino ao HPH. Até à data o serviço de Logística assegurou este processo nos mesmos moldes praticados pelo serviço anteriormente responsável – serviços Hoteleiros.

3.1 ESTADO ATUAL DA DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAS ENTRE O ACESM E O HPH

Todo o processo de distribuição entre o HPH e o exterior é feito através de quatro rotas:

- ROTA 1 – Responsável pelos exames feitos no exterior (área do grande Porto) por exemplo: Biópsias, irradiações de sangue, testes de diagnóstico precoce, etc.;
- ROTA 2 – Responsável pelo transporte de produtos biológicos colhidos no ACESM com destino aos laboratórios do HPH;
- ROTA 3 – Responsável pelo transporte de todo o tipo de materiais entre o ACESM e o HPH;
- ROTA 4 – Responsável pela satisfação de transportes personalizados (não está incluído o transporte de pessoas) solicitados por qualquer pessoa dentro da organização.

A presente dissertação apenas contempla o estudo à ROTA 2.

Para todo o processo de distribuição entre o ACESM e o HPH, existem duas rotas: a ROTA 3 que se dedica a todo o processo de distribuição de materiais e a ROTA 2 que se dedica maioritariamente à recolha de produtos biológicos dos Serviços de Patologia Clínica dos centros de saúde sem centrífuga.

Relembra-se que a centrifugação é um processo utilizado para separar os constituintes do sangue identificados na Figura 10. A etapa de centrifugação das amostras é muito importante na fase pré-analítica e deve ser perfeitamente conduzida para reduzir o risco de falhas. A centrifugação confere à amostra maior estabilidade química para efeitos de transporte e manuseamento até ao laboratório onde é processada.

As principais consequências de erros neste processo são: a centrifugação incompleta, perda de amostras, danos celulares, entre outros, tendo como resultado repetição da colheita, porém se o erro não for detetado leva a resultados falaciosos, no que traduz um aumento de custos e impacto negativo na satisfação do utente.

Assim, o uso de centrífugas beneficia não só nos tempos de entrega de amostras no laboratório, bem como confere maior qualidade na amostra a processar.

A ROTA 3 está esquematizada na Figura 12, a azul encontra-se a volta da manhã que inicia na UCSP Santa Cruz do Bispo e termina no CS Senhora da Hora (com início às 09:00h e término às 13:00h) e a verde a volta da tarde que inicia no CS de Matosinhos e termina no CS de São Mamede (com início às 14:00h e término às 17:00h). Ambas as voltas iniciam e terminam no HPH.

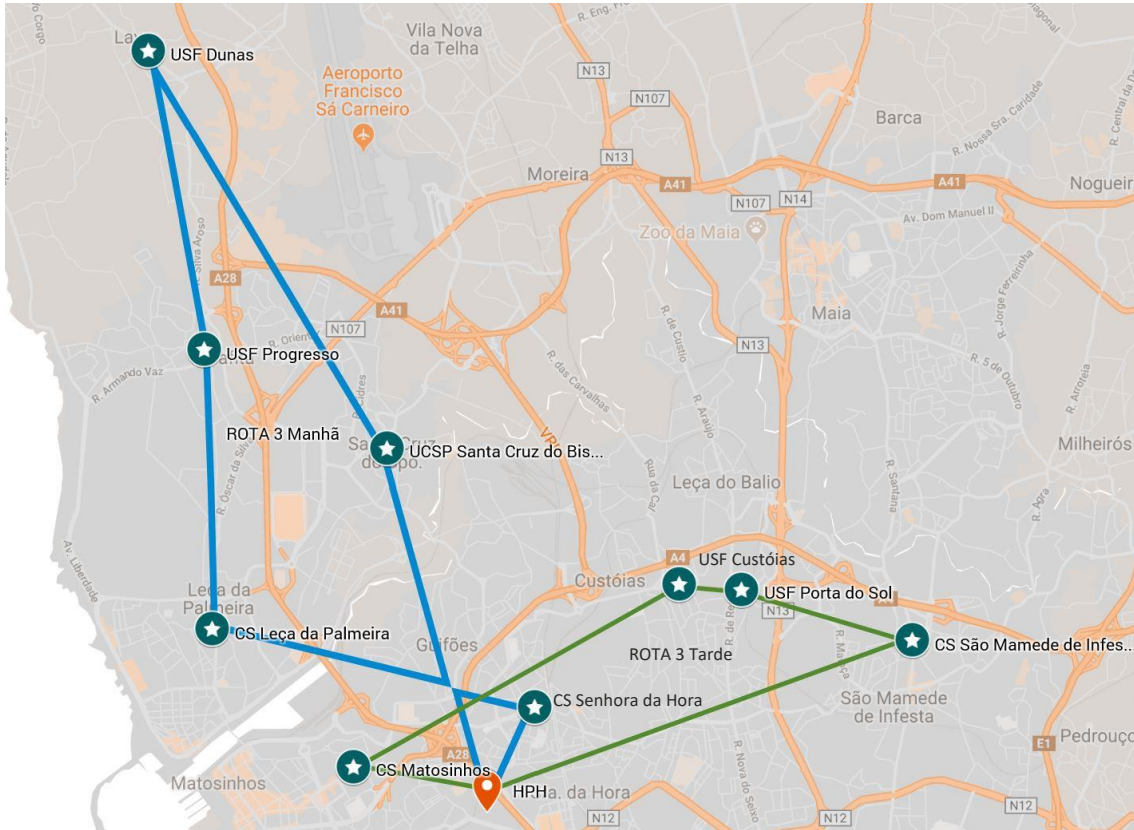


Figura 12 - Esquematização da ROTA 3.

A ROTA 2 atualmente compreende duas voltas, porque segundo o procedimento interno 2441.0 – Acondicionamento e transporte de amostras biológicas do ACESM para o Serviço de Patologia Clínica (7.2ANEXO2 – PROCEDIMENTO INTERNO DA ULSM 2441 – ACONDICIONAMENTO E TRANSPORTE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS DO ACESM PARA O SERVIÇO DE PATOLOGIA CLÍNICA): “Para uma adequada termoestabilização das amostras, atendendo ao tempo e à distância entre a colheita e a chegada ao laboratório, as amostras devem chegar ao laboratório num tempo máximo de 2 horas após a colheita (tolerância de 30 minutos)”.

Apesar de existirem duas voltas, ambas seguem a mesma sequência, que inicia a recolha no CS São Mamede de Infesta e termina com a recolha no CS de Matosinhos (ver Figura 13).

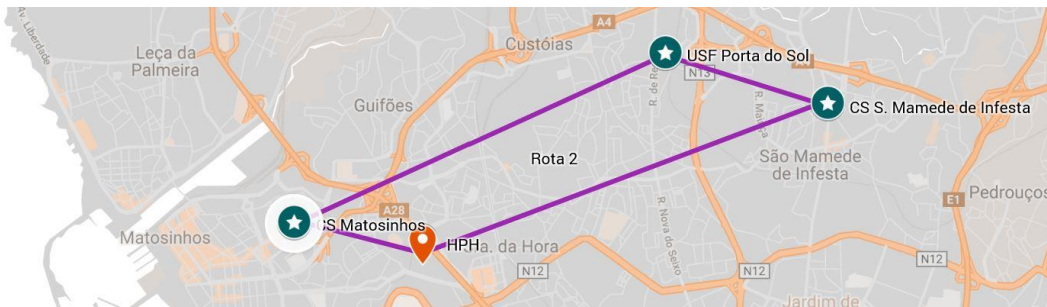


Figura 13 - Esquemática da ROTA 2.

O Procedimento referenciado acima, apesar de não indicar diferença entre os sangues centrifugados dos não centrifugados, foi esclarecido pelos técnicos do laboratório que o limite das 2 horas e meia aplica-se aos sangues não centrifugados, no que diz respeito aos sangues centrifugados, estes têm um limite de entrega de 4 horas após o processo de centrifugação, que pode ocorrer até duas horas após a colheita.

Na rota 2, uma vez que a carrinha passa em vários pontos de entrega/recolha, aproveita para efetuar outro tipo de entregas/recolhas. Na Figura 14 segue esquema do fluxo de materiais atual da ROTA 2:

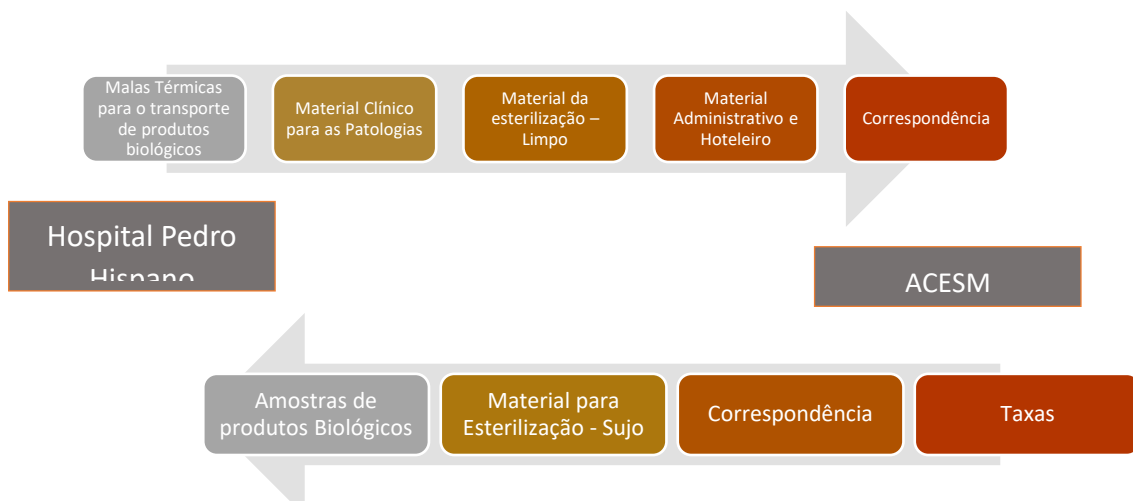


Figura 14 - Fluxo de materiais da ROTA 2.

Por tipo de material é feita a recolha/entrega no respetivo ponto. Num Centro de Saúde é possível existir vários pontos de entrega/recolha. Na tabela que se segue estão descritos todos os pontos existentes na ROTA 2:

Centro de Saúde	Ponto de entrega/recolha	Tipo de Material	1ª Volta	2ª Volta
Centro de Saúde de São Mamede de Infesta	Secretaria USF	Taxas USF	X	
	Secretaria UCSP	Taxas UCSP	X	
	Gabinete de Colheitas	Colheitas, Citologias e Material Clínico	X	X
	Secretaria Colheitas	Taxas Colheitas		X
USF Porta do Sol	Entrada das Traseiras	Material Administrativo e Hoteleiro		X
	Gabinete das Colheitas	Colheitas e Material Clínico	X	X
	Arrecadação	Material de Esterilização	X	
	Secretaria	Taxas USF, Taxas Colheitas, Citologias, Correspondência	X	X
Centro de Saúde de Matosinhos	Gabinete Enfermagem CDP	Colheitas	X	
	Gabinete de Colheitas	Colheitas, Citologias e Material Clínico	X	X
	Secretaria Colheitas			X
	Secretaria Horizonte		X	
	Secretaria Oceanos	Taxas	X	
	Secretaria UCSP		X	
Hospital Pedro Hispano	Secretaria Saúde Pública		X	
	Esterilização	Material de Esterilização	X	X
	Patologia Clínica	Colheitas	X	X
	Hemoterapia	Colheitas		X
	Anatomia Patológica	Citologias	X	X
	Recursos Humanos	Correspondência		X
	Financeiros	Taxas	X	X

Tabela 2 - Identificação dos pontos de entrega/recolha.

Com todos estes pontos, são necessárias 04:15h para a realização da ROTA 2.

No ACESM, existem os seguintes serviços de Patologia Clínica (P.C.) em funcionamento (destacados com o símbolo a vermelho na Figura 15):

- P.C. de Matosinhos;
- P.C. de Leça da Palmeira;
- P.C. de Dunas;
- P.C. de Progresso;
- P.C. de Porta do Sol;
- P.C. de São Mamede de Infesta.

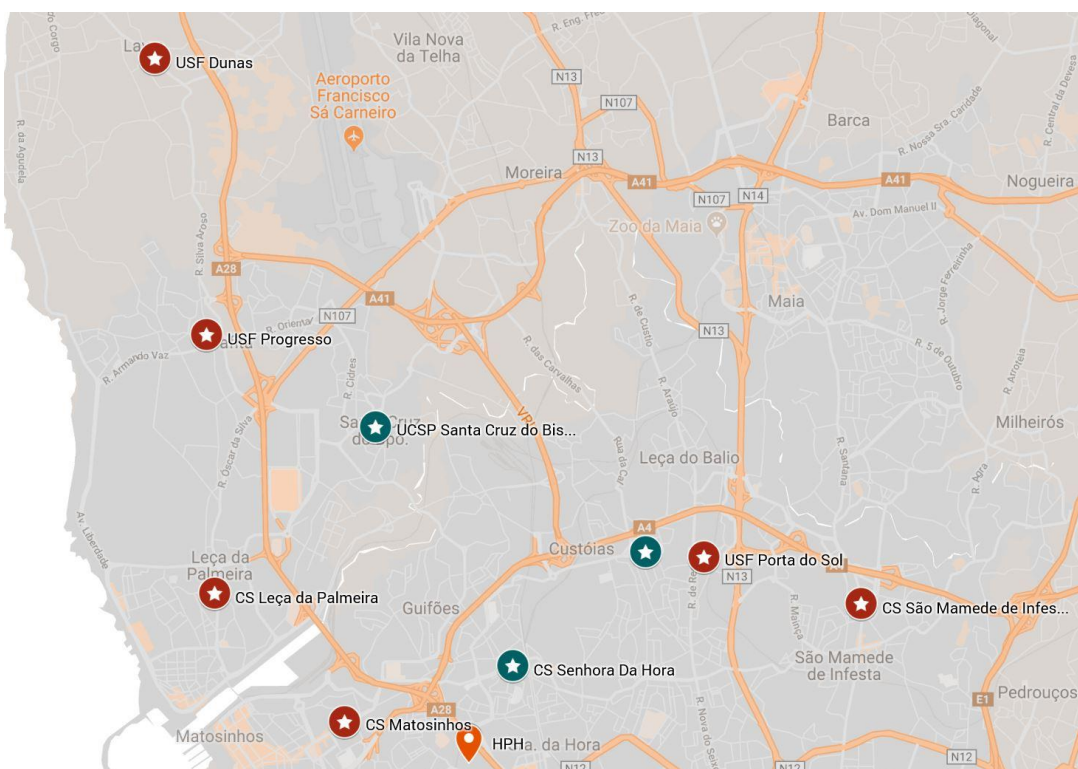


Figura 15 - Identificação das Unidades com P.C..

Com o objetivo de rentabilizar as rotas e uma vez que os serviços de Patologia Clínica laboram de manhã, a ROTA 3 que faz a distribuição da parte da manhã de alguns dos centros de saúde, recolhe também os produtos biológicos. Note-se que os serviços de Patologia Clínica destas unidades têm todos centrífugas e por isso o tempo limite de entrega corresponde a quatro horas após centrifugação, ou seja após o fecho dos serviços (podem ser entregues até às 14:00h). Na Figura 16, encontra-se a caracterização das Patologias Clínicas do ACESM:

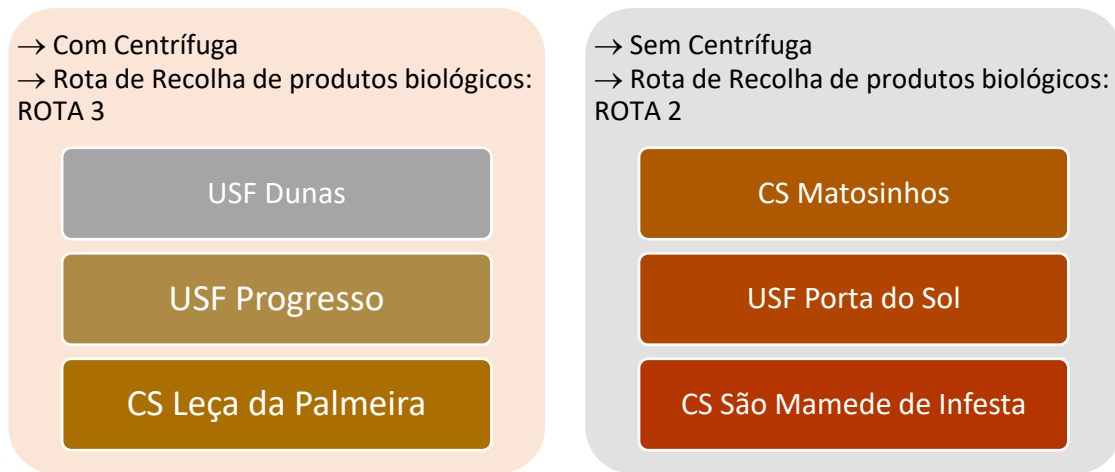


Figura 16 - Caracterização dos pontos de recolha dos produtos biológicos.

3.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

No âmbito do estágio profissional iniciado em finais de Setembro de 2017, foi proposto o estudo e análise do sistema de distribuição praticado na ULSM, nomeadamente o processo de distribuição no ACESM, onde se concluiu que na ROTA 2 o transporte de produtos biológicos não está a cumprir com os requisitos estabelecidos pelo procedimento interno 7.2 ANEXO2 – PROCEDIMENTO INTERNO DA ULSM 2441 – ACONDICIONAMENTO E TRANSPORTE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS DO ACESM PARA O SERVIÇO DE PATOLOGIA CLÍNICA), uma vez que as amostras não estão a chegar ao laboratório no tempo máximo de 2 horas, com tolerância de 30 minutos, após a colheita.

Para validação dos tempos de entrega nos modos atuais, foi feito um estudo de tempos, durante 15 dias, por cronometragem, do qual se concluiu que o procedimento não está a ser cumprido. Segue tabela abaixo com os resultados obtidos:

1ª Volta			
Hora da 1ª Colheita	Patologia Clínica	Hora de Recolha	Tempo de entrega
08:00h	São Mamede de Infesta	09:00h	02:40h
08:00h	Porta do Sol	09:25h	02:40h
07:30h	Matosinhos	10:10h	03:10h
Hora de Entrega no HPH			10:40h

Tabela 3 - Tempos de Entrega Atuais da 1ª volta.

2ª Volta			
Hora da 1ª Colheita	Patologia Clínica	Hora de Recolha	Tempo de entrega
09:00h	São Mamede de Infesta	11:20h	03:45h
09:25h	Porta do Sol	11:45h	03:20h
10:10h	Matosinhos	12:15h	02:35h
Hora de Entrega no HPH			12:45h

Tabela 4 - Tempos de entrega atuais da 2ª volta.

Nas tabelas acima, verifica-se que tanto para a 1ª como para a 2ª volta os tempos de entrega, assinalados a sublinhado, não cumprem com o tempo limite de entrega estipulado em procedimento.

Se com apenas três pontos de colheitas, os tempos de entrega não se cumprem, com a introdução de mais um ponto no centro de saúde de Senhora da Hora, prevê-se um agravamento superior a quatro horas. Para a recolha dos produtos biológicos trata-se de um problema de roteamento com recolhas e janelas temporais. Assim surge a necessidade de criação de um modelo que permita solucionar o problema, de uma forma rápida e otimizada, encontrando uma rota exequível tendo em conta os tempos de entrega, os recursos disponíveis e os custos de transporte.

No HPH existem três Laboratórios para processamento dos produtos biológicos dependendo da finalidade da recolha das amostras:

- Laboratório de Hemoterapia
- Laboratório de Patologia Clínica
- Laboratório de Anatomia Patológica

Acima de 95% dos produtos biológicos colhidos pelo ACESM destinam-se a exames complementares analíticos processados no Laboratório de Patologia Clínica.

Como os centros de saúde são visitados diariamente pela ROTA 3, propôs-se como medida corretiva que a ROTA 2 apenas se dedicasse única e exclusivamente à recolha de amostras, permitindo uma redução de 35% nos tempos de serviço (tempo que decorre entre o momento em que o motorista chega aos centros de saúde e o momento em que os abandona).

Para o problema em questão foram considerados quatro Serviços de Patologia Clínica com necessidade de recolha diária de Segunda feira a Sexta feira, em que a rota é fixa, só problemas de força maior é que podem provocar alterações na rota.

A nível de recursos existentes a ULSM dispõe de 4 veículos e 4 motoristas para a distribuição, sendo que apenas 1 veículo e 1 motorista podem ser adjudicados à rota em estudo.

De acordo com artigo 8º da Portaria nº 166/2014, de 21 de agosto, no que diz respeito ao Transporte de produtos biológicos, apenas refere que todos os laboratórios de patologia clínica devem dispor de um regulamento interno, onde deve constar as condições de transporte, acondicionamento e armazenamento de amostras, entre outras informações (7.1 ANEXO1 – ARTIGO 8º DA PORTARIA 166/2014 DE 21 DE AGOSTO).

Entenda-se por produtos biológicos:

- Sangue;
- Fezes;
- Urina;
- Fragmentos de Tecido;
- Entre outros.

Dos produtos biológicos recolhidos, acima de 70% correspondem a tubos de sangue. São estes que merecem especial atenção no desenvolvimento do trabalho.

Todos os produtos biológicos colhidos são devidamente preparados e colocados em malas térmicas com acumuladores térmicos, como mostra a Figura 17 por cada Serviço de Patologia Clínica. As malas são entregues em mão aos motoristas fechadas. Cada recolha não ultrapassa as quatro malas, e por esse motivo, não foram consideradas

limitações de capacidades, uma vez que os veículos têm uma capacidade de 2800 litros e no máximo são transportados 480 litros.



Figura 17 - Malas de transporte de sangues.

As colheitas têm que ser processadas até duas horas após a colheita com 30 minutos de tolerância. Esta condição deve-se aos Serviços que não têm centrífugas. A utilização de centrífugas permite que as amostras se mantenham em qualidade suficiente para realização de exames até 4 horas após sofrerem o processo de centrifugação (o processo de centrifugação pode ocorrer até duas horas após a colheita).

Uma vez que as Patologias Clínicas não possuem centrífugas, e de acordo com o procedimento interno (7.2 ANEXO2 – PROCEDIMENTO INTERNO DA ULSM 2441 – ACONDICIONAMENTO E TRANSPORTE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS DO ACESM PARA O SERVIÇO DE PATOLOGIA CLÍNICA), o sangue colhido tem no máximo 02:30h para ser rececionado pelos laboratórios.

No ACESM os Serviços de colheitas apresentam os seguintes horários de funcionamento:

Patologia Clínica	Horário de Abertura	Horário de Fecho
P.C. S. Mamede de Infesta	08:00h	10:30h
P.C. Porta do Sol	08:00h	11:00h
P.C. Matosinhos	07:30h	11:00h
P.C. Senhora da Hora	08:00h	11:00h

Tabela 5 - Horários de Funcionamento das Patologias Clínicas.

Com os horários apresentados, conclui-se que uma volta apenas não chega para satisfazer os requisitos de tempo, pois em média as Patologias Clínicas laboram três horas que por sua vez já ultrapassa o limite definido. Assim já se prevê que existirá pelo menos 2 voltas.

DESENVOLVIMENTO DO CASO DE ESTUDO

4.1 FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA

4.1.1 VARIÁVEIS DE DECISÃO

4.1.2 FUNÇÃO OBJETIVO

4.1.3 RESTRIÇÕES

4.2 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

4.2.1 SOLUÇÃO A – NÃO INSTALAR CENTRÍFUGAS

4.2.2 SOLUÇÃO B – INSTALAR CENTRÍFUGAS

4.2.3 INSTALAÇÃO DE UMA CENTRÍFUGA

4.2.4 INSTALAÇÃO DE DUAS CENTRÍFUGAS

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DAS SOLUÇÕES OBTIDAS

4 DESENVOLVIMENTO DO CASO DE ESTUDO

Neste capítulo segue-se todos os desenvolvimentos para a realização do trabalho.

Com os resultados dos tempos de entrega do estado atual, numa primeira abordagem sensibilizou-se os motoristas para as implicações que poderiam provocar pelo não cumprimento do procedimento, e afetou-se a ROTAS 2 única e exclusivamente à recolha de produtos biológicos. Estes resultados foram também apresentados aos responsáveis dos laboratórios do HPH, no entanto não foi possível obter dados relativos à qualidade das amostras até ao momento.

4.1 FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA

Para encontrar uma solução de um problema, torna-se essencial definir, a nível teórico o problema em estudo. Desta forma segue-se a formulação matemática que serve de base para o desenvolvimento da solução.

Definindo as variáveis:

Variável	Descrição
a_i	Limite inferior da janela temporal do cliente i ;
b_i	Limite superior da janela temporal do cliente i ;
D	Limite de entrega dos produtos biológicos após colheita;
d_{ij}	Distância em quilómetros do cliente i ao cliente j ;
k_i	Instante da primeira colheita no cliente i ;
M	Constante positiva de alto valor que garante a veracidade das restrições
s_i	Instante que o veículo chega ao cliente i ;
td_i	Tempo acumulado desde que a rota iniciou até ao cliente i ;
tp_{ij}	Tempo de percurso do cliente i ao cliente j , que corresponde ao tempo que o motorista leva a deslocar-se de um ponto ao outro;
ts_i	Tempo de serviço do cliente i , que corresponde ao tempo que o motorista despende na recolha das amostras em cada patologia clínica i

Tabela 6 - Descrição de Variáveis.

Dada a descrição do problema, assume-se como sendo um problema de roteamento de veículos com recolhas e janelas temporais - VRPPTW.

O VRPPTW pode ser visto como um problema de planeamento de rotas que pretende minimizar a distância percorrida. Todas as rotas iniciam e terminam num depósito, são

visitados um conjunto de clientes com diferentes janelas temporais e podem ser definidas ainda restrições de diversos tipos.

Uma abordagem clássica à resolução de um VRP, passa pela sua modelização como um problema de caixeiro viajante que tem a finalidade de visitar um determinado número de clientes com diferentes localizações geográficas, diferentes pedidos de entrega e recolha e ainda com diferentes janelas temporais.

Para descrever o problema em estudo na presente dissertação, assume-se $G = (V, A)$, como o grafo constituído pelo conjunto de nós $V = \{0, \dots, n + 1\}$ e pelo conjunto de arcos $A = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$ que ligam os nós. O nó 0 corresponde ao armazém e representa o elemento inicial e final de todas as rotas criadas.

A cada elemento do conjunto A é atribuída uma distância d_{ij} , que corresponde à distância entre clientes e um tempo de percurso tp_{ij} , que corresponde ao tempo que o veículo leva a deslocar-se entre os clientes e entre os clientes e o armazém, que permitem calcular a distância total da rota e duração da mesma. De referir que foi assumido um VRPTW assimétrico, onde $d_{ij} \neq d_{ji}$.

$$\exists h, i, j \in V : d_{ij} < d_{ih} + d_{hj} \vee tp_{ij} < tp_{ih} + tp_{hj}$$

A cada elemento do conjunto V é atribuída uma janela temporal $[a_i; b_i]$, que definem quando é que os clientes podem ser visitados. Note-se que o veículo pode chegar antes do limite inferior da janela temporal e esperar, mas nunca pode chegar depois do limite superior.

Para o problema em questão é necessário ter em atenção o instante k_i que corresponde ao momento em que é feita a 1ª colheita.

Uma solução para a resolução do VRPTW consiste na construção de rotas tendo em conta os recursos disponíveis, que iniciam e terminam no armazém, onde todos os clientes são visitados por apenas um veículo sendo que as janelas temporais têm que ser cumpridas.

Toda as rotas terão início no nó 0 e término no nó $n + 1$. O conjunto de todos os nós, é dado pela expressão a:

$$V = \{0, 1, 2, \dots, n, n + 1\}$$

Conforme descrito anteriormente, o problema a modelizar considera quatro clientes e um armazém, em que as patologias clínicas dos centros de saúde representam os clientes e o armazém o HPH.

Foi ainda considerado um tempo de serviço ts_i , que corresponde ao tempo que o motorista leva a efetuar a recolha no cliente i . À soma do tempo de percurso entre dois pontos com o tempo de serviço no cliente i , corresponde o tempo de deslocação td_{ij} .

$$td_{ij} = tp_{ij} + ts_{ij} [\text{minutos}], \text{ com } i, j \in N$$

Para os tempos de percurso tp_{ij} , foi utilizada a ferramenta *Google Maps* que tem em conta velocidades médias de cada rua, bem como trânsito no horário normal do trajeto.

	CS São Mamede de Infesta	USF Porta do Sol	CS Matosinhos	CS Sra. Hora	HPH
CS São Mamede de Infesta	0	5	11	10	13
USF Porta do Sol	5	0	8	5	11
CS Matosinhos	12	10	0	5	5
CS Sra. Hora	10	6	2	0	4
HPH	12	10	4	5	0

Tabela 7 - Matriz com tempos de percurso em minutos.

Os tempos de serviço foram obtidos por cronometragem, com 15 dias de análise, após afetação da rota apenas à recolha dos produtos biológicos:

Centro de Saúde	Tempo de Serviço ts_i (min)
CS São Mamede de Infesta	5
USF Porta do Sol	10
CS Matosinhos	6
CS Sra. Hora	10

Tabela 8 - Tempos de Serviço das Patologias Clínicas.

Note-se que para $i = 0$ (partida do armazém):

$$ts_0 = 0$$

E o tempo de serviço no HPH, após regresso da rota, isto é, o tempo de entrega das amostras no laboratório assim que chega ao hospital é dado por:

$$ts_{n+1} = 7 \text{ minutos}$$

Relativamente à disponibilidade de malas térmicas onde são transportadas as amostras, sempre que o veículo passa pelos Centros de Saúde, deixa arcas vazias e recolhe as cheias, por isso não foi considerada a variante do VRP com vasilhame – VRPPD.

Assume-se que todos os dados são não negativos:

$$a_i, b_i, d_{ij}, k_i, s_i, td_i, tp_{ij}, ts_i \geq 0$$

4.1.1 VARIÁVEIS DE DECISÃO

Para a construção do modelo, foram consideradas as seguintes variáveis de decisão:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o cliente } i \text{ for visitado imediatamente antes do cliente } j, \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

$$s_i = \text{instante de tempo em que o veículo inicia o serviço no cliente } i$$

Onde:

$$i \in V \setminus \{n+1\}, j \in V \setminus \{0\};$$

$$s_0 = \text{instante de partida do veículo do armazém}$$

$$s_{n+1} = \text{instante de chegada do veículo ao armazém}$$

4.1.2 FUNÇÃO OBJETIVO

Com este modelo, o objetivo passa por minimizar todos os tempos associados às rotas, de maneira a reduzir os tempos de entrega, no que se traduz: definir rotas cujo tempo total de duração da rota é mínimo, isto é, minimizar o tempo que decorre entre a partida do veículo até ao momento de entrega no laboratório:

$$\min(s_{(n+1)} + ts_{(n+1)} - s_0)$$

4.1.3 RESTRIÇÕES

O objetivo é construir a rota com o tempo mínimo, mas devem-se cumprir os seguintes pressupostos:

$$\sum_{i \in V \setminus \{n+1\}} x_{ij} = 1, \forall j \in V \setminus \{0\} \quad (1)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{0\}} x_{ij} = 1, \forall i \in V \setminus \{n+1\} \quad (2)$$

$$s_i \geq a_i, \forall i \in V \setminus \{0, n+1\} \quad (3)$$

$$s_i + ts_i \leq b_i, \forall i \in V \setminus \{0, n+1\} \quad (4)$$

$$s_j \geq s_i + ts_i + tp_{i,j} + M(x_{i,j} - 1), \forall i \in V \setminus \{n+1\}, \forall j \in V \setminus \{0\} \quad (5)$$

$$s_0 = \text{instante de partida do armazém} \quad (6)$$

$$ts_0 = 0 \quad (7)$$

$$s_{(n+1)} + ts_{(n+1)} \leq k_i + D_i, \forall i \in V \setminus \{0, n+1\} \quad (8)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i, j \in A \quad (9)$$

$$s_i \geq 0, \forall i \in V \setminus \{n+1\} \quad (10)$$

A restrição (1) garante que todos os nós, exceto a origem, têm exatamente um antecessor, enquanto que a restrição (2) garante que todos os nós, exceto o nó de destino, têm exatamente um sucessor. Assim conjuntamente garantem a existência de um percurso conexo, sem ciclos que se inicia no nó 0 e termina no nó $n+1$, passando por todos os outros nós.

As restrições (3) e (4) garantem que o serviço é prestado dentro de janelas temporais impostas. O valor correto para o início do serviço em cada nó é assegurado pela restrição (5), já que impõe que para cada nó, exceto a origem, o início do serviço apenas ocorre o fim do serviço do nó visitado imediatamente antes e o veículo teve tempo para se deslocar entre os nós. Uma vez que é considerado que o veículo está disponível para iniciar o serviço a qualquer momento, o valor de início de serviço na origem é dado pelo

instante de saída do armazém de maneira a cumprir com as janelas temporais (6), com um tempo de serviço associado igual a 0 (7).

Dada a perecibilidade dos materiais, é imposto que a sua entrega no nó de destino ocorra até um limite máximo de tempo D_i face ao instante da primeira colheita efetuada (8).

Para sangues centrifugados:

$$D_i = \text{hora de fecho} + 4 \text{ horas}$$

Para sangues não centrifugados:

$$D_i = k_i + 02:30h$$

Note-se que estes valores de D são dados pelo procedimento interno dos laboratórios do HPH.

Relembro que para a 1ª volta k_i corresponde à hora de abertura do serviço de patologia do centro de saúde i , mas para a 2ª volta k_i corresponde ao instante que o motorista abandona o centro de saúde, ou seja:

$$k_i = s_i + ts_i$$

4.2 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Após formulação do problema, a grande questão passa pela decisão de instalação de centrífugas nas patologias clínicas. Será que o investimento de equipamento traduz ganhos na rota?

Para o efeito, analisa-se neste capítulo três soluções distintas que influenciam os valores das variáveis de decisão:

- Solução A – Não instalar centrífugas;
- Solução B – Instalar Centrífugas:
 - Solução B1 - Instalar uma centrífuga;
 - Solução B2 - Instalar duas centrífugas.

Uma vez que os horários de funcionamento das Patologias Clínicas dos Centros de Saúde ultrapassam as 02:30h, o problema foi repartido em dois, onde se obteve resoluções do problema para a 1ª volta e 2ª volta em separado.

Para a 1ª volta o modelo foi corrido considerando as seguintes janelas temporais:

$$a_i = \text{hora de abertura} + 30\text{min}$$

$$b_i = \frac{\text{tempo de funcionamento}}{2} + 30\text{min}$$

Como não convém passar nos centros de saúde no instante em que as colheitas abrem, por não haver produtos biológicos prontos a transportar, considerou-se o limite inferior da janela temporal igual à hora de abertura mais trinta minutos.

Dada a maior amplitude do horário de funcionamento das patologias clínicas ser de 03:30h (tempo de funcionamento da Patologia Clínica de Matosinhos), considerou-se o limite superior metade da amplitude de funcionamento mais trinta minutos, uma vez que os horários de fecho diferem em trinta minutos, e uma vez que não é possível passar em vários sítios ao mesmo tempo, tendo em conta que a 1ª volta só tem de estar nos laboratórios até às 10:00h.

E, de notar que os valores para k_i correspondem à hora de abertura das Patologias Clínicas, indicadas na Tabela 5.

Obtidas as soluções da 1ª volta, os valores para k_i da 2ª volta são dados pelo $s_i + ts_i$ correspondente da solução obtida para a 1ª volta.

No que diz respeito às janelas temporais para a 2ª volta, sendo a última passagem no centro de saúde, é crucial que o motorista só efetue a recolha após o fecho da patologia clínica respetiva:

$$a_i = \text{hora de fecho}$$

$$b_i = \text{hora de fecho} + 1h$$

O limite inferior refere que após a última passagem nos centros de saúde, não podem existir mais colheitas. O limite superior foi considerado de modo a dar tempo suficiente de passagem em todos os pontos.

Para a resolução do problema, foi utilizada a ferramenta SOLVER, por ser um problema de pequena dimensão e não implicar gastos em softwares.

4.2.1 SOLUÇÃO A – NÃO INSTALAR CENTRÍFUGAS

Numa primeira abordagem, considerou-se que as unidades de patologia clínica não dispõem de centrífuga, assim uma vez que laboram todas elas três horas exceto a de São Mamede de Infesta que labora duas horas e meia, que mesmo assim ultrapassa o tempo limite de entrega no laboratório, têm que ser feitas pelo menos duas recolhas por patologia clínica.

Para a resolução do problema, dividiu-se o problema em duas partes.

Numa primeira parte definiu-se as janelas temporais para a primeira volta:

i	Nome	a_i (hh:mm)	b_i (hh:mm)	ts_i (hh:mm)
0	HPH			0:00
1	PC Senhora da Hora	08:30	10:00	0:10
2	PC Matosinhos	08:00	09:45	0:06
3	PC Porta do sol	08:30	10:00	0:05
4	PC São Mamede de Infesta	08:30	09:45	0:10

Tabela 9 - Definição de Janelas Temporais da 1ª volta.

Com a definição da tabela acima, obteve-se os seguintes resultados:

→ Rota:

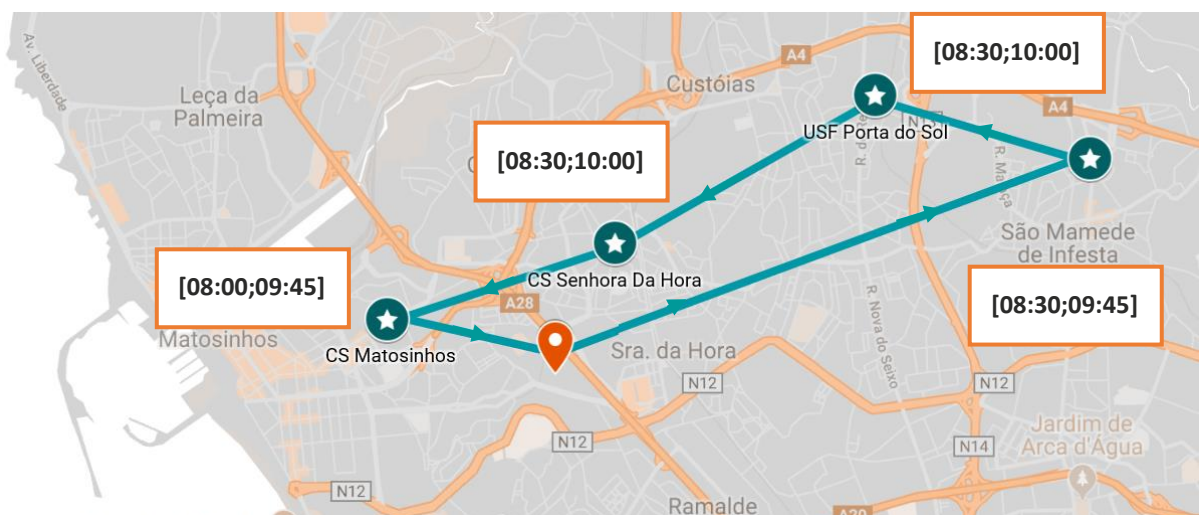


Figura 18 - Esquema da Rota da 2ª volta para a solução do problema.

→ Valores das variáveis:

<i>i</i>	Nome	Distância Percorrida (km)	Tempo de Deslocação (hh:mm)	Hora de Chegada (hh:mm)	Hora de Partida (hh:mm)	Duração da Rota (hh:mm)
0	HPH	0,00	0:00	0:00	08:48	0:00
4	PC São Mamede de Infesta	10,00	0:12	09:00	09:10	0:20
3	PC Porta do sol	14,00	0:17	09:15	09:20	0:30
1	PC Senhora da Hora	18,00	0:22	09:25	09:35	0:45
2	PC Matosinhos	20,00	0:24	09:37	09:43	0:53
5	HPH	24,00	0:29	09:48		0:58

Tabela 10 - Resultados obtidos na 1ª volta.

Esta solução sugere o veículo partir do HPH às 08:48h.

Note-se que a primeira patologia clínica abre às 07:30h, então a hora limite de chegada ao laboratório é às 10:00h. Contudo pretende-se que a o veículo chegue o mais próximo das 10:00h de maneira a ter mais folga para a segunda volta.

Assim prevê-se que o veículo regresse ao hospital às 09:48h, entregando os produtos biológicos às 09:55h.

Com a 1ª volta definida, procede-se à identificação das janelas temporais para a 2ª volta, bem como o instante da primeira colheita a considerar para os tempos de entrega:

<i>i</i>	Nome	k_i (hh:mm)	a_i (hh:mm)	b_i (hh:mm)	ts_i (hh:mm)
0	HPH				
1	PC Senhora da Hora	09:35	11:00	12:00	00:10
2	PC Matosinhos	09:43	11:00	12:00	00:06
3	PC Porta do Sol	09:20	11:00	12:00	00:05
4	PC São Mamede de Infesta	09:10	10:30	11:30	00:10

Tabela 11 - Janelas temporais da 2ª volta.

Obtendo-se os seguintes resultados:

→ Rota:

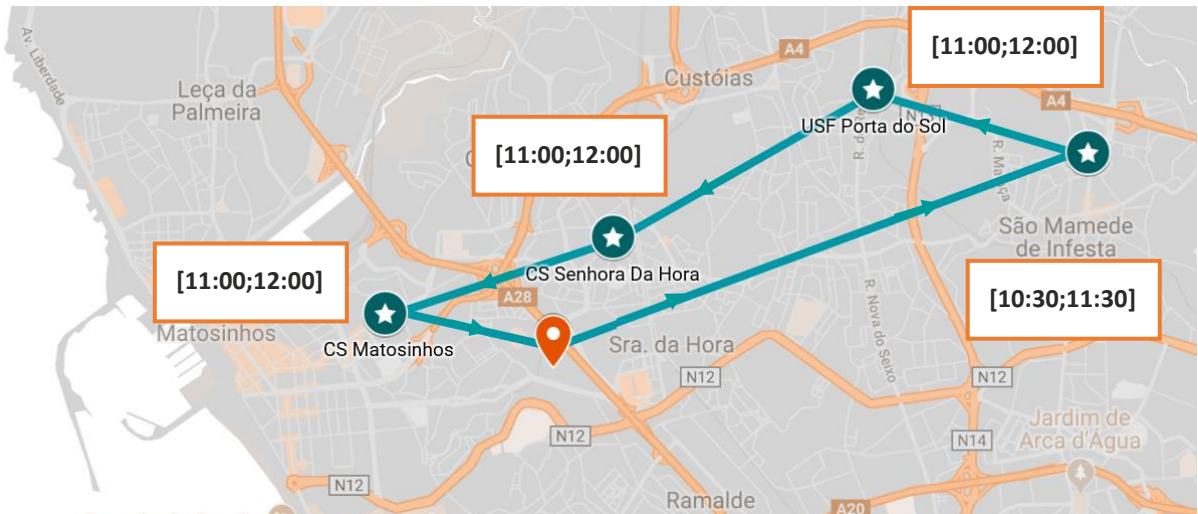


Figura 19 - Esquema da Rota da 1ª volta para a solução do problema.

→ Valores das variáveis:

<i>i</i>	Nome	Distância Percorrida (km)	Tempo de Deslocação (hh:mm)	Hora de Chegada (hh:mm)	Hora de Partida (hh:mm)	Duração da Rota (hh:mm)
0	HPH	0,00	0:00	0:00	10:20	0:00
4	PC São Mamede de Infesta	10,00	0:12	10:32	10:42	0:22
3	PC Porta do sol	14,00	0:17	10:47	11:05	0:45
1	PC Senhora da Hora	18,00	0:22	11:10	11:20	1:00
2	PC Matosinhos	20,00	0:24	11:22	11:28	1:08
5	HPH	24,00	0:29	11:33		1:13

Tabela 12 - Resultados Obtidos da 2ª Volta.

Com os resultados obtidos, prevê-se que o veículo regresse ao hospital às 11:33h, com entrega dos produtos biológicos às 11:40h.

Note-se que, apesar da rota se manter, a duração da 2ª volta é maior do que a 1ª devido ao tempo de espera na Patologia Clínica de Porta do Sol. O veículo chega à Patologia às 10:47h, mas o fecho só ocorre às 11:00h, tendo que esperar 13 minutos.

Com a solução obtida esperam-se os seguintes tempos de entrega:

Patologia Clínica	Hora da 1ª Colheita da 1ª volta da 1ª volta	Tempo de entrega da 1ª volta	Hora da 1ª colheita da 2ª volta	Tempo de entrega da 2ª volta
PC São Mamede de Infesta	08:00h	01:55h	09:10h	02:30h
PC Porta do sol	08:00h	01:55h	09:20h	02:20h
PC Senhora da Hora	08:00h	01:55h	09:35h	02:05h
PC Matosinhos	07:30h	02:25h	09:43h	01:57h

Tabela 13 - Tempos de entrega dos produtos biológicos ao laboratório.

4.2.2 SOLUÇÃO B – INSTALAR CENTRÍFUGAS

Numa segunda etapa, considerou-se a opção de investir em centrífugas.

4.2.3 INSTALAÇÃO DE UMA CENTRÍFUGA

Para instalar as centrífugas, optou-se por colocar na extremidade mais longe, para poupar distâncias.

Relembra-se que o limite máximo de chegada ao laboratório é às 10:00h, devido ao centro de saúde de Matosinhos iniciar as colheitas às 07:30h.

Considerando ainda que só existem 3 pontos a visitar, visto que existe centrífuga em São Mamede de Infesta, definiram-se as seguintes janelas temporais:

i	Nome	k_i (hh:mm)	a_i (hh:mm)	b_i (hh:mm)	ts_i (hh:mm)
0	HPH				00:00
1	PC Senhora da Hora	08:00	08:30	10:00	00:10
2	PC Matosinhos	07:30	08:00	09:45	00:06
3	PC Porta do sol	08:00	08:30	10:00	00:05

Tabela 14 - Janelas temporais da 1ª volta da solução B.

Obtendo-se os seguintes resultados:

→ Rota:

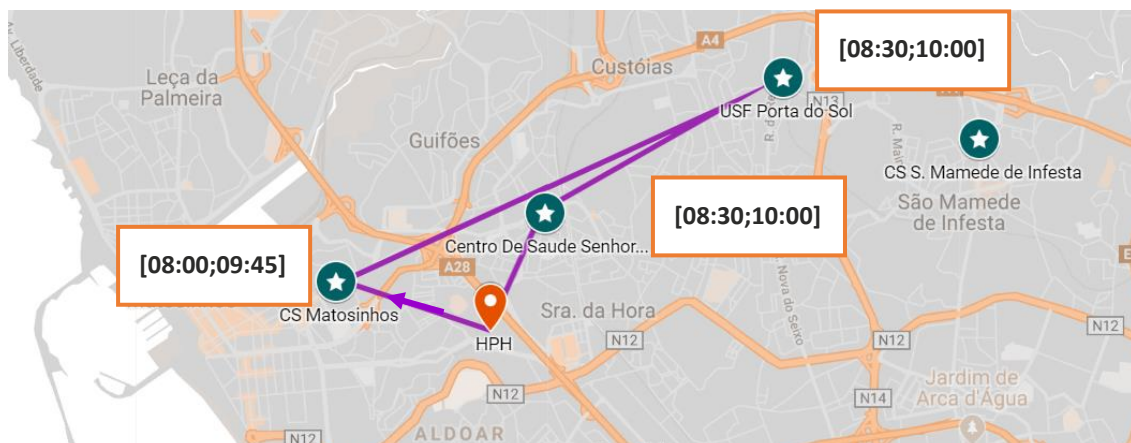


Figura 20 - Esquema da Rota da 1ª volta para a solução B.

→ Valores das variáveis:

<i>i</i>	Nome	Distância Percorrida (km)	Tempo de Deslocação (hh:mm)	Hora de Chegada (hh:mm)	Hora de Partida (hh:mm)	Duração da Rota (hh:mm)
0	HPH	0,00	0:00	0:00	09:05	0:00
2	PC Matosinhos	3,00	0:04	09:08	09:14	0:10
3	PC Porta do sol	11,00	0:14	09:24	09:29	0:25
1	PC Senhora da Hora	15,00	0:19	09:34	09:44	0:40
5	HPH	18,00	0:23	09:48		0:44

Tabela 15 - Resultados obtidos na 1ª volta.

Para a 2ª volta mantêm-se as janelas temporais definidas para a solução A, alterando o instante da 1ª colheita a considerar:

→ Definição das janelas temporais:

<i>i</i>	Nome	k_i (hh:mm)	a_i (hh:mm)	b_i (hh:mm)	ts_i (hh:mm)
0	HPH				0:00
1	PC Senhora da Hora	09:36	11:00	12:00	0:10
2	PC Matosinhos	09:06	11:00	12:00	0:06
3	PC Porta do sol	09:21	11:00	12:00	0:05
4	PC São Mamede de Infesta	08:00	10:30	11:30	0:10

Tabela 16 - Definição de Janelas Temporais da 2ª volta da solução B.

Obtendo-se os seguintes resultados:

→ Rota:

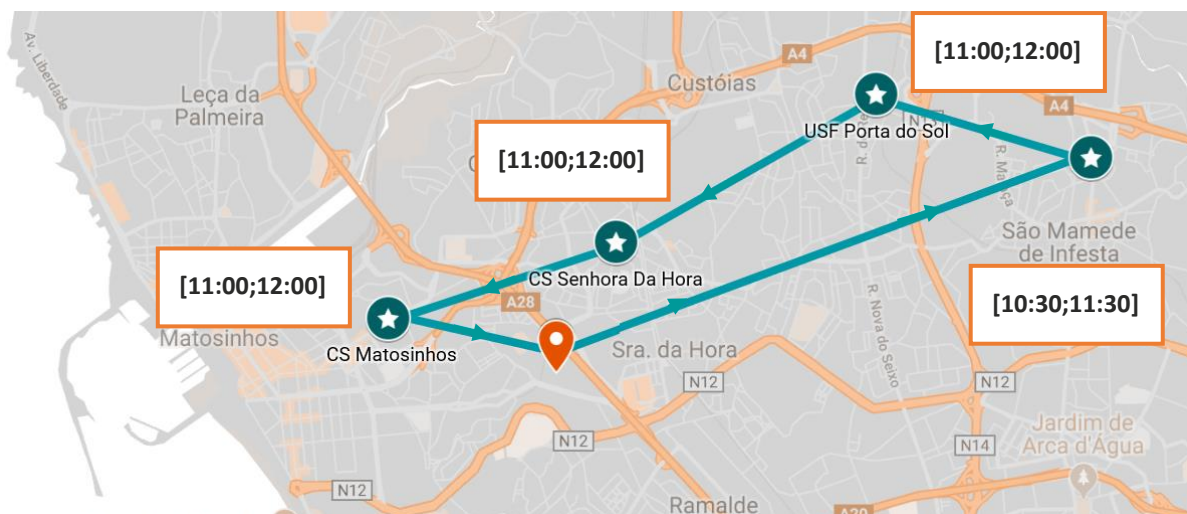


Figura 21 - Esquema da Rota da 2ª volta para a solução do problema.

→ Valores das variáveis:

<i>i</i>	Nome	Distância Percorrida (km)	Tempo de Deslocação (hh:mm)	Hora de Chegada (hh:mm)	Hora de Partida (hh:mm)	Duração da Rota (hh:mm)
0	HPH	0,00	0:00	0:00	10:20	0:00
4	PC São Mamede de Infesta	10,00	0:12	10:32	10:42	0:22
3	PC Porta do sol	14,00	0:17	10:47	11:05	0:45
1	PC Senhora da Hora	18,00	0:22	11:10	11:20	1:00
2	PC Matosinhos	20,00	0:24	11:22	11:28	1:08
5	HPH	24,00	0:29	11:33		1:13

Tabela 17 - Resultados Obtidos da 2ª Volta da solução B.

Esta solução sugere o veículo partir do HPH às 09:05h, regressar da 1ª volta às 09:48h, entregar os produtos biológicos da 1ª volta às 09:55h, iniciar a 2ª volta às 10:20h, regressar às 11:33h e entregar os produtos biológicos da 2ª volta às 11:40h, com um tempo total de rota de 01:57h, percorrendo 42 km.

Com esta solução obtém-se os seguintes tempos de entrega:

Patologia Clínica	Hora da 1ª Colheita da 1ª volta	Tempo de entrega da 1ª volta	Hora da 1ª colheita da 2ª volta	Tempo de entrega da 2ª volta
PC Porta do sol	08:00h	01:55h	09:29h	02:11h
PC Senhora da Hora	08:00h	01:55h	09:44h	01:56h
PC Matosinhos	07:30h	02:18h	09:14h	02:26h

Tabela 18 - Tempos de entrega dos produtos biológicos ao laboratório.

4.2.4 INSTALAÇÃO DE DUAS CENTRÍFUGAS

Visto que com a instalação de uma centrífuga apenas reduz a distância percorrida da solução A em 6km, considerou-se um terceiro cenário – Instalar outra centrífuga na outra extremidade mais longínqua.

Para a 1ª volta, relembra-se que o limite máximo de chegada ao laboratório é às 10:00h

Considerando ainda que só existem 2 pontos a visitar, visto que existem centrífugas em São Mamede de Infesta e Porta do Sol, definiram-se as seguintes janelas temporais:

i	Nome	k_i (hh:mm)	a_i (hh:mm)	b_i (hh:mm)	ts_i (hh:mm)
0	HPH				00:00
1	PC Senhora da Hora	08:00	08:30	10:00	00:10
2	PC Matosinhos	07:30	08:00	09:45	00:06

Tabela 19 - Janelas temporais da 1ª volta da solução B com Centrífugas.

Obtendo-se os seguintes resultados:

→ Rota:

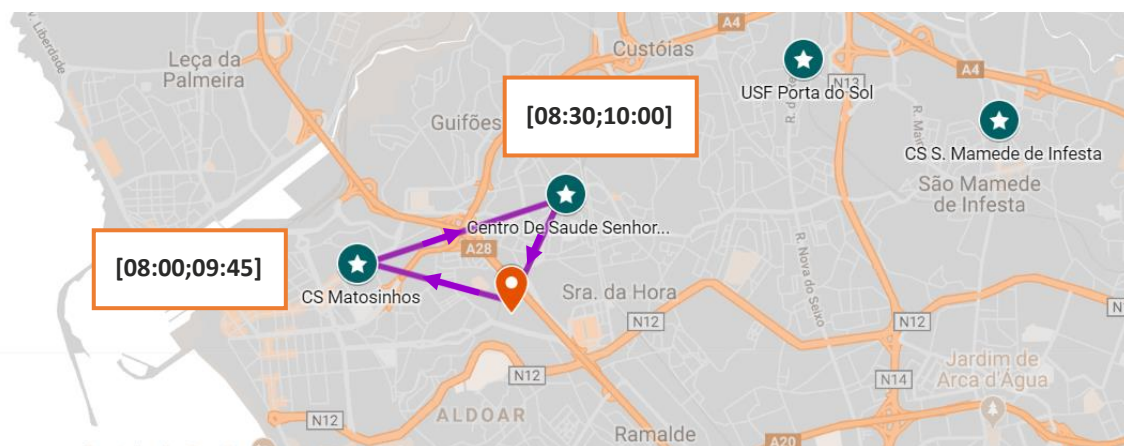


Figura 22 - Esquema da Rota da 1ª volta para a solução B.

→ Valores das variáveis:

<i>i</i>	Nome	Distância Percorrida (km)	Tempo de Deslocação (hh:mm)	Hora de Chegada (hh:mm)	Hora de Partida (hh:mm)	Duração da Rota (hh:mm)
0	HPH	0,00	0:00	0:00	09:00	0:00
2	PC Matosinhos	3,00	0:04	09:04	09:10	0:10
1	PC Senhora da Hora	7,00	0:09	09:15	09:25	0:25
5	HPH	10,00	0:13	09:29		0:29

Tabela 20 - Resultados obtidos na 1ª volta.

Na 1ª volta, os produtos biológicos são entregues às 09:36h, mantendo a hora de partida do HPH da solução imediatamente anterior. A 2ª volta mantém-se inalterada, logo inicia às 10:20h, e entrega os produtos biológicos às 11:40h, com um tempo total de rota de 01:42h, percorrendo 34 km. Com esta solução obtém-se os seguintes tempos de entrega:

Patologia Clínica	Hora da 1ª Colheita da 1ª volta	Tempo de entrega da 1ª volta	Hora da 1ª colheita da 2ª volta	Tempo de entrega da 2ª volta
PC Senhora da Hora	08:00h	01:36h	09:10h	02:23h
PC Matosinhos	07:30h	02:06h	09:25h	02:08h

Tabela 21 - Tempos de entrega dos produtos biológicos ao laboratório.

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DAS SOLUÇÕES OBTIDAS

De maneira a selecionar a melhor solução para o problema, segue-se uma análise comparativa das soluções apresentadas.

Todas as três soluções expostas cumprem com o requisito principal das entregas das amostras de sangue no laboratório até 02:30h após a 1ª colheita.

O fator principal que as distingue, é o investimento em equipamento.

O primeiro parâmetro a ser analisado é o valor obtido na função objetivo:

Solução	1ª Volta	2ª Volta
Atual	02:17	01:45
A - Sem Centrífugas	01:07	01:20
B - Com 1 Centrífuga	00:50	01:20
B - Com 2 Centrífugas	00:36	01:20

Tabela 22 - Comparação dos valores da Função Objetivo para as diferentes soluções.

Em análise à Tabela 22, verifica-se que a melhor solução é a B com instalação de duas centrífugas, onde se obtém para a 1ª volta o tempo mínimo de entrega dos produtos biológicos nos laboratórios. Observa-se que para a última volta o mínimo é obtido desde a solução A não havendo alterações nas soluções seguintes, ou seja, as centrífugas não influenciam na solução para a 2ª volta uma vez que após o fecho é obrigatório a passagem nas patologias clínicas dos centros de saúde.

Para escolher a melhor opção, segue-se uma análise comparativa a outros parâmetros nomeadamente os custos envolvidos:

Solução	Tempo Total de Percurso (hh:mm)	Tempo Total de Serviço (hh:mm)	Duração Total da Rota (hh:mm)	Distância Total Percorrida (km)	Custo da ROTA (€)	Investimento (€)	Cumpre os Tempos de Entrega?
Atual	00:58	01:55	04:15	48	20,95	0	Não
A - Sem Centrifugas	00:58	01:02	02:01	48	12,13	0	Sim
B - Com 1 Centrifuga	00:52	01:36	01:57	42	11,33	3.004,89	Sim
B - Com 2 Centrifugas	00:42	01:04	01:42	34	9,66	6.009,78	Sim

Tabela 23 - Análise das soluções obtidas.

As variáveis apresentadas na Tabela 23 foram retiradas dos resultados obtidos.

Quanto ao tempo de percurso, este só ostenta melhorias na instalação de duas centrifugas uma vez que permite a redução de pontos de recolha na 1ª volta, atingindo o mínimo na última solução apresentada com uma melhoria de 28%.

Quanto aos tempos de serviço, é importante salientar que as soluções encontradas têm como pressuposto uma rota dedicada apenas à recolha de produtos biológicos diretamente nas patologias clínicas dos centros de saúde. As restantes entregas e recolhas foram retiradas da ROTA 2 para a ROTA 3 sem prejuízo uma vez que esta não tem limitações temporais e passa nos mesmos pontos diariamente. Da solução atual para a primeira solução (solução A) verifica-se uma redução de 53 minutos que corresponde a 46%. Note-se também que para este parâmetro apesar da instalação de uma centrifuga (solução B com 1 centrifuga) reduzir os pontos de recolha na 1ª volta o tempo de serviço aumenta ligeiramente quando comparado com a solução A, este facto acontece devido aos tempos de espera de fecho da Patologia Clínica de Porta do Sol.

Quanto ao tempo total da rota, verifica-se uma diminuição de 48% da solução Atual para a solução A, porém da solução A para a solução B com instalação de uma centrifuga não se verificam alterações, só com a instalação de duas centrifugas é que se volta a observar uma minoração, chegando a atingir uma redução de 60% face aos tempos atuais.

Na solução Atual o tempo de serviço é de 01:55h e a duração da rota é dobro do tempo de serviço porque a ROTA 2 efetuava outros tipo de entregas e recolhas a outras

unidades dentro do mesmo Centro de Saúde, e o tempo de serviço apenas contempla a recolha nas patologias clínicas.

No que diz respeito à distância percorrida, esta diminui sempre que pontos de recolha sejam retirados, assim obtém-se o melhor resultado para a solução B com instalação de duas centrífugas.

Relativamente aos custos da rota, consideraram-se os custos variáveis do combustível e do salário hora, em relação à distância percorrida e tempo total da rota respetivamente. Para o custo do combustível, considerou-se o consumo médio da carrinha utilizada 5,7 litros por cada 100 quilómetros percorridos, onde se obtém 0,057l/km, onde se considerou 1,512€/l.

Para o salário hora foi considerada a seguinte fórmula:

$$\text{salário hora} = \frac{\text{salário base}}{\text{n}^{\circ} \text{ total de horas semanais}} * \frac{12 \text{ meses}}{52 \text{ semanas}}$$

Assim, para o salário mínimo de 600€ e 35 horas semanais, obtém-se 3,96€/hora.

Considerando os investimentos, a opção mais dispendiosa é a solução B com duas centrífugas, porém ao considerar as restantes variáveis é uma solução bastante apelativa.

De maneira a quantificar os ganhos obtidos em todas as soluções encontradas, seguem-se resultados relativos aos ganhos comparados com a situação atual:

Solução	Poupança no tempo total da Rota (hh:mm)	Poupança no custo da Rota (€/dia)	Poupança no custo da Rota (€/mês)	Poupança no custo da Rota (€/ano)
A - Sem Centrífugas	02:14	8,82	194,04	2 222,64,72
B - Com 1 Centrífuga	02:18	9,62	211,64	2 424,24
B - Com 2 Centrífugas	02:33	11,29	248,38	2 845,08

Tabela 24 - Análise das poupanças obtidas face ao estado atual.

Em termos monetários não há dúvida que a solução A é a melhor opção porque cumpre os requisitos, é possível obter ganhos e não requer investimento. Contudo, a não utilização de centrífugas compromete a qualidade das amostras colhidas, levando na maioria dos casos à repetição da colheita ou até mesmo a diagnósticos errados.

As soluções apresentadas com investimento em centrífugas comprovam que é possível aumentar a capacidade do serviço, permitindo mais tarde a introdução de mais pontos de colheitas e acima de tudo melhoram a qualidade do serviço prestado ao utente.

Assim, a solução B com instalação de duas centrífugas torna-se a escolha óbvia para a resolução do problema, apesar de ter um custo total mais elevado devido ao investimento em equipamentos, é a solução que minimiza a função objetivo, é a solução com menor distância percorrida e consequentemente com menores tempos de percurso e de rota total. Ainda com a Tabela 24 é possível constatar que com as poupanças obtidas o motorista da ROTA 2 fica liberto em 02:30h para outros serviços e ainda com um total de poupança de 2.845,08€ por ano, é possível recuperar o investimento em dois anos e nove meses.

CONCLUSÕES E TRABALHOS

FUTUROS

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

A gestão logística de suprimentos compreende o processo indispensável para o efetivo desenvolvimento da cadeia de abastecimento em todas as áreas, em especial na Saúde.

Com o desenvolvimento desta dissertação comprovou-se os benefícios da aplicação de um modelo de apoio à decisão, visto que se obteve três soluções possíveis, sem investimento em softwares.

Conclui-se que os objetivos definidos inicialmente foram cumpridos, na medida em que as três soluções apresentadas resolvem o problema inicial e crucial que estava a colocar em causa a qualidade dos exames realizados a partir de amostras colhidas no ACESM.

Quanto ao processo de distribuição praticado pela ULSM, conclui-se que este foi difícil de definir por não estar normalizado, ambas as rotas faziam o mesmo tipo de entregas e recolhas, sem sentido crítico ao tipo de material e circuito executado.

Com a segregação da recolha de produtos biológicos dos outros tipos de entregas/recolhas, foi possível sensibilizar a equipa quanto à importância da chegada dos produtos biológicos aos laboratórios a tempo, uma vez que este ponto era desconhecido pelo Serviço.

No que diz respeito aos indicadores, consideraram-se os tempos envolvidos em toda a rota, que permitiram caracterizar a situação atual e obter soluções para o problema.

Na formulação do problema a dificuldade surgiu na definição das janelas temporais, bem como na relação da 1ª para a 2ª volta, e por isso se optou por dividir o problema em duas partes, numa primeira parte definiram-se as janelas temporais da 2ª volta e com as folgas obtidas definiu-se as janelas temporais para a 1ª volta.

Com a adição de mais um ponto de recolha a primeira abordagem ao problema passa pela diminuição ao máximo dos tempos de percurso e de serviço, conseguindo obter numa primeira fase uma redução de 55 minutos, que permitiram chegar a uma primeira solução sem qualquer investimento e mantendo os recursos disponíveis (um motorista e um veículo).

Só com a primeira solução encontrada foi possível apurar uma poupança de 2.222,64€ por ano, então foram considerados mais dois cenários com o investimento em centrífugas, do qual se conclui que a melhor solução é instalar duas centrífugas, uma na patologia clínica de São Mamede de Infesta e outra na patologia clínica de Porta do Sol. A instalação de apenas uma centrífuga não compensa o investimento, uma vez que o tempo total de rota não altera e o custo diário apenas diminui em 0,52 cêntimos quando comparada com a solução de não instalar centrífugas.

Com a instalação das centrífugas nos dois pontos de recolha mais distantes do Hospital Pedro Hispano, é possível obter uma solução com uma redução nos tempos totais da

rota de 60%, que equivale a 02:30h, que reflete numa poupança de 2.845,08€ por ano, permitindo recuperar o investimento das centrífugas em dois ano e nove meses.

Posto isto, conclui-se que o problema foi resolvido com uma solução que maximiza o nível de serviço e minimiza os custos adicionais, permitindo o investimento em equipamento.

Conclui-se também que o modelo foi validado, por estar em prática desde janeiro de 2018 até ao momento da apresentação da dissertação, sem registo de ocorrências nos tempos de entrega, mesmo em dias de trânsito, pelo facto de as distâncias serem curtas, o motorista decide outros caminhos no momento, sem prejuízo na rota.

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, propõe-se analisar a possibilidade de conjugar outras entregas e recolhas na ROTA 2 em conjunto com os produtos biológicos.

Outro estudo proposto seria avaliar a possibilidade de instalar centrífugas nas duas restantes patologias (Matosinhos e Senhora da Hora) e efetuar uma rota para a recolha de todos os produtos biológicos incluindo os pontos de recolha da ROTA 3. Até que ponto compensa efetuar uma rota dedicada, ou conjugar todas as recolhas/entregas dos pontos de passagem.

BIBLIOGRAFIA

6 BIBLIOGRAFIA

- Afonso, Â. (2011). Colheita e transporte de amostra de sangue. *Instituto de Medicina Molecular*, 2–5.
- Belfiore, P. P. (2006). Scatter search for Heterogeneous Fleet vehicle routing problem with Time Windows and Split Deliveries., (1987), 1–14. Retrieved from <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-05092006-145756/>
- Carvalho, J. C., & Ramos, T. (2013). *Logística na Saúde*. (L. Edições Sílabo, Ed.) (2ª Edição). Lisboa.
- Chabot, T., Coelho, L. C., Renaud, J., & Côté, J. F. (2018). Mathematical model, heuristics and exact method for order picking in narrow aisles. *Journal of the Operational Research Society*, 69(8), 1242–1253. <https://doi.org/10.1080/01605682.2017.1390532>
- El Hassani, A. H., Bouhafs, L., & Abder, K. (2008). A Hybrid Ant Colony System Approach for the Capacitated Vehicle Routing Problem and the Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Vehicle Routing Problem*, 57–70. Retrieved from https://bib.irb.hr/datoteka/433524.Vehnicle_Routing_Problem.pdf
- Galic, A., Fosin, J., Gold, H., & Reinholz, A. (2008). A Modelling and Optimization Framework for Real-World Vehicle Routing Problems, (September).
- Gomes, C., Alvim, J. L., Gonçalves, L., & Oliveira, S. (2012). *O Setor da Saúde: Da Racionalização à Excelência*. Porto: Porto Business School. Retrieved from <http://app.parlamento.pt/webutils/docs/doc.pdf?path=6148523063446f764c324679626d56304c334e706447567a4c31684a5355786c5a793944543030764f554e544c305276593356745a57353062334e4259335270646d6c6b5957526c5132397461584e7a595738764e5468694d7a67314e5441744d7a5a6c4d5>
- González-Gross, M., Breidenassel, C., Gómez-Martínez, S., Ferrari, M., Béghin, L., Spinneker, A., ... Stehle, P. (2008). Sampling and processing of fresh blood samples within a European multicenter nutritional study: Evaluation of biomarker stability during transport and storage. *International Journal of Obesity*, 32, S66–S75. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.185>
- Health Cluster Portugal. (2019). O Setor da Saúde em Portugal. Retrieved April 10, 2019, from <http://www.healthportugal-directory.com/pt/the-portuguese-health-sector>
- Hillier, F. S. (n.d.). *Introduction to Operations Research*. (Mcgraw-hill education - europe, Ed.) (45th ed.).
- Hsueh, C.-F., Chen, H.-K., & Chou, H.-W. (2008). Dynamic Vehicle Routing for Relief Logistics in Natural Disasters. *Vehicle Routing Problem*, (September), 71.
- Instituto Nacional de Estatística I.P. (2018). *Estatísticas da Saúde 2016*. (Instituto Nacional de Estatística I.P., Ed.) (2018th ed.). Lisboa. Retrieved from www.ine.pt
- Klose, T., Prob, A., Kiesewetter, H., Roth, W., Bohlen, H., & Putzker, M. (2004). *Quality Assurance for Long Lasting Transports of Red Blood Cell Concentrates on Extreme*

- Environmental Demand*. Retrieved from www.karger.com/tmh
- Kumar, S. N., & Panneerselvam, R. (2012). A Survey on the Vehicle Routing Problem and Its Variants. *Intelligent Information Management, 04*(03), 66–74. <https://doi.org/10.4236/iim.2012.43010>
- Lippi, G., Lima-oliveira, G., Coutino, S., Luiza, M., Moreira, L., Fagner, R., ... Cesare, G. (2011). Suitability of a transport box for blood sample shipment over a long period. *Clinical Biochemistry, 44*(12), 1028–1029. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2011.05.028>
- Liu, B. (2009). *Vehicle Routing Problem*. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89484-1_10
- Marinakakis, Y., & Migdalas, A. (2007). Annotated bibliography in vehicle routing. *Operational Research, 7*(1), 27–46. <https://doi.org/10.1007/BF02941184>
- Merve, E., Serpil, E., Onur, A., & Ozcan, E. (2017). The effects of transport by car on coagulation tests. *Clinical Chemistry & Laboratory Medicine, 55*(12), 1943–1947. <https://doi.org/10.1515/cclm-2016-0824>
- Moura, A. (2004). Uma Heurística Composta para a Determinação de Rotas para Veículos em Problemas com Janelas Temporais e Entregas e Recolhas, *24*, 45–62.
- Murata, T., & Itai, R. (2008). Enhancing Solution Similarity in Multi-Objective Vehicle Routing Problems with Different Demand Periods. *Exchange Organizational Behavior Teaching Journal*, (September). <https://doi.org/10.5772/5619>
- National Geographic Portugal. (2019). O sangue, líquido vital. Retrieved April 10, 2019, from <https://nationalgeographic.sapo.pt/ciencia/actualidade/1826-o-sangue-liquido-vital>
- Oliveira, J. A., Ferreira, J., Figueiredo, M., Dias, L., & Pereira, G. (2014). Sistema de Apoio à Decisão para o Transporte Não Urgente de Doentes em Veículo Partilhado. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, 13*, 17–33. <https://doi.org/10.4304/risti.13.17-33>
- Oliveira, M. D. B. (2012). *Specialization in Operations and Logistics The Vehicle Routing Problem*.
- Ordem dos Farmacêuticos e Associação Portuguesa de Analistas Clínicos. (2016). Normas para o Laboratório Clínico. *Sistema de Gestão Da Qualidade Para Os Laboratórios Clínicos, (3ª Edição)*, 11. Retrieved from http://www.ordemfarmaceuticos.pt/xFiles/scContentDeployer_pt/docs/Docs545.pdf
- Soárez, P. C. de, Soares, M. O., & Novaes, H. M. D. (2014). Modelos de decisão para avaliações econômicas de tecnologias em saúde. *Ciência & Saúde Coletiva, 19*(10), 4209–4222. <https://doi.org/10.1590/1413-812320141910.02402013>
- Tam, V., & Ma, K. T. (2008). An Effective Search Framework Combining Meta-Heuristics to Solve the Vehicle Routing Problems with Time Windows. *Vehicle Routing*

Problem, 037–056.

Trofa Saúde. (2017). A importância das Análises Clínicas. Retrieved April 4, 2019, from <https://www.trofasaude.pt/noticias-e-eventos/noticias/a-importancia-das-analises-clinicas/>

Utley, J. R., Moores, W. Y., & Stephens, B. (1981). Blood Conservation Techniques. *The Annals of Thoracic Surgery*.

ANEXOS

7.1 ANEXO1 - ARTIGO 8º DA PORTARIA 166/2014 DE 21 DE AGOSTO

7.2 - PROCEDIMENTO INTERNO DA ULSM 2441 –
ACONDICIONAMENTO E TRANSPORTE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS
DO ACESM PARA O SERVIÇO DE PATOLOGIA CLÍNICA

7 ANEXOS

7.1 ANEXO1 – ARTIGO 8º DA PORTARIA 166/2014 DE 21 DE AGOSTO

2 — O Manual de Boas Práticas Laboratoriais, referido no número anterior, é aprovado por despacho do membro do Governo responsável pela área da saúde sob proposta do INSA, ouvidas as ordens profissionais respetivas.

3 — Enquanto não for aprovado o manual referido no número anterior, mantém-se em vigor o Despacho n.º 8835/2001 do Ministério da Saúde, publicado no *Diário da República* n.º 98, 2.ª série de 27 de abril.

Artigo 5.º

Resultados dos exames

Os resultados dos exames efetuados por cada laboratório devem constar de relatório validado pelo diretor técnico ou por especialistas inscritos nas Ordens dos Médicos ou dos Farmacêuticos, nos quais aquele delegue funções, nos termos do regulamento interno.

Artigo 6.º

Informação aos utentes

Nos laboratórios e respetivos postos de colheita, deve ser colocado em local bem visível do público a certidão de registo do estabelecimento na Entidade Reguladora da Saúde, a licença de funcionamento, o horário de funcionamento, o nome do diretor técnico, os procedimentos a adotar em situações de emergência e os direitos e deveres dos utentes, devendo ainda estar disponível para consulta a tabela de preços, incluindo nos casos aplicáveis, a tabela das taxas moderadoras devidas pelo acesso às prestações de saúde.

Artigo 7.º

Seguro profissional e de atividade

Os laboratórios de patologia clínica/análises clínicas devem contratar e manter em vigor um seguro de responsabilidade civil que cubra os riscos inerentes à respetiva atividade, incluindo a atividade exercida nos postos de colheitas. Este seguro deverá ainda abranger a atividade desenvolvida por qualquer profissional do laboratório.

Artigo 8.º

Regulamento interno dos laboratórios de patologia clínica/análises clínicas

Os laboratórios de patologia clínica/análises clínicas devem dispor de um regulamento interno, do qual deve constar, pelo menos, o seguinte:

- a) Identificação do diretor técnico e do seu substituto, bem como dos responsáveis técnicos das áreas funcionais que compõem o laboratório licenciado;
- b) Estrutura organizacional;
- c) Deveres gerais dos profissionais;
- d) Categorias e graduações profissionais, funções e competências de cada grupo profissional;
- e) Localização dos postos de colheita e identificação do pessoal que procede à recolha ou colheita dos produtos biológicos;
- f) Normas de funcionamento;
- g) Laboratórios com os quais tem colaboração;
- h) Procedimentos de colheitas, receção e aceitação de amostras;
- i) Condições de transporte, acondicionamento e armazenamento de amostras;

j) Condições de higiene e segurança do ambiente, relativamente ao tratamento de resíduos sólidos e líquidos;

k) Lista e plano de manutenção e calibração dos equipamentos;

l) Plano anual de formação e avaliação dos colaboradores;

m) Manual de procedimentos analíticos;

n) Plano de participação em programas de avaliação externa da qualidade;

o) Procedimento de controlo de qualidade.

Artigo 9.º

Registo, conservação e arquivo

1 — Os laboratórios de patologia clínica/análises clínicas devem conservar durante os períodos constantes da lei vigente os seguintes documentos:

a) Os processos clínicos dos doentes contendo os respetivos registos;

b) Os dados referentes ao controlo da qualidade, incluindo os resultados dos programas de avaliação externa da qualidade, cartas controlo e registos de cartas controlo;

c) Os relatórios anuais de atividade do laboratório;

d) Cópia dos relatórios dos exames;

e) Os resultados dos programas de garantia da qualidade e segurança, designadamente:

i) Fichas de equipamento e respetivas declarações de conformidade;

ii) Mapas de manutenções;

iii) Folhas de obra das ações corretivas aos equipamentos;

iv) Ficha de segurança e folhetos informativos relativos a reagentes, calibradores e controlos em uso.

f) Registo de produção de resíduos hospitalares nos termos da legislação em vigor;

g) Os contratos, ou extratos de contratos, celebrados com terceiros relativos às atividades identificadas no artigo 17.º do presente diploma;

h) Os protocolos de formação e outras normas técnicas destinadas à atividade profissional;

i) O regulamento interno;

j) Protocolos celebrados com outras unidades de saúde;

k) Acordos relativos à aquisição de reagentes e equipamentos;

l) Protocolos de colaboração com outros laboratórios;

m) Lâminas histológicas e citológicas e blocos de parafina;

n) Manual de Higiene e Segurança.

2 — Os documentos acima referenciados suscetíveis de processamento eletrónico, podem ser arquivados em suporte informático, desde que sejam cumpridas normas de segurança que garantam a sua manutenção e consulta em boas condições de acesso e legibilidade, devendo cumprir a respetiva regulamentação legal, nomeadamente no que concerne à proteção de dados pessoais.

3 — Os contratos, ou extratos de contratos, relativos aos equipamentos devem ser conservados durante todo o tempo em que os mesmos se encontrarem em funcionamento, bem como os planos de manutenção.

7.2 ANEXO2 – PROCEDIMENTO INTERNO DA ULSM 2441 –
ACONDICIONAMENTO E TRANSPORTE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS DO
ACESM PARA O SERVIÇO DE PATOLOGIA CLÍNICA

Tipo de Doc.: PROCEDIMENTO/INSTRUÇÃO	
Título: Acondicionamento e transporte de amostras biológicas do ACBSM para o Serviço de Patologia Clínica	
N.ºRevista: 2441.0	Data de Emissão: 2012-06-25
Emitido por: Patologia Clínica	
Autores: Conceição Tamiças ;Ana Paula Pinto	
Aprovado por: Dra. Cecília Magalhães - Diretora do Serviço de Patologia Clínica	
Local para arquivo do documento :	Hospital: Manual de Procedimentos e Protocolos do Serviço
	ACES: Não aplicável

1 - OBJETIVOS

Definir as normas de acondicionamento e transporte de amostras do ACESM ao Serviço de Patologia Clínica.

2 - ÂMBITO OU CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplica-se a todos os profissionais do Serviço de Patologia Clínica e aos profissionais que realizam as referidas colheitas.

3 - MODO DE PROCEDER/ DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Para uma adequada termoestabilização das amostras, atendendo ao tempo e à distância entre a colheita e a chegada ao laboratório, as amostras devem chegar ao laboratório num tempo máximo de 2 horas após a colheita (tolerância de 30 minutos).

Se o tempo de transporte for cumprido, a conservação das amostras à temperatura ambiente (20-25 graus C) é aceitável para todas as análises solicitadas pelo ACESM.

No entanto, como o transporte das amostras se efetua por automóvel, este pode em certos dias do ano atingir temperaturas superiores, daí que, para salvaguardar uma correta estabilização das amostras é de todo aconselhável a introdução de acumuladores de frio no sentido de garantir uma refrigeração no transporte.

As malas térmicas devem conter no fundo pelo menos 2 termocumuladores devidamente refrigerados pelo menos 20 min antes de colocar as amostras.

As amostras de sangue devem ser colocadas em suportes e não em sacos de plástico de modo a serem acondicionadas evitando o contacto direto com os acumuladores, estes não devem tocar nem nos tubos nem nos recipientes das amostras.

As amostras de sangue devem se possível ser colocadas em malas separadas das que transportam amostras de urina e fezes .

Por se tratar de amostras biológicas e por questões de segurança, as malas devem permanecer dentro da sala de colheitas até o motorista as recolher.

Existe um impresso que acompanha a mala térmica no transporte onde é feito o registo da hora em que foi efetuada a primeira colheita (das amostras contidas em cada mala - tarefa efetuada pelo técnico) e o registo da hora de chegada ao laboratório - impresso 1599_00_PC_2441 - Registo de transporte de amostras biológicas do ACESM - Patologia Clínica.

A avaliação do cumprimento dos tempos estabelecidos é efetuada periodicamente através dos registos realizados no impresso referido, com tratamento de Observações/Não conformidades encontradas.

4 - RESPONSABILIDADES

4.1. O preenchimento do impresso 1599_00_PC_2441 - Registo de transporte de amostras biológicas do ACESM - Patologia Clínica é da responsabilidade do técnico que efetua a colheita no ACESM e da equipa de técnicos que receciona as amostras no Serviço de Patologia Clínica.

4.2. A técnica coordenadora é responsável por fazer cumprir as normas descritas.

5 - MATERIAL E EQUIPAMENTO

De acordo com o descrito no ponto 3.

6 - DEFINIÇÕES

ACESM - Agrupamento de centros de saúde de Matosinhos.

7 - REFERÊNCIAS/DOCUMENTOS ASSOCIADOS

CLSI - Procedures for Handling and processing of blood specimens for common laboratory tests; Approved Guideline

Stability study of 81 analytes in human whole blood, in serum and in plasma

Christiane Oddeze, Elise Lombard, Henri Portugal

Clinical Laboratory, Department of Clinical Biology, CHU Timone, Marseille, France

Isenberg- Clinical Microbiology Procedures Handbook- 2ª ed- 2004

SEIMC

8 - REGISTOS

Os registos são realizados no impresso 1599_00_PC_2441 - Registo de transporte de amostras biológicas do ACEEM - Patologia Clínica.

9 - ANEXOS

Impresso 1599_00_PC_2441 - Registo de transporte de amostras biológicas do ACEEM - Patologia Clínica