

Modelos Quantitativos para a Melhoria do Fluxo de Pessoas e Mercadoria No Hospital Dr. Nélio Mendonça

João José Camacho Delgado

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em:

Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Prof^a. Doutora Inês Marques Proença

Júri

Presidente: Prof. Carlos Bana e Costa
Orientador: Prof^a. Inês Marques Proença
Vogal: Prof^a. Isabel Gomes

Novembro 2018

Agradecimentos

Sinto-me extremamente grato à Prof. Doutora Inês Marques, pela decisão em aceitar-me como orientando, e permitir que trabalhasse juntamente com uma instituição emblemática da Região Autónoma da Madeira. Ao Serviço de Saúde da Região Autónoma da Madeira (SESARAM), agradeço à Doutora Paula Pinto, Dra. Regina Rodrigues e Dra. Maria Tomásia Alves pela disponibilidade em oferecer as instalações do Hospital Dr. Nélio Mendonça (HNM) para a realização da dissertação.

Aos restantes profissionais do SESARAM com quem interagi, um sincero agradecimento, pelo tempo dispensado em prol da dissertação.

Aproveito para deixar, ainda, um especial agradecimento a toda a gente que direta, ou indiretamente, participou neste meu percurso. Aos meus pais, pela possibilidade de me proporcionarem toda esta experiência académica. E à minha namorada, Carolina Catanho, e companheira de percurso, que sempre esteve presente desde a fase inicial.

Resumo

As últimas décadas evidenciaram mudanças significativas nos padrões demográficos. Vive-se, mundialmente, um aumento populacional proporcionado pelas elevadas taxas de natalidade nos países em desenvolvimento. Contudo, a realidade portuguesa, e de muitos outros países considerados desenvolvidos, é de uma baixa taxa de natalidade e de um elevado índice de envelhecimento populacional motivado, sobretudo, pelo desenvolvimento tecnológico.

Esta realidade contribui para uma maior procura por cuidados de saúde, uma procura mais frequente e que requer cuidados cada vez mais complexos e prolongados. Portanto, os hospitais enfrentam desafios de coordenação de recursos para satisfazer procuras cada vez maiores, em estabelecimentos com um dimensionamento pensado para universos populacionais menores, causando assim, um impacto significativo nas operações logísticas.

Esta realidade tem impacto nos profissionais do Hospital Dr. Nélio Mendonça (HNM), que constantemente recorrem a elevadores para se deslocarem dentro do edifício. Existe grandes afluências, não coordenadas, aos elevadores, o que origina elevados tempos de espera e, conseqüentemente, insatisfação de alguns utilizadores.

Assim, esta dissertação aborda um problema de escalonamento relativo à utilização de elevadores em ambiente hospitalar. Como forma de reduzir os tempos de espera vividos no HNM, é reunida informação operacional e construído um modelo em programação linear inteira, desenvolvido em GAMS, e solucionado com o algoritmo CPLEX. Atribui-se utilizadores a elevadores, de forma consciente em relação aos tempos de espera. Como resultado, existem diferentes cenários abordados, que permitem, para alguns utilizadores, oferecer soluções que se traduzem em tempos de espera, diários, que variam de 676 segundos a tempos de espera nulos.

Palavras-Chave: Logística hospitalar, Programação linear inteira, Escalonamento de distribuição, Elevadores; Fluxo de pacientes e mercadorias.

Abstract

During the last decades there have been significant changes in demographic patterns. The world's population has increased due to the high birth rates observed in developing countries. However, the Portuguese reality and many other developed countries, is a low birth rate and a high aging population, caused mainly by technological developments. This leads to higher demand for healthcare, a more frequent demand and that suggests complex and prolonged care. Today, hospitals face resource coordination challenges when trying to satisfy the increasing demand, in facilities that were built to process fewer people. Meaning that the logistic operations in hospitals are significantly affected. This situation has an impact in the Hospital Dr. Nélio Mendonça personnel, that in a constant basis resource to elevators to walk in the building. There are big flows, and uncoordinated, to the elevators, causing high waiting times and users dissatisfaction. Hence, the present dissertation deals with a scheduling problem regarding elevator use, in hospital environment. In order to try to reduce the waiting times, that are being felt in Hospital Dr. Nelio Mendonça (HNM), operational information is gathered, and a linear programming model is built. The development is done in GAMS and solved by CPLEX algorithm. The main activity performed by the mathematical formulation is to allocate users, to elevators, in a way that waiting times can be minimized. As a result, different kind of scenarios allow, some users, to have solution that can be translated to daily waiting times that can vary between 676 seconds to none.

Keywords: Hospital logistics, Integer Linear Programming, Distribution scheduling, Elevators;
Patients and goods flow

Índice

Resumo.....	iv
Abstract.....	vi
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas.....	xii
Lista de Acrónimos e Siglas.....	xiv
1.Introdução.....	1
1.1. Objetivos da Dissertação.....	1
1.2. Estrutura da Dissertação.....	3
2.Caso de Estudo.....	5
2.1. Serviços de Saúde da Região Autónoma da Madeira (SESARAM).....	5
2.1.1. Hospital Dr. Nélio Mendonça (HNM).....	6
2.2. Evolução Demográfica.....	7
2.2.1. População Residente.....	8
2.2.2. Turismo.....	9
2.3. Evolução da Prestação de Cuidados de Saúde no HNM.....	10
2.4. Distribuição interna de mercadoria e fluxo de pessoas no HNM.....	12
2.5. Circuito de Elevadores.....	13
2.6. A Situação Atual na Utilização de Elevadores no HNM.....	13
2.6.1. Distribuição do aprovisionamento.....	13
2.6.2. Distribuição de alimentação.....	14
2.6.3. Visitas.....	15
2.6.4. Doentes.....	15
2.6.5. Lavandaria.....	15
2.6.6. Profissionais de saúde e administrativos.....	16
2.6.7. Distribuição da farmácia.....	16
2.6.8. Distribuição de esterilizados.....	17
2.6.9. Lixo.....	17
2.7. Conclusão.....	17
3.Revisão de Literatura.....	19
3.1. Gestão do Fluxo de Pessoas e Mercadorias em Edifícios.....	20
3.1.1. Elevadores.....	23
3.1.2. O Caso Particular dos Hospitais.....	25
3.2. Investigação Operacional e a Saúde.....	25
3.2.1. Escalonamento.....	27
3.2.2. Programação Linear.....	29
3.2.3. Simulação.....	31
3.2.4. Otimização-Simulação.....	32
3.3. Conclusão.....	33
4.Metodologia.....	36
4.1. Suporte à Metodologia.....	37
4.1.1. Utilizadores.....	40

4.1.2. Elevadores	42
4.1.3. Restrições operacionais	43
4.2. Horário de utilização	45
4.2.1. Visitas.....	45
4.2.2. Profissionais	46
4.2.3. Aprovisionamento.....	46
4.2.4. Farmácia	47
4.2.5. Doentes.....	47
4.2.6. Esterilização	48
4.2.7. Lixo	48
4.2.8. Bens de Hotelaria	48
4.2.9. Alimentação.....	49
4.2.10. Doentes cirúrgicos.....	49
4.3. Tempos de espera.....	50
4.3.1. Elevador EE	50
4.3.2. Elevador EBO.....	50
4.3.3. Elevador EMM1 e EMM2.....	50
4.3.4. Elevador EP1 e EP2.....	51
4.4. Conclusão	52
5. Modelo Matemático	55
5.1. Formulação Matemática	55
5.2. Validação do Modelo	58
5.3. Conclusão	59
6. Resolução do Caso de Estudo e Análise de Cenários.....	61
6.1. Caso Geral	62
6.2. Instalação de conduta para a descarga de lixo	64
6.3. Instalação de Conduta para descarga de roupas sujas	66
6.4. Realização de obras de ampliação dos espaços de armazenamento de roupas limpas e sujas.....	67
6.5. Ampliação da dimensão da caixa do elevador EA	67
6.6. Cenários 2 e 4 em conjunto	68
6.7. Conclusão	69
7. Conclusões	72
Bibliografia	76
Anexo 1 – Restrições de partilha de elevadores.....	79
Anexo 2 – Apoio Modelo de Programação Linear.....	80
Anexo 3 – Panorama de Utilização geral dos elevadores do HNM.....	83

Lista de Figuras

Figura 1 - Complexo Hospitalar HNM, com destaque para o edifício de internamento especializado. Fonte: Notícias da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa 2015.	7
Figura 2 - Evolução da população residente na RAM, no intervalo temporal entre 1971 e 2016. Fonte: Adaptado de Direção Regional de Estatística, Estatísticas Demográficas da Região Autónoma da Madeira 2017.....	8
Figura 3 - Evolução do índice de envelhecimento na RAM, no intervalo temporal que dista de 1981 a 2016. Fonte: Adaptado de Estatísticas Demográficas da Região Autónoma da Madeira da Direção Regional de Estatística 2017.....	9
Figura 4 - Evolução do número de hóspedes na RAM, nos variados tipos de alojamento, num intervalo temporal de 1993 a 2013. Fonte: Estatísticas do Turismo da Secretaria Regional da Cultura, Turismo e Transportes, Direção Regional do Turismo 2017.	10
Figura 5 - Evolução dos dias de internamento no HNM, entre 2012 e 2015. (Soma dos dias de internamento de cada doente). Fonte: Adaptado de Dados Estatísticos HNM, Variação da Produção Anual do HNM.	11
Figura 6 - Evolução do número de consultas no HNM, entre 2012 e 2015. Fonte: Adaptado de Dados Estatísticos HNM, Variação da Produção Anual do HNM.....	11
Figura 7 - Evolução do número de entradas urgentes no HNM, entre 2012 e 2015. Fonte: Adaptado de Dados Estatísticos HNM, Variação da Produção Anual do HNM	11
Figura 8 - Evolução da prestação de cuidados de saúde primários no SESARAM, entre 2012 e 2015. Fonte: Adaptado de Dados Estatísticos HNM, Variação da Produção Anual do HNM.	11
Figura 9 - Esquema representativo de uma elipse para auxiliar o dimensionamento de estruturas. Fonte: Barney & Lutfi-Sharif (2015).	22
Figura 10 - Esquema de funcionamento de um método de simulação-otimização. Fonte: Adaptado de Figueira & Almada-Lobo, (2014).	32
Figura 11 - Esquema representativo do comportamento dos vários utilizadores no andar 1 do HNM.	38
Figura 12 - Esquema representativo do comportamento dos vários utilizadores no andar 0 do HNM.	38
Figura 13 - Esquema representativo do comportamento dos vários utilizadores no andar 2,3,4,5,6,7,8 do HNM.....	39
Figura 14 - Esquema representativo do comportamento dos vários utilizadores no andar -1 do HNM.	39
Figura 15 - Representação gráfica do tempo de espera, em segundos, sentido nos elevadores EMMML, em um intervalo temporal das 07:00 - 19:00.....	51
Figura 16 – Esquema da solução do cenário 1. A cor verde apresenta-se o espaço atribuído, a cor vermelha os espaços de uso obrigatório, e a cor amarela, uma utilização intemporal.	63
Figura 17 - Estrutura, 1, exemplar de uma conduta de transporte de lixo.	65
Figura 18 - Estrutura, 2, exemplar de uma conduta de trnasporte de lixo.	65
Figura 19 - Esquema da solução do cenário 2. A cor verde apresenta-se o espaço atribuído, a cor vermelha os espaços de uso obrigatório, e a cor amarela, uma utilização intemporal.	65

Figura 20 - Esquema da solução do cenário 3. A cor verde apresenta-se o espaço atribuído, a cor vermelha os espaços de uso obrigatório, e a cor amarela, uma utilização intemporal.	66
Figura 21 - Esquema da solução do cenário 4. A cor verde apresenta-se o espaço atribuído, a cor vermelha os espaços de uso obrigatório, e a cor amarela, uma utilização intemporal.	67
Figura 22 - Esquema da solução do cenário 5. A cor verde apresenta-se o espaço atribuído, a cor vermelha os espaços de uso obrigatório, e a cor amarela, uma utilização intemporal.	68
Figura 23 - Esquema da solução do cenário 6. A cor verde apresenta-se o espaço atribuído, a cor vermelha os espaços de uso obrigatório, e a cor amarela, uma utilização intemporal.	69

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Elevadores categorizados pelas suas utilizações, com destaque para a velocidade, em m/s, e a capacidade de carga, em Kg e pessoas.	14
Tabela 2 - Horários de visitas específicos para determinadas unidades de serviço.	15
Tabela 3 - Estruturas de gestão de fluxo de pessoas, com a correspondente capacidade de pessoas por minuto dada uma certa densidade. Fonte: Adaptado de Barney & Lutfi Al-Sharif (2015)	21
Tabela 4 - Atribuição utilizador-elevador, praticada, e justificada, pelo SESARAM.	44
Tabela 5 - Resumo da atribuição utilizador-elevador praticada, atualmente, no HNM.	45
Tabela 6 - Horário de utilização média no elevador EP, segundo os possíveis horário de utilização para o utilizador visitas.	45
Tabela 7 - Horário de utilização médio, por parte do utilizador Lixo. Segundo diferentes tipologias de atividades.....	48
Tabela 8 - Horário de utilização médio, por parte do utilizador Bens de Hotelaria. Segundo diferentes tipologias de atividade.	49
Tabela 9 - Horário de utilização médio, por parte do utilizador Alimentação. Segundo diferentes tipologias de atividades.	49
Tabela 10 - Apresentação dos cenários a desenvolver, acompanhados pelos pressupostos assumidos.	62
Tabela 11 - Dados para alimentação do modelo matemático. Contemplando informação com atribuição utilizador-elevador, slots necessários e, quando aplicável, horários de utilização obrigatórios.	63
Tabela 12 - Apresentação de alterações a serem realizadas, segundo o cenário 2, nos <i>inputs</i> do modelo matemático.	65
Tabela 13 - Apresentação de alterações a serem realizadas, segundo o cenário 3, nos <i>inputs</i> do modelo matemático.	66
Tabela 14 - Apresentação de alterações a serem realizadas, segundo o cenário 4, nos <i>inputs</i> do modelo matemático.	67
Tabela 15 - Apresentação de alterações a serem realizadas, segundo o cenário 5, nos <i>inputs</i> do modelo matemático.	68
Tabela 16 - Apresentação de alterações a serem realizadas, segundo o cenário 6, nos <i>inputs</i> do modelo matemático.	69
Tabela 17 - Apresentação, resumida, dos resultados obtidos nos diferentes cenários.	71

Lista de Acrónimos e Siglas

CAC – Centro Dr. Agostinho Cardoso

HCF – Hospital Central do Funchal

EPE – Entidade Pública Empresarial

HJA – Hospital João de Almada

HM – Hospital dos Marmeleiros

HNM – Hospital Dr. Nélio Mendonça

IO – Investigação Operacional

KPI – *Key Performance Indicator*

ORAHs – *Operational Research Applied to Health Services*

RAM – Região Autónoma da Madeira

RFID – *Radio Frequency Identification*

RIGHT - *Research into Global Healthcare Tools*

SESARAM – Serviços de Saúde da Região Autónoma da Madeira

EE – Elevador Escalonado

EP1 – Elevador de Pessoas 1

EP2 – Elevador de Pessoas 2

EMML1 – Elevador Monta-Macas/Logístico 1

EMML2 – Elevador Monta-Macas/Logístico 2

EA – Elevador de Alimentação

EBO – Elevador de Bloco Operatório

1.Introdução

Os hospitais possuem rotinas diárias complexas, onde pessoas e material circulam com a finalidade de satisfazer as necessidades clínicas de quem recorre aos seus serviços e, bem como de necessidades logísticas. A evolução demográfica, quer no sentido ascendente ou descendente, pode trazer mudanças significativas ao nível do grau de complexidade de determinadas operações nos hospitais, e restantes unidades de cuidados de saúde. As últimas décadas apresentaram um crescimento populacional mundial, que se mostrou mais evidente nos países em desenvolvimento (Taagepera, 2014). Contudo, e apesar desta tendência ser bem demarcada e de conhecimento geral, é possível identificar pontualmente regiões onde a idade média dos habitantes aumenta significativamente, correspondendo aos balanços populacionais dos países desenvolvidos. Tal situação representa a necessidade de uma maior atenção para a prestação de cuidados de saúde, mais frequentes e acompanhados (Howdon & Rice, 2018). Esse aumento de complexidade traduz-se em desafios logísticos a serem superados em prol da saúde pública. A situação torna-se ainda mais desafiante quando as infraestruturas hospitalares sofrem poucas, a nenhuma, reestruturações a fim de adequar a sua oferta à procura. Procura essa que se assume ser proporcional ao envelhecimento populacional (Wittenberg *et al*, 2017). Melo (2012) identifica os custos logísticos, associados às operações hospitalares, como uma parcela que ocupa cerca de 40% da totalidade dos gastos de um hospital. Justificando assim, uma abordagem que identifica potenciais, e desejáveis, situações de otimização para permitir alcançar um nível de serviço de qualidade, assim como potenciais reduções de custos.

O HNM encontra-se envolto no panorama previamente descrito. Possui uma infraestrutura datada de 1973, serve uma população maior do que aquela que o seu dimensionamento foi originalmente concebido. E necessita, ainda, de se adaptar à crescente procura por cuidados de saúde, por parte de indivíduos estrangeiros, graças ao estatuto que a Região Autónoma da Madeira (RAM) tem ganho ao longo dos anos no panorama do turismo mundial (Serra *et al*, 2014). Assim, é de todo o interesse o debruçar sobre esses dados para posteriormente avaliar os seus impactos na complexidade, em termos logísticos, da prestação de cuidados de saúde no HNM. Sendo o HNM uma instituição construída em arquitetura vertical, os elevadores, de capacidade restrita, são identificados como recursos escassos e *bottleneck* dos fluxos. O que culmina em tempos de espera alargados, maiores do que o considerado aceitável para a maioria dos *stakeholders*, gerando um elevado nível de insatisfação para as pessoas (várias categorias de profissionais, doentes e visitas). Foi a identificação, por parte do SESARAM, de tempos de espera alargados para os profissionais de distribuição da Farmácia, que lançou um alerta sobre o tema. Criando, assim, o motivo base para a presente questão de investigação que rege a dissertação.

1.1.Objetivos da Dissertação

A exploração desta temática pretende originar benefícios para a entidade empresarial SESARAM, bem como confirmar, perante a comunidade académica, a aplicabilidade de abordagens quantitativas. Pretende-se validar a possibilidade de aplicação de técnicas de investigação operacional (IO) para a resolução de um problema real relacionado com o escalonamento da utilização de elevadores. Ao

mesmo tempo que os potenciais benefícios são colhidos para a comunidade académica, espera-se apresentar ao SESARAM o contacto com uma ferramenta poderosa para o apoio no processo de tomada de decisão e, ainda, com recomendações práticas no âmbito da utilização dos elevadores.

Deseja-se alcançar uma redução dos tempos médios de espera por um elevador, capaz de satisfazer as necessidades dos utilizadores. Através de uma análise a toda a operação de utilização, pretende-se cruzar, centralizar, e integrar, toda a informação relacionada com a utilização dos elevadores do HNM. Necessidade essa identificada pela administração do HNM, tendo em conta que, atualmente, existe uma falta de conhecimento, e coordenação, entre os diversos utilizadores dos elevadores. Espera-se então, que a abordagem possa diminuir a existência de silos funcionais, oriundos de uma não cooperação, e falta de integração entre as operações dos vários *stakeholders*.

Em caso de aplicação de uma abordagem que, efetivamente, se traduz em redução do tempo de espera, será possível contar com outros benefícios para a comunidade hospitalar. Destacam-se contributos para a qualidade do serviço e o bem-estar dos profissionais de saúde que podem contar com o material necessário e atempado para a boa execução das suas tarefas. Uma melhor experiência das visitas ao utilizar os elevadores, devido à não sobreposição de distribuição a horas críticas. E, ainda, uma distribuição da intensidade de utilização dos elevadores pode levar a uma menor sobrecarga dos mesmos e, assim, necessitar de menores intervenções de foro técnico, bem como de recorrer, com menor frequência, a planos de contingência que tornam ainda mais complexa a operação do fluxo de pessoas e mercadoria.

Assim, esta dissertação aborda um problema de escalonamento relativo à utilização de elevadores. Através deste trabalho, aspira-se alcançar uma redução do tempo de espera por um elevador. Trata-se de um *key performance indicator* (KPI) característico de um sistema de elevadores. Assim, pretende-se o seu estudo e monitorização, bem como uma análise de toda a operação de utilização por parte dos diversos *stakeholders*. Respeitando todos os intervenientes, objetiva-se alcançar uma maior eficiência, através de uma coordenação no processo de utilização.

O trabalho é desenvolvido no Hospital Dr. Nélio Mendonça (HNM), uma unidade hospitalar pertencente aos Serviços de Saúde da Região Autónoma da Madeira EPE (SESARAM), sob a forma de um caso de estudo em ambiente real. Posteriormente ao estudo de toda a operação de utilização dos elevadores, capazes de escoar o constante fluxo de pessoas e mercadorias, apresentam-se respostas e intervenções que possam traduzir-se numa maior eficiência, iniciando, assim, um processo de melhoria contínua. O presente trabalho possui por base encontrar a resposta a uma questão: se existe alguma configuração na utilização dos elevadores, por parte dos diversos *stakeholders*, que permita alcançar uma redução dos tempos médios de espera. Como objetivo final, é pretendido oferecer um modelo de utilização em forma de horário diário, especificando um horário para cada grupo de utilizadores, a fim de tornar o processo alvo de menores tempos de espera. Com o intuito de oferecer uma solução, recorre-se à construção de um modelo em programação linear inteira. A alimentação do modelo é feita através de dados recolhidos no HNM, onde se evidenciam padrões de utilização e restrições operacionais. Como tal, o modelo construído torna-se uma ferramenta para o auxílio do processo de tomada de decisão.

1.2.Estrutura da Dissertação

A organização da presente dissertação encontra-se distribuída por oito capítulos. Cada capítulo aborda um tópico de interesse no contexto e na resolução do problema em estudo. A seguinte enumeração apresenta os capítulos, bem como o conteúdo esperado aquando da leitura dos mesmos:

- Capítulo 1:
É o capítulo presente e caracteriza-se por apresentar, em traços gerais, qual o problema que será alvo de análise, bem como os objetivos do trabalho. Apresenta-se o contexto em que o mesmo é estruturado, e ainda, a organização do documento para dar resposta aos vários passos necessários para alcançar uma metodologia adequada.
- Capítulo 2:
No corpo do capítulo 2, é apresentado o caso de estudo. É dado a conhecer o SESARAM, bem como uma das suas unidades de cuidados de saúde, o HNM. São dados a conhecer parâmetros quantitativos sobre a realidade demográfica regional e a produtividade hospitalar. Toda a operação que gera fluxos, quer de pessoas ou materiais, através de elevadores, é descortinada de forma descritiva. No final do capítulo, apresenta-se um conjunto de considerações que se identificam como úteis para a execução do trabalho.
- Capítulo 3:
Faz-se uma revisão de conceitos e abordagens, presentes em literatura, com aplicação na problemática em estudo. É possível contar com tópicos dedicados à gestão de pessoas e mercadorias em edifícios, que são aprofundados tendo em mente um contexto hospitalar, que recorre a elevadores. Posteriormente, a investigação operacional é mencionada como área com crescente aplicação em saúde, nomeadamente, através de técnicas de simulação, programação linear e, um híbrido de otimização e simulação, a otimização-simulação. No geral, são apresentadas aplicações e situações, que apesar de não serem idênticas, permitem uma aproximação da realidade do problema em estudo na presente dissertação. A informação do capítulo culmina na adopção de uma abordagem de programação linear inteira.
- Capítulo 4:
Apresenta-se a metodologia, previamente identificada como aplicação de programação linear inteira. É reunida informação sobre o processo metódico que se pretende aplicar, e seguir. Dedicar-se, ainda, a oferecer suporte à aplicação da metodologia que é pretendida utilizar. Através de informação proveniente de recolha de dados realizada no HNM. Tal como, informação previamente conhecida em capítulo dedicado à apresentação do caso de estudo. O seu conteúdo permite identificar os utilizadores, os elevadores e as restrições operacionais em consideração para a aplicação de uma metodologia de programação linear inteira. Tendo em conta essa informação, são identificados todos os pressupostos a considerar, que dadas as circunstâncias do problema e a informação igualmente obtida na revisão de literatura, se esperam adequados.

- **Capítulo 5:**

Oferece-se informação relativa à construção de um modelo de programação linear inteira, cujo modelo possui como tarefa a atribuição de utilizadores a elevadores, em slot temporais que contribuam para a diminuição dos tempos de espera globais sentidos no HNM. Para tal, identifica-se os conjuntos, parâmetros e variáveis que se tornam parte integrante do modelo de programação linear inteira e também a própria relação matemática expressa em uma função objetivo, a qual é seguida de um conjunto de constrangimentos operacionais, que pretendem realizar a atribuição, plausível, de utilizadores a elevadores.
- **Capítulo 6:**

O Capítulo 6 representa o núcleo da presente dissertação. É implementada a metodologia que foi delineada para a resolução do problema em estudo. Através de um conjunto de cenários, é realizada uma análise, com o apoio do modelo de programação linear inteira, onde são tiradas conclusões sobre os fluxos sentidos no HNM. É realizado um cenário que pretende respeitar um conjunto de restrições exigidas pelo SESARAM, seguido de um conjunto de cenários que apresenta outras possibilidades, com maior flexibilidade. Pretende-se averiguar o impacto, em toda a operação que recorre ao uso de elevadores, da implementação de mudanças hipotéticas no HNM. Nomeadamente, a construção de condutas para transporte de lixo e bens de hotelaria sujos, o aumento de caixas de elevadores, o aumento de espaços de armazém nos andares de internamento, e ainda, combinações dos diferentes cenários. Servindo as mesmas como base para a oferta de soluções, que à luz do modelo, se consideram adequadas.
- **Capítulo 7:**

Em modo de sumário, a informação presente ao longo dos vários capítulos é novamente lembrada. Através de um fio condutor que é transversal a todos os capítulos, há um destaque para um olhar genérico sobre o problema, a metodologia utilizada para o resolver, e os resultados obtidos. Sendo, ainda, possível destacar anotações sobre potenciais acções com contributos para o HNM.

2.Caso de Estudo

No presente capítulo, introduz-se e descreve-se o caso de estudo onde, inicialmente, é feita uma apresentação da organização e um enquadramento da problemática do mesmo. Este capítulo encontra-se dividido em seis subcapítulos. No primeiro (secção 2.1), faz-se uma apresentação do SESARAM e dá-se a conhecer uma unidade de saúde específica que se encontra sobre a sua alçada, o HNM, o foco da problemática em estudo. A secção 2.2 destina-se a um olhar sobre parâmetros provenientes da realidade sociodemográfica do HNM e seu impacto no problema identificado. Assim, o foco está na análise da evolução demográfica da RAM, quer do ponto de vista dos residentes e, devido ao volume significativo, dos residentes temporários para fins de turismo. O terceiro subcapítulo (secção 2.3) pretende confirmar o subcapítulo anterior e, assim, procura relacionar a evolução demográfica e o índice de envelhecimento da população, com um possível impacto na procura de cuidados de saúde. Procura-se averiguar uma relação entre as variáveis apresentadas e a produtividade do HNM.

A partir do quarto subcapítulo (secção 2.4), inicia-se um conjunto de pontos subsequentes de carácter mais prático e descritivo. É possível olhar para a distribuição de mercadoria e o fluxo de pessoas no HNM, e, assim, procurar conhecer e identificar a realidade das operações relacionados com os seus movimentos. Na secção 2.5, estuda-se a realidade relacionada com os elevadores, desde as suas características técnicas, tais como velocidade, capacidade, entre outros, mas também, a utilização dada pelos diversos *stakeholders* identificados.

O sexto subcapítulo (secção 2.6) pretende definir, mais detalhadamente, as dimensões e estrutura do problema. Promove-se, então, um ponto de síntese de toda a informação evidenciada ao longo do capítulo, e respetiva associação e discussão, o que permite identificar as linhas gerais que necessitam ser consideradas e que devem acompanhar o leitor no restante documento.

2.1.Serviços de Saúde da Região Autónoma da Madeira (SESARAM)

O Serviço de Saúde da Região Autónoma da Madeira, vulgarmente conhecido pelo seu acrónimo SESARAM, é uma unidade integrada de prestação de cuidados de saúde que rege, atualmente, os serviços de saúde pública na RAM. Funciona como dispositivo articulador, na base de complementaridade, dos centros de saúde e dos hospitais e como instância de planeamento de recursos, cabendo-lhe a prestação de cuidados aos indivíduos, às famílias e aos grupos sociais (SESARAM, 2018).

A denominação atual, da entidade em questão, nasce de uma progressiva mudança ocorrida no intervalo de tempo que dista entre a década de 1930 e a década de 2000. Apesar das seis décadas abrangidas por este intervalo apresentarem diversos marcos relevantes no contexto específico dos cuidados de saúde na RAM, o destaque vai para os eventos estritamente relacionados com o regime e a orgânica da entidade incumbida com a tarefa de gestão. O início da atividade é marcado pela formalização das pessoas coletivas Centro Hospitalar do Funchal e Centro Regional de Saúde, que no ano de 2003 deu lugar ao Serviço Regional de Saúde, Entidade Pública Empresarial (EPE), criado pelo Decreto Legislativo Regional nº 9/2003/M de 27 de Maio. Passados cinco anos, um novo diploma legislativo, o Decreto Legislativo Regional Nº23/2008/M, de 23 de Junho de 2008, atribui a

denominação, de cariz mais abrangente, que atualmente se encontra em vigor. Ao ganhar o estatuto de EPE, encontra-se dotada de autonomia administrativa, financeira e patrimonial, e assume todos os direitos e obrigações dos regimes antecessores.

Para a execução de excelência das suas tarefas, o SESARAM insiste na promoção da saúde e a prestação global de saúde aos utentes do Sistema Regional de Saúde, diretamente através dos serviços ou através da contratação, quando aplicável, de outras entidades, bem como assegurar as atividades de saúde pública que lhe forem atribuídas. Ansiando, assim, a perpetuação da visão da entidade em proporcionar um atendimento de qualidade, em tempo útil, com eficiência e humanidade. Para a transposição prática da visão empresarial, possui sob a sua alçada quarenta e nove centros de saúde, com funcionalidades diversas, duas unidades de cuidados de saúde específicos, o Hospital Dr. João de Almada (HJA) para prestação de cuidados de saúde e de apoio social, e o Centro Dr. Agostinho Cardoso para a doença tuberculose pulmonar. Conta, ainda, com dois hospitais, sendo o principal, e merecedor de destaque neste trabalho, o HNM. Outras instalações existem para apoio administrativo e logístico.

Como entidade pública na área da saúde, toda a sua atividade é desenvolvida respeitando as diretrizes do Sistema Nacional de Saúde, nomeadamente através do Plano Regional de Saúde, e quando aplicável, o Plano Nacional de Saúde. Cabendo ao conselho de administração, presidido atualmente pela Dra. Maria Tomásia Alves, o zelo pelo respeito e gestão do planeamento.

2.1.1. Hospital Dr. Nélio Mendonça (HNM)

O Hospital Dr. Nélio Mendonça, inicialmente Hospital Cruz de Carvalho, localiza-se na freguesia de São Pedro, concelho do Funchal, numa área de cerca de 30 000 metros quadrados, e próximo da população. Iniciou a sua atividade a 9 de Setembro de 1973, seguindo o mote de criação de uma unidade de cuidados de saúde que há muito fazia falta na região. À data da sua inauguração, a RAM passou a dispor, segundo a imprensa regional, de um dos melhores e mais bem equipados hospitais portugueses, equiparando-se aos melhores tanto na Europa como no resto do Mundo (SESARAM, 2018). O hospital foi equipado, inicialmente, com 525 camas, distribuídas pelas diversas especialidades, aumentando a capacidade de resposta da região no que toca a serviços de saúde, servindo à data da sua inauguração uma população de cerca de 246 000 habitantes (DREM, 2017). O universo populacional servido pelo HNM sofreu alterações, apresentando, mais recentemente, a necessidade de satisfazer uma população de cerca de 255 650 habitantes (DREM, 2017)

Ao longo do tempo, esta unidade de saúde foi sofrendo algumas alterações ao nível das suas infraestruturas e serviços, motivadas por diversos aspetos como o aumento da população residente no concelho e o desenvolvimento tecnológico e científico da indústria, sendo uma das mais notórias a ampliação do complexo urbano do HNM.

Juntamente com o Hospital dos Marmeleiros (HM), o hospital mais antigo da região, formaram no início do Século XXI, o que é conhecido como o Centro Hospitalar do Funchal (CHF). Atualmente o CHF conta também com o Hospital João de Almada (HJA), instalação destinada a cuidados paliativos. O CHF oferece, na sua totalidade, 689 camas e assegura assistência em todas as especialidades médicas e cirúrgicas, sendo que 73,3% do número total de camas pertence ao HNM, que com 505

camas encontra-se apto a dar resposta às necessidades cirúrgicas, médicas, de cuidados intensivos e de cuidados intermédios da população. A elevada percentagem de camas disponíveis no HNM, contrasta com as existentes no HM e HJA uma vez que as suas atuações são limitadas a determinadas especialidades médicas e a cuidados especiais.

O HNM utiliza um complexo urbano, em forma de aglomerado de edificações, onde cada edifício possui o seu papel na complexa rotina diária de um hospital, quer em contexto de prestação de cuidados de saúde, administrativos ou logísticos. O destaque vai para um edifício que contabiliza 9 andares, maioritariamente de internamento especializado, representado na Figura 1, e onde um conjunto de 14 elevadores permite a rotina diária de fluxo de pessoas e mercadoria.

Em termos de serviço, o HNM conta com uma força laboral que tenta satisfazer as necessidades da população residente e da população temporária, dinamizada através do turismo, que procura consultas externas, urgências, diagnóstico complementares, tratamentos, entre outros atos médicos.

O interesse pela oferta de um serviço de cuidados de saúde de excelência permitiu que, no ano de 2002, o HCF iniciasse um processo de acreditação de qualidade com o *Kings Funds*, entidade certificadora denominada atualmente *The Health Quality Service (HQS)*, o que culminou em um certificado definitivo em Outubro, no ano de 2008. Seguindo a cronologia temporal, no ano de 2009, uma homenagem ao Dr. Nélio Mendonça, um marco da saúde da RAM, definiu a nova designação do hospital, que permanece em vigor.



Figura 1 - Complexo Hospitalar HNM, com destaque para o edifício de internamento especializado. Fonte: Notícias da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa 2015.

2.2.Evolução Demográfica

Com base no contexto do problema em estudo, os seguintes subpontos, relacionados com a população residente e com o turismo, apresentam dados acerca da realidade demográfica da RAM, primeiro da população residente e, depois, da população provisória (turismo).

2.2.1. População Residente

A análise da evolução da população da RAM é baseada em um parâmetro de estudo proveniente das ciências sociais e geográficas. A população residente é definida como o conjunto de pessoas que, independentemente de estarem presentes ou ausentes num determinado alojamento no momento de observação, viveram no seu local de residência habitual por um período contínuo de, pelo menos, 12 meses anteriores ao momento de observação, ou que chegaram ao seu local de residência habitual durante o período correspondente aos 12 meses anteriores ao momento de observação, com a intenção de aí permanecer por um período mínimo de um ano (DREM, 2017). É o conceito utilizado aquando das massivas campanhas de recenseamento geral da população, denominadas por CENSOS.

À luz da descrição anterior, a variável população residente apresenta uma estimativa da população que, de forma associativa, denuncia qual o universo populacional para o qual o dimensionamento do HNM deverá estar apto a suportar e oferecer a prestação de cuidados de saúde, garantindo um atendimento humano, de qualidade, em tempo útil, e com eficiência.

A Figura 2 apresenta a evolução populacional da região entre os anos de 1971 e 2016.

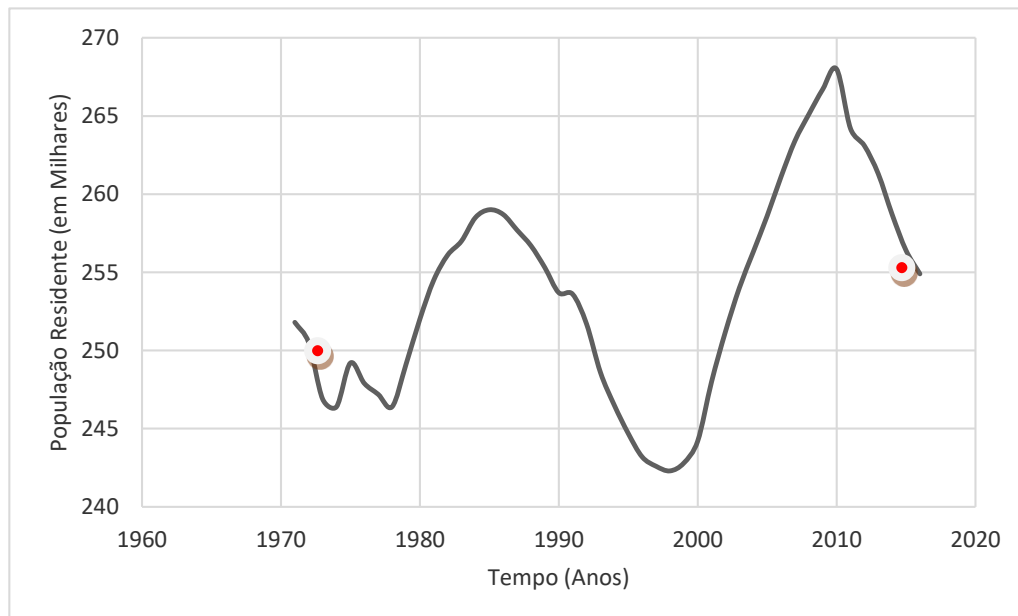


Figura 2 - Evolução da população residente na RAM, no intervalo temporal entre 1971 e 2016. Fonte: Adaptado de Direção Regional de Estatística, Estatísticas Demográficas da Região Autónoma da Madeira 2017.

O comportamento nada uniformizado da população residente, no intervalo de tempo em questão, pode ser justificado com eventos periódicos onde há variação significativa do saldo migratório, associado a períodos de crise e a pontes migratórias características na região. Para as pontes migratórias, destacam-se os grandes êxodos de residentes da RAM para, por exemplo, a Venezuela. O êxodo entre as duas regiões teve o seu período mais marcante durante os anos de 1940 a 1974 (Nascimento, 2009). No entanto, atualmente, verifica-se um retorno das várias gerações.

A Figura 2 permite observar a população residente na região no ano de inauguração do HNM (1973), e contrastar com a situação mais recente com dados disponíveis (2016). No ano de 1973, a região contabilizava 246 900 residentes, informação essa considerada para o dimensionamento do hospital, inaugurado nesse mesmo ano. Passados 43 anos, as últimas recolhas de dados demográficos apontam para uma população residente de 254 876, contudo, longe de picos mais críticos como no ano de 2010. Cria-se assim um diferencial positivo de 7 976 residentes, onde numa região em que o índice de envelhecimento se tem tornado maior pode implicar uma crescente necessidade geral de prestação de cuidados de saúde à população.

Por índice de envelhecimento, entende-se a relação entre a população idosa e a população jovem, definida habitualmente como o quociente entre o número de pessoas com 65 ou mais anos e o número de pessoas com idades compreendidas entre os 0 e os 14 anos (DREM, 2017). O que, no caso da RAM, pode ser analisado na Figura 3. Para esta análise, os dados disponibilizados apresentam um intervalo temporal entre 1981 e 2016.

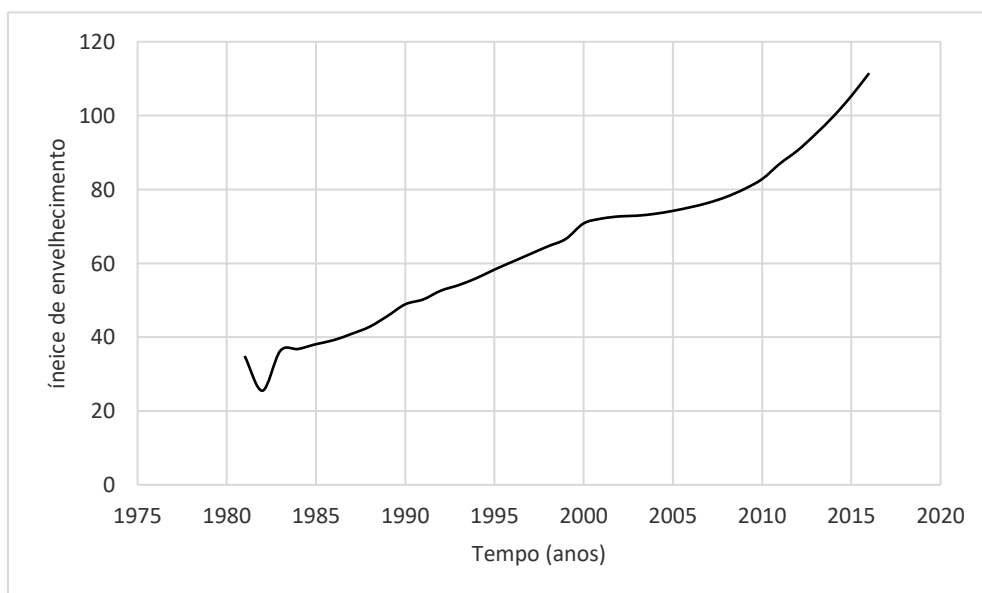


Figura 3 - Evolução do índice de envelhecimento na RAM, no intervalo temporal que dista de 1981 a 2016. Fonte: Adaptado de Estatísticas Demográficas da Região Autónoma da Madeira da Direção Regional de Estatística 2017.

Na Figura 3, é clara a evolução do índice de envelhecimento, e conseqüentemente a noção de que, em termos de saúde, estamos perante uma situação que aumenta a pressão sobre o planeamento dos serviços e das instalações hospitalares. De uma forma geral e neste caso específico, o avanço temporal apresenta um índice de envelhecimento cada vez maior, o que pressiona a necessidade de um melhor planeamento e gestão hospitalar.

2.2.2. Turismo

A RAM tem conquistado, ano após ano, prémios na área do turismo, bem como evidenciado uma maior aposta na promoção do destino Madeira (Olim, 2015). Tal situação traz benefícios à economia da região, aspeto positivo para uma ilha em que a indústria de eleição é a hoteleira. A tendência que se tem criado no turismo insular pode ser avaliada na Figura 4, através da análise do número de hóspedes

nos mais diversos tipos de alojamento existentes. De uma forma geral, é possível afirmar que a procura tem sofrido um constante aumento ao longo de décadas (INE, 2017). Criando assim, apenas no intervalo temporal de 1994 a 2013, um diferencial positivo de cerca de 500 000 turistas. Apesar do aspeto positivo, tal aumento pode trazer implicações para a complexidade de operações no HNM, pois acresce ao número de residentes um novo universo que poderá sofrer a necessidade de assistência médica. Fator ainda mais determinante, aquando da ausência de instalações hospitalares privadas para internamento em situações de saúde mais críticas.

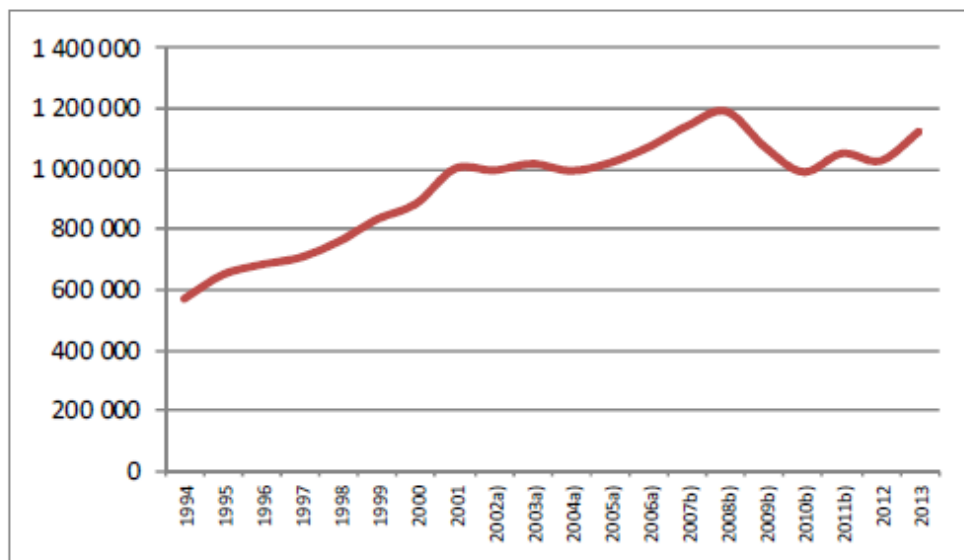


Figura 4 - Evolução do número de hóspedes na RAM, nos variados tipos de alojamento, num intervalo temporal de 1993 a 2013. Fonte: Estatísticas do Turismo da Secretaria Regional da Cultura, Turismo e Transportes, Direção Regional do Turismo 2017.

2.3.Evolução da Prestação de Cuidados de Saúde no HNM

Nesta fase do documento, é clara a ideia de que, ao longo dos anos, a população residente aumentou, tornou-se mais idosa e que a região ganhou o estatuto de destino de eleição, dinamizando cada vez mais turistas para a região. Estes fatores, como já mencionado, podem ser um contributo para uma maior procura de cuidados de saúde. Assim, a presença de um maior número de doentes, ou estadias mais longas, requerem uma maior atenção por parte dos profissionais de saúde. As Figuras 5-8 apresentam, em um intervalo temporal de 2012 até 2015, valores sobre os dias de internamento no

HNM, número de entradas urgentes no HNM, número de consultas no HNM e número de cuidados zprimários nos centros de saúde, respetivamente.

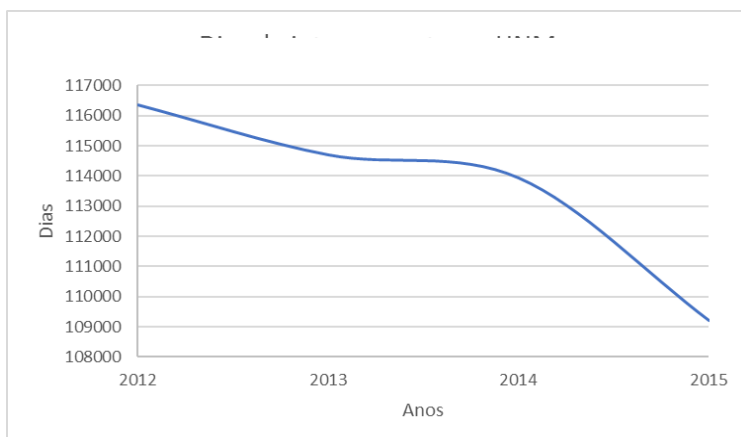


Figura 8 - Evolução dos dias de internamento no HNM, entre 2012 e 2015. (Soma dos dias de internamento de cada doente). Fonte: Adaptado de Dados Estatísticos HNM, Variação da Produção Anual do HNM.

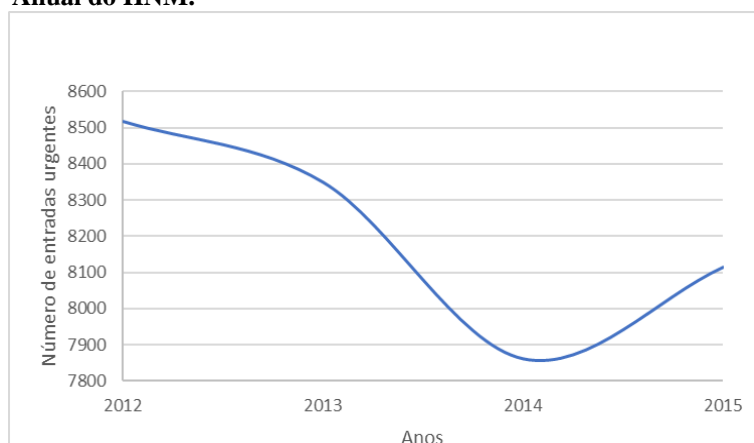


Figura 7 - Evolução do número de consultas no HNM, entre 2012 e 2015. Fonte: Adaptado de Dados Estatísticos HNM, Variação da Produção Anual do HNM.

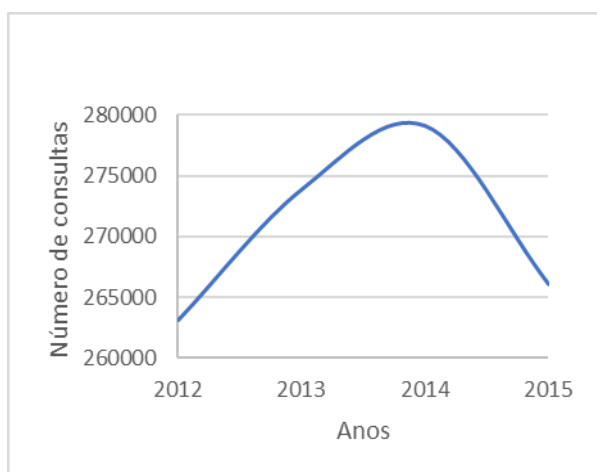


Figura 5 - Evolução do número de entradas urgentes no HNM, entre 2012 e 2015. Fonte: Adaptado de Dados Estatísticos HNM, Variação da Produção Anual do HNM

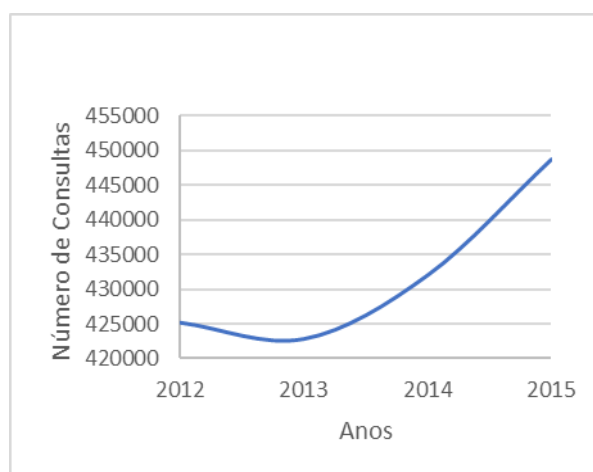


Figura 6 - Evolução da prestação de cuidados de saúde primários no SESARAM, entre 2012 e 2015. Fonte: Adaptado de Dados Estatísticos HNM, Variação da Produção Anual do HNM.

A leitura dos gráficos leva à conclusão que as variáveis de estudo do HNM apresentam um comportamento diferente do esperado. Segundo a lógica da linha de raciocínio, seria esperado encontrar um aumento do número de entradas urgentes, bem como um aumento do número de dias de internamento. Porém, os valores expressos nas Figuras 5-8 mostram, também, o resultado da implementação de políticas que procuram uma diminuição de idas às urgências, sem gravidade para tal, sendo substituídas por encaminhamento de doentes para os centros de saúde. No caso de consultas não especializadas (Figura 8), também há a tendência para descentralizar as consultas para os respetivos centros de saúde da zona de residência do utente. Esta realidade é salientada pela análise simultânea das Figuras 6-8. São medidas que procuram retirar alguma afluência ao HNM, onde é esperado dar uso a outros recursos, nomeadamente os centros de saúde, retirando, por isso, alguma complexidade das operações no hospital. É pretendido alcançar uma melhor gestão de recursos.

2.4. Distribuição interna de mercadoria e fluxo de pessoas no HNM

O HNM possui uma arquitetura vertical. São utilizados elevadores para a satisfação das necessidades de cada serviço, distribuídos pelos 8 andares. Estes equipamentos, com uma elevada utilização, possibilitam a circulação de pessoal médico e auxiliares, bem como de material indispensável à prática de cuidados de saúde.

Os elevadores desempenham uma tarefa fundamental na rotina diária da instituição de saúde, como tal, o seu funcionamento, em pleno, é desejável. Todavia, uma forte afluência aos mesmos cria situações de espera morosas, não agradáveis para os mais variados *stakeholders* do serviço de elevadores.

As partes interessadas no bom funcionamento dos elevadores são, de uma forma geral, toda a comunidade hospitalar. No entanto, e de forma explícita, é possível identificar os seguintes utilizadores:

- Profissionais de Saúde (médicos, enfermeiros, auxiliares, ...)
- Visitas
- Doentes
- Profissionais da Distribuição de Farmácia
- Profissionais da Distribuição Alimentar
- Profissionais da Distribuição do Aprovisionamento
- Profissionais da Distribuição Bens de Hotelaria
- Profissionais da Distribuição de Esterilizados
- Profissionais da Recolha de Lixo (hospitalar e geral)

Cada um destes utilizadores possui necessidades de transporte específicas, e segue um determinado horário de utilização. As especificações de transporte podem entrar em conflito entre *stakeholders* e nascem, assim, restrições operacionais do sistema de elevadores.

Portanto, a falta de coordenação entre os diversos *stakeholders* pode criar situações de conflito pela utilização de um recurso escasso, evidenciado pelas esperas não programadas ou indesejáveis,

que, se perpetuadas no tempo, representam uma ineficiência no sistema e um fator de insatisfação dos vários utilizadores. Facto esse já apontado, por parte do SESARAM, como um problema a ultrapassar.

2.5.Circuito de Elevadores

O HNM possui 9 elevadores, distribuídos por todo o complexo hospitalar. No entanto, no contexto deste trabalho apenas serão contabilizados os elevadores que abastecem, e permitem alcançar, os 8 andares do hospital. Assim, identificam-se apenas 7 elevadores. Os mesmos podem ser agrupados consoante as suas funções, como demonstrado na Tabela 1. Os restantes 2 elevadores, não contemplados, apresentam a função de deslocar pessoas para a realização de consultas externas em edifício adjacente, e de menor dimensão. Como tal, estando ausente qualquer tipo de conflito na utilização do par de elevadores. São destinados a, relativamente, um menor número de utilizadores. E acabam por se deslocar em edifício que alcança apenas 3 andares de serviços médicos.

2.6.A Situação Atual na Utilização de Elevadores no HNM

Os seguintes subtópicos exploram a situação atual no que diz respeito à utilização dos elevadores no HNM. Cada utilizador é analisado e apresenta-se a sua realidade de interação com o equipamento. A descrição assume um funcionamento em pleno da totalidade dos elevadores, relatando, assim, uma operação ótima. No entanto, medidas de contingência, em casos de avaria, são habitualmente praticadas pelo hospital.

2.6.1.Distribuição do aprovisionamento

O serviço de aprovisionamento possui, sob o seu domínio, um conjunto de artigos cruciais para o correto funcionamento de uma unidade hospitalar. Os artigos passam, essencialmente, por material de consumo clínico, material de consumo administrativo e material de consumo geral.

Para a satisfação das necessidades de consumo, o serviço de aprovisionamento possui 4 profissionais que trabalham em turno único. Estes profissionais trabalham aos pares para fazer chegar os artigos aos respetivos andares de consumo, bem como a todas as instituições geridas pelo SESARAM. Para tal, são utilizados 3 elevadores (EMML1, EMML2 e EE) durante um horário de trabalho compreendido entre as 9h – 16h. Apesar do horário laboral se encontrar entre as 8h e as 17h, estes profissionais possuem trabalho de armazém que lhes consome a primeira, e última, hora do dia de trabalho.

A lógica de distribuição, seguida por este serviço nos andares de internamento do HNM, passa por seguir um calendário semanal de distribuição. Onde são agrupados itens necessários a cada especialidade médica de internamento, ou seja, cada andar. Em casos de um pequeno número de itens necessários, é prática comum agrupar na mesma ronda de distribuição, itens para vários andares, originando, assim, rondas de distribuição que visitam dois, ou mais andares.

Os ciclos de distribuição são realizados após a obtenção de requisições, por parte dos diversos serviços. Requisições essas que podem ser semanais, quinzenais ou mensais. O que demonstra uma variação nas quantidades a serem distribuídas diariamente. No entanto, qualquer pedido extraordinário pode ser realizado via plataforma *online*.

Tabela 1 - Elevadores categorizados pelas suas utilizações, com destaque para a velocidade, em m/s, e a capacidade de carga, em Kg e pessoas.

Denominação	Número de Elevadores	Função do Elevador	Velocidade (m/s)	Capacidade (Kg)	Capacidade (Pessoas)
EE	1	Escalonado	1	1600	21
EP1	2	Pessoas		630	8
EP2					
EMML1	2	Monta-Macas/Logísticos		1600	21
EMML2					
EA	1	Alimentação		1125	15
EBO	1	Bloco Operatório		1600	21

2.6.2. Distribuição de alimentação

A confeção alimentar no HNM contabiliza uma equipa de 25 profissionais distribuídos por três turnos. O turno da manhã (7h-14h) trabalha com 10 profissionais, o turno intermédio (15h-22h) conta com 5 profissionais e, por fim, o turno da madrugada (23h-6h) volta a funcionar com 10 profissionais. Este departamento encontra-se responsável por confeccionar e distribuir, para os variados andares, bens alimentares para satisfazer necessidades nutricionais dos doentes internados.

O horário de distribuição coincide com as horas convencionais de refeições. Assim, são utilizados os elevadores para distribuição de pequeno almoço, almoço, jantar, e ainda para fornecimentos extraordinários com carácter incerto. A distribuição usufrui de um elevador (EA) dedicado ao transporte de bens alimentares.

As quantidades transportadas por cada ciclo de distribuição são dependentes do número de pessoas internadas. No entanto, os mesmos tendem a possuir dimensões *standard*, utilizando assim carros de distribuição idênticos, capazes de satisfazer um número de internados, por andar, que não apresenta variações significativas no espaço temporal.

O início de um ciclo de distribuição dá-se com uma requisição, pela manhã e no início da tarde, via aplicação informática própria, e, em caso excecional, em formato papel caso haja anomalias no sistema.

2.6.3. Visitas

As visitas aos doentes internados encontram-se restringidas por horários próprios definidos para cada unidade. O regime geral de visitas é limitado entre as 13h-15h e entre as 19h-20h. No entanto, outras unidades de cuidados apresentam horários específicos, tais como referidos na Tabela 2, porém com afluência consideravelmente reduzida. Como tal, para todos os efeitos, considera-se apenas o regime geral de visitas como o horário em que é possível encontrar visitas no HNM.

Tabela 2 - Horários de visitas específicos para determinadas unidades de serviço.

Serviço	Horário
Cuidados Intensivos Polivalentes	16h-21h
Cuidados Intensivos Coronários	16h-17h e 19h-20h
Unidade de Acidente Vascular Cerebral	14h-15h e 18h-20h
Unidade de Neutropenia	14h-15h e 19h-20h
Unidade de Cuidados Intermédios de Cardiologia	17h-18h e 19h-20h
Cuidados Intensivos Neonatais e Pediátricos	Livre-Trânsito (Pais)

As visitas possuem à sua disposição 2 elevadores (EP1 e EP2), de uso não exclusivo, com sentidos ascendente e descendente, podendo ser usados no acesso à visita e para a saída. O número de visitas, no total, a comparecer nos horários é variável, bem como a sua distribuição pelos vários andares de visita.

2.6.4. Doentes

Os doentes são transportados entre andares para efeitos de realização de exames diagnósticos complementares, tratamentos, internamentos, realização de cirurgia, e ainda, transporte para a morgue do hospital. O fluxo de doentes pode utilizar um conjunto de 3 elevadores, EMM1 e EMM2 e ainda outro de uso exclusivo para o bloco operatório (EBO). Em caso de falecimento, os doentes são transportados no elevador EE.

Os horários de utilização são de carácter variável, estando sujeitos ao estado de saúde dos doentes e das exigências dos respetivos tratamentos médicos. Destaca-se, no entanto, que muitos dos procedimentos médicos para fins de diagnóstico complementar já são apoiados por equipamentos portáteis. Assim sendo, há uma diminuição do transporte, em elevador, de doentes para a realização de exames de diagnóstico complementar. Havendo, em contrapartida, uma utilização dos elevadores para o transporte de equipamentos portáteis, equipamentos com dimensões mais reduzidas do que uma cama hospitalar e com menores restrições operacionais.

2.6.5. Lavandaria

A lavandaria do HNM encontra-se responsável por realizar a recolha de roupa suja, bem como a entrega de roupa limpa. Os artigos enquadrados neste contexto são, maioritariamente, artigos de linha branca que inclui roupa de cama e atalhados, roupa do doente (pijamas, camisas), e também

fardamento dos profissionais. O processo de lavanderia é realizado por uma empresa contratada em regime de *outsourcing*, havendo, assim, uma maior necessidade de coordenação a nível de horários.

Este serviço contabiliza 4 profissionais distribuídos de forma igual entre o turno da manhã e o turno da tarde, isto é, 2 funcionários das 7h às 14h e outros 2 das 15h às 22h. Para os efeitos de distribuição e recolha de roupas, existe 1 elevador (EE) de uso partilhado, de forma intercalada, com outros utilizadores. As quantidades a serem transportadas pelos elevadores ocupam uma dimensão *standard*, limitada pela dimensão dos carros de transporte.

O ciclo de distribuição é iniciado com o cálculo de artigos de linha branca a transportar, dado o número de internamentos em dado momento. A decisão do número de artigos a distribuir é apoiada por um sistema informático do SESARAM que disponibiliza informação sobre o número de doentes internados. Assim, não é criado, em cada andar de internamento, um stock destinado a uma futura utilização.

2.6.6. Profissionais de saúde e administrativos

A utilização dos elevadores, por parte dos profissionais de saúde e administrativos, encontra-se limitada pelos horários laborais praticados pelos mesmos. A deslocação dos diversos profissionais apresenta diferenças consoante as funções laborais.

Os profissionais de enfermagem e os auxiliares de ação médica encontram-se distribuídos por 3 turnos: 8h-15h; 15h-22h; 22h-8h. Os profissionais administrativos de cada andar trabalham, de forma geral, segundo um horário das 8h às 16h. Os médicos apresentam um horário de difícil sistematização. Devido à elevada rotatividade entre as diferentes tarefas realizadas entre bloco operatório, internamento, consulta externa e serviço de urgência. Estes horários variam, também, consoante a especialidade médica e a altura da semana.

As horas de mudança de turno são marcadas por um tráfego significativo nos elevadores EP1 e EP2, nos dois sentidos. No entanto, a utilização no decorrer do turno de trabalho apresenta apenas uma utilização mais intensa, nos elevadores EMML1 e EMML2.

2.6.7. Distribuição da farmácia

A farmácia segue dois modelos distintos de distribuição. A distribuição de grandes quantidades de fármacos de uso corrente, e transversal à maioria dos doentes. E ainda a distribuição em quantidades reduzidas para utilizações esporádicas e pontuais em tratamentos particulares. A distribuição de grandes quantidades conta com o auxílio de 2 profissionais para as entregas nos respetivos andares de consumo, utilizando para tal os elevadores EMML1 e EMML2. As entregas são realizadas numa base semanal, variando o dia de distribuição consoante o serviço a abastecer. Os profissionais da distribuição da Farmácia, possuem um horário de trabalho único, das 8h – 17h. Porém, tal como os profissionais de distribuição do Aproveitamento, possuem a primeira e última hora do dia de trabalho reservadas para trabalho de armazém. Na análise do caso de estudo, identificaram-se esperas prolongadas para o uso dos elevadores para a distribuição da farmácia.

2.6.8. Distribuição de esterilizados

Os equipamentos esterilizados são manuseados por dois profissionais que possuem dois elevadores para a gestão da sua operação: o elevador EE para realizar a recolha de artigos por esterilizar, e ainda os elevadores EMM1 e EMM2, para a distribuição de material esterilizado. A entrega dos materiais é realizada até às 12h30, e a recolha dos materiais sujos para nova esterilização é feita a partir das 12h30, entre segunda-feira e sexta-feira. As dimensões dos carros de transporte são *standard* e, por norma, as cargas a serem transportadas não apresentam alterações significativas.

2.6.9. Lixo

Dentro da categoria lixo encontra-se englobado lixo hospitalar, lixo urbano e lixo reciclável. A recolha do lixo é realizada diariamente por dois profissionais, que se repartem entre as alas nascente e poente de cada andar. Os horários, de uma forma genérica, para a recolha de lixo, são das 9h às 11h e das 15h às 18h, fazendo uso do elevador EE.

As dimensões dos carros de transporte são *standard*, no entanto, as cargas a serem transportadas podem apresentar variações. As regras de movimentação manual de carga devem ser seguidas, não permitindo alcançar alturas de carga que tapem os ângulos de visão dos profissionais. O lixo hospitalar inclui dispositivos médicos descartados e lixo biológico, onde existe a necessidade da realização de um transporte em contentores de acondicionamento certificados.

2.7. Conclusão

A informação reunida no presente capítulo permite evidenciar horários de utilização coincidentes e identificar a distribuição de utilização, dos vários utilizadores, pelos elevadores existentes. A partilha do recurso elevador, em horários coincidentes, por parte dos seus diversos utilizadores potencia situações de conflito e gera tempos de espera. Restrições operacionais na utilização de elevadores originam impossibilidades de uso simultâneo. É proveitosa a existência de uma coordenação da distribuição interna que passa pela análise das operações da farmácia, da alimentação, dos bens de hotelaria, utensílios médicos e de enfermagem, lixo hospitalar, visitas e transporte de doentes. Tal análise potencia benefícios sobretudo ao nível da redução dos tempos de espera e consequente satisfação de todos os intervenientes (profissionais médicos e não médicos, pacientes e visitas).

Para os profissionais afetos à distribuição, a situação causa momentos desagradáveis, de pausa forçada, que têm impacto na rotina laboral e na sua própria satisfação. Além de que, devido à incerteza, a duração do processo de distribuição interna apresenta tempos de duração extensos e variáveis. Torna-se, assim, um processo pouco *standard* a nível de duração.

Para os doentes que se encontram internados, o impacto está na possibilidade da ausência, momentânea, de bens essenciais à boa prática de cuidados de saúde e de higiene ou, até mesmo, no atraso nas refeições e na receção de visitas. Pode, assim, tornar a experiência de internamento desagradável, além da conotação negativa que por si só apresenta. Estes fatores influenciam a experiência do doente e, conseqüentemente, a qualidade de serviço apresentada.

No que diz respeito às visitas, além do transtorno de uma espera não programada, existe também a possibilidade da ineficiência do processo ter impacto na duração da visita ao doente. Ou

seja, havendo horário próprio para as visitas, a ineficiência pode retirar tempo de contacto entre visitante e doente.

Por fim, no que diz respeito à administração, é exequível analisar a ineficiência do ponto de vista da distribuição. Sabendo que um profissional auferir uma remuneração horária, é possível quantificar quanto é que a SESARAM EPE despende em profissionais que se encontram em estado ocioso, devido aos tempos de espera alargados.

A procura da eficiência, do ponto de vista da distribuição, tem como objetivo a redução de gastos desnecessários e permitir que o produto certo, chegue ao local certo, na hora certa, nas quantidades certas, ao custo mínimo e segundo as especificações (Melo, 2012). Contribui, assim, para a qualidade do serviço e o bem-estar dos profissionais de saúde que podem contar com o material necessário para a boa e atempada execução das suas tarefas.

Assim, pretende-se, com esta dissertação, contribuir para uma melhor utilização dos elevadores com o intuito de alcançar uma redução do tempo de espera. A ausência de uma função integradora de toda a operação logística do HNM potencia o aparecimento de situações críticas associadas à utilização dos elevadores. Logo, a situação atual exige uma atuação no sentido de apresentar um escalonamento para os diversos utilizadores dos elevadores, sendo este o foco do trabalho.

3.Revisão de Literatura

O presente capítulo encontra-se estruturado segundo 2 subcapítulos que contribuem para o enquadramento da dissertação e, conseqüentemente, para a definição de uma metodologia, a aplicar, para a resolução do problema identificado. A pesquisa de literatura baseia-se em artigos e livros presentes em bases de dados científicas. Foi consultada a *ScienceDirect*, *Google Scholar*, *PubMed*, e ainda, a rede *Research Gate*. Com o intuito de filtrar os potenciais documentos de interesse, foram utilizadas as palavras-chave *distribution scheduling*, *hospital logistics*, *elevator/lift optimization*, *parallel machine*, *flow of people*, *linear programming in Health e Operations Reaserch in Health*. No entanto, a pesquisa não apresentou estudos a incidir, exatamente, na temática em estudo – a otimização da utilização de elevadores. A pesquisa devolveu literatura, em quantidade significativa, onde são abordadas técnicas para proceder a uma otimização do grupo de controlo do elevador. Trata-se de uma parte central, e fulcral, de um sistema de elevadores. Fica encarregue de atribuir, em tempo real, os elevadores às chamadas de serviço, isto é, o vulgar carregar no botão que apresenta o sentido que é pretendido seguir. É muito mais importante, quanto maior o número de elevadores, sendo que é possível programar o seu algoritmo para dar resposta aos pedidos de serviço tendo por base uma otimização da qualidade do serviço, do tráfego e/ou do consumo de energia. Porém, apesar da riqueza de literatura existente nessa área de estudo, o âmbito da dissertação encontra-se fora da mesma, visto que a otimização do grupo de controlo de um elevador incide numa otimização do funciona do elevador em si, ou seja, como é que o elevador deve responder aos pedidos de serviço. E, neste contexto, é procurado conhecer por sua vez o comportamento que os seus utilizadores devem ter perante as características de um conjunto de elevadores. Tem-se como meta alcançar uma redução dos tempos de espera, um parâmetro estritamente relacionado com a afluência aos elevadores, em um dado intervalo temporal. Como tal, aqui são debatidas abordagens que, fundamentadas, apoiam a construção de uma linha de raciocínio que oferece suporte à metodologia a seguir.

Neste enquadramento, os tópicos de destaque passam por, primeiramente, apresentar uma breve revisão de literatura sobre a gestão do fluxo de pessoas e mercadorias em edifícios (secção 3.1), contando com uma pormenorização no transporte vertical (subsecção 3.1.1), bem como a realidade da gestão do fluxo de pessoas e mercadorias em complexos hospitalares (subsecção 3.1.2). Destaca-se de antemão que as abordagens divergem consoante o tipo de fluxo, isto é, se é de pessoas ou de mercadoria. Assim, não é estabelecida uma abordagem consensual e apta para os dois tipos de fluxos em simultâneo. A secção 3.2, e respetivas subsecções, permitem clarificar uma relação evidenciada no capítulo 3.1, o uso de métodos quantitativos na abordagem à gestão do fluxo de pessoas e mercadorias em edifícios. Relaciona-se a temática em estudo com ferramentas que a investigação operacional oferece, sobretudo através da aplicação de simulação e programação linear inteira. Logo, a revisão de literatura prossegue com uma apresentação genérica, e exemplificativa, da aplicação da investigação operacional no setor da saúde (secção 3.2), onde posteriormente é possível abordar, em maior detalhe, o escalonamento (subsecção 3.2.1) e programação linear (subsecção 3.2.2). Na subsecção 3.2.3, um olhar sobre a técnica de simulação, e por fim, a técnica híbrida otimização-simulação (subsecção 3.2.4).

Finaliza-se o capítulo com um conjunto de considerações finais que pretendem destacar a informação relevante a reter para a continuidade do projeto, e onde toda a informação é integrada, e relacionada, com vista a oferecer uma base para o desenvolvimento da metodologia a aplicar (secção 3.3).

3.1. Gestão do Fluxo de Pessoas e Mercadorias em Edifícios

A circulação de pessoas no interior de edifícios é uma atividade exigente. O grau de dificuldade de tal operação é afetado por um conjunto de fatores como o modo, o tipo de movimento e a complexidade. Por modo entende-se a orientação do movimento, maioritariamente é feito horizontalmente, e, quando necessário, é possível recorrer a instalações de apoio para alcançar os mais diversos andares, deslocando-se assim verticalmente ou de uma forma inclinada. O tipo de movimento associa-se com o fator anterior, e apresenta a noção de que o movimento pode ser natural ou assistido, dependendo da existência, ou não, de uma instalação mecânica de apoio para facilitar o movimento. A complexidade está associada à diversidade e incerteza, características do ser humano, havendo assim conceitos e propósitos diferentes associados a idade, género, cultura e possíveis deficiências motoras (Barney & Lutfi Al-Sharif, 2015).

A edificação de uma estrutura, que lida com fluxos de pessoas e mercadorias, deve seguir um conjunto de requisitos, alcançados após uma detalhada análise, e que devem permitir um dimensionamento capaz de lidar com a circulação simultânea de diversas rotas, de uma forma clara e óbvia. Essas preocupações são apresentadas, de uma forma embrionária, nos trabalhos realizados por Tregenza (1971, 1976), com, respetivamente, a previsão da performance de elevadores em edifícios com múltiplos andares, e ainda com o projeto de circulação em interiores. Kavouna (1993), com o cálculo do tráfego pedestre em andares verticalmente conectados. Cria-se desde logo uma área de investigação que assistiu a um aumento de publicações sobre a temática. É possível destacar, o estudo dos processos de chegada aos elevadores, contrastando chegadas individuais com chegadas em grupo (Sorsa *et al*, 2016); a análise de estratégias de evacuação de edifícios altos, com uso de escadas e elevadores (Chen *et al*, 2016; Ding *et al*, 2014); a análise eficiente do processo de evacuação utilizando redes de fluxo (Jian *et al*, 2013); e o planeamento de instalação de elevadores em edifícios (Al-Sharif, 2017).

A preocupação para um correto dimensionamento de edifícios permite a criação de rotas de circulação lógicas, isto é, intuitivas para os vários utilizadores. Em casos de incompatibilidade, podem ser criados percursos distintos para produtos/serviços que apresentem restrições de manuseamento, sendo exemplo, em ambiente hospitalar, o material esterilizado. Respeitando os mais variados requisitos, é uma prática comum definir o dimensionamento espacial de forma a fomentar a minimização do movimento de mercadoria e pessoas para os locais de destino, também eles devidamente localizados e dimensionados para os seus fins. Ao mesmo tempo que é procurado atingir uma configuração espacial que reduz as deslocações, é permitido um fluxo livre de pessoas e mercadorias em zonas de circulação dimensionadas para ocuparem o mínimo de área útil, apenas com a área necessária para lidar com fluxos em situações extremas (Al-Sharif, 2014). Criando-se assim a ausência de sobredimensionamento, e de situações de *bottleneck*. No entanto, respeitando, sempre,

dimensões mínimas segundo códigos de incêndios e de segurança. Também a passagem de um modo para outro deve ser feita de forma não conflituosa, em espaços apropriados, isto é, a existência de zonas de espera apropriadas para transporte vertical e distantes de circuitos de passagem pedestres, horizontal. A movimentação de pessoas e mercadoria, tendo em conta todas estas condicionantes e fatores, tornam a tarefa de projeção, de espaços e de ferramentas para lidar com fluxo, imprecisa e incerta, tendo sido iniciado o uso de métodos empíricos para o seu dimensionamento, no que diz respeito a transporte vertical (Barney & Lutfi Al-Sharif, 2015).

Tabela 3 - Estruturas de gestão de fluxo de pessoas, com a correspondente capacidade de pessoas por minuto dada uma certa densidade. Fonte: Adaptado de Barney & Lutfi Al-Sharif (2015)

Modo	Estrutura	Capacidade (Pessoas/min)	Densidade (Pessoas/m2)
Horizontal	Corredor	84	1.4
Horizontal	Portas	60	1.4
Horizontal	Passagem	45	1.5
Inclinado	Escada Rolante	75	2.5
Vertical	Elevador	50	5.0

Para a tarefa de dimensionamento é possível contar com certas estruturas, bem comuns, para lidar com a gestão do fluxo de pessoas e mercadorias. A Tabela 3, adaptada de Barney & Lutfi Al-Sharif (2015), apresenta as estruturas segundo o seu modo de circulação, juntamente com a sua relação, apenas, com o fluxo de pessoas.

Os valores apresentados para a capacidade e densidade da respetiva estrutura surgem de uma análise *standard*, onde é considerado um metro de comprimento de largura em cada estrutura, juntamente com uma operação em fluxo ótimo consoante a densidade apropriada para cada estrutura. Os valores obtidos para as capacidades surgem da aplicação de fórmulas empíricas que relacionam diversos fatores, tais como densidade e velocidade. Barney & Al-Sharif (2015) apresentam um resumo do trabalho científico, produzido por vários autores, desenvolvido para o alcance de fórmulas empíricas para o correto dimensionamento de estruturas que lidam com o fluxo de pessoas. Estas fórmulas podem contar com os frutos dos trabalhos guiados por Al-Sharif (1996), onde é estudado o fluxo de pessoas no metropolitano londrino.

As estruturas não modeladas com recursos a expressões matemáticas, apoiam-se em tabelas com informação, também ela de foro prático e com a capacidade de, igualmente, conjugar variáveis como velocidade, largura e densidade. A noção de densidade empregue neste contexto, apresenta um conceito próprio. Essa noção apresenta a preocupação para com o conceito de espaço pessoal/individual. Hall (1966), atendendo à noção de espaço pessoal, conferiu um *buffer* para um indivíduo, como mostra a Figura 9 (retirada de Barney & Al-Sharif (2015)), dimensionando em uma

elipse, apta para 90% dos sujeitos, de 600 mm por 450 mm, dimensões essas que podem apresentar variações devido à cultura, idade, estatuto, género, deficiências e até nacionalidade. É relativamente plausível realizar uma aproximação para todos os géneros com a mesma elipse, visto que uma pessoa adulta, do sexo feminino, tende a usar os seus pertences para criar uma maior zona de segurança em espaços confinados, e as crianças tendem a movimentar-se com frequência. Este conceito, que visa o respeito pelo bem-estar humano e pelo espaço pessoal, apoia muitos autores, alguns já mencionados, a dimensionarem estruturas com medidas aceitáveis para um certo fluxo.

Porém, A realidade da corrente situação, que serve como base para a realização da presente dissertação, não permite um dimensionamento das estruturas, nomeadamente dos elevadores. Como tal, a dimensão dos mesmos, e das restantes estruturas, é vista como uma restrição e não pode ser alvo de alterações.

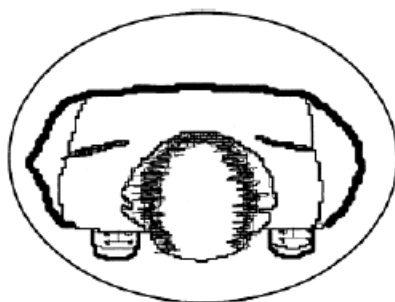


Figura 9 - Esquema representativo de uma elipse para auxiliar o dimensionamento de estruturas. Fonte: Barney & Lutfi-Sharif (2015).

Todavia, a informação anteriormente apresentada é útil para permitir atuar em outra perspetiva. Através de um *shaping* da procura para uma configuração de utilização mais adequada, moldando assim a procura à capacidade de oferta dos elevadores (Al-Sharif, 2014). Trata-se de uma gestão da capacidade previamente estabelecida, e conhecida, objetivando a não ocorrência de situações de *bottleneck*, caracterizado pelo afunilamento de pessoas na tentativa de utilização de certa estrutura que gere fluxo.

Nesse sentido, *Davies et al* (1995) estabelecem uma mudança de paradigma ao apresentar dados que destacam que os contributos dos métodos tradicionais, os métodos empíricos, apresentam um certo grau de ineficiência ao nível dos cálculos e, conseqüentemente, do dimensionamento. Como resposta, é dado valor às técnicas de processamento de imagem, de extrema utilidade para a recolha de dados e monitorização do movimento de massas. A simulação fica a merecer destaque como uma oportunidade para a modelação do comportamento dos utilizadores de elevadores em edifícios. Empregar uma técnica de simulação permite que os seus resultados interajam com o processo de decisão e torne possível compreender o comportamento de certos KPIs, ao longo de um modelo apoiado em um conjunto de pressupostos. É comumente utilizado como ferramenta para aprender a lidar com situações extremas, nomeadamente em congestionamentos ou situações de evacuação (Brocklehurst *et al*, 2006; Siikonen, Susi, & Hakonen, 2001). Esta informação apoia o contínuo desenvolvimento de trabalhos de simulação na área, ou de trabalhos que ilustram o procedimento de simulação do comportamento de elevadores (Henri Hakonen & Siikonen, 2009).

A gestão do fluxo de materiais apresenta um elevado número de trabalhos publicados na literatura. No entanto, a temática com maior peso nos trabalhos publicados centra-se no fluxo físico de materiais de um fornecedor para um consumidor, ou seja, ao longo da cadeia de abastecimento (Agrawal, 2014). Já o fluxo interno de material, ou seja distribuição interna dentro de uma instituição de consumo, apresenta pouca atenção da literatura (Volland *et al*, 2017). Destaca-se que o fluxo de materiais a ser estudado, neste contexto, é meramente o físico. Assim, toda a parte tecnológica de sistemas de informação para rastreamento de fluxo não é abordada, a título de exemplo, o caso de instalação de *tags* e *readers* de *Radio Frequency Identification* (RFID) em contexto hospitalar, com o intuito de monitorização (Yazici, 2014).

Associado à distribuição de material, existe, com frequência, o conceito de escalonamento (Devapriya *et al*, 2017; Viergutz & Knust, 2014). É uma atividade encarregue de planear recursos para determinadas tarefas, dado um determinado intervalo temporal. São tomadas decisões, de carácter sequencial, que culminam na otimização de um, ou mais objetivos, sendo exemplos a minimização do tempo de processamento de um certo processo (Pinedo, 2002). Li & Ierapetritou (2008) referem que, maioritariamente, uma dada sequência de tarefas tem um forte impacto no desempenho de um dado sistema. Isto é, a correta afetação de um recurso a uma dada tarefa contribui para uma sequência otimizada. O escalonamento é, assim, um processo para auxiliar a tomada de decisão em sistemas de produção, também aplicado a transporte e distribuição (Pinedo, 2002).

O conceito de escalonamento, ao ser transportado do âmbito industrial e do planeamento e controlo de operações para o enquadramento da temática em estudo, pode apresentar-se como uma abordagem válida no contexto deste trabalho. Um elevador, sendo um recurso destinado ao transporte de mercadorias e pessoas, em situações de fluxo intenso, pode criar uma situação de *bottleneck*. Carece assim, das potenciais vantagens da aplicação de escalonamento para uma estratégia de gestão otimizada. Como tal, no decorrer da presente revisão de literatura, o tópico escalonamento é merecedor de maior destaque, sendo abordado futuramente na secção 3.2.1.

3.1.1.Elevadores

Os elevadores são estruturas que permitem satisfazer um determinado fluxo para diversos andares de um edifício. Para permitir essa satisfação é necessário um julgamento, de carácter minucioso, sobre o universo utilizador das estruturas elevatórias e os seus padrões de utilização. Uma apropriada análise dessas características operacionais cria situações eficientes a nível de custos. Todo o processo de utilização de um elevador recebeu uma intervenção, a partir do ano de 1900, graças ao crescente aumento dos custos e alturas alcançadas por edifícios. A intervenção na mecânica de todo o processo deu-se, em grande parte, devido à introdução dos elevadores por tração, e ainda, à generalização do uso da eletricidade (Strackosch & Caporale, 2010).

A gestão do fluxo de pessoas e mercadorias em elevadores requer uma análise do ponto de vista das condições operacionais. São estudadas questões de compatibilidade e função. O planeamento do fluxo de pessoas passa por determinar quantas pessoas requerem transporte, em que altura do dia se realizará o(s) pico(s) de utilização, e se ocorre fluxo unidirecional (*All up peak traffic* ou

Down peak traffic) ou bidirecional (*Two way traffic flow*) (Strackosch & Caporale, 2010). Os padrões de fluxo em um elevador podem ser categorizados e, respectivamente caracterizados, por:

All up peak traffic – quando o único, ou dominante, padrão de fluxo é na direção ascendente. A maioria dos passageiros entram no sistema elevador na entrada principal do edifício.

Down peak traffic – quando o único, ou dominante, padrão de fluxo é na direção descendente. A maioria dos passageiros saem do sistema elevador na entrada principal do edificio.

Two way traffic flow – quando o fluxo dominante é de, e para, um específico andar, podendo ser a entrada principal do edifício.

Mid day traffic flow – quando, durante o meio do dia (hora de almoço), o fluxo dominante é de e para um ou mais específicos andares, podendo um deles ser a entrada principal do edifício.

Random interfloor traffic – quando não há um padrão possível de ser detetado.

Um elevador dimensionado para suportar, de forma eficiente, o padrão de tráfego *All up peak traffic*, lida de forma adequada com os restantes padrões de fluxo. No entanto, excluindo situações tais como, horas de refeição em hotéis, horas de visitas em hospitais, e hora de almoço em praticamente todos os edifícios (Barney & Lutfi Al-Sharif, 2015).

Além do conhecimento do padrão de fluxo, os fatores relacionados com tempo e movimento durante as operações de transporte de pessoas e/ou materiais, são cruciais para permitir a passagem do conhecimento da realidade para uma modelação do sistema. Destacando assim, as seguintes medições:

Loading Time – O tempo necessário para um dado número de pessoas, ou material, entrar em um elevador. Deve ser calculado tendo em consideração diferentes condições de operação, tais como, diferentes larguras de portas, configuração, distribuição dos elevadores, e a densidade populacional no seu interior.

Transfer Time – O tempo necessário para carregar, ou descarregar, o conteúdo de um elevador acima do nível considerado como entrada principal do edifício. O seu cálculo possui as mesmas considerações do *Loading Time*.

Door Closing Time – O tempo necessário para uma porta de elevador ficar completamente fechada, permitindo assim o início do cálculo de outros fatores relacionados com o tempo. Velocidades de fecho de porta podem estar regulamentadas por questões de segurança. O esquema de porta pode influenciar esta medida, por exemplo portas duplas ou porta única.

Door Opening Time – O tempo necessário para uma porta ficar completamente aberta, permitindo assim o início do cálculo de outros fatores relacionados com o tempo. As Velocidades de abertura de porta podem estar condicionadas devido questões de segurança. A configuração da porta, portas duplas ou porta única, pode influenciar esta medida.

Operating Time – O tempo necessário para um elevador se deslocar de andar em andar.

3.1.2.O Caso Particular dos Hospitais

Os corredores hospitalares são dimensionados para acomodar o tráfego de camas/macas e equipamentos que transportam materiais, assim, por norma, não oferecem qualquer impasse de maior ao tráfego pedestre por parte dos profissionais e auxiliares médicos. Os elevadores oferecem um serviço complementar para a movimentação de camas/macas ou de equipamentos que transportam materiais para os diversos andares (Barney & Lutfi Al-Sharif, 2015).

De todos os edifícios institucionais, os hospitais são aqueles que apresentam uma procura mais crítica por transporte vertical (Strackosch & Caporale, 2010). O projeto de estruturas de apoio ao fluxo de pessoas e materiais nos hospitais deve, após conhecer o *modus operandi* do hospital, incluir como considerações:

- Número de funcionários
- Turnos
- Número e horário de visitas
- Localização de serviços hospitalares
- Distribuição alimentar
- Materiais
- Lixo
- Evacuações de emergência

Juntamente com estas considerações, há questões de higiene e segurança a observar, tais como evitar fluxos que permitam cruzamento de infeções. Como exemplo, a necessidade de rotas para material esterilizado que não permita a coexistência com materiais portadores de resíduos biológicos (Barney & Lutfi Al-Sharif, 2015).

O fluxo de pessoas e mercadorias em um hospital pode ser categorizado de duas formas distintas: 1) o tráfego pedestre, que consiste em fluxo gerado por auxiliares médicos, médicos, técnicos, voluntários, visitas e pacientes; 2) o tráfego de veículos, que incorpora doentes deslocados em macas ou cadeira de rodas, bens de hotelaria, alimentação, aprovisionamento, equipamentos portáteis, entre outros (Melo, 2012). A separação destes tipos de fluxo tem sido identificada como a melhor abordagem para a gestão do tráfego interno hospitalar (Strackosch & Caporale, 2010). A ausência da separação destes dois tipos de fluxos em hospitais pode levar a situações de espera demoradas e desconforto para os seus utilizadores.

3.2. Investigação Operacional e a Saúde

Os métodos quantitativos, em muito representados por técnicas de IO, estão cada vez mais presentes no setor da saúde. Regista-se um crescimento das suas aplicações, ao longo dos anos, impulsionado pelo incremento da indústria da saúde (Gray, 2012).

A nível europeu, o Reino Unido é o país com maior número de pessoas empregadas no setor da saúde. Brailsford & Vissers (2011) destacam que os custos acrescidos na saúde oriundos de avanços tecnológicos, mudanças no padrão demográfico, principalmente o envelhecimento da população, são assuntos de interesse dos decisores locais e fazem proliferar os estudos na área. Desde

os meados do século XX, a IO tem contribuído, nos mais variados setores, na resolução de diversos tipos de problemas. No setor da saúde, as decisões prendem-se maioritariamente com a afetação de recursos, a procura por soluções otimizadas, a análise de grandes bases de dados, o escalonamento de atividades e de pessoal, e o planeamento dos serviços de saúde. Para Romero-Conrado *et al* (2017), os problemas tendem a ser complexos, mas a identificação de abordagens já realizadas, presentes em literatura, e a procura de padrões de semelhança entre essas abordagens e os problemas em estudo, permitem adaptar aplicabilidades para diferentes realidades. Sendo comum a presença de metodologias desenhadas para diferentes indústrias, e diferentes problemáticas, possuem adaptações que as tornam aptas para cenários diferentes daqueles para os quais foram inicialmente concebidas. Os autores afirmam que a IO é uma abordagem sólida no que diz respeito à tomada de decisão em saúde.

Os sistemas de saúde variam de país para país, criando assim abordagens com diferentes propósitos. Em ambientes competitivos, como é o caso de hospitais privados, o foco é, maioritariamente, a melhoria do serviço. Onde existe um orçamento a cumprir, como é o caso da realidade dos hospitais públicos, o foco está em melhorar a eficiência. Ao mesmo tempo que a eficiência é procurada, há respeito para com os incentivos, por parte de entidades governamentais da saúde, para a redução de listas de espera, ou pelo controlo de custos na oferta de serviços de saúde pública (Brailsford & Vissers, 2011). Algumas contribuições, da comunidade científica de IO, para os serviços de saúde, passam pelos seguintes trabalhos. Note-se que esses trabalhos evidenciam temáticas de relevo abordadas em saúde.

1. Localização de ambulâncias sob incerteza da procura (p.ex. Trakulmaykee *et al*, 2016);
2. Modelos para a otimização da ocupação de camas nos hospitais (p.ex. Belciug & Gorunescu, 2016);
3. Modelos Markov para o processo de admissão de doentes (p.ex. Gedik, Zhang, & Rainwater, 2017);
4. Modelos de decisão multicritério para a aquisição de equipamentos (p.ex. Ivlev, Jablonsky & Kneppo, 2016);
5. Inteligência artificial em formulação de processos e desenvolvimento de medicamentos para a indústria farmacêutica (p.ex. Khalid *et al*, 2016).

Muita da literatura existente, reunida por organizações, tais como *Operational Research Applied to Health Service* (ORAHS) e *Research into Global Healthcare Tools* (RIGHT), abordam apenas modelos conceptuais. Modelos esses que acabam por nunca verem os potenciais benefícios das suas aplicações, ao nunca serem utilizados pelos verdadeiros decisores. É possível justificar tal situação pela simplificação feita de uma realidade complexa e pelo tempo necessário na eventual aplicação dos resultados do estudo (Brandeau, 2016). O início de um estudo, com aplicação de IO na saúde, deve, portanto, ter como objetivo resolver um problema concreto e importante. Assim, os seus resultados podem ser considerados e posteriormente aplicados pelos decisores. Brandeau (2016) corrobora a anterior afirmação e, ainda declara, que resolver um simples problema de escalonamento, pode ser uma mais valia para o decisor, no entanto, para a comunidade académica o contributo de tal estudo é

praticamente nulo. Isto demonstra que, por parte dos académicos, há um maior interesse em desenvolver estudos teóricos em detrimento de aplicações práticas em casos reais.

Segundo o mesmo autor, Brandeau (2016), o processo de implementação de técnicas de IO na saúde deve ser feito em colaboração com os profissionais de saúde, com o intuito de diminuir o efeito *blackbox*. Trabalhar com os decisores permite criar um modelo simples e retificar tendo em conta o *feedback* dos decisores. É um processo iterativo, e permite a verificação e a validação do modelo, além da constante presença dos decisores que leva a uma melhor compreensão de todo o processo. Isto potencia a efetiva implementação e aplicação dos modelos ou abordagens desenvolvidas.

Os problemas de gestão no âmbito dos serviços de saúde, com maior presença em jornais de especialidade médica (exemplo: *Health Care Management Science*) e de IO (exemplo: *European Journal of Operational Research*) são de escalonamento de doentes, escalonamento de recursos e logística em saúde (Romero-Conrado *et al*, 2017). O escalonamento de recursos é uma área de investigação ativa, originando frutos em problemas relacionados com a melhor utilização de capacidades instaladas ou com a redução de custos (Romero-Conrado *et al*, 2017).

A informação explorada na presente secção, demonstra a importância crescente na implementação de abordagens de IO no contexto de serviços de saúde. Visto que a revisão de literatura, até então, permitiu desvendar os aspectos positivos de escalar recursos, a secção seguinte debruça-se sobre o escalonamento de recursos.

3.2.1. Escalonamento

O escalonamento é a atividade com maior destaque a nível operacional. É necessário sempre que existe competição entre duas, ou mais tarefas, pela utilização dos mesmos recursos. Trata-se de um procedimento que relaciona a afetação de recursos com a sequência de tarefas. De uma forma geral, descreve quando e onde deve ser realizada cada operação necessária para um dado fim (Kumar & Suresh, 2008).

A resolução de problemas de escalonamento são uma prática comum no quotidiano dos profissionais de gestão (Leal, 2007). Genericamente, é possível contar com recursos, tarefas e tempos de processamento. Tendo em conta o contexto do presente problema, podemos identificar, de uma forma análoga, os recursos como os elevadores e as tarefas como a necessidade de deslocação de pessoas e/ou material, sendo este último aspeto caracterizado por um determinado tempo de processamento. O tipo de problema em análise está diretamente relacionado com o modo como os recursos estão dispostos para o processamento das tarefas. A realidade dos elevadores do HNM é identificada como um problema de n máquinas que trabalham em paralelo.

O escalonamento com máquinas em paralelo é um problema muito comum na literatura. É identificado quando mais que uma máquina consegue realizar a mesma função. Por norma, a avaliação do sistema é feita tendo por base o desempenho de KPIs ou de funções objetivo (Pinedo, 2002). Ainda segundo Pinedo (2002), o escalonamento de recursos em paralelo pode ser visto como um processo bifásico: inicialmente são selecionadas as tarefas que vão ser processadas num dado recurso; e de seguida, é determinada a melhor sequência das tarefas, nos respetivos recursos.

A atribuição de tarefas a recursos é feita tendo por base restrições operacionais. As restrições, neste contexto, são identificadas pela existência de elevadores de uso exclusivo, de restrições de manuseamento de certos materiais e, ainda, pela capacidade dos elevadores. Assim, a afetação de um recurso (elevador) a uma certa tarefa (utilizador), encontra-se delimitada pelas restrições. O cruzamento das restrições operacionais e do objetivo que é procurado alcançar, permite criar o espaço de soluções admissíveis. Dentro do contexto do presente trabalho, o conjunto de soluções admissíveis é o espaço que contempla as configurações de utilização plausíveis. Isto é, a identificação da tipologia de utilizador que deve usufruir de um dado conjunto de *slots* temporais disponíveis, em prol de um objetivo. O espaço amostral é maior quanto maior o número de recursos disponíveis e de tarefas a realizar. No entanto, sempre limitado pela rigidez das restrições (de Jong, 2012).

Volland *et al* (2017) resume a reduzida literatura que relaciona distribuição hospitalar com escalonamento e destaca 4 artigos considerados relevantes. Augusto & Xie (2009) resolvem um problema de escalonamento relativo ao fornecimento de armários de fármacos, através da utilização de um modelo de programação linear inteira mista, juntamente com simulação, cujo objetivo é a diminuição do número de rotas e a carga horária. Banerjea-Brodeur *et al* (1998) determinam a quantidade e regularidade na entrega de artigos de hotelaria, através de uma heurística *tabu search*, com vista à redução dos custos totais. Lapierre & Ruiz (2007) resolvem um problema de escalonamento de vários itens, sob restrições de armazenamento e de disponibilidade de profissionais. O problema é formulado por um modelo de programação não linear inteira mista e a solução é obtida por uma meta-heurística. O principal objetivo é minimizar custos de inventário e harmonizar a carga de trabalho de profissionais. Michelon *et al* (1994) comparam sistemas de distribuição de itens variados. É utilizada uma heurística *tabu search* para a minimização do número de tarefas não realizadas. O grau de complexidade de um problema de escalonamento é variável, como tal, dependendo do grau de complexidade são empregues técnicas de resolução diferentes. As técnicas para pesquisar soluções podem variar entre métodos exactos ou heurísticas (Harjunkoski & Bauer, 2017). Ainda segundo o autor, as soluções obtidas podem, logicamente, também variar entre ótimas a de boa qualidade. Sendo que as heurísticas se caracterizam pela obtenção de soluções de boa qualidade, não necessariamente ótimas, em curtos espaços de tempo (Harjunkoski & Bauer, 2017). E requerem menor exigência de modelação. Estas características contrastam com a descrição da aplicação de métodos exactos.

Para além dos trabalhos previamente mencionados, no contexto da presente dissertação, o trabalho desenvolvido por Buzaglo (2011) no Hospital de Santa Maria, Lisboa, é identificado como um exemplo de conciliação de conceitos quantitativos no âmbito hospitalar. É um trabalho que pretende alcançar a minimização do *Makespan* (tempo de finalização da última tarefa no sistema) em um sistema de distribuição de material clínico, onde um universo de 12 elevadores são, também, os recursos disponíveis para a operação de distribuição que pretende abastecer, semanalmente, 145 serviços. O universo de elevadores considerados são do estilo “Monta-Macas/Logísticos” e encontram-se alocados a todo o tipo de fluxo que se possa considerar no âmbito hospital, nomeadamente lavandaria, restauração, transporte de lixo, horário de consultas e de visitas e horário de troca de turnos. Para dar resposta ao objetivo proposto na dissertação, Buzaglo (2011) construiu um modelo de otimização em programação linear inteira mista que permitiu propor uma sequência de tarefas, obtido através da

utilização de um *solver* comercializado pela IBM, CPLEX na versão 12.2, na ferramenta de modelação GAMS na versão 23.5. Como resultado, foi possível obter, após um tempo médio de processamento de 27 minutos, um sequenciamento para as tarefas de distribuição, que segundo o modelo, permite finalizar toda a operação, sensivelmente uma hora antes do fim do horário laboral. De notar que Buzaglo (2011) utilizou a construção de cenários, plausíveis em âmbito hospital, justificando assim, tempos de processamento diferentes que retraram cenários de exigência variável, em termos computacionais. De uma forma geral, é possível identificar o trabalho de Buzaglo (2011) como de maior complexidade, devido à existência de um maior número de recursos, que neste contexto são os elevadores. Bem como, de um número significativamente maior de tarefas a serem desempenhadas no sistema. É notável que a dimensão do problema é proporcional à dimensão do hospital em questão. Sendo o Hospital de Santa Maria, uma instituição de dimensões consideráveis em relação com o HNM. Confirma-se, assim, as afirmações de De Jong (2012) sobre o impacto na dimensão do espaço amostral, através do aumento de recursos e tarefas a desempenhar em um sistema.

Os trabalhos pretendem alcançar uma solução ótima, ou de boa qualidade, consoante a metodologia aplicada. No entanto, é de todo o interesse avaliar o impacto da solução, num dado intervalo temporal. Esse interesse mostra a mais valia da potencial implementação de uma técnica de simulação, já evidenciada como uma ferramenta útil em gestão do fluxo de pessoas e mercadorias em edifícios (secção 3.1), através de Al-sharif (2017) e Henri Hakonen & Siikonen (2009). Juntando-se assim à programação linear como ferramenta de otimização para a resolução de problemas de escalonamento, demonstrado, a título de exemplo, pelos trabalhos de Buzaglo (2011), Lapierre & Ruiz (2007) e Augusto & Xie (2009). Há ainda, a possibilidade de apresentar uma combinação de programação linear e simulação, através de otimização-simulação e analisar o desempenho de uma dada solução, em vez de um olhar somente estático sobre a mesma.

Assim, a secção seguinte (3.2.2) nasce com o intuito de apresentar, de uma forma mais detalhada, as diferentes abordagens até então identificadas, e superficialmente discutidas, como potenciais candidatas a metodologia a aplicar. Como tal, são abordadas e alvo de discussão a programação linear inteira, simulação e otimização-simulação, a fim de identificar uma abordagem que permita a obtenção de soluções de boa qualidade, ou até ótima. Em um curto espaço de tempo, e que seja apta para problemas de escalonamento, como o do presente trabalho.

3.2.2. Programação Linear

O desenvolvimento da programação linear encontra-se identificada como um dos mais importantes avanços científicos do século XX (Hillier & Lieberman, 2005). Os seus impactos são notórios, permitindo diversas empresas, a atuar nas mais variadas indústrias, alcançar poupanças na ordem dos milhares, e até milhões de euros.

Segundo Winston (2003), a programação linear é definida como uma ferramenta para a resolução de problemas de otimização. Para tal, utiliza a formulação matemática para descrever os problemas em estudo. O termo “linear” implica que todas as funções matemáticas presentes sejam funções lineares, já o termo programação, que não advém da gíria informática, pode ser visto como um

sinónimo de planeamento. Assim, a programação linear está encarregue de planear atividades com o intuito de obter resultados ótimos. Isto é, a alcançar objetivos específicos, segundo o formulado matematicamente, e tendo em conta as soluções viáveis (Winston, 2003).

Perante Hillier & Lieberman (2005), o processo de otimização, através de programação linear, pode ser visto como a construção de um modelo matemático que, com expressões e símbolos matemáticos, expressa a essência de um problema. Igualmente para Hillier & Lieberman (2005), de uma forma genérica, é possível identificar, e posteriormente explicar, as seguintes fases na resolução de um problema de otimização:

1. Definição do problema e recolha de dados;
2. Formulação do modelo matemático;
3. Extração de soluções do modelo;
4. Teste e validação do modelo;
5. Aplicação do modelo;
6. Análise dos resultados.

Na primeira fase, definição do problema e recolha de dados, debruça-se sobre estudo do sistema em análise. O mesmo é definido e representado sobre um conjunto de declarações, onde se inclui a idealização dos objetivos e a identificação das diferentes restrições existentes. Os objetivos traçados devem ser conscientes, e respeitar a organização num todo, criando soluções ótimas a nível global ao invés de soluções subótimas e talhadas para segmentos da organização. O estudo deve ser tecnicamente detalhado, com capacidade de, posteriormente, oferecer recomendações aos decisores do problema. A recolha de dados implica, habitualmente, dispensar um tempo considerável na recolha de dados relevantes para o problema. Esse tempo é necessário para compreender o problema de uma forma precisa, bem como para a recolha de *inputs* para alimentar o futuro modelo matemático.

A segunda fase, formulação do modelo matemático, é alimentada com informação extraída da fase anterior (recolha de dados). É feita uma tentativa de modelar o comportamento de um dado sistema, recorrendo a expressões lineares e símbolos matemáticos. A possibilidade de representar um dado sistema, segundo esta técnica, está dependente da complexidade do mesmo. Como tal, é comum a existência de simplificações e aproximações da realidade, em ordem a tornar o modelo apto a resolução. Como já mencionado, a alimentação a este modelo advém da recolha de dados, no entanto, os valores atribuídos a parâmetros podem se tratar apenas de estimativas. Associado, em muito, à incerteza sobre o verdadeiro valor de parâmetro, assim é importante a prática de análises de sensibilidade. Com esta informação, é simples chegar à conclusão de que não existe um modelo certo para determinado problema, pelo que dois, ou mais, modelos diferentes, podem ser construídos e, com sucesso, analisar um mesmo problema.

A modelação matemática inclui:

- Função objetivo – Em problemas de programação linear, o decisor quer maximizar ou minimizar uma função que relaciona variáveis de decisão.

- Restrições – Relações matemáticas que pretendem representar, matematicamente, incompatibilidades operacionais existentes no sistema real.

Podemos reter que esta fase é de enorme importância em todo o processo de otimização, e deve ser acompanhada por perto pelos *stakeholders*, e decisores do problema.

Na terceira fase, extração de soluções, é possível obter soluções ótimas. No entanto, devemos reconhecer que o mesmo parte de uma idealização de uma realidade, a qual pode não representar a mesma da melhor maneira possível, sobretudo na presença de elevada variabilidade e incerteza em redor da construção de um modelo matemático. Para garantir a melhor construção, deve-se realizar verificação e validação do modelo, algo que é discutido posteriormente. No que diz respeito a soluções, podem ser obtidas por métodos analíticos, gráficos e mais comum, com recurso a algoritmos de resolução, ou seja, *solvers*. Aqui, destaca-se o CPLEX, distribuído pela IBM, e que é o *solver* utilizado no âmbito do presente trabalho.

Em uma quarta fase de otimização, teste e validação do modelo, é procurado reconhecer se o modelo se encontra a oferecer soluções viáveis, e que vão de encontro ao esperado, tendo em conta todas as restrições, e a realidade do problema em estudo. É uma fase muito relacionada com o contexto e a dinâmica do problema em estudo. Nesta fase, a presença dos *stakeholders* é de elevada importância, a fim de garantir que as soluções obtidas vão de encontro ao pretendido, enquanto respeitam as devidas restrições.

Numa fase final, a etapa 5, dedicada à aplicação do modelo, pretende-se realizar a aplicação da formulação matemática com o intuito de retirar partido das potenciais soluções que a mesma tem para oferecer. Posteriormente à obtenção dos resultados, os mesmos são analisados, destacando-se assim, a existência da etapa 6, a análise de resultados. Através de um olhar crítico, e contextualizado pelo enquadramento do problema, deve-se questionar as soluções acerca da plausibilidade das mesmas. No culminar do diferente conjunto de fases, e etapas, torna-se possível destacar informações úteis e que podem ser aplicadas para uma melhor gestão de um dado sistema.

A obtenção de um modelo adequado pode ser uma tarefa complexa. Porém, os resultados obtidos por meio de otimização garantem soluções ótimas (Hillier & Lieberman, 2005).

3.2.3. Simulação

A simulação é uma técnica usual em investigação operacional. Permite a representação de um sistema de elevada complexidade, capaz de incluir detalhes minuciosos. Tendo em conta os pacotes de *software* atuais, é também uma ferramenta de interface intuitiva (Hillier & Lieberman, 2005).

Segundo, Hillier e Lieberman (2005) a simulação é opção quando problemas complexos são abordados, complexidade essa que impossibilita a transformação da realidade em um modelo matemático. A dinâmica, ao empregar um modelo de simulação, permite que o decisor analise o comportamento e as interações entre vários componentes do sistema quando submetido a condições pré-estabelecidas. Assim, conclui-se que quando um problema possui uma complexidade elevada, impossibilitando a modelação matemática, a simulação torna-se a ferramenta de eleição. Tendo como

mais valia a possibilidade de visualizar impactos ao longo de um intervalo temporal, ao invés de uma análise estática. Apesar da vantagem na possibilidade de modelar sistemas complexos, a mesma apresenta como desvantagem o facto de trabalhar à base da experimentação. Tornando menos económica em termos de recursos. Além de que cada resultado obtido através de simulação é único e como tal, necessita de especial atenção, através de uma análise específica.

Tendo em mente o contexto do projeto, a literatura oferece um número de trabalhos de simulação associado à utilização de elevadores (Hakonen, 2003; Hanoken *et al*, 2009; Siikonen *et al*, 2001; Sorsa *et al*, 2016). De uma forma genérica, os trabalhos estudam situações extremas que necessitam recorrer ao uso de elevadores. São retratadas situações de evacuação de edifícios institucionais a fim de descobrir o tempo necessário para tal operação. No entanto, também é possível encontrar simples simulação do comportamento de utilização.

Apesar da grande vantagem oferecida, de permitir modelar sistemas complexos, a técnica apresenta limitações que um modelo matemático exato não oferece, baseando-se assim, num método de experimentação contínua e que acaba por consumir mais recursos, quer temporais, quer computacionais.

3.2.4. Otimização-Simulação

Todavia, o crescimento das potencialidades computacionais permitiu o aparecimento de métodos que combinam as duas metodologias (Figueira & Almada-Lobo, 2014). Os modelos de otimização-simulação lidam com situações onde se pretende analisar diferentes configurações, oriundas da combinação de diferentes especificações, e assim compreender que configuração oferece o maior impacto positivo no desempenho de um dado sistema (April, Glover, Kelly, & Laguna, 2003).

A dinâmica do funcionamento de tal método, segue a lógica representada no esquema identificado pela Figura 10.

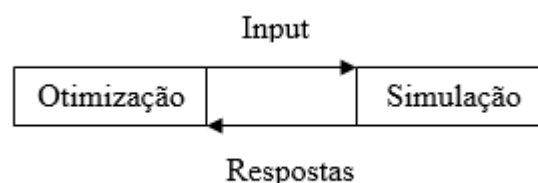


Figura 10 - Esquema de funcionamento de um método de simulação-otimização. Fonte: Adaptado de Figueira & Almada-Lobo, (2014).

A Figura 10 mostra um ciclo, iniciado por *inputs*. Esses *inputs* obtidos recorrendo a métodos exatos ou heurísticas, são alvo de uma simulação. O registo do comportamento é monitorizado e analisado. Os seus resultados são guardados para uma posterior comparação. De seguida, o *input* inicial é recalculado, tendo em conta métodos exatos ou heurísticas.

Trata-se de uma estratégia que oferece *feedback* no decorrer do processo de procura por soluções ótimas, culminando na criação de consequentes *inputs* para o modelo de simulação (Carson &

Maria, 1997). A lógica da otimização-simulação permite tirar partido do detalhe e capacidade de avaliação da simulação, e da potencialidade das técnicas de otimização na procura de soluções ótimas, ou de boa qualidade, em casos de utilização de heurísticas (Figueira & Almada-Lobo, 2014). Contudo, apesar da crescente utilização deste método híbrido, o mesmo requer conhecimento técnico, por parte do utilizador, e um tempo considerável dedicado à computação (April et al., 2003). A literatura existente permite encontrar trabalhos que utilizam métodos de simulação-otimização em problemas de escalonamento. No entanto, nenhum que relacione escalonamento de utilizadores para elevadores, em âmbito de distribuição hospitalar. Assim, há destaque, a título de exemplo, para Yang (2009) que utiliza a técnica para a resolução de um problema de escalonamento em máquinas paralelas, relativo a produção. O problema enquadra-se na produção de circuitos integrados, composto por 3 fases distintas. Um dos processos, *wirebonding*, é identificado como *bottleneck* do processo, criando um acumular de variados itens para futuro processamento. O problema é considerado de escalonamento de máquinas paralelas, e para a procura de solução utiliza um método de simulação-otimização com a implementação de um algoritmo evolutivo. É alcançada uma solução que apresenta variações de 2% face ao limite inferior para o tempo de processamento, tendo sido considerada um sucesso.

3.3. Conclusão

Na realização deste capítulo foram introduzidos tópicos necessários, dado o contexto do problema, para a resolução do caso de estudo do HNM. É abordada literatura referente ao fluxo de pessoas e mercadorias em edifícios, havendo destaque para o uso de elevadores, e da realidade vivida em complexos hospitalares. Dos edifícios institucionais, os hospitais são identificados como os que apresentam um fluxo de pessoas e mercadorias mais crítico, isto é, desafiante. A razão para tal complexidade prende-se com os fluxos logísticos necessários à satisfação das tarefas clínicas e a movimentações imprevisíveis por parte dos demais utilizadores. Tregenza (1971, 1976) afirma que a edificação de uma estrutura que lida com fluxos de pessoas e mercadorias, deve nascer após uma criteriosa análise dos padrões de utilização, nomeadamente os fluxos esperados nos elevadores. Contudo, no contexto da presente dissertação, não existe a possibilidade de edificar uma estrutura, como tal, a informação reunida permite atuar em outro prisma. Através de uma gestão da capacidade, de um *shapping* da procura de forma a encontrar uma configuração mais apropriada, e que minimize os conflitos existentes (Al-Sharif, 2014).

Para esse efeito, os métodos quantitativos são então evidenciados no decorrer da revisão de literatura. Em muito, representados por técnicas de investigação operacional. Trata-se de uma área que, atualmente, encontra a sua relação, com a indústria da saúde, em constante evolução. Graças ao aparecimento de condições para a existência de custos acrescidos na aplicação de cuidados de saúde, oriundos de avanços tecnológicos, mudanças no padrão demográfico e, principalmente, do envelhecimento da população. No contexto da saúde, a IO apresenta maior número de trabalhos publicados que abordam, de forma não hierarquizada, a afetação de recursos, procura por soluções otimizadas, análise de grandes bases de dados, o planeamento de serviços de saúde e, por fim, o escalonamento de atividades e de pessoal (Romero-Conrado *et al*, 2017).

Assim, através de um paralelismo, e com o apoio dos trabalhos de Pinedo (2002), o problema em estudo é, então, identificado como um problema de escalonamento de atividades. Sendo do tipo n máquinas, que se encontram dispostas em paralelo. São conhecidos recursos (os elevadores), existem tarefas que necessitam ser desempenhadas, por diversos utilizadores (deslocações entre andares), e as mesmas podem ser caracterizadas por um determinado tempo de processamento. Conclui-se assim que é pretendido, ainda com o apoio de Pinedo (2002), atribuir utilizadores a certos recursos (elevadores) e decidir quando é que um dado utilizador deve utilizar um certo elevador, em ordem a perpetuar um objetivo previamente definido. Sendo neste contexto, a redução dos tempos de espera vividos. No portefólio de trabalhos científicos reunidos, identifica-se a programação linear, simulação, e ainda, a otimização-simulação como abordagens para a resolução de problemas de escalonamento.

Segundo Hillier e Lieberman (2005), a simulação é opção quando problemas complexos são abordados, complexidade essa que impossibilita a transformação da realidade em um modelo matemático. É feita uma tentativa de replicar o comportamento de um sistema real, através da aplicação de procedimentos presentes em pacotes de software comerciais. Funciona à base da experimentação, podendo, assim, se tornar dispendiosa em termos de tempo e computação. Além da necessidade dos dados que alimentam o sistema, requererem uma significância estatística relevante, de forma a permitir replicar um sistema, e de tornar os seus *outputs* numa ferramenta de apoio à decisão Hillier e Lieberman (2005).

A programação linear, perante o olhar de Winston (2003) é definida como uma ferramenta para a resolução de problemas de otimização. Recorre-se a formulação matemática para descrever comportamentos sentidos, e vividos, em um sistema real. Isto é, descrever matematicamente a essência de um dado problema. Os resultados obtidos por meio de otimização garantem soluções ótimas (Hillier & Lieberman, 2005). Na escassa bibliografia, diretamente relacionada, existe o trabalho de Buzaglo (2011) como exemplo da aplicação de métodos quantitativas para a resolução de um problema de escalonamento, onde os elevadores são componentes do sistema. São escalonadas atividades de distribuição, com recurso a 12 Elevadores, e onde é pretendido alcançar a minimização do *Makespan* (Tempo de finalização da última tarefa no sistema). Para dar resposta ao objetivo proposto na dissertação, Buzaglo (2011) constrói um modelo de otimização em programação linear inteira mista que permitiu propor uma sequência de tarefas, obtido através da utilização de um *solver* comercializado pela IBM, CPLEX na versão 12.2, na ferramenta de modelação GAMS na versão 23.5. Através de um paralelismo identifica-se o estudo de Buzaglo (2011) como de maior complexidade, devido à existência de um maior número de recursos e tarefas. Culminando em um espaço de amostragem considerável, e logo, com maior tempo de processamento (de Jong, 2012).

Como última possível metodologia, há destaque para a otimização-simulação. É um estratégia que oferece *feedback* no decorrer do processo de procura por soluções ótimas, culminando na criação de consequentes inputs para um modelo de simulação (Carson & Maria, 1997). Todavia, esta técnica não oferece literatura diretamente relacionada com o tópico em estudo. Assim, apenas é permitido correlacionar a metodologia, analogamente, através de exemplos aplicados em outros contextos.

De forma conclusiva, encontra-se na programação linear inteira uma possível forma de otimizar a distribuição de atividades pelos elevadores. Apesar da possível complexidade da modelação

matemática, aspira-se a obtenção de soluções em tempo útil e de exímia qualidade. O que contrasta com uma abordagem mais demorada, e com uma exaustiva recolha de dados, em caso de aplicação de uma metodologia de simulação.

4. Metodologia

Segundo a informação reunida no capítulo anterior, dedicado à revisão de literatura, pretende-se construir um modelo em programação linear inteira, pela necessidade de tirar proveito das suas competências para encontrar soluções otimizadas, em tempo útil, com recurso a formulação matemática. Assim, pretende desenvolver-se horários de utilização dos elevadores para os vários utilizadores. Especifica-se, assim, quando é que um utilizador deve realizar a sua tarefa com recurso aos elevadores, e em que elevador, aspirando como resultado, uma redução dos tempos de espera globais sentidos no HNM.

A realidade da operação de utilização dos elevadores no HNM pode ser descrita como um conjunto de utilizadores (Visitas, Profissionais, Aprovisionamento, Farmácia, Esterilização, Doentes, Lixo, Alimentação e Bens de hotelaria) que possuem à sua disposição 6 elevadores (EE, EMML1, EMML2, EP1, EP2 e EA) onde o início das suas tarefas podem ter lugar. Existem restrições operacionais que regem toda a utilização, nomeadamente a compatibilidade na atribuição utilizador-elevador, e os horários de utilização, associados ao utilizador e ao tipo de utilização que é dada.

Com recurso a um acompanhamento físico e a entrevistas semiestruturadas a todos os utilizadores dos elevadores do HNM, objetiva-se conhecer todas as condicionantes existentes no uso dos elevadores. Através da identificação de diferentes procedimentos e métricas de interesse, tais como tempos de espera por elevador e, ainda, tempos de processamento de atividades, para cada utilizador.

Estando na posse de um conhecimento pleno de toda a operação que recorre a elevadores, pretende-se caracterizar o funcionamento do sistema com recurso à programação matemática. A formulação matemática a considerar tem a função de atribuir utilizadores a determinados *slots* temporais. Atribuição essa a ser feita ao longo de um horizonte temporal, identificado, desde já, como sendo entre as 07:00 – 19:00. A razão prende-se com o facto de ser um período no qual os fluxos ocorrem nos elevadores devido à presença de profissionais para os realizar. Sendo desnecessário incluir horários onde não existe real possibilidade de se realizar fluxos, devido à ausência de profissionais para tal. O horizonte temporal a considerar é apenas diário, visto ser possível reconhecer que as operações ocorrem diariamente, de uma forma cíclica e repetitiva ao longo dos vários dias.

Assim, espera-se obter uma solução que, tendo em conta as atribuições de *slots* temporais a utilizadores, permita reduzir o tempo de espera e, assim, aumente a satisfação dos utilizadores dos elevadores. Isto deve ser alcançado através de uma correta alocação de utilizadores a elevadores, através de atribuições em espaços temporais mais favoráveis. Pretende-se, ainda, garantir que os *slots* temporais são guardados para um único utilizador, a fim de não criar sobrecarga de utilizadores.

Com o alcance de frutos, provenientes da formulação matemática, deseja-se oferecer ao HNM um conjunto de considerações relativas à utilização de elevadores. Bem como a construção hipotética de cenários que impactam, diretamente, toda a operação de uso de elevadores, e a respetiva análise. Contribuindo para a apresentação de sugestões de melhoria para o HNM.

A secção 4.1, oferece informação útil para a ajudar a estruturar, e determinar, os dados necessários. A secção 4.2, oferece, igualmente, informação útil, no entanto, destinada para a

identificação dos horários de utilização a considerar. Como secção 4.3, existe a partilha dos tempos de espera. Como secção final, a secção 4.4, conclui o capítulo com um aglomerado de informação que consegue destacar a informação que deve ser considerado, de forma a facilitar a leitura, e compreensão do restante documento.

4.1.Suporte à Metodologia

Idealiza-se uma estrutura de ação que ambiciona poder oferecer ao decisor, os meios e dados para auxiliar a análise a toda a operação logística dependente da utilização de elevadores. Em consequência, o presente capítulo pretende, de uma forma descritiva e explicativa, apresentar as diversas etapas para conseguir solucionar o problema, abordado no caso de estudo, através da aplicação de um modelo de otimização em programação linear inteira.

O presente capítulo pretende responder às questões:

- Quem são os utilizadores do sistema, a considerar na modelação?
- Quais são os recursos, entende-se elevadores, a considerar na modelação?
- Que restrições operacionais existem, que devem ser replicadas no modelo?
- Que horários de utilização são, efetivamente, possíveis de identificar?
- Que tempos de espera, em média, os utilizadores suportam?
- De que forma toda esta informação irá interagir?

Pretende-se alcançar informação que permita oferecer uma resposta ao conjunto de questões. Para tal, contou-se com anotações e dados retirados *in loco*, entrevistas semiestruturadas aos utilizadores, e informações cedidas por parte de núcleos e grupos de coordenação do SESARAM. O acompanhamento de toda a operação do HNM foi realizado durante um período temporal contínuo entre dia 4 de Fevereiro de 2018 e 30 de Março de 2018. No entanto, recolhas de dados isoladas, quando assim se justificavam, também foram executadas. Procedeu-se a um esforço para realizar a recolha de dados em um conjunto de dias consecutivos e não coincidentes, i.e., não utilizar os mesmos dias da semana para a recolha de dados de um certo utilizador, a fim de não enviesar os possíveis resultados. Além disso, os dias onde houve recolha de dados caracterizaram-se por um dia de normal funcionamento no âmbito hospitalar, ou seja, não contabilizam dias de greve e feriados. Com este levantamento, espera-se poder oferecer uma solução em capítulos seguintes.

De uma forma genérica, toda a operação interna do HNM, que recorre ao uso de elevadores, caracteriza-se pela existência de um conjunto de utilizadores (Visitas, Profissionais, Aprovisionamento, Farmácia, Esterilização, Doentes, Lixo, Bens de Hotelaria, Alimentação e Doentes Cirúrgicos), que por questões de restrições operacionais ou conveniência, estão atribuídos a determinados elevadores (EE, EP1, EP2, EMLL1, EMLL2, EA, EBO). Atualmente, segundo as restrições impostas pela administração do HNM, é possível identificar uma dinâmica de utilização que se encontra expressa nas figuras 11-14.

Tratam-se de esquemas ilustrativos dos movimentos tipo em determinados andares, com destaque para a atribuição atual de utilizador-elevador. Note-se que as direções inversas também se realizam.

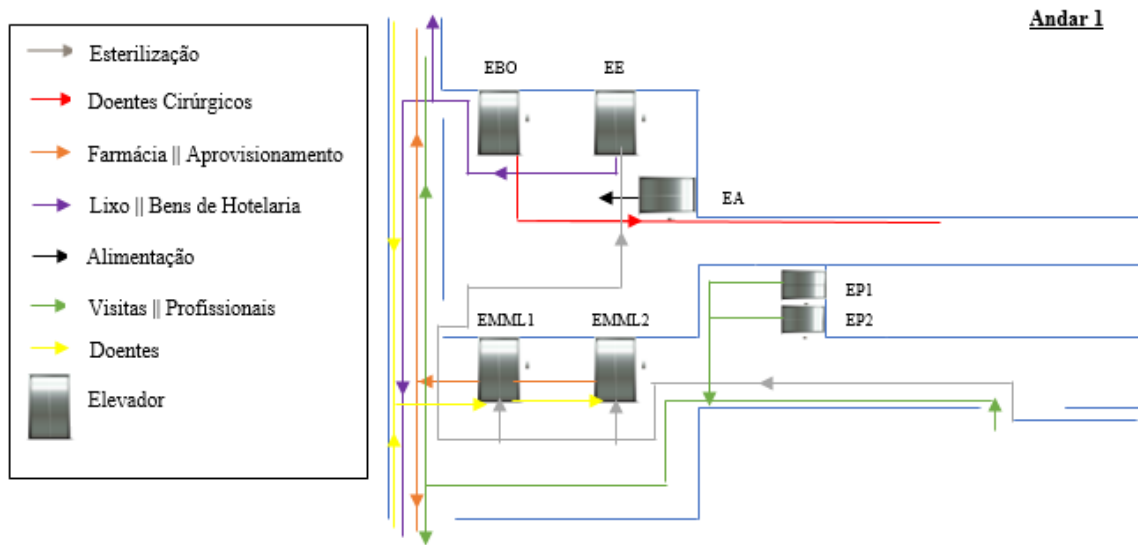


Figura 11 - Esquema representativo do comportamento dos vários utilizadores no andar 1 do HNM.

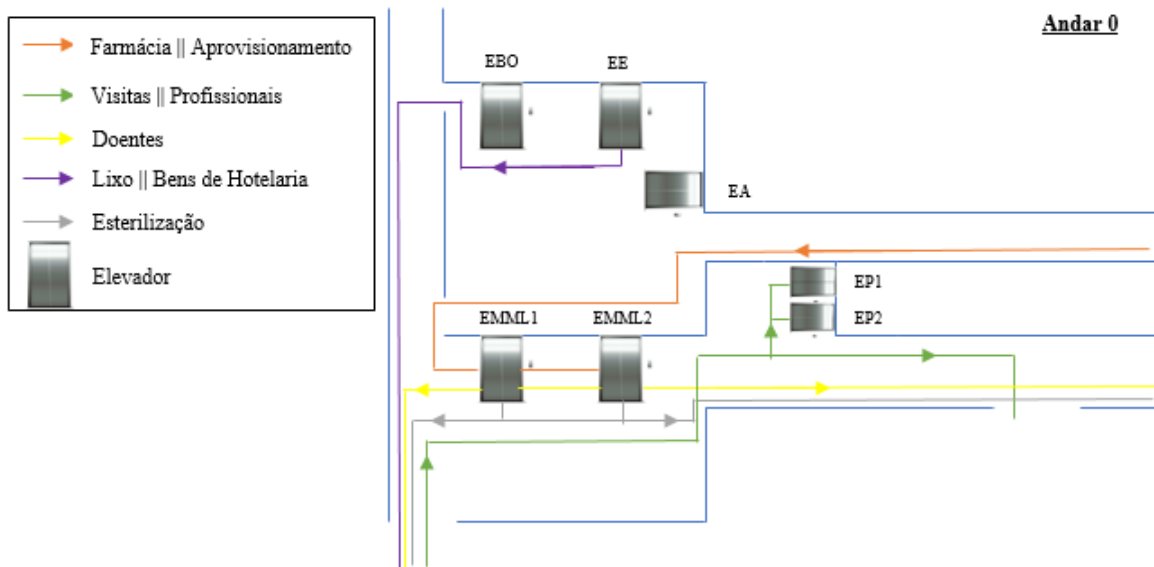


Figura 12 - Esquema representativo do comportamento dos vários utilizadores no andar 0 do HNM.

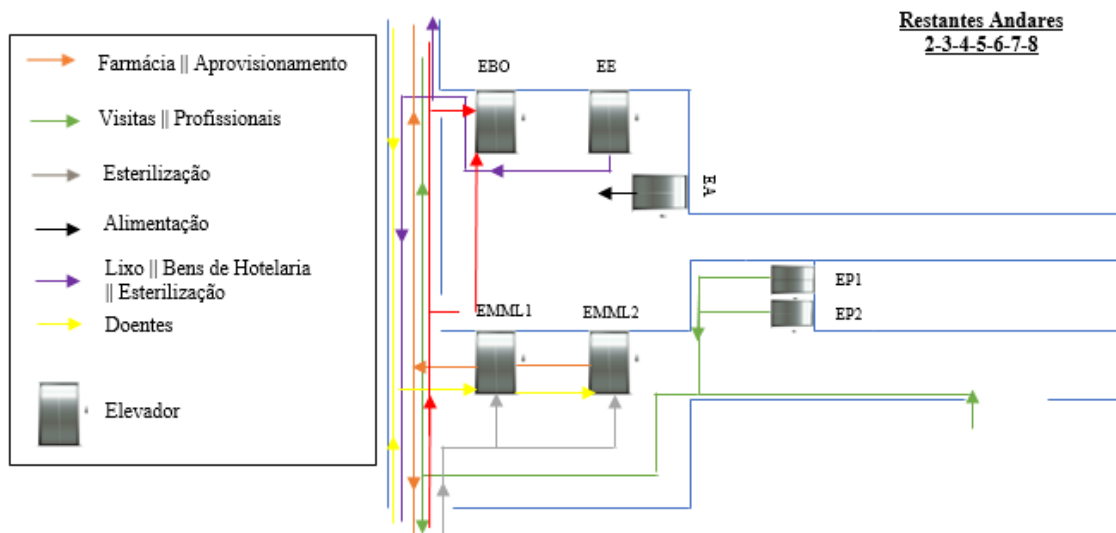


Figura 13 - Esquema representativo do comportamento dos vários utilizadores no andar 2,3,4,5,6,7,8 do HNM.

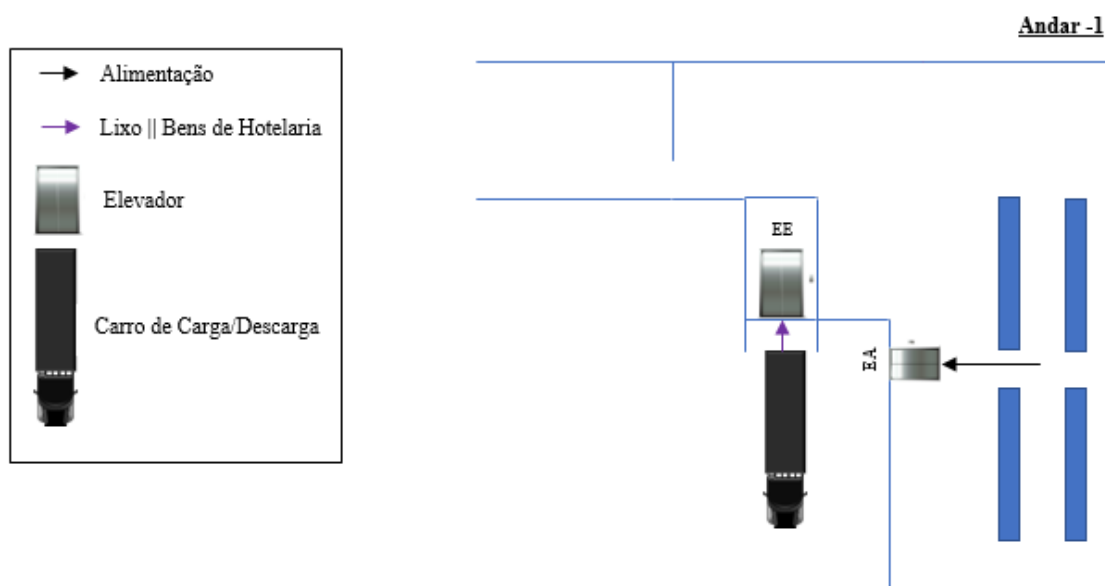


Figura 14 - Esquema representativo do comportamento dos vários utilizadores no andar -1 do HNM.

A informação extraída, permitiu conhecer quem são, efetivamente, os utilizadores a considerar, que elevadores se encontram disponíveis e, ainda, a duração das suas atividades. Logo, foi possível a construção de um horário de utilização médio, que integra todas as operações que geram fluxos. Algo que, atualmente, não era transversalmente conhecido pelos diversos departamentos do HNM. As operações eram tratadas individualmente, sem a partilha de informação, sendo desconhecido o possível impacto que as mesmas provocavam. O panorama atual de utilização encontra-se regido por um conjunto de restrições, assim, são detetados horários de utilização atribuídos a determinados utilizadores, cuja execução é de carácter obrigatório no intervalo temporal em questão. Procura-se

então, justificar a necessidade da realização dos horários obrigatórios, que acabam por criar uma restrição ao sistema.

Os tempos de espera pelos elevadores são também analisados. Cada elevador é alvo de uma análise individual. Numa tentativa de encontrar uma evolução do padrão do tempo de espera, de forma a agrupar intervalos temporais onde os tempos de espera são semelhantes. Dependendo do tipo de elevador em análise, existem especificidades que não permitem generalizar esta abordagem. No decorrer deste capítulo, é possível encontrar uma explicação sobre os tempos de espera, e a relação que existirá com o modelo de programação linear inteira.

A imposição de uma inúmera quantia de restrições, por parte da administração do HNM, torna o espaço de solução extremamente reduzido. Como tal, procura-se também, através da devida adaptação do modelo de programação linear inteira, construir cenários. Cenários esses justificados com alterações no terreno que permitam levantar restrições existentes. E assim, oferecer, além de uma resposta para o horário de utilização para o regime atual, um conjunto de cenários que se realizados podem impactar o fluxo sofrido nos elevadores.

4.1.1. Utilizadores

A identificação dos utilizadores do sistema foi obtida graças ao acompanhamento das operações, através de uma presença física no seio de toda a operação. Foi possível contar com a realização de entrevistas semiestruturadas aos utilizadores dos elevadores, em ordem a conhecer rotinas de utilização, bem como, a identificação dos restantes utilizadores. De forma a, posteriormente, cruzar informação e conhecer todo o universo utilizador.

Assim, é possível agrupar os utilizadores nas categorias abaixo mencionadas. Apresentado também, a rotina realizada no interior do HNM. A rotina apresentada encontra-se resumida, com informação extraída do caso de estudo, bem como com nova informação reunida com o acompanhamento físico feito no terreno. Os utilizadores descritos serão parte integrante do modelo de programação linear inteira.

1. **Visitantes** – Utiliza as instalações hospitalares para a realização de visitas a doentes internados;

As visitas entram no edifício do HNM, a partir do andar 0, e deslocam-se até à zona de elevadores. Distribuem-se pelos diversos andares para realizar visitas a doentes, e posteriormente, retornam ao andar 0 para deixar o edifício. Este percurso pode, de forma alternativa, ser realizado por escadas.

2. **Profissionais** – Utiliza as instalações hospitalares para a realização de atividades laborais. Aqui incluem-se profissionais (Médicos, Enfermeiros, Auxiliares de Saúde, Técnico de Diagnóstico, Assistentes Técnicos, Assistentes Administrativos) em desempenho de funções, bem como, os movimentos causados em momentos de troca de turnos;

Os profissionais entram no edifício do HNM, numa primeira fase, para a realização das trocas de turno. Onde é possível identificar, ao mesmo tempo que existe um fluxo ascendente, um outro fluxo de direção

contrária, representado pelos profissionais que se encontram a sair dos seus turnos de trabalho. Em uma segunda fase, a rotina laboral dos profissionais, pode incluir deslocações entre andares para acompanhamento de doentes, bem como, deslocações individuais.

3. **Aprovisionamento** – Utiliza que utiliza as instalações hospitalares para a distribuição de artigos que respeitam as funções do departamento de aprovisionamento (Consumíveis clínicos descartáveis);

O aprovisionamento do HNM possui a sua rotina de trabalho compreendida entre deslocações desde o armazém, que acessa o andar 0, e os diversos serviços existentes no HNM. São realizadas deslocações para a entrega de consumíveis clínicos descartáveis, de uma forma cíclica.

4. **Farmácia** - Utiliza as instalações hospitalares para a distribuição de artigos que respeitam as funções do departamento de Farmácia (Fármacos).

A farmácia do HNM possui a sua rotina de trabalho compreendida entre deslocações desde o armazém, que acessa o andar 0, e os diversos serviços existentes no HNM. São realizadas deslocações para a entrega de fármacos de uma forma cíclica. Além da entrega, destaca-se que os distribuidores da farmácia são também responsáveis pela devida arrumação do material em espaço apropriado.

5. **Esterilização** - Utiliza as instalações hospitalares para a distribuição e recolha de artigos que respeitam as funções do departamento de esterilização (Material esterilizado ou material por esterilizar);

A esterilização do HNM encontra-se instalada no andar 1 do HNM, andar dedicado ao bloco operatório. A sua rotina de trabalho passa por, a partir do andar 1, aceder os restantes andares de internamento e fazer a entrega de esterilizados, bem como a posterior recolha.

6. **Doentes** - Utiliza as instalações hospitalares, quando internado, para fins de tratamentos e diagnósticos complementares. Aqui é incluída a atividade de internamento de doentes;

Uma forma de contacto que os doentes possuem com o HNM, é realizado através do internamento, feito através de uma deslocação desde o andar técnico (A/T), vulgar emergências, e o respetivo andar de especialidade onde serão internados. Ainda, quando se justifica, podem existir movimentações entre andares para a realização de tratamentos, ou diagnósticos complementares.

7. **Lixo** – Utiliza as instalações hospitalares para recolha de artigos que respeitam as funções do departamento de Higiene (Lixo Hospitalar e Lixo Urbano);

A recolha do lixo do HNM inicia-se a partir do andar -1 onde um carro de transporte é colocado em um cais de carga/descarga que acessa um elevador. Os trabalhadores desta área visitam os diversos andares, munidos de um carro de transporte para os lixos, e recolhem de uma forma faseada e sequencial o lixo dos diversos andares. Utilizam, temporariamente, o elevador como depósito de lixo, e quando é atingida a capacidade máxima, fazem a descarga do lixo no andar -1, retomando posteriormente à recolha de lixo. Assim, a sua utilização não pode ser interrompida.

8. **Bens de Hotelaria** - Utiliza as instalações hospitalares para a distribuição e recolha de artigos que respeitam as funções do departamento de Lavandaria (Material de linha branca);

Os bens de hotelaria possuem duas fases. Uma fase dedicada à entrega de artigos e uma segunda fase para a recolha dos mesmos artigos após uso. Este utilizador utiliza um cais de carga/descarga instalado no andar -1, junto a um elevador. Realizam as entregas e recolhas de uma forma faseada e sequencial nos diversos andares de internamento. Utilizam o elevador como depósito, agrupado diversos carros de entrega (diversos andares) numa mesma viagem de elevador. Deste modo, a sua utilização não pode ser interrompida.

9. **Alimentação** - Utiliza as instalações hospitalares para a distribuição e recolha de artigos que respeitam as funções do departamento de Alimentação (Refeições);

A Alimentação utiliza um elevador presente no andar -1, com acesso à cozinha do HNM. Este tipo de utilizador recorre ao elevador para a entrega do pequeno almoço, leite e iogurtes, almoço e jantar. Bem como, a posterior recolha após o fim do horário de alimentação.

10. **Doentes Cirúrgicos** - Utiliza as instalações hospitalares para fins de intervenções cirúrgicas.

Os doentes cirúrgicos são utilizadores dos elevadores que se deslocam a partir dos mais variados andares de internamento para o andar 1, para a realização de cirurgias. Considera-se, também, o movimento contrário, isto é, a deslocação do andar 1, após intervenção cirúrgica, para o andar de internamento.

4.1.2. Elevadores

Os elevadores considerados para a construção do modelo de programação linear inteira são abaixo identificados. Apenas são incluídos os elevadores do edifício de internamentos do HNM visto que, no decorrer do acompanhamento da operação do HNM, foi constatado que operações que recorrem a outros elevadores, presentes no complexo hospitalar, não apresentavam problemas de utilização. Nesse sentido, foi comprovada a existência de elevadores que oferecem soluções de mobilidade em edifício subjacente ao edifício de internamentos. Um edifício com um reduzido número de andares, apenas 3, e também, com relativamente poucos utilizadores. Permitindo a ausência de disputas significativas aquando de utilização. Assim, apontando apenas os elevadores abaixo numerados.

Estando de acordo com os elevadores previamente identificados pelos *stakeholders*, como merecedores de atenção.

1. Elevador Escalonado (EE)
2. Elevador de Pessoas 1 (EP1)
3. Elevador de Pessoas 2 (EP2)
4. Elevador Monta-Macas/Logístico 1 (EMML1)
5. Elevador Monta-Macas/Logístico 2 (EMML2)
6. Elevador de Alimentação (EA)
7. Elevador de Bloco Operatório (EBO)

4.1.3. Restrições operacionais

Existem constrangimentos a nível de segurança que não permitem a partilha de elevadores por determinados utilizadores. Restrições relacionadas com questões do foro microbiano, com segurança e higiene alimentar, e ainda, mera conveniência. Essas restrições, apoiadas por decisões da administração e profissionais do SESARAM, são retratadas na Tabela 4. Porém, com o apoio do Grupo de Coordenação do Programa de Prevenção e Controlo de Infeções e de Resistência aos Antimicrobianos (GCPPCIRA), Coordenação do Núcleo de Alimentação e, ainda, diversos profissionais do SESARAM, foi possível identificar os fluxos que por questões de extrema perigosidade não se podem, efetivamente, cruzar. Tornando possível a existência de fluxos que, segundo as regras atualmente em vigor não se cruzam, mas que, no entanto, não apresentam perigosidade máxima (Ver Anexo 1 – Restrições de partilha de elevadores). A permanência no terreno permitiu, ainda, um real conhecimento das restrições, através do contacto com quem, diariamente, lida com os fluxos de pessoas e mercadorias no HNM.

Segundo a informação obtida com o contacto com os profissionais do SESARAM e o conhecimento obtido no terreno, a atribuição de utilizador-elevador, segue a relação evidenciada na seguinte tabela 4.

Conclui-se que a atribuição elevador-utilizador é a que consta, de forma resumida e direta, na tabela 5. É a atribuição atual, segundo as especificações e justificações do HNM. Pelo que, a construção de potenciais cenários pode utilizar outra atribuição. As atribuições serão plausíveis, se devidamente justificadas e respeitadoras da informação presente no Anexo 2 – Restrições de partilha de elevadores. Onde se encontra presente informação sobre a possibilidade de cruzamento, entre si, dos diversos utilizadores do HNM

Tabela 4 - Atribuição utilizador-elevador, praticada, e justificada, pelo SESARAM.

Utilizador	Elevador	Justificação
Visitas	EP1	Elevador de dimensão própria para o transporte de pessoas; Elevador que permite os restantes utilizadores internos não contactarem com as visitas; Reduz-se a questão de possível contaminação microbiana, em elevador com mais utilizadores.
	EP2	
Profissionais	EP1	Elevador de dimensão própria para o transporte de pessoas; Elevador que permite os profissionais (em troca de turno), acederem aos andares de serviço sem contactarem com utilizadores internos; Reduz-se a questão de possível contaminação microbiana, em elevador com mais utilizadores.
	EP2	
	EMML1	Utilização em rotina laboral, acompanhando o transporte de doentes ou, movimentando-se entre andares.
	EMML2	
Aprovisionamento	EMML1	Elevador de dimensão própria para o transporte de mercadoria; Transporte de Paletes;
	EMML2	
Farmácia	EMML1	Elevador de dimensão própria para o transporte de mercadoria; Transporte de carros de folha;
	EMML2	
Doentes	EMML1	Elevador de dimensão própria para o transporte de doentes auxiliados por macas ou cadeira de rodas;
	EMML2	
Esterilização	EMML1	Transporte de carros homologado, com dimensões consideráveis, para o efeito de transporte de esterilizados; Realiza a recolha de material esterilizado;
	EMML2	
	EE	Transporte de material por esterilizar; Necessidade de garantir que não há partilha de espaço com outros utilizadores;
Lixo	EE	Elevador de dimensão própria para o transporte de carros de transporte de lixo; Necessidade de elevador alocado na totalidade, devido à necessidade de utilizar o elevador, temporariamente, como depósito
Alimentação	EA	Necessidade de, segundo questões de higiene e segurança alimentar, possuir o elevador de uso exclusivo para a alimentação;
Doentes Cirúrgicos	EBO	Por questões de higiene e segurança microbiana, os doentes que serão alvo de cirurgias utilizam um elevador de uso totalmente exclusivo. É utilizado antes, e depois da intervenção;
Bens de Hotelaria	EE	Elevador de dimensão própria para o transporte de carros de artigos de linha banca; Necessidade de utilizar o elevador como depósito temporariamente.

Tabela 5 - Resumo da atribuição utilizador-elevador praticada, atualmente, no HNM.

Elevador	Utilizadores
EP	Visitas Profissionais
EMML	Farmácia, Aprovisionamento Doentes Esterilização Profissionais
EE	Lixo Bens de Hotelaria Esterilização
EA	Alimentação
EBO	Doentes Cirúrgicos

4.2. Horário de utilização

No HNM, existem horários implementados para as tarefas logísticas, no entanto, não sendo conhecido o tempo efetivo de cada tarefa, cria-se a possibilidade de haver tempos de alocação superiores ao necessário, contribuindo para uma potencial presença de défices temporais na realização de tarefas por parte de outros utilizadores. Como tal, é extremamente importante realizar uma análise no sentido de encontrar um horário médio de utilização.

O parâmetro horário de utilização é obtido através do acompanhamento, de forma exclusiva, a cada tipo de utilizador no HNM. Através de estudo observacional, onde são extraídas notas, informações e dados relativos a vários dias de observação. Cada utilizador possui particularidades, pelo que são abordados individualmente.

4.2.1. Visitas

Segundo o horário tabelado para a realização de visitas no HNM, existem dois intervalos temporais reservados para esse efeito. As visitas podem ser realizadas na hora de almoço (13h-15h) e na hora de jantar (19h-20h). O acompanhamento do utilizador visitas conclui que o horário médio de utilização, ou seja, a média de horários de utilização registados através da recolha de dados, é a que consta na tabela 6.

Tabela 6 – Horário de utilização média no elevador EP, segundo os possíveis horário de utilização para o utilizador visitas.

Atividade	Horário de Utilização
Visitas Almoço	12:50 – 14:42
Visitas Jantar	18:48 – 19:51

Segundo o SESARAM, os horários praticados para a realização de visitas não apresentam possibilidade de sofrer alteração. São horários que pretendem permitir que quem realiza visitas consiga conciliar essa vontade com as respetivas atividades laborais. Destaca-se, ainda, que fora desses horários podemos estar perante rotinas de trabalho, por partes dos profissionais de saúde, que não permitem o contacto das visitas com o(s) doente(s).

Para esta análise apenas se contabilizou as solicitações, no decorrer de duas semanas, para o uso de elevador. A título de curiosidade, destaca-se que do universo total de visitas, cerca de 40% das visitas opta, preferencialmente, o uso da escada em detrimento do elevador. O restante 60%, considerado o universo de visitas que se deslocam de elevador, encontra-se sujeito a uma taxa de desistência de 3%, após a passagem de, em média, 2m35s de espera.

4.2.2. Profissionais

Os profissionais do HNM encontram-se divididos por três turnos laborais. No entanto, de todas as trocas de turno existentes, destaca-se a troca de turno que ocorre às 15h. Trata-se de um horário que é coincidente com o final da hora de visitas, o que cria situações de fluxo excessivo para a capacidade de serviço instalada pelos elevadores disponíveis. É possível reconhecer que os profissionais optam, cerca de 70%, pelo uso de escada em detrimento do elevador, visto que, segundo os mesmos, os tempos de espera são excessivos. A nível de rotina laboral, encontram-se, a maior parte das vezes, a acompanhar doentes para a realização de todo o tipo de tarefas relacionadas com tratamentos e diagnósticos complementares. Porém, também se deslocam sozinhos, entre os diversos andares, a fim de realizarem as suas funções. Tendo em conta esta informação, percebe-se que o utilizador “profissionais” encontra-se presente no sistema ao longo do dia, sendo impossível enquadrar, ou desejar enquadrar, as suas atividades em um determinado horário.

Para o SESARAM, as horas a que as trocas de turno são realizadas não podem sofrer qualquer alteração. Estaria implícito um consenso entre todos os profissionais, e ainda, um reajustamento de atividades extralaborais dos profissionais.

4.2.3. Aprovisionamento

Os profissionais encarregues pela distribuição do aprovisionamento no HNM não possuem um intervalo temporal restrito onde executam as suas tarefas. O seu horário de trabalho é compreendido entre as 8:00h – 17:00h, com uma hora reservada para a refeição. Como tal, existe total flexibilidade na hora das entregas. Segundo o escalonamento de serviços em vigor, os dias da semana caracterizam-se pela necessidade de realizar entregas em diferentes serviços, representados pelos seguintes andares:

- Segunda-Feira: Não há distribuição para os andares de internamento
- Terça-Feira: 0 → A/T → 2 → 0 → 2 → 0 → 1 → 0 → A/T → 0 → A/T → 0
- Quarta-Feira: 0 → A/T → 0 → 1 → 0 → 3 → 0
- Quinta-Feira: 0 → 6 → 0 → A/T → 0 → 4 → 0
- Sexta-Feira: 0 → 7 → 0 → A/T → 8 → 0 → 5 → 0

São 16 tarefas de entrega, divididas pelos diversos andares (A/T, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8). Onde certos andares registam um maior número de tarefas, associado à presença de serviços mais exigentes em termos de consumos clínicos. Ou ainda, uma maior presença de serviços por andar. A duração da operação em cada andar foi medida em uma média de 17 minutos e 17 segundos (17:17). Com um desvio padrão de 14 minutos e 43 segundos (14:43). Sendo que o tempo total da tarefa, desde a saída, à volta no armazém, é verdadeiramente influenciado pela espera sofrida nos elevadores.

4.2.4. Farmácia

Em termos de funcionamento, a Farmácia é em muito semelhante ao Aproveitamento. Possui flexibilidade no horário em que realiza as entregas, apenas balizado pelo horário laboral (08:00-17:00). Tendo em conta a escala de serviços atual, a Farmácia possui as seguintes entregas agendadas para os diferentes dias da semana.

- Segunda-Feira: 0 → 1 → 0 → A/T → 0
- Terça-Feira: 0 → 2 → 0 → 5 → 0 → 3 → 0 → A/T → 0
- Quarta-Feira: 0 → 4 → 0 → A/T → 0
- Quinta-Feira: 0 → A/T → 6 → 0
- Sexta-Feira: 0 → 7 → 0 → 8 → 0 → 1 → 0 → A/T → 0

São 14 tarefas de entrega, a ocorrer no edifício de internamento, algumas com destinos repetidos devido aos consumos elevados sentidos nesses mesmos destinos. A duração da operação em cada andar foi medida numa média de 24 minutos e 54 segundos (24:54). Com um desvio padrão de 6 minutos e 14 segundos (06:14). Novamente, este utilizador possui o teu tempo total de operação, isto é, desde a saída à volta ao armazém, condicionado pelos tempos de espera que sofrer no percurso.

4.2.5. Doentes

Os doentes possuem uma rotina no HNM de difícil rastreamento. O movimento dos mesmos é constante ao longo do dia. São detetados movimentos para a realização de exames, fisioterapia, tratamentos, internamentos, entre outros. Contudo, os seus movimentos conseguem ser assinalados como mais intensos no horário entre as 10:00-14:00, muito associado ao facto de necessitarem de recorrer a instalações de apoio existentes no complexo hospitalar, com funcionamento diurno e abertura tanto a internos, como para externos.

Porém, conclui-se que não é possível encontrar um intervalo de tempo para restringir onde ocorrem deslocamentos de doentes. Até é possível afirmar que os doentes possuem movimentos que podem ir até às 24h/dia.

4.2.6. Esterilização

A distribuição de material esterilizado inicia-se pelas 08:00, nos elevadores EMML1 e EMML2. Segundo, os profissionais da Esterilização, é o horário que sentem menor fluxo aos elevadores. Além de haver a necessidade de abastecer os diversos serviços, o mais cedo possível, com material para a execução de todo o tipo de tarefas em saúde. É uma tarefa realizada diariamente, e de forma repetitiva ao longo da semana, através da seguinte sequência de andares:

- 1 → 8 → 7 → 6 → 5 → 4 → 3 → 2 → A → 1

A recolha de material é realizada utilizando o elevador EE, de uso escalonado com outros utilizadores, e onde possui o intervalo das 12h às 13h para efetuar o serviço. No acompanhamento realizado registou-se uma média de horário de utilização das 12:07 – 12:54. A experiência de acompanhar a distribuição e recolha de esterilizados conclui que a sequência de utilização de elevador é a mesma, e que possui, em média uma duração de operação em cada andar, de 4 minutos e 40 segundos (04:40). Com um desvio padrão de 2 minutos e 1 segundo (02:01).

4.2.7. Lixo

Em relação ao utilizador Lixo, o mesmo possui horários para a realização das suas operações, através da utilização do elevador escalonado EE. Dado o acompanhamento a esse utilizador, é possível resumir, na tabela 7, a duração de cada tipo de atividade que realiza diariamente. Os horários praticados por este utilizador são de execução obrigatória. É um utilizador que necessita coordenação com entidades exteriores ao hospital que, neste caso, oferecem serviços de gestão de resíduos hospitalares. Significando que, posteriormente à recolha do lixo, principalmente o lixo biológico, é por sua vez recolhido por um parceiro do SESARAM. Além desse fator, os horários necessitam de ser respeitados devido à falta de espaço existente nos andares de internamento, não sendo aconselhável a permanência de lixo durante largas estadias.

Tabela 7 - Horário de utilização médio, por parte do utilizador Lixo. Segundo diferentes tipologias de atividades.

Atividade	Horário de Utilização	Duração (Minutos)
Distribuição Caixas de Recolha	09:00 – 09:04	4
Recolha de Lixo da manhã	09:05 – 10:17	72
Recolha de Lixo Urgência	15:00– 15:25	25
Recolha de Lixo Internamento	16:28 – 17:09	51

4.2.8. Bens de Hotelaria

O utilizador Bens de hotelaria, associado a atividades de lavandaria, utiliza intervalos temporais no elevador EE para a realização das suas tarefas. A tabela 8 permite conhecer a duração média de cada tipo de atividade. Tal como a operação do utilizador Lixo, os Bens de hotelaria encontram-se

dependentes de um parceiro que executa tarefas de lavanderia. As horas de entrega e recolha nos andares de internamento encontram-se sincronizadas com as entregas e recolhas executadas por tal entidade. Sendo que neste caso em particular, é ainda identificado que os andares de internamento possuem espaços de arrumação, de pequenas dimensões, para sujos e limpo. A permanência de material sujo, e limpo, durante tempo considerado excessivo, potencia a ocorrência de contactos de risco entre artigos limpos e artigos sujos.

Tabela 8 – Horário de utilização médio, por parte do utilizador Bens de Hotelaria. Segundo diferentes tipologias de atividade.

Atividade	Horário de Utilização	Duração (Minutos)
Entrega de Roupa Limpa 1	07:05 – 08:21	76
Recolha de Roupa Suja Manhã	10:53 – 11:42	49
Entrega de Roupa Limpa 2	13:09 – 13:27	18
Recolha de Roupa Suja Tarde	17:15 – 18:33	78

4.2.9. Alimentação

A alimentação do HNM possui a responsabilidade de realizar um conjunto de 6 atividades, relacionadas com a alimentação dos doentes, de onde se destaca as que se encontram presentes na tabela 9.

Tabela 9 – Horário de utilização médio, por parte do utilizador Alimentação. Segundo diferentes tipologias de atividades.

Refeição	Horário de Utilização	Duração (Minutos)
Pequeno Almoço	07:59 – 08:27	28
Recolha do Jantar	09:12 – 09:54	42
Leite e logurtes	10:10 – 10:47	37
Almoço	11:25 – 12:28	63
Recolha do Almoço	14:12 – 14:41	29
Jantar	17:27 – 18:36	69

O cumprimento destes horários é obrigatório. São horários que permitem os diversos serviços iniciarem as refeições nas horas programadas. Visto tratar-se de um utilizador que, de momento, executa as suas funções sem qualquer tipo de disputa pelo elevador, não se conhece qualquer tipo de entrave à sua operação. Associado ao facto de possuir um elevador, EA, dedicado única e exclusivamente à sua operação.

4.2.10. Doentes cirúrgicos

Os doentes cirúrgicos são doentes que necessitam ser transportados em elevador quando há a necessidade de realizar uma intervenção cirúrgica, quer de forma planeada ou em emergência. Não foi possível, por questões de segurança, realizar o acompanhamento deste utilizador. O elevador utilizado (EBO) é estritamente exclusivo para uso de doentes cirúrgicos, pois é necessário garantir um ambiente estéril e inofensivo em termos bacteriológicos.

Como tal, para efeitos de construção do modelo de otimização, não há necessidade de incluir este utilizador. O mesmo não pode intercalar utilização com mais nenhum utilizador, e o elevador que usufrui também não apresenta possibilidade de satisfazer outros utilizadores.

4.3. Tempos de espera

Dependendo do elevador em questão, os tempos de espera possuem variações desde tempos de espera nulos até largos minutos. Existem fatores que influenciam a existência, ou não, desses tempos de espera. A realidade da exigência do tipo de operação que é levada a cabo nos elevadores, é a principal condicionante para as variações existentes nos tempos de espera registados. Como tal, a análise dos tempos de espera é feita através do tipo de elevador, com relação com os seus possíveis utilizadores e tipo de utilização dada. Novamente, esta informação tem por base o acompanhamento feito à operação dos utilizadores que usam os respetivos elevadores.

4.3.1. Elevador EE

O Elevador EE é um elevador de uso escalonado. Ou seja, possui utilizadores que partilham de forma não coincidente o elevador. Os utilizadores existentes no elevador EE (Lixo, Bens de Hotelaria e Esterilizados) possuem uma rotina de trabalho que obriga a possuírem um elevador alocado a 100%, pelo que não podem realizar partilha intercalada com outros utilizadores. As suas operações implicam utilizar o elevador como armazém temporário para os artigos que transportam. Necessitando, posteriormente, a devida higienização após transporte de artigos sujos, ou lixo.

Nestas circunstâncias, os utilizadores do elevador EE não têm tempo de espera. Existem *slots* de utilização atribuídos para os seus utilizadores.

4.3.2. Elevador EBO

O Elevador EBO é um elevador de uso exclusivo, os seus utilizadores, os doentes cirúrgicos, também não apresentam tempos de espera. Novamente, percebe-se que não há a necessidade de considerar este utilizador, e respetivo elevador, no modelo de programação linear inteira. Evidencia-se uma relação altamente restritiva, impossibilitando possíveis relações com outros utilizadores e elevadores.

4.3.3. Elevador EMML1 e EMML2

Os elevadores EMML1 e EMML2 apresentam diferentes situações consoante o utilizador. Dos utilizadores existentes nesses elevadores, os utilizadores doentes quando internados são acompanhados de profissionais que através de uma chave conseguem acionar um estado prioritário, de maneira a cancelar todas as paragens, e fazer chegar o elevador para seu usufruto. Já a deslocação entre andares para a realização de serviços está sujeito a tempos de espera. Nestes elevadores, os utilizadores com maiores queixas são a farmácia, o aprovisionamento e a esterilização, pois trata-se de utilizadores que inevitavelmente necessitam recorrer a elevadores. Enquanto que profissionais que se deslocam, sem servirem de acompanhante a doentes, optam por recorrer às escadas. Muito associado ao facto de as rotinas de trabalho se encontrarem entre andares próximos.

O acompanhamento da farmácia, aprovisionamento e esterilização mostrou que os seus tempos de espera estão condicionados pela utilização dos doentes e profissionais. A possibilidade de

resgatar o elevador para situações prioritárias, e ainda, a utilização dita normal, traz restrições devido à presença de equipamentos para auxiliar o transporte de doentes, o que, muitas vezes, impossibilita a partilha de um elevador. Assim, registaram-se tempos de espera sofridos pelos utilizadores Farmácia, Aprovisionamento e Esterilização, valores esses relacionados com a utilização dada pelos doentes e profissionais. Os doentes e profissionais, são um grupo de utilizadores que se encontram multiplicados em diversos indivíduos, e que se deslocam simultaneamente entre vários serviços, contrastando com a Farmácia, Aprovisionamento e Esterilização. Estes últimos apresentam-se individualizados no sistema, onde após a deslocação para o andar desejado, deixam o sistema e retornam passada a duração da tarefa. Assim, assume-se que um potencial contributo para os tempos de espera causados por um utilizador Farmácia, Aprovisionamento ou Esterilização é residual, perante o panorama geral. Como tal, os mesmos são negligenciados para efeitos de simplificação.

Esta dinâmica torna impossível atribuir *slots* de utilização para utilizadores tais como os doentes e profissionais, visto que possuem uma presença intemporal ao longo do dia. Assim, apesar de, a nível de modelação matemática não serem considerados, a sua presença no sistema pode ser considerada através da influência causada nos tempos de espera registados. Que acabam impactando a operação dos restantes utilizadores que são, efetivamente, considerados. Com os valores dos tempos de espera obtidos, apresenta-se o gráfico presente na figura 15. É possível destacar fases do dia em que os tempos de espera possuem alterações significativas. São picos associados a um maior fluxo de utilização, e a dinâmicas de utilização mais intensas por parte dos utilizadores doentes e profissionais. Os tempos de espera registados aplicam-se a ambos os elevadores, devido à presença de um botão único para fazer a chamada do elevador. Assim, para todos os efeitos, os elevadores EMML1 e EMML2 podem ser vistos como um único, o elevador EMML.

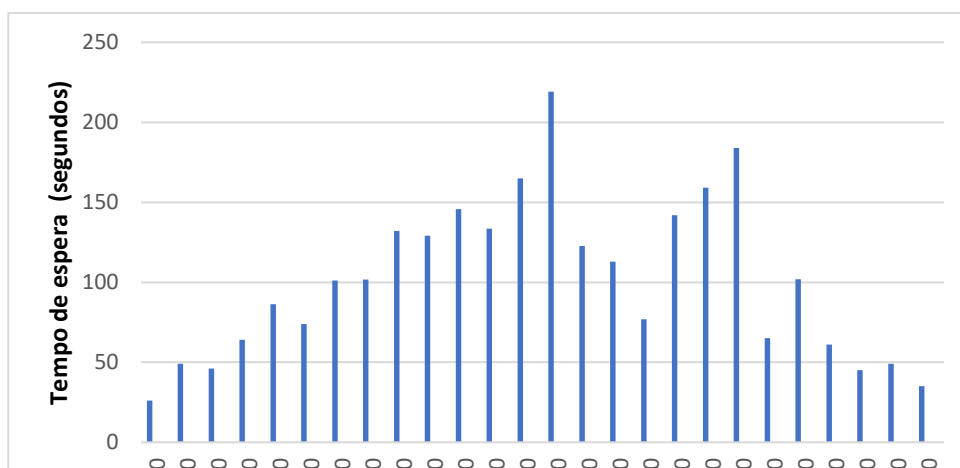


Figura 15 - Representação gráfica do tempo de espera, em segundos, sentido nos elevadores EMML, em um intervalo temporal das 07:00 - 19:00.

4.3.4. Elevador EP1 e EP2

O conjunto de elevadores EP1 e EP2 serve as visitas e os profissionais do HNM. É um elevador que, durante o período das 08:00 – 12:00 não apresenta tempos de espera relevantes. No entanto, à medida que a hora das visitas se inicia, é possível registar tempos de espera que se tornam significativos. Este conjunto de situações, volta-se a repetir, de forma idêntica, no horário de visitas do jantar.

Durante as horas consideradas menos intensas, a utilização dada a este elevador é por parte de profissionais de saúde e assistentes administrativos, que por vezes as suas rotinas levam à necessidade de se deslocar a diferentes secretarias de apoio existentes nos andares de internamento. São utilizadores que também não podem ser encaixados em horários, pois são de difícil monitorização.

As horas das visitas não são possíveis de alterar. Trata-se de um horário que pretende tornar possível a conciliação de trabalho com o desejo de realizar visitas. Assim, não há margem para esta alteração. Segundo o SESARAM, conclui-se que a solução para melhorar o fluxo destes utilizadores não passa por escalonar as suas utilizações nos elevadores EP1 e EP2.

Logo, para o SESARAM, e segundo as suas restrições, não é possível a alteração do funcionamento existente neste elevador. Porém, a construção de cenários pretende incorporar estes utilizadores, e elevadores, de modo a permitir que os mesmos possam se enquadrar no sistema, e serem parte da solução.

Registaram-se tempos de espera, influenciados pela alocação já existente, no entanto, relacionados com a afluência existente aos elevadores. Porém, sem possibilidade de integração na resolução do caso de estudo, graças ao estatuto que as restrições operacionais oferecem ao utilizador destes elevadores, as visitas. Tal como os elevadores EMML1 e EMML2, estes elevadores funcionam com recurso a um único botão de chamada, como tal, podem ser identificados apenas como EP. Visto que, nestas circunstâncias, não há uma escolha do elevador a ser usufruído.

4.4. Conclusão

Conclui-se que, de todos os utilizadores existentes no HNM, apenas serão contabilizadas, para efeitos de modelação, os utilizadores Aprovisionamento, Farmácia, Esterilização, Lixo, Alimentação e Bens de hotelaria. Em relação ao universo total de utilizadores, apenas não são contabilizados os utilizadores visitas, profissionais, doentes e doentes cirúrgicos. Os doentes são utilizadores constantemente presentes nos elevadores do HNM, a definição de um horário de atuação para os mesmos não é possível. Os doentes cirúrgicos possuem um elevador exclusivo, elevador EBO, que apenas funciona com esta relação de utilizador-elevador. Esse facto contribui para que, tanto o utilizador como o elevador, não sejam considerados para efeitos de modelação. Para todos os efeitos, o utilizador doente cirúrgico não possui outras possibilidades de transporte vertical, bem como o transporte vertical EBO não se encontra disponível para qualquer outro tipo de utilizador, mesmo que disponível por intervalos temporais significativos. O acompanhamento de doentes é feito com recurso a profissionais de saúde, aqui apresentados como o utilizador Profissionais, como tal, o seu comportamento no sistema, na maioria das situações, é exatamente o mesmo que os doentes. Como tal, estando sujeito às mesmas questões de impossibilidade de se enquadrar em um horário de utilização. Por outro lado, os Profissionais, quando não acompanhados por doentes, encontram-se a realizar deslocações, de complicada monitorização, que podem estar associadas a dinâmicas de trabalho, bem como a mudanças de turno.

Em relação aos 6 elevadores presentes no HNM, é possível reduzir, para efeitos de modelação, para um total de 4 elevadores (EP, EMML, EE, EA). Como razão, temos o facto do elevador EBO possuir exclusividade restrita. No que diz respeito aos elevadores EMML e EP, existe o facto de partilharem,

entre si, o botão de chamada. Nesse sentido, os tempos de espera registados, encontram-se aplicados ao conjunto de elevadores. Sendo, para todos os efeitos, possível simplificar, e considerar, apenas um elevador de cada tipologia.

A identificação de constrangimentos associados ao tipo, e complexidade de operação de cada utilizador, permite detetar a existência de restrições operacionais que excluem a possibilidade, ou necessidade, de trabalhar um modelo de programação linear inteira com esses mesmos utilizadores e elevadores. Sendo, nesse sentido, a melhor abordagem, uma exclusão dos mesmos. Evitando assim, possíveis redundâncias e complexidade, com possível impacto direto na exigência computacional do modelo de programação linear inteira

Porém, outras restrições operacionais não excluem utilizadores e elevadores, mas requerem uma incorporação no sistema a desenvolver. Nestas condições é possível incluir a atribuição exclusiva de Utilizador-Elevador, horários de utilização obrigatórios e outros pressupostos assumidos. São um conjunto de restrições, que respeitam exigências do SESARAM no que respeita à gestão do fluxo de pessoas e mercadoria no HNM. Com a informação reunida no presente documento, é possível contar com a presença do Anexo 2 – Apoio ao Modelo HNM, em localização oportuna no documento, onde se apresenta, de uma forma sintetizada, a informação exposta, com as devidas restrições a serem consideradas, com a presença de algumas simplificações para efeitos de modelação. Sendo útil para a construção do modelo genérico, segundo as especificações do SESARAM, e para as devidas alterações, tendo em conta os potenciais cenários, plausíveis em âmbito hospitalar tendo em conta a realidade do SESARAM, que se presente construir.

Com o conhecimento das restrições existentes na partilha de elevadores e dos horários de utilização que se mostram de realização obrigatória, pretende-se desenvolver um modelo para auxiliar a utilização de elevadores no HNM. Como objetivo, intenciona-se alcançar uma função que, tendo em conta as atribuições de *slots* temporais a utilizadores, faça ocorrer uma redução do tempo de espera. Em termos de noção temporal, os *slots* temporais encontram-se considerados, através de uma distribuição parcelada entre as 07:00-19:00. Nesse sentido, recorre-se a intervalos temporais de 30 minutos. Apoiado na duração média de cada operação, por parte dos diferentes utilizadores. Reconhecendo o mesmo como uma base, aceitável, para a construção de unidades de blocos de duração de atividades no HNM.

Deseja-se uma correta alocação de utilizadores a elevadores, com atribuições em espaços temporais mais favoráveis, tendo em conta a necessidade de slots temporais para determinadas operações. Pretende-se garantir que os *slots* temporais são guardados para um único utilizador, de forma a não criar complexidade nos fluxos de utilização. O que caracteriza uma correta, ou satisfatória, alocação de utilizador a elevador, em determinado intervalo temporal, é o tempo de espera. Atualmente, os tempos de espera possuem variações consoante o elevador em questão, e conseqüentemente, acabando por não serem sentidos por todos os utilizadores. Destaca-se que os utilizadores mais afetados com esta problemática são o Aprovisionamento, Farmácia e Visitas. São utilizadores que demonstram a sua insatisfação, e através dos dados recolhidos é possível compreender o grau de insatisfação. Os elevadores que são utilizados pelos mesmos, não são de uso escalonado. Isto é, são de acesso livre entre os vários utilizadores. Além disso, o seu estatuto, não prioritário, implica que

disputas do recurso elevador acabem por ser ganhas por profissionais acompanhados por doentes. Os tempos de espera sentidos foram registados, nos elevadores sujeitos a tempos de espera, através de uma análise realizada entre as 07:00 – 19:00. Assumindo um pressuposto de que a utilização de um conjunto de utilizadores, variável, mas presente ao longo do tempo, oferece impacto na operação de um outro conjunto de utilizadores. Sendo, neste caso, a situação do elevador EMMML com uma utilização contínua por parte dos utilizadores profissionais e doentes, que afeta a operação do Aproveitamento e Farmácia. No que respeita às visitas do HNM, o SESARAM apresenta-se como impossibilitado de realizar alterações que impactem a operação de utilização das visitas. No capítulo seguinte, apresenta-se a formulação matemática que pretende transcrever, matematicamente, o conjunto de informação reunida. E assim, tentar dar resposta à questão fundamental da presente dissertação.

5. Modelo Matemático

Com o processo ocorrido no capítulo anterior, é possível identificar um panorama geral de utilização e, conseqüentemente, a criação do documento presente no Anexo 3 que mostra o panorama atual de utilização geral dos elevadores do HNM. O mesmo ilustra um horário composto por *slots* de 30 minutos, com início às 07:00 e fim às 19:00 e onde é possível contar com a identificação de cada utilizador e o respetivo elevador. Deste modo, é possível visualizar, conforme as exigências e especificações do SESARAM, e para cada elevador existente, as horas que cada utilizar necessita usufruir, ou usufrui, ou ainda, pode usufruir.

Nesse contexto, pretende-se desenvolver um modelo para auxiliar a atribuição dos utilizadores que possuem ainda essa flexibilidade, e encontrar intervalos temporais para a realização das suas tarefas. Para isso, apoiando-se no conhecimento do número de *slots* temporais necessários, para cada operação de utilização. Em forma de apoio, o Anexo 2 apresenta um sumário da informação a considerar para efeitos de modelação. Este mesmo modelo, a desenvolver, serve, ainda, como base para um posterior desenvolvimento de cenários em capítulo seguinte

5.1. Formulação Matemática

Esta secção introduz o modelo desenvolvido, sendo precedido pelos índices, conjuntos, parâmetros e variáveis a considerar.

Índices:

u – Utilizadores

e – Elevadores

t – Slots Temporais

i – Identificação/Numeração de Subconjuntos

Conjuntos:

$U = \{1, 2, \dots, u, \dots, NU\}$, Conjunto total de utilizadores

$E = \{1, 2, \dots, e, \dots, NE\}$, Conjunto total de elevadores

$T = \{1, 2, \dots, t, \dots, NT\}$, Conjunto total de slots temporais

$I = \{1, 2, \dots, i, \dots, NI\}$, Conjunto total do número de subconjuntos

Subconjuntos:

$UC_i = \{1,2, \dots, u, \dots, NUC\}$, Conjunto contendo utilizadores que se encontram, de forma análoga, restritos a um certo conjunto de elevadores. Podem existir quantos conjuntos consoante quantas restrições, diferentes, de atribuição utilizador-elevador houver

$EC_i = \{1,2, \dots, e, \dots, NEC\}$, Conjunto contendo elevadores que se encontram, de forma análoga, restritos a um certo conjunto de utilizadores. Podem existir quantos conjuntos consoante quantas restrições de atribuição utilizador-elevador houver

$UO_i = \{1,2, \dots, u, \dots, NUO\}$ Conjunto contendo utilizadores que possuem obrigatoriedade de horário em um determinado conjunto de slots temporais. Podem existir quantos conjuntos consoante quantos utilizadores possuírem diferentes obrigações de horário

$EO_i = \{1,2, \dots, e, \dots, EO\}$, Conjunto contendo elevadores a utilizar por um conjunto de utilizadores que possuem obrigações de horário a cumprir. Podem existir quantos conjuntos consoante quantos elevadores diferentes forem utilizados por utilizadores que possuem obrigações de horário

$TO_i = \{1, \dots, t, \dots, NT0\}$ Conjunto contendo slots temporais que necessitam se realizar obrigatoriamente por um determinado conjunto de utilizadores. Podem existir quantos conjuntos consoante quantos horários a cumprir, diferentes, existirem.

$UF_i = \{1,2, \dots, u, \dots, NUS\}$ Conjunto contendo utilizadores que possuem flexibilidade de horário para alocação em um determinado conjunto de elevadores. Podem existir quantos conjuntos consoante quantos utilizadores possuírem flexibilidade de alocação

$EF_i = \{1,2, \dots, e, \dots, NES\}$ Conjunto contendo elevadores a utilizar por um conjunto de utilizadores que possuem flexibilidade de horário para alocação. Podem existir quantos conjuntos consoante quantos elevadores, diferentes, forem utilizados por utilizadores com flexibilidade de horário para alocação

$TF_i = \{1, \dots, t, \dots, NTF\}$ Conjunto contendo slots temporais que abrangem o horário laboral de um conjunto de utilizadores que possuem flexibilidade de horário para alocação. Podem existir quantos conjuntos consoante quantos horários laborais, diferentes, forem praticados por utilizadores que possuem flexibilidade de horário para alocação

Parâmetros:

$T_{esp_{e,t}}$ Tempo de espera, médio, sentido no elevador e , no slot temporal t (segundos)

$Slotsobrigatorios_u$ Número de slots que o utilizador u necessita, obrigatoriamente de preencher

$Slotsnecessarios_u$ Número de slots que a operação do utilizador u necessita, a nível diário

Variáveis de Decisão:

$y_{u,e,t}$ - Variável binária que toma o valor 1 se o utilizador u , realiza uma viagem no elevador e , no slot temporal t .

Função Objetivo:

$$\text{Min } Z = \sum_{t \in T} \sum_{e \in E} \sum_{u \in U} y_{u,e,t} \times \text{Temp}_{e,t} \quad (1)$$

A função objetivo, representada pela expressão (1), pretende encontrar a soma dos tempos de espera, em segundos, que representa o menor valor possível. Nesse sentido, existe uma procura por combinações que vão de encontro ao objetivo, alocando utilizadores a elevadores, tendo em conta o intervalo temporal e a restrições operacionais que conduzem toda a operação do HNM. Nestas condições, constata-se que os tempos de espera aqui considerados são obtidos considerando uma afetação de utilização, atualmente em vigor, por parte de um grupo de utilizadores extremamente assíduos nos elevadores do HNM.

Restrições:

$$\sum_{u \in U} y_{u,e,t} \leq 1 \quad \forall e \in E, t \in T \quad (2)$$

As restrições (2) pretendem garantir que, no máximo, um utilizador usa o mesmo elevador no mesmo slot temporal. Porém, adverte-se que na ocasionalidade de haver um número necessário de slots maior do que os slots disponíveis, ficamos perante um problema impossível. Sendo, nesse caso, necessário a conjugação de utilizadores compatíveis em intervalos temporais coincidentes.

$$\sum_{u \in UC_i} \sum_{t \in T} y_{u,e,t} \geq 1 \quad \forall e \in EC_i, i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{u \in UC_{i+1}} \sum_{t \in T} y_{u,e,t} = 0 \quad \forall e \in EC_i, i \in I \quad (3.1)$$

As restrições (3), com o apoio das restrições (3.1), têm o objetivo, de forma conjunta, de restringir um conjunto de certos utilizadores, a usufruir um certo conjunto de elevadores. Assim, um conjunto de elevadores, com correspondência a um conjunto de utilizadores, de mesmo índice i , pode apresentar utilização – Restrições (3). Caso contrário, na existência de conjuntos de elevadores, e utilizadores, pertencentes a índices i diferentes, a utilização não é permitida – Restrições (3.1).

$$\sum_{t \in TO_i} \sum_{e \in EO_i} y_{u,e,t} = Slotsobrigatorios_u \quad \forall u \in UO_i, i \in I \quad (4)$$

As restrições (4) pretendem atribuir, de forma obrigatória, determinados *slots* temporais a utilizadores de um certo conjunto, e que utilizam um dado conjunto de elevadores para realizar as suas tarefas. No contexto do problema, é pretendido, através deste conjunto de restrições, garantir que os utilizadores que possuem restrições horárias para a realização de tarefas no HNM, sejam incorporados no modelo a desenvolver. Permitindo assim, a identificação de espaços temporais ocupados, em certos elevadores e por determinados utilizadores, que conseqüentemente permitem oferecer o conhecimento, ao modelo de programação linear inteira, de intervalos temporais que se encontram livres a serem alocados. Assim, salvaguarda-se o cumprimento de exigências existentes em certas operações do HNM.

$$\sum_{t \in TF_i} \sum_{e \in EF_i} y_{u,e,t} = Slotsnecessarios_u \quad \forall u \in UF_i, i \in I \quad (5)$$

As restrições (5) pretendem permitir que os utilizadores, de um certo conjunto, que possuem um certo grau de flexibilidade para a realização das suas tarefas, sejam atribuídos aos *slots* livres existentes. Respeitando os elevadores onde estes podem realizar as suas tarefas, e o horário laboral em vigor para os utilizadores em questão. Desta forma, reduz-se os intervalos temporais nos quais pode haver alocação. A alocação pretende garantir que se atribui um total de *slots*, tendo em conta o utilizador, que se encontram relacionados com as suas necessidades diárias de transporte no HNM.

$$y_{u,e,t} \in [0,1] \quad \forall u \in U, e \in E, t \in T \quad (6)$$

Como variável binária, a variável de decisão y , encontra as suas possibilidades de valores balizadas exclusivamente entre o 0 e o 1, visível na restrição (6). Neste sentido, a função objetivo apresenta restrições de domínio que pode se enquadrar em valores entre 0, em casos extremos onde não se registam tempos de espera, ou atingir valores máximos. Os valores máximos, em um extremo oposto da situação anterior, que se podem registar, neste modelo, encontram-se associados com o valor total que a soma de todos os tempos de espera podem oferecer.

5.2. Validação do Modelo

Após a construção do modelo em programação linear inteira, a validação e verificação do mesmo deve ser feita juntamente com os *stakeholders* do sistema. A execução do modelo, com as restrições apresentadas, oferece a solução para um primeiro cenário generalista, e que pretende respeitar os requisitos do SESARAM. Como ferramenta para a modelação do problema, foi possível contar com o

software GAMS, apoiado pelo CPLEX, para a obtenção de soluções. A computação do resultado foi realizada em 0,005 segundos, através de um computador Toshiba Satellite C, com um processador AMD E1-2100 APU Radeon™ HD Graphics e com uma memória RAM de 4 Giga Byte. Atingido uma solução identificada como ótima

A verificação e validação do modelo, confirma-se, através do reconhecimento de que a solução obtida realizou as atribuições de forma a respeitar todos os requisitos esperados e estabelecidos. Nomeadamente, o respeito pela atribuição de utilizadores a elevadores, pelos horários a que essas atribuições poderiam ocorrer, e ainda, pela exigência da ausência de diferentes utilizadores a ocorrer em um mesmo *slot* temporal. A solução, descrita no capítulo seguinte, quando inicialmente apresentada, e traduzida, para os *stakeholders* do sistema foi identificada como válida. Afirma-se, então, que a modelação está apta a realizar a tarefa para a qual foi construída: a distribuição de utilizadores por elevadores, em um determinado intervalo temporal disponível, consoante o impacto no potencial tempo de espera.

5.3. Conclusão

Existindo um intervalo temporal que se encontra igualmente segmentado em porções, deseja-se que um certo conjunto de utilizadores, que possuem obrigatoriedade no horário de realização das suas atividades, seja alocado aos seus respetivos elevadores. Essas obrigações são restrições no sistema, que se encontram relacionadas com a existência de rotinas laborais que envolvem terceiros nos processos e, como tal, de difícil alteração segundo a administração do HNM. No entanto, por outro lado, são essas mesmas restrições que criam segmentos temporais que ao não se encontrarem ocupados, estão livres a serem preenchidos. Esse preenchimento é realizado por utilizadores que possuem uma maior flexibilidade temporal para a alocação. Assim, a formulação matemática atribui os utilizadores, que possuem flexibilidade, a *slots* temporais e elevadores onde as suas atividades podem ser realizadas. A atribuição fica dependente do tempo de espera associado à utilização de certo elevador, e da hora do dia em que a mesma ocorre. Estando o tempo de espera recolhido, associado à rotina de utilização dada por utilizadores que não se enquadram no modelo. Pela razão de ocorrerem de forma contínua em todos os *slots* temporais existentes, e logo se encontrarem impossibilitados de serem atribuídos a um determinado intervalo temporal para a realização das suas tarefas. Neste sentido, destaca-se os utilizadores profissionais e doentes. Contudo, reconhece-se que, como limitação do presente modelo, os tempos de espera recolhidos encontram-se associados a rotinas de utilização oriundas de uma afetação de uso, atualmente em vigor.

Esta ferramenta permite suportar o HNM, numa questão que motivou a realização do presente trabalho. O desconhecimento, recíproco, existente entre diversas operações logísticas do HNM. Isto é, como se relacionam, as diferentes atividades que criam fluxos nos elevadores do hospital. Após a recolha de dados e uma análise observacional, identifica-se uma potencial melhoria, através de uma melhor coordenação das atividades logísticas. Idealizada através de uma tentativa de conhecer espaços temporais livres que podem, efetivamente, ser utilizados. E ainda, compreender a utilização dada aos elevadores, de forma a identificar fases do dia mais vantajosas para a execução de tarefas.

Como tal, esta ferramenta apoia o processo de resolução do caso de estudo, presente em capítulo seguinte. Espera-se então, retratar os vários cenários, e através da aplicação do modelo, descobrir os *slots* temporais que cada utilizador deve realizar a fim de diminuir os tempos de espera sentidos no HNM.

6. Resolução do Caso de Estudo e Análise de Cenários

A formulação matemática representa um modelo que pretende oferecer resposta à questão colocada pelo SESARAM. Assim, o presente capítulo encontra-se estruturado através de vários cenários. O primeiro cenário a estudar, intitulado caso geral, pretende utilizar o modelo, através das restrições que respeitam as exigências atuais do SESARAM. Trata-se, assim, do modelo base e que será usado como a suporte para adaptações. Os cenários que se procuram estudar, no presente capítulo, implicam modificações que envolvem potenciais alterações sentidas a nível dos fluxos logísticos do HNM. Como tal, é pretendido descobrir o impacto que essas alterações oferecem a toda a operação que recorre ao uso dos elevadores.

A construção de cenários foi uma abordagem necessária, de forma a dar resposta às restrições existentes. Segundo o SESARAM, certos utilizadores, elevadores, ou horários, possuem características que os tornam impossibilitados de sofrer alterações, razões apontadas em capítulo anterior. Assim, a construção de cenários, assentes em potenciais mudanças físicas no terreno, são exigidas para a possível adaptação do modelo. De forma a permitir a resolução de impossibilidades existentes.

Assim, é possível contar com a presença da resolução de um caso geral (secção 6.1). Um cenário 2, Instalação de conduta para descarga de lixo, onde é pretendido estudar o impacto que a instalação de uma conduta, destinada ao transporte de lixos, tem nas operações dos elevadores (secção 6.2). O cenário 3, Instalação de conduta para descarga de roupas sujas, pretende usufruir, igualmente, de uma estrutura de apoio para o tratamento de Bens de Hotelaria no HNM (secção 6.3). Que como implicação, permite que nem toda a operação do utilizador Bens de Hotelaria, necessite, exclusivamente, do uso de elevador. Há espaço a uma idealização de realização de obras de ampliação dos espaços de armazenamento de roupas limpas e sujas, como cenário 4, que pretende estudar o impacto que uma ampliação dos espaços de armazenamento de Bens de Hotelaria possui em toda a operação (secção 6.4). Como consequência, podendo contar com uma menor frequência na operação do utilizador Bens de Hotelaria. Um cenário 5, Ampliação da dimensão da caixa do elevador EA, implica uma mudança na caixa de elevador de Alimentação de forma a permitir o transporte de dois carros de alimentação por viagem (secção 6.5). O cenário é tecnicamente plausível, visto haver dimensão para tal. Permitindo a criação de novos espaços de possível utilização para partilhar com outros utilizadores. Como último cenário, o cenário 6 junta os cenários 2 e 4, e pretende analisar uma situação idealizada como bastante favorável (secção 6.6).

Os cenários, e respetivos pressupostos, encontram-se retratos na tabela 10, podendo ser, posteriormente, encontrada mais informação sobre os mesmos no decorrer do presente capítulo.

Tabela 10 - Apresentação dos cenários a desenvolver, acompanhados pelos pressupostos assumidos.

Cenários	Pressuposto(s)
1 – Caso Geral	Respeito para com os requisitos do HNM: Respeito parcial pela atribuição atual de elevador-utilizador; Respeito pelos horários considerados obrigatórios;
2 – Instalação de Conduta para descarga de lixo	Libertação de espaço alocado para a tarefa de recolha de lixo → Retirar utilizador lixo; Atribuição de utilizadores novos, compatíveis com o elevador.
3 – Instalação de Conduta para descarga de roupas sujas	Libertação de espaço alocado para a tarefa de recolha de artigos de linha branca sujos → Retirar necessidade de <i>slots</i> destinados à recolha de roupas sujas; Atribuição de utilizadores novos, compatíveis com o elevador.
4 – Realização de obras de ampliação dos espaços de armazenamento de roupas limpas e sujas	Menor frequência na entrega e recolha de roupas sujas; Libertação de espaço alocado no elevador → Redimensionar a necessidade de <i>slots</i> para o utilizador Bens de Hotelaria; Atribuição de utilizadores novos, compatíveis com o elevador.
5 – Ampliação da dimensão da caixa do elevador EA	Elevador de maior dimensão, permitirá realizar as tarefas de distribuição de almoço e jantar em menor tempo → Redimensionar a necessidade de <i>slots</i> para o utilizador Alimentação; Atribuição de novos utilizadores ao elevador EA.
6 - Cenários 2 e 4 em conjunto	Intersecção das restrições e pressupostos dos cenários 2 e 4.

6.1.Caso Geral

Este cenário, a nível de atribuição utilizador-elevador, e horários a respeitar, pode ser compreendido através de um olhar sobre a tabela 11. A informação presente na referida tabela serviu como *input* para o modelo de programação linear. Como resposta, o modelo ofereceu a solução presente na figura 16, onde, para meio de comparação, atingiu um valor de 676 segundos (11 Minutos e 16 Segundos), para um total de tempo de espera, a decorrer em um dia de trabalho. Tendo em conta as circunstâncias do cenário, o tempo de espera registado apenas se refere aos utilizadores Farmácia e Aprovisionamento. Tratam-se dos utilizadores que possuem flexibilidade de atribuição ao longo dos seus horários laborais.

De forma a criar situações que perpetuem possíveis reduções nos tempos de espera, segundo a formulação matemática, os utilizadores Farmácia e Aprovisionamento devem seguir as horas de distribuição apresentadas a cor verde na figura 16. A utilização do elevador EMMML não apresenta qualquer tipo de restrição, porém, a utilização dos elevadores EE e EA encontra-se condicionada com uma higienização do mesmo após utilização.

Destaca-se que, havendo espaço para a realização de tarefas nos elevadores EE e EA, o modelo atribui de forma preferencial a utilização dos mesmos. Trata-se de um elevador que funciona de forma escalonada, ou seja, não apresenta qualquer tipo de tempo de espera. Como tal, com uma utilização favorável, em detrimento do elevador EMLL. Elevador esse que possui os tempos de espera estudados tendo em conta a utilização dada pelos seus restantes utilizadores. Nomeadamente os Doentes e Profissionais, uma presença assídua e constante ao longo de um dia no HNM.

Intuitivamente é compreendida a dinâmica, e lógica, da solução obtida pelo modelo. Na falta de espaços temporais que representem tempos de espera nulos, são procurados os espaços temporais mais favoráveis, isto é, com menores tempos de espera. Esta dinâmica permite compreender que os elevadores EE e EA oferecem a situação mais favorável para o funcionamento da operação de fluxos do HNM.

Como tal, os cenários seguintes pretendem incentivar alterações físicas que impactem diretamente na disponibilidade de espaços temporais nos elevadores EE e EA. Visto que é impossível a existência de mais elevadores. E ainda, se reconhece a presença, efetiva, de fluxos intensos de difícil resolução. Sendo essa dificuldade associada, em muito, com a quantidade de restrições que regem toda a operação do HNM.

6.2. Instalação de conduta para a descarga de lixo

O segundo cenário consiste na instalação de uma estrutura de apoio para lidar com os fluxos que o lixo produz no HNM. A estrutura em questão é uma conduta, com acesso a partir dos diversos andares, onde é permitido escoar o material que é considerado lixo. A morfologia de uma estrutura, a título de exemplo, pode ser vista na figura 17 e 18.

O impacto a ser sentido, nos *inputs* do modelo, encontra-se expresso na tabela 12. A existência de tal estrutura, permite que o utilizador Lixo não seja contabilizado, e como consequência, liberte espaço de utilização para os restantes utilizadores. Com esta adaptação, o modelo devolveu uma solução, que é possível encontrar na figura 19, onde o tempo médio de espera atingido foi de 237 segundos (3 Minutos e 57 segundos).

Como esperado, a solução passa pela atribuição de utilizadores flexíveis aos intervalos temporais outrora ocupados pelo utilizador lixo. Neste cenário, quando comparado com o cenário anterior, contabiliza-se a presença de 6 novos *slots* temporais livres para a execução de tarefas em elevadores. O que acaba por representar um total de 3 horas libertas.

Com esta solução, fica implícita a coordenação com os restantes utilizadores dos elevadores EE, tal como nos restantes cenários, bem como garantir uma correta higienização após uso. O que já se encontra em aplicação pelos restantes utilizadores dos elevadores.



Figura 17 - Estrutura, 1, exemplar de uma conduta de transporte de lixo.



Figura 18 - Estrutura, 2, exemplar de uma conduta de transporte de lixo.

Tabela 12 – Apresentação de alterações a serem realizadas, segundo o cenário 2, nos *inputs* do modelo matemático.

Elevador	Utilizadores	Horário	Slots
EE	Lixo	Excluído do Modelo	0

Utilizador	Elevador	07:00	19:30
Visitas	EP		
Profissionais	EP		
Aprovisionamento	EMML		
Farmácia	EMML		
Esterilização	EMML		
Doentes	EMML		
Profissionais	EMML		
Aprovisionamento	EE		
Farmácia	EE		
Esterilização	EE		
Lixo	EE		
Bens de Hotelaria	EE		
Alimentação	EA		
Aprovisionamento	EA		
Farmácia	EA		

Figura 19 - Esquema da solução do cenário 2. A cor verde apresenta-se o espaço atribuído, a cor vermelha os espaços de uso obrigatório, e a cor amarela, uma utilização intemporal.

alimentação de cada vez, para abastecer os diversos andares que se alimentam de 2 carros de alimentação. Neste cenário a ampliação permitia o transporte de dois carros de alimentação.

Assim, cria-se um impacto nos horários de utilização do elevador EA. Libertando *slots* de utilização para outros utilizadores. Situação visível na tabela 15, que acompanha este cenário. Como solução, o modelo ofereceu a solução que se encontra esquematizada na figura 22. Onde se regista um tempo de espera total 440 segundos (7 Minutos e 20 Segundos)

Tabela 15 - Apresentação de alterações a serem realizadas, segundo o cenário 5, nos *inputs* do modelo matemático.

Elevador	Utilizadores	Horário	Slots
EA	Alimentação	08:00 – 12:00 14:00 – 14:30 17:00 – 18:00	11

Utilizador	Elevador	07:00	19:30
Visitas	EP		
Profissionais	EP		
Aprovisionamento	EMML		
Farmácia	EMML		
Esterilização	EMML		
Doentes	EMML		
Profissionais	EMML		
Aprovisionamento	EE		
Farmácia	EE		
Esterilização	EE		
Lixo	EE		
Bens de Hotelaria	EE		
Alimentação	EA		
Aprovisionamento	EA		
Farmácia	EA		

Figura 22 - Esquema da solução do cenário 5. A cor verde apresenta-se o espaço atribuído, a cor vermelha os espaços de uso obrigatório, e a cor amarela, uma utilização intemporal.

6.6.Cenários 2 e 4 em conjunto

Neste cenário junta-se a possibilidade da realização de uma intervenção para a instalação de uma conduta para a recolha de lixo. Bem como de um aumento do espaço de armazenamento existente para os artigos de linha branca, quer usada, quer por usar.

As alterações a serem feitas na alimentação do modelo são identificadas através da informação reunida na tabela 16. Como solução, presente na figura 23, o modelo oferece um tempo de espera nulo. A junção dos dois cenários contribui para o aparecimento de 10 *slots* temporais. Significando um novo número de horas livres para as operações do HNM, precisamente 5 horas. A presença de um total de novos 10 *slots* temporais permite que a operação da Farmácia e do Aprovisionamento se realize única e exclusivamente em elevadores com tempos de espera nulos. Ou seja, não recorre aos elevadores EMML.

Tabela 16 - Apresentação de alterações a serem realizadas, segundo o cenário 6, nos *inputs* do modelo matemático.

Elevador	Utilizadores	Horário	Slots
EE	Lixo	Excluído do Modelo	0
	Bens de Hotelaria	07:00 – 08:30 17:00 – 19:00	7

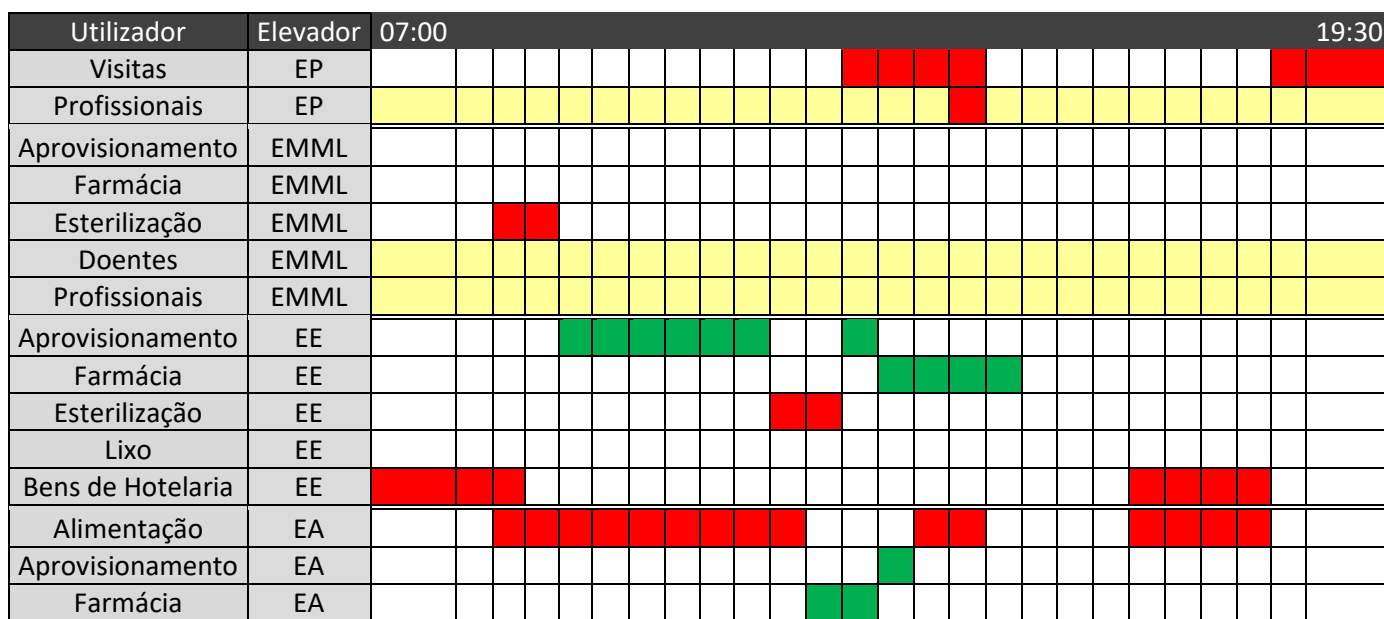


Figura 23 - Esquema da solução do cenário 6. A cor verde apresenta-se o espaço atribuído, a cor vermelha os espaços de uso obrigatório, e a cor amarela, uma utilização intemporal.

6.7. Conclusão

O conteúdo do presente capítulo pode ser resumido através da tabela 17. O caso de estudo do HNM apresenta a dinâmica de utilização dos elevadores da instituição hospitalar. Identifica-se a existência de restrições operacionais que limitam as possibilidades de abordagem, no entanto, a construção de cenários, aqui em prática, consegue oferecer uma potencial solução.

O cenário 1, bem como os restantes, encontram-se envoltos em um conjunto de restrições que não oferecem flexibilidade a todos os utilizadores presentes no sistema. Assim, apenas o utilizador Aprovisionamento e Farmácia, possuem flexibilidade para o seu escalonamento. Nesse sentido, após o acompanhamento das operações do HNM, no terreno, mapeou-se os tempos de espera registados nos elevadores em estudo, permitindo ao modelo uma tomada de decisão mais informada em relação aos potenciais tempos de espera.

A solução do cenário 1 oferece a resposta direta ao caso atual do SESARAM. Alcança-se um possível tempo de espera, total, de 676 segundos (11 Minutos e 16 Segundos). É conseguido através de uma melhor alocação da utilização no elevador EMML, com utilizações a serem realizadas entre as 9H – 10H da manhã. Bem como, uma utilização mais tardia, entre as 14H-15H:30M. Ainda, como nova

potencial prática, identificam-se *slots* de utilização nos elevadores EE e EA que não se encontram a ser alvo de utilização. Segundo as condições levantadas, o requisito de utilização de tais elevadores é o de uma higienização após uso. Nesse sentido, retirando fluxos de utilização nos elevadores EMML, com uma taxa de utilização, em horário laboral, possivelmente a rondar os 100%. Sendo, em contrapartida, utilizado um elevador que não se encontra na sua máxima utilização. Permitindo assim, distribuir utilização. Beneficiando os utilizadores do EMML, com menos tentativas de uso, bem como os profissionais Farmácia e Aprovisionamento, com soluções mais rápidas e eficazes para gerirem as suas operações.

O cenário 2 pretende tirar partido da utilização favorável do elevador EE, e assim, propõe a instalação de uma conduta para realizar a descarga de lixos. Como consequência, é possível retirar o utilizador Lixo como frequentador do elevador EE. Libertando 6 *slots* temporais de utilização, correspondentes a 3 horas. Após alteração na modelação, consegue-se receber uma solução de 237 segundos (3 Minutos e 57 Segundos). Sendo esse o valor de tempo de espera que os utilizadores Farmácia e Aprovisionamento, num todo, podem, potencialmente, sofrer.

Como cenário 3, há a idealização de instalar, igualmente, uma conduta. No entanto, nesta situação, aplicada apenas à descarga de roupas sujas. O cenário hipotético permite alcançar uma solução com 338 segundos (5 Minutos e 38 Segundos) de tempo de espera total. Através da libertação de 7 *slots* de utilização, traduzidos em 3h e 30M. A dinâmica de utilização do utilizador Bens de Hotelaria possui horários incompatíveis com os horários laborais dos utilizadores Farmácia e Aprovisionamento. Como tal, justificando a existência de intervalos temporais para livre utilização, mas impossibilitados de serem utilizados. Impactando no resultado de tempo de espera.

O cenário 4 assenta-se na possibilidade de ampliação dos espaços de armazenamento existentes nos andares de internamento. Espaços esses dedicados ao armazenamento de artigos de linhas branca, distribuídos e recolhidos pelo utilizador Bens de Hotelaria. O impacto de tal situação é o de uma menor necessidade de distribuição. Permitindo que a libertação de 4 intervalos temporais de nova utilização (2 horas), leve a uma solução de 237 segundos (3 Minutos e 57 segundos).

No cenário 5 constrói-se uma situação onde um aumento da caixa do elevador EA, permite que o utilizador Alimentação realize parte da sua operação em, aproximadamente, metade do tempo. Recorrendo a uma caixa de elevador que permita o transporte de dois carros de alimentação, em detrimento de um, como atualmente. A libertação de 4 espaços de utilização, ou seja 2 Horas, cria uma situação que devolve uma solução de 440 segundos (7 Minutos e 20 Segundos).

Como último cenário, existe a conjugação da situação a viver no cenário 2 e 4. Ou seja, a criação de uma conduta para o transporte de lixo, bem como a realização de obras de ampliação dos espaços de armazenamento dos produtos a serem transportados pelo utilizador Bens de Hotelaria. Esta conjugação, torna possível a existência de um tempo de espera nulo. Graças à possibilidade de oferecer um número total de *slots* de utilização, nomeadamente 10 intervalos que significam 5 horas, dessa maneira, consegue-se satisfazer na íntegra a procura existente por parte dos utilizadores Farmácia e Aprovisionamento.

Este capítulo pretende oferecer ao SESARAM um olhar geral sobre a dinâmica de utilização dos elevadores na sua instituição HNM. Através de uma reposta direta, bem como da exploração de

cenários. Nesse sentido, identifica-se o cenário 1 como uma solução possível para a situação atual. Respeitando toda a exigência que a operação dos elevadores requer no HNM. No entanto, identifica-se, também, que a instalação de uma conduta de transporte de lixo, retratada pelo cenário 2, é plausível e oferece um benefício significativo à operação do HNM. Do conjunto de cenários construídos é identificada como a mais favorável, e de maior facilidade de concretização. Sendo que os restantes cenários podem oferecer adaptações dispendiosas (exemplo: Obras de ampliação em todos os andares), ou então não oferecerem vantagens significativas (Exemplo: Aumento da caixa do elevador EA).

Este aglomerado de informação, para os decisores do HNM, pode auxiliar a tomada de decisão sobre potenciais soluções para a utilização dos elevadores. Por outro lado, a existência de espaços temporais por utilizar nos elevadores EE e EA, podem motivar uma modificação da operação total da Farmácia e Aprovisionamento, de forma a tirar o máximo das horas vagas. Nomeadamente, através de uma distribuição contínua, e posterior arrumação após terminada todas as entregas. Em suma, criar, dentro do contexto hospitalar, um conjunto de condições para a minimização dos tempos de espera existentes.

Tabela 17 – Apresentação, resumida, dos resultados obtidos nos diferentes cenários.

Cenários	Intervalo Temporal Libertado	Tempo de espera (Segundos)
1 – Caso Geral	-	676
2 – Instalação de Conduta para descarga de lixo	6 (3 Horas)	237
3 – Instalação de Conduta para descarga de roupas sujas	7 (3,5 Horas)	338
4 – Ampliação dos espaços de armazenamento de Bens de Hotelaria	4 (2 Horas)	237
6 – Ampliação da dimensão da caixa do elevador EA	4 (2 Horas)	440
7 - Cenários 2, e 4 em conjunto	10 (5 Horas)	0

7. Conclusões

O HNM, instituição hospitalar pertencente ao SESARAM, é uma estrutura que oferece cuidados de saúde desde o ano de 1973. É o hospital principal da RAM, e como tal, com necessidade obrigatória de resposta a todo o universo utilizador da região. A realidade demográfica atual, presente na RAM, é significativamente mais complexa de que aquando a edificação do hospital. Registam-se, ao longo dos anos, oscilações na população residente, e que conseqüentemente, representam variações na população a satisfazer com cuidados de saúde. Juntamente com essa oscilação de população residente, existe a população temporária para fins de turismo. Também ela identificada como uma nova fonte de complexidade, através da introdução de um maior número de pessoas ao universo de utilizadores dos serviços de saúde da RAM. Aliado a essa variação, reconhece-se que o índice de envelhecimento populacional, da RAM, aumenta de ano para ano. Significando que, em suma, existe uma maior presença de pessoas a serem servidas pelo HNM, sendo que esse grupo é caracterizado por uma idade média relativamente elevada. Como esperado, a situação proporciona um impacto na necessidade de prestação, e frequência, na obtenção de cuidados de saúde.

Em conseqüência, além do impacto direto existente na ocupação de camas de hospital, é possível, ainda, contar com uma maior complexidade logística relativamente à distribuição interna. Sendo o HNM uma estrutura em arquitetura vertical, os elevadores são identificados como *bottleneck* na circulação dentro do hospital. Permitindo a criação de condições para a existência de tempos de espera consideráveis. Nesse sentido, a administração do HNM, apoiada por um descontentamento por parte dos profissionais de Farmácia, constatou que os mesmos eram alvo de tempos de espera significativos. Significando, que as suas operações possuíam tempos de espera variáveis consoante a hora de utilização do elevador. Tal constatação motivou o desenvolvimento da presente dissertação, criando a questão de investigação que questiona sobre a existência de uma política de utilização que permita, que os vários utilizadores do sistema de elevadores, interagem de forma a minimizar os tempos de espera vividos. Sendo criada a ambição de obter informação para permitir uma coordenação e integração de todas as atividades que recorrem a elevadores. De forma a caracterizar o comportamento do sistema e estar na posse de dados e observações que permitam apoiar tomadas de decisão na temática.

Como passo inicial, existe a necessidade de caracterizar, e traduzir, o sistema em um caso de estudo. São identificados utilizadores e elevadores que interagem no sistema. Nomeadamente a presença de 10 utilizadores (Aprovisionamento, Farmácia, Visitas, Lixo, Bens de Hotelaria, Doentes, Doentes Cirúrgicos, Profissionais, Esterilização e Alimentação), que recorrem a um conjunto de 7 elevadores, também eles identificados por código como EP1, EP2, EML1, EML2, EBO, EE e EA. O caso de estudo permite evidenciar, de forma preliminar, a existência de um conjunto de restrições que balizam as possibilidades de atuação no sistema de elevadores do HNM. A informação reunida através do caso de estudo, consegue, para efeitos de simplificação, retirar a necessidade de contabilizar certos conjuntos de utilizadores e elevadores. Oferecendo uma simplificação à modelação do sistema. Nessas circunstâncias podem ser excluídos utilizadores tais como Doentes e Profissionais, são utilizadores assíduos nos elevadores a que se encontram atribuídos, e logo, de difícil balização horária. São, no entanto, fulcrais, pois a sua utilização possui um contributo estritamente relacionado com os tempos de

espera a serem sentidos. Ainda, destaca-se que o utilizador Doentes Cirúrgicos, não possui possibilidade de partilhar elevador de uma forma intercalada ou simultânea, necessitando de um elevador de uso exclusivo para as suas operações. Retirando assim, a necessidade da sua contabilização, e do seu elevador, para efeitos de modelação. Como última simplificação, existe a possibilidade de transformar os elevadores EMML1, EMML2, EP1 e EP2, em apenas EMML e EP. Graças ao facto de que a chamada destes elevadores é comum, ou seja, existe um botão de chamada partilhado pelos elevadores da mesma tipologia. Sendo que, os tempos de espera registados, aplicam-se à utilização de um dos dois elevadores. Para além das simplificações, é possível contar com restrições relacionadas com atribuições de utilizador-elevador a respeitar, horários de utilização a respeitar, bem como, recomendações práticas relacionadas com o potencial perigo que existe através do cruzamento de determinados fluxos existentes em ambiente hospitalar. Porém, reconhece-se que apesar da presença de utilizadores insatisfeitos com os tempos de espera, o caso de estudo permite, ainda, averiguar que nem todos os utilizadores são portadores da mesma insatisfação. Visto que, são registados utilizadores que possuem tempos de espera nulos. Associado a utilizações que recorrem a elevadores exclusivos, ou de uso, atualmente, escalonado entre utilizadores. Nessa situação destaca-se, os utilizadores Lixo, Bens de Hotelaria e Alimentação, como um conjunto de utilizadores que, no decorrer das suas operações no HNM, não são alvo de tempos de espera nos elevadores que utilizam. Por outro lado, os utilizadores Aprovisionamento, Farmácia, Esterilização e Visitas apresentam, de forma transversal, uma insatisfação com os tempos de espera a que se encontram sujeitos. O caso de estudo permite, de forma genérica, identificar que existem utilizadores satisfeitos, e outros por satisfazer, através de um sistema restringido por condições exigentes.

Como apoio para o desenvolvimento de uma metodologia a aplicar, a nível de revisão de literatura, é possível contar com o conhecimento de que, de todos os edifícios institucionais, os hospitais são aqueles que possuem uma maior complexidade de operação. Complexidade essa que motivou académicos a se debruçarem sobre temáticas relacionadas com o dimensionado de estruturas de apoio em edifícios. De onde se destaca os elevadores. Nesse sentido, a simulação é identificada como uma abordagem transversalmente aplicada, e com uma obtenção satisfatória de resultados. A programação linear é também identificada como abordagem válida, que como vantagem, oferece menores tempos despendidos em recolha de dados, computação e análise de dados. De uma forma geral, é reconhecida que a IO possui ferramentas capazes de lidar com a temática em estudo. De entre os trabalhos presentes na literatura, identifica-se um exemplar que relaciona escalonamento em uso de elevadores. O trabalho de Buzaglo (2011) torna-se, assim, uma referência e exemplo de aplicação de modelos quantitativos na resolução de problemas de escalonamento relativos a elevadores. Nesse sentido, a direcção da metodologia a seguir passa por uma abordagem de programação linear inteira. Após evidenciados os resultados do trabalho acima mencionado.

Com informação reunida em literatura, avança-se para uma metodologia que pretende retratar, através de modelação matemática, o sistema de elevadores do HNM. Constrói-se um modelo que auxilia a atribuição de utilizadores, a elevadores, tendo por base o potencial tempo de espera associado a um dado *s/ot* temporal, em um determinado elevador. A informação a alimentar a formulação matemática nasce de um acompanhamento presencial no seio de toda a operação, através da recolha

de métricas e observações que permitem retratar o funcionamento do sistema de elevadores. Destaca-se a existência de utilizadores pouco, a nada flexíveis, com horários de utilização obrigatórios devido à coordenação contratual com entidades exteriores ao HNM. Assim, obriga-se a ocupação de intervalos temporais em certos elevadores, para com respeito a esses utilizadores. Deixando, posteriormente, um universo de intervalos temporais que podem ser utilizados por utilizadores que possuem flexibilidade. Na lista de utilizadores possuidores de flexibilidade, apenas se destaca os utilizadores Farmácia e Aprovisionamento. São, segundo o SESARAM, os utilizadores que devido às características das suas operações, possuem flexibilidade de alocação no HNM. Deixando de fora, outros utilizadores portadores de queixas relacionadas com tempos de espera, tais como as visitas. Tratando-se, pois, de uma situação complexa e de resolução difícil, visto que, segundo o grupo de coordenação responsável por questões de foro microbiano, não existe possibilidade de conjugar o utilizador visitas com outro utilizador, nem em outro elevador. Sendo que, além disso, o horário de uso, por parte desse utilizador, é final. Trata-se de uma tentativa horária que permite que as visitas conjuguem o desejo de visitar com obrigações laborais. Nesse sentido, percebe-se que os utilizadores sujeitos a alterações são apenas a Farmácia e Aprovisionamento.

Como forma de resposta ao SESARAM, desenvolve-se um conjunto de cenários que procuram responder às suas questões. A questão principal, e segundo toda a panóplia de exigências operacionais, é respondida através de um cenário genérico. Esse cenário genérico conjuga a utilização de elevadores atualmente atribuídos, e em vigor, bem como a utilização de elevadores EE e EA. Algo que não é, atualmente, utilizado. O acompanhamento de toda a operação de utilização de elevadores do HNM, permite assim, identificar a existência de espaços temporais vagos em elevadores não atribuídos. Porém, com a restrição de higienização após uso, os mesmos são opção de utilização. Como tal, tendo em conta esse contexto, foi devolvida uma solução de utilização com um resultado para o tempo de espera a sofrer, em 676 segundos (11 minutos e 16 segundos). É um resultado obtido para um total de 15 operações de entregas diárias, para ambos os utilizadores Farmácia e Aprovisionamento. A existência de *slots* de utilização em elevadores, atualmente, restritos a outros utilizadores, consegue impactar positivamente a utilização dos dois utilizadores que encontram problemas de coordenação. Contrastando com a situação onde o acesso é apenas exclusivo a elevador partilhado. Sendo registados tempos de espera médios, em horas de maior utilização (11h – 14h), de aproximadamente 5 minutos e 23 segundos por operação de distribuição.

Juntamente com este cenário geral, apresentam-se cenários hipotéticos, assentes em alterações físicas no HNM. Destaca-se a instalação de uma conduta de transporte de lixo que, libertando 6 intervalos temporais de utilização, o que significa 3 novas horas de utilização, consegue atingir um resultado de 237 (3 Minutos e 57 Segundos), para um total de tempo de espera, diário, a sofrer. A título máximo, destaca-se um cenário que conjuga a utilização de uma conduta para o transporte de lixo, aliado a um aumento dos espaços de armazenamento existentes nos andares de internamento. Espaços esses destinados a produtos do utilizador Bens de Hotelaria. Esse cenário possibilita a ausência total de tempos de espera. Sendo identificada como uma situação extremamente favorável.

Com esta etapa final do documento de dissertação, pretende-se oferecer ao SESARAM um conjunto de considerações e informações relevantes para apoiar a tomada de decisão relativa ao uso de elevadores na instituição. Nesse sentido, são apresentados horários de utilização, segundo os diferentes cenários, bem como observações adquiridas aquando o acompanhamento das operações. Destaca-se que, de forma a minimizar a insatisfação do utilizador Visitas, iniciou-se um conjunto de visitas guiadas aos serviços. Com esta iniciativa, pretende-se educar o utilizador Visitas, e justificar, a razão existente para a proibição de coexistirem em elevadores juntamente com outros profissionais e doentes. Assim, neste prisma, espera-se que o utilizador, conscientemente, compreenda a existência de tempos de espera. Porém, tornando-se conhecedor da realidade operacional do HNM, e das suas características exigentes.

O trabalho iniciado pela presente dissertação pode beneficiar, em larga escala, de um estudo posterior que pretende comprovar, ou criticar, as conclusões alcançadas através da metodologia proposta, e seguida. Reconhece-se os benefícios da aplicação de uma metodologia de maior grau metódico, e com uma componente mais expressiva dedicada à recolha de dados. Assim, de forma a averiguar a potencial aplicabilidade, e viabilidade, da modelação apresentada, sugere-se, como futuro trabalho, a construção de um modelo de simulação do funcionamento dos elevadores do HNM. A revisão de literatura demonstra se tratar de uma abordagem com resultados comprovados, na temática em análise. E assim, capaz de comprovar, em uma replicação do sistema real, a *performance* das conclusões aqui retratadas. Bem como, tirar proveito de todo um sistema representado com base em métricas que se desejam representativas. Deste modo, termina-se a presente dissertação com um apelo a um futuro trabalho, mais exaustivo, de comprovação e complementação ao já apresentado. Colmatando assim, as limitações identificadas no modelo elegido, bem como, contornar pressupostos assumidos para fins de simplificação.

Bibliografia


- Agrawal, A. (2014). Managing raw material in supply chains. *European Journal of Operational Research*, 239
- Al-Sharif L. (2014): Introduction and Assessing Demand in Elevator Traffic Systems (METE I). *Lift Report* 2014; 40(4): 16-24.
- Al-Sharif, Lutfi. (2017). Planning Elevator Installations in Buildings. *Lift Report*. 43. 18-28.
- April, J., Glover, F., Kelly, J. K., & Laguna, M. (2003). Practical Introduction To Simulation Optimization. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 71–78
- Augusto V, Xie X. (2009) Redesigning pharmacy delivery processes of a health care complex. *Health Care Management Science*;12(2):166–78.
- Banerjea-Brodeur M, Cordeau J-F, Laporte G, Lasry A. (1998) Scheduling linen deliveries in a large hospital. *The Journal of the Operational Research Society* ;49(8):777–80.
- Barney, G., Al-Sharif, L. (2016). *Elevator Traffic Handbook*. London: Routledge
- Belciug, S., & Gorunescu, F. (2016). A hybrid genetic algorithm-queuing multi-compartment model for optimizing inpatient bed occupancy and associated costs. *Artificial Intelligence in Medicine*, 68, 59–69.
- Brailsford, S., & Vissers, J. (2011). OR in healthcare: A European perspective. *European Journal of Operational Research*, 212(2), 223–234
- Brandeau, M. L. (2016). Creating impact with operations research in health: making room for practice in academia. *Health Care Management Science*, 19(4), 305–312
- Buzaglo, D. D. (2011). *Optimização do Sistema de Distribuição Hospitalar* (Master Dissertation)
- Carson, Y., & Maria, A. (1997). Simulation optimization methods and applications. *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, 118–126
- Chen, J. J., Wang, X. G., & Fang, Z. (2016). Collaborative Evacuation Strategy of Ultra-tall Towers among Stairs and Elevators. *Procedia Engineering*, 135, 169–173
- Davies A. C., Yin, J. H. and Velastin, S. A. (1995), Computer-Based image processing of the monitoring of crowds, Edited version of IEE Electronics and communication journal, 1995
- Devapriya, P., Ferrell, W., & Geismar, N. (2017). Integrated production and distribution scheduling with a perishable product. *European Journal of Operational Research*, 259(3), 906–916
- Ding, N., Zhang, H., Chen, T., & Luh, P. B. (2014). Evacuees' behaviors of using elevators during evacuation based on experiments. *Transportation Research Procedia*, 2, 594–602
- DREM, (2017). *Retrospectiva Demográfica da Madeira 1970-2016*
- Figueira, G., & Almada-Lobo, B. (2014). Hybrid simulation-optimization methods: A taxonomy and discussion. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 46, 118–134
- Gedik, R., Zhang, S., & Rainwater, C. (2017). Strategic level proton therapy patient admission planning: a Markov decision process modeling approach. *Health Care Management Science*, 20(2), 286–302
- Gray, M. (2012). Value: Operations Research and the new health care paradigm. *Operations Research for Health Care*, 1(1), 20–21
- Hakonen, H. (2003). *Simulation of building traffic and evacuation by elevators. Licentiate thesis, Dept. Eng. Phys. Math., Helsinki Univ.*
- Harjunkoski, I., & Bauer, R. (2017). Industrial scheduling solution based on flexible heuristics. *Computers and Chemical Engineering*, 106, 883–891


- Hakonen, H., M-L. Siikonen. 2009. Elevator traffic simulation procedure. *Elevator World* 57(9) 180–190.
- Hall, E.T. (1966): *The hidden dimension*, Doubleday
- Hiller. F. S., Lieberman, G. J. (2005) *Introduction to Operations Research*. Eighth Edition. McGraw-Hill International Edition.
- Howdon, D., & Rice, N. (2018). Health care expenditures, age, proximity to death and morbidity: Implications for an ageing population. *Journal of Health Economics*, 57, 60–74.
- INE. (2017). *Estatísticas do Turismo 2016*.
- Ivlev, I., Jablonsky, J. and Kneppo, P.,(2016) Multiple-criteria comparative analysis of magnetic resonance imaging systems. *Int J Med Eng Inform.* 8(2), pp. 124-141, 2016.
- Jeroen L. de Jong (2012). *Heuristics in dynamic scheduling: a practical framework with a case study in elevator dispatching*. PhD Thesis, SIKS
- Jian, M. A., Juan, C., Yao-jian, L., & Lo, S. (2013). Efficiency Analysis of Elevator Aided Building Evacuation Using Network Model. *Procedia Engineering*, 52, 259–266
- Kavounas, G.T. (1993): *Pedestrian traffic calculations among linearly connected vertical modes*, Elevator Technology 5, IAEE Publications.
- Khalid, M. H., Tuszyński, P. K., Kazemi, P., Szlek, J., Jachowicz, R., & Mendyk, A. (2016). Transparent computational intelligence models for pharmaceutical tableting process. *Complex Adaptive Systems Modeling*, 4(1), 7
- Kumar, S. A., & Suresh, N. (2009). *Operations management*. New Delhi: New Age International.
- Lapierre SD, Ruiz AB. (2007) Scheduling logistic activities to improve hospital supply systems. *Computers and Operations Research* ;34(3):624–41.
- Leal, A. J. da S. (2007). *Algoritmos de Investigação Operacional para um problema de sequenciamento de projectos*
- Li, Z., & Ierapetritou, M. (2008). Process scheduling under uncertainty: Review and challenges. *Computers and Chemical Engineering*, 32(4–5), 715–727
- Melo, T. (2012). Technical reports: A note on challenges and opportunities for Operations Research in hospital logistics, 2(2), 1–18.
- Michelon P, Cruz MD,Gascon V. (1994) Using the tabu search method for the distribution of supplies in a hospital. *Annal of Operations Research*;50:427–35.
- Nascimento, J. da S. do. (2009). *Emigração madeirense para a Venezuela (1940-1974)*, 1–179.
- Olim, J. R. R. (2015). *BRANDING DO DESTINO & STAKEHOLDERS – Atributos determinantes para o sucesso da marca-destino MADEIRA*, 380.
- Pinedo, M. (2002) *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. Second Edition. New Jersey : Prentice Hall
- Romero-Conrado, A. R., Castro-Bolaño, L. J., Montoya-Torres, J. R., & Jiménez Barros, M. Á. (2017). Operations research as a decision-making tool in the health sector: A state of the art. *Dyna*, 84(201), 129
- Serra, J., Correia, A., & Rodrigues, P. M. M. (2014). A comparative analysis of tourism destination demand in Portugal. *Journal of Destination Marketing & Management*, 2(4), 221–227
- Sesaram.pt. (2018). Serviço de Saúde da RAM, E.P.E. - Recursos de Saúde. [online] Available at: <http://www.sesaram.pt> [Accessed 9 Jan. 2018].
- Siikonen, M.-L., Susi, T., & Hakonen, H. (2001). Passenger traffic flow simulation in tall buildings. *Elevator World*, 49(8), 117–123
- Sorsa, J., Kuusinen, J., & Siikonen, M. (2012). A study of arrival process of lift passengers


- Strakosch, G. and Caporale, B. (2010). *The vertical transportation handbook*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
- Taagepera, R. (2014). A world population growth model: Interaction with earth's carrying capacity and technology in limited space. *Technological Forecasting and Social Change*, 82(1), 34–41
- Trakulmaykee, N., Trakulmaykee, Y., & Hnuchek, K. (2016). Ambulance Deployment under Demand Uncertainty. *Journal of Advanced Management Science*, 4(3), 187–194
- Tregenza, P.R. (1971): *The prediction of passenger lift performance in multi-storey buildings*, PhD thesis, University of Nottingham.
- Tregenza, P.R. (1976): *The design of interior circulation: people and buildings*, Crosby Lockwood
- Viergutz, C., & Knust, S. (2014). Integrated production and distribution scheduling with lifespan constraints. *Annals of Operations Research*, 213(1), 293–318
- Volland, J., Fügener, A., Schoenfelder, J., & Brunner, J. O. (2017). Material logistics in hospitals: A literature review. *Omega (United Kingdom)*, 69, 82–101
- Winston, W. (2003) *Operation Research: Applications and Algorithms*. Duxbury Press, Boston.
- Wittenberg, R., Sharpin, L., McCormick, B., & Hurst, J. (2017). The ageing society and emergency hospital admissions. *Health Policy*, 121(8), 923–928
- Yang, T. (2009). An evolutionary simulation-optimization approach in solving parallel-machine scheduling problems - A case study. *Computers and Industrial Engineering*, 56(3), 1126–1136
- Yazici, H. J. (2014). An exploratory analysis of hospital perspectives on real time information requirements and perceived benefits of RFID technology for future adoption. *International Journal of Information Management*, 34(5), 603–621


Anexo 1 – Restrições de partilha de elevadores

	Visitas	Profissionais	Aprovisionamento	Farmácia	Esterilização	Doentes	Lixo	Bens de Hotelaria	Alimentação	Doentes Cirúrgicos
Visitas	X									
Profissionais		X								
Aprovisionamento			X				DSF	DSF	DSF	
Farmácia				X			DSF	DSF	DSF	
Esterilização					X		DSF	DSF		
Doentes						X		DSF		
Lixo							X	DSF		
Bens de Hotelaria								X	DSF	
Alimentação									X	
Doentes Cirúrgicos										X

 Permitido uso intercalado

 Não é permitido coexistir no mesmo espaço, nem uso intercalado.

 Permitido coexistir no mesmo espaço

 DSF Desinfecção obrigatória

Anexo 2 – Apoio Modelo de Programação Linear

Utilizador/Serviço	Tarefa	Restrições/Anotações
Visitas (1)	<p>Consoante uma taxa de chegada, e uma probabilidade de visita a cada andar disponível (1,2,3,4,5,6,7,8), é feito um deslocamento de elevador do andar 0 até ao andar de visita. A visita permanece no andar um determinado intervalo de tempo, e posteriormente pode voltar a utilizar o elevador, ou não, para retornar ao andar 0 e sair do edifício.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Por questões de compatibilidade, a nível de horários laborais, o horário a praticar por este tipo de utilizador é obrigatório que seja entre as 13:00 – 15:00 e das 19:00-20:00. (Em média) • Existem 2 Elevadores que podem satisfazer estes utilizadores. (EP1 e EP2) – Segundo SESARAM. • Os elevadores EMML1 e EMML2 podem satisfazer estes utilizadores – Segundo Cenários.
Aprovisionamento (2)	<p>Garantir a reposição de utensílios e consumíveis, a todos os andares de internamento (A/T,1,2,3,4,5,6,7,8). Utilizam o elevador para alcançar os andares que necessitam de reposição, demoram um determinado tempo na operação, e retornam ao andar 0.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • O horário de trabalho destes funcionários é das 8:00 – 17:00. De segunda-feira a sexta-feira. • Existem 3 elevadores que podem satisfazer este utilizador. (EMML1, EMML2 e EE) • No caso de utilização do elevador EE, não podem coincidir com os restantes utilizadores. (Bens de Hotelaria e Lixo). A utilização implica uma posterior higienização.
Farmácia (3)	<p>Garantir a reposição de fármacos a todos os andares de internamento (A/T,1,2,3,4,5,6,7,8). Utilizam o elevador para alcançar os andares que necessitam de reposição, demoram um determinado tempo na operação, e retornam ao andar 0.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • O Horário de trabalho destes funcionários é das 8:00 – 17:00. De segunda-feira a sexta-feira. • Existem 3 elevadores que podem satisfazer estes utilizadores. (EMML1, EMML2 e EE) • No caso de utilização do elevador EE, não podem coincidir com os restantes utilizadores. (Bens de Hotelaria e Lixo). A utilização implica uma posterior higienização.

Utilizador	Tarefa	Restrições/Anotações
Lixo (4)	Encarregue de recolher lixos dos andares de internamento (A/T,1,2,3,4,5,6,7,8). Utilizam o elevador para alcançar os andares, demoram um determinado tempo na operação, e retornam ao andar -1 onde descarregam o lixo para um carro.	<ul style="list-style-type: none"> Existem horários predefinidos para a recolha dos lixos, muito associado à rotina de trabalho de enfermagem e de higiene, e os horários praticados pelos parceiros que recolhem os lixos. Como tal, a rotina da recolha de lixos tem os seguintes horários (09:00-09:04) (09:05-10:17) (15:00-15:25) (16:28-17:09). (Em média). Presença 7 dias/semana. O único elevador que pode ser utilizado é o elevador dos lixos, e não pode ter utilização intercalada. O fim da utilização implica limpeza do elevador.
Bens de Hotelaria (5)	Entrega e recolha de Bens de hotelaria é feita nos diversos andares (A/T,1,2,3,4,5,6,7,8). Utilizam o elevador para alcançar os andares, demoram um determinado tempo na operação, e retornam ao andar -1 onde descarregam/carregam um carro.	<ul style="list-style-type: none"> Existem horários predefinidos para a entrega e recolha de lixos, muito associado à rotina de trabalho de enfermagem e de higiene, e pelos horários praticados pelos parceiros que recolhem as roupas para posterior tratamento. (07:05 – 08:21) (10:53-11:42) (13:09-13:27) (17:15-18:33). (Em média). De Segunda-feira a Sábado. O único elevador que pode ser utilizado é o Elevador EE. O transporte de roupa suja implica a limpeza. E o transporte da roupa limpa requer um elevador limpo.
Alimentação (6)	A Alimentação entrega diversas refeições desde o andar -1 (cozinha), até os diversos andares de internamento (1,2,3,4,5,6,7,8). Utilizam o elevador para alcançar os andares, demoram um determinado tempo na operação e voltam ao andar -1 (cozinha) para deixar ou levar alimentos.	<ul style="list-style-type: none"> É um elevador de utilização exclusiva da alimentação. Contudo, há a hipótese de nas horas vagas o elevador ser utilizado para outros serviços com a condição de fazer a higienização a fundo. Os horários de utilização, por questões de alimentação dos doentes, são: (07:59-08:27) (09:12-09:54) (10:10-10:47) (11:25-12:28) (14:12-14:41) (17:27-18:36) (Em média). 7 dias/Semana

Utilizador	Tarefa	Restrições/Anotações
Doentes (7)	Transportados entre andares, para fins de internamento ou exames/tratamentos. Bem como, transferências do A/T para o respetivo andar de internamento.	<ul style="list-style-type: none"> • Existem 2 elevadores que podem satisfazer estes utilizadores. (EMML1 e EMML2) • Utilização altamente variável. Existe movimentação mais intensa no decorrer do período da manhã, devido a tratamentos. Os internamentos estão presentes ao longo do dia. Não modelável.
Profissionais (8)	Realização de trocas de mudanças de turno. Bem como, em rotina laboral, se deslocar para a realização de serviços, ou em acompanhamento a doentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Existe troca de turno que entra em conflito com o utilizador visitas. (14:30-14:55) • Existem 2 Elevadores que podem satisfazer estes utilizadores. (EP1 e EP2) – Em mudança de Turno • Elevadores EMML1 e EMML2 – Em serviço. • As outras mudanças, sendo em horário de madrugada ou noite não apresenta problemas de maior. • Utilizador presente 7 dias por semana. No entanto, no fim de semana não há conflitos de maior.
Esterilização (9)	Responsável por recolher e entregar, respetivamente, utensílios por esterilizados, ou esterilizados. Visita todos os andares para a recolha e entrega de material esterilizado. A recolha é feita em elevador único por causa do risco de contaminação com outros. A entrega é feita nos elevadores comuns.	<ul style="list-style-type: none"> • Existem 3 Elevadores que podem satisfazer estes utilizadores. (EMML1, EMML2, EE) • A entrega de material limpo inicia-se pelas 8:00 (No Elevador EMML1 E 1MML2). Por questões de necessidade ao longo do quotidiano laboral dos profissionais. • A recolha de material encontra-se escalonada no elevador EE, com o horário compreendido entre as 12:00-13:00.
Doentes Cirúrgicos (10)	Transportados entre os variados andares de internamento, para a realização de cirurgias. Bem como o percurso inverso.	<ul style="list-style-type: none"> • Existem 1 Elevador que pode satisfazer este utilizador. (EBO) • A sua utilização é variável, e encontra-se única e exclusivamente reservado para o serviço em questão. Como tal, sem partilha com qualquer outro serviço. Não é relevante para a modelação.

