

Um método de apoio multicritério para a seleção de fornecedores nas unidades de saúde em Portugal

O caso dos equipamentos médicos pesados

Mafalda Martins Henriques dos Prazeres

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Biomédica

Orientadores: Prof. José Rui de Matos Figueira
Prof. Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques

Júri

Presidente: Prof. João Pedro Estrela Rodrigues Conde
Orientador: Prof. José Rui de Matos Figueira
Vogal: Prof. Nelson Jorge Gaudêncio Carriço

Mai 2018

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Professor José Rui Figueira e Professor Rui Cunha Marques, agradeço pela orientação e pelo tempo dedicado durante este período, por todas as observações e recomendações. Obrigada por esta oportunidade.

Ao Alexandre Morais Nunes, pelo apoio no início da dissertação, por todos conselhos, esclarecimentos e indicações, que foram fundamentais ao longo de todo o meu trabalho.

Gostava também de agradecer a toda a equipa do IPO de Lisboa, em especial ao Dr. João Oliveira, Dra. Leonilde Lopes e Ana Isabel Mourão, por toda a ajuda e tempo disponibilizado.

A todos aqueles que tive oportunidade de conhecer ao longos dos cinco anos de curso, o mais sincero obrigada. Por me fazerem crescer, por me ensinarem tanto, por todas as amizades que levo daqui para a frente. Obrigada pelos momentos incríveis, obrigada por estarem presentes nos menos bons. Um beijinho especial MEBiom2012.

Às pessoas que conheci durante a dissertação, e em especial ao Zé Oliveira, por passarem a fazer parte do meu percurso. Obrigada por todos os momentos de alegria e aprendizagem que proporcionaram.

Como não podia deixar de ser, aos meus pais. Obrigada pelo apoio incondicional, não só durante estes meses, mas desde sempre. São o meu suporte. Obrigada por me ajudarem a chegar até esta fase, obrigada por me tornarem o que sou e pelas oportunidades todas que me deram.

Ao meu irmão, Gonçalo, um obrigada especial pela paciência, pelo carinho e especialmente pela amizade.

A ti, Francisco, que acompanhaste esta minha etapa, obrigada por estares ao meu lado. Pela disponibilidade, pelos conselhos e pela motivação. Acima de tudo, obrigada pela confiança e por me fazeres sorrir em todos os momentos.

Abstract

Medical devices, in particular the heavy set, are equipment with very high technological levels, which contributes significantly to the quality of healthcare services in medical diagnosis, monitoring and even therapeutics. This creates the need to incorporate new, safer and complex technologies in order to guarantee safety, quality and medical efficacy, which is reflected in a significant evolution of medical equipment over the years.

In this context, the focus is on the sustainable supplier selection, in order to select the equipment that best meets the requirements of a given service.

For such purpose, a value based MCDA approach is used adapting the Choquet integral to assess criteria interactions. The proposed methodology includes the following two main steps: Firstly, assigning numerical values to the capacities of the Choquet integral, by constructing a ratio scale. Secondly, to construct interval scales that reflect the utility values to the criteria performances.

Based on the criteria previously identified, in the end, this application resulted in a set of ranking alternatives, ordered by preference, with the objective of identifying, and subsequently select, the supplier (or his equipment) with the highest overall score. The results were consistent with those expected and analysis was carried out to prove the robustness of the model constructed as well as to study other variations in the parameters considered.

Keywords: Supplier selection, Heavy medical equipment, Multicriteria analysis, Choquet integral, Deck of cards method.

Resumo

Os equipamentos médicos, em especial o conjunto dos pesados, são equipamentos com níveis tecnológicos muito elevados, que contribuem significativamente para a qualidade dos serviços de saúde, no diagnóstico, monitorização e terapêutica médicas. Surge assim a necessidade de incorporação de novas tecnologias, mais seguras e complexas, de forma a garantir a qualidade, segurança e eficácias médicas, o que se reflete numa evolução significativa dos equipamentos médicos ao longo dos anos.

Neste contexto, o foco é na seleção sustentável de fornecedores, com o intuito de selecionar o equipamento que melhor satisfaz os requisitos e exigências necessárias de um dado serviço.

Com este propósito, utiliza-se uma abordagem multicritério baseada em valor, através da integração do método do integral Choquet, de modo a avaliar interações dos critérios. A metodologia proposta inclui os seguintes passos principais: Em primeiro lugar, atribuir valores numéricos às capacidades da integral de Choquet, construindo uma escala de rácios. Em segundo lugar, construir escalas de intervalos que reflitam os valores de utilidade para os desempenhos dos diversos critérios a considerar.

Com base nos critérios previamente identificados, no fim, a aplicação resulta num conjunto de alternativas, ordenadas por preferência, com o objetivo de identificar, e subseqüentemente selecionar, o fornecedor (ou respetivo equipamento) com o maior valor global obtido. Os resultados foram consistentes com os esperados, e foram realizadas análises aos mesmos, de modo a provar a robustez do modelo, assim como o estudo de outras variações nos vários parâmetros considerados.

Palavras-chave: Seleção de fornecedores, Equipamentos médicos pesados, Análise multicritério, Integral de Choquet, Método das cartas.

Índice

Agradecimentos	iii
Abstract	v
Resumo	vii
Índice	ix
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xii
Lista de Acrónimos	xiv
1. Introdução	1
1.1. Contextualização do problema	1
1.2. Objetivos e metodologia do trabalho	2
1.3. Estrutura do documento	2
2. Definição do problema	5
2.1. Distribuição topográfica do Sistema Nacional de Saúde (SNS)	5
2.2. Equipamentos médicos pesados (EMP)	6
2.3. Processo de aquisição de EMP em Portugal	9
2.3.1. Autorização de investimentos	11
2.3.2. Pedido de instalação de equipamentos médicos pesados	12
2.4. Conclusão do capítulo	13
3. Revisão da Literatura	15
3.1. Métodos de prevalência	16
3.2. Métodos provenientes da teoria de utilidade/valor	17
3.3. Integração de diferentes metodologias MCDA	18
3.4. Aplicação das diferentes metodologias	18
3.4.1. O conceito de sustentabilidade na seleção de fornecedores	19
3.4.2. Seleção de fornecedores no setor da saúde	20
3.5. Conclusões do capítulo	25
4. Metodologia	27
4.1. Identificação do problema	28
4.2. Formulação do problema	30
4.2.1. Entrevistas semi-estruturadas e mapa cognitivo	31
4.2.2. Critérios de aceitação-rejeição	33
4.2.3. Construção de critérios	35
4.3. Modelo de avaliação	45

4.3.1. Identificação das alternativas	45
4.3.2. Operacionalização dos critérios	46
4.3.3. Integral de Choquet.....	59
4.3.4. Determinação das capacidades	61
4.3.5. Construção de escalas de intervalos	63
4.4. Recomendações finais	64
5. Análise de resultados e discussão.....	67
5.1. Atribuição de valores às alternativas	67
5.2. Análise de resultados	69
5.2.1. Análise de sensibilidade.....	69
5.2.2. Influência do valor de z	72
5.2.3. Outros cenários possíveis	73
5.3. Discussão	74
5.4. Conclusões do capítulo	78
6. Conclusões e trabalho futuro	79
Referências	81
Anexos.....	A-1
A. Guião de entrevistas semi-estruturadas.....	A-1
B. Árvore de perfil para construção das escalas de critérios	B-1
C. Tabela resumo com as propriedades de cada critério	C-1
D. Cartas para ordenação dos critérios e cálculo dos valores das capacidades	D-1
E. Cartões para construção das escalas de intervalos	E-2
F. Cálculos intermédios para obtenção das escalas de intervalos	F-1
G. Desempenhos das alternativas face às consequências elementares	G-1

Lista de Figuras

Figura 1 – Etapas a seguir no desenvolvimento da dissertação	2
Figura 2 - Mapa de Portugal continental com as cinco regiões de saúde delineadas (ACSS, 2017). ...	5
Figura 3 - Enquadramento dos equipamentos médicos pesados (Penedo et al., 2013).....	6
Figura 4 - Várias etapas do processo de aquisição de um equipamento médico pesado num serviço de saúde.....	10
Figura 5 - Diagrama de fluxo das etapas associadas ao pedido de autorização de investimento (Penedo et al., 2013).....	12
Figura 6 - Diagrama de fluxo de etapas associadas ao pedido de instalação de equipamentos médicos pesados (Penedo et al. 2013)	13
Figura 7 – Esquema dos vários passos a seguir na metodologia multicritério	27
Figura 8 – Esquema das diferentes etapas a realizar na identificação do problema	29
Figura 9 - Esquema das diferentes etapas a realizar na formulação do problema.	30
Figura 10 - Estrutura hierárquica para construção de um mapa cognitivo	32
Figura 11 - Mapa cognitivo construído	33
Figura 12 - Árvore de critérios parcial com a representação dos critérios e consequências do ponto de vista socio-ambiental	37
Figura 13 - Árvore de critérios parcial com a representação dos critérios e consequências do ponto de vista económico-financeiro	40
Figura 14 - Árvore de critérios parcial com a representação dos critérios e consequências do ponto de vista de qualidade.....	41
Figura 15 - Árvore de critérios parcial com a representação dos critérios e consequências do ponto de vista de governança	44
Figura 16 - Esquema das diferentes etapas a realizar na construção do modelo de avaliação	45
Figura 17 - Árvore de perfil para obter níveis para o critério 2, perfil do fornecedor	49
Figura 18 - Árvore de perfil para obter níveis para o subcritério desempenho/obsolescência	54
Figura 19 - Valores globais das alternativas a1, a2 e a3	69
Figura 20 - Análise de sensibilidade para os vários critérios (1 a 9).....	71
Figura 21 - Análise sensibilidade para as interações p12 e p16.....	72
Figura 22 - Valores das capacidades dos vários projetos com variações do rácio z.....	72
Figura 23 - Diagrama de Gantt com as principais etapas de construção do modelo MCDA	75
Figura 24: Árvore de perfil para obter todas as combinações de níveis para o critério serviços e entrega (critério 6).....	B-1
Figura 25 - Cartas para cálculo das capacidades (projetos 1 - 5)	D-1
Figura 26 - Cartas para cálculo das capacidades (projetos 6 - 11).....	D-1

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Equipamentos médicos abrangidos pela definição de equipamento médico pesado	7
Tabela 2 - Número de equipamentos médicos pesados por categoria, por região, número total e percentagem de equipamentos com 9 anos ou superior	9
Tabela 3 – Procedimentos para realização de investimentos consoante o valor do investimento.	11
Tabela 4 - Revisão dos estudos relacionados com seleção de fornecedores na saúde e/ou em específico de dispositivos médicos.....	22
Tabela 5 – Condições fundamentais que o conjunto de critérios deve seguir (adaptado de Bouyssou et al. 2006; Keeney 1992)	35
Tabela 6 - Conjunto de pontos de vista fundamentais, critérios e consequências elementares para a seleção de fornecedores de equipamentos médicos pesados	36
Tabela 7 - Escala e níveis para a consequência elementar 1 (formação)	47
Tabela 8 - Escala e níveis para a consequência elementar 2 (disciplina e práticas de segurança)	47
Tabela 9 - Combinações possíveis dos níveis das escalas associadas a c1 e c2.....	47
Tabela 10 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 1, prática dos técnicos	48
Tabela 11 - Escala e níveis para a consequência elementar 3 (responsabilidade social)	48
Tabela 12 - Escala e níveis para a consequência elementar 4 (reputação do fornecedor)	48
Tabela 13 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 2, perfil do fornecedor.....	49
Tabela 14 - Escala e níveis para as consequências elementares 5 e 6	49
Tabela 15 - Combinações possíveis dos níveis das escalas associadas a c5 e c6.....	50
Tabela 16 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 3, competências ambientais	50
Tabela 17 - Níveis para a consequência elementar 10 (durabilidade).....	52
Tabela 18 - Níveis para a consequência elementar 11 (tecnologia e inovação).....	52
Tabela 19 - Níveis para a consequência elementar 12 (disponibilidade operacional).....	52
Tabela 20 - Níveis para a consequência elementar 13 (possibilidade de atualizações)	52
Tabela 21 - Níveis, descrição e código para a escala do subcritério desempenho/obsolescência	53
Tabela 22 - Níveis para a consequência elementar 14 (robustez).....	55
Tabela 23 - Combinações possíveis dos níveis das escalas associadas a g5.1 e c14.....	55
Tabela 24 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 5, capacidade tecnológica	55
Tabela 25 - Níveis para a consequência elementar 15 (assistência técnica)	56
Tabela 26 - Níveis para a consequência elementar 16 (capacidade de resposta)	56
Tabela 27 - Níveis para a consequência elementar 17 (garantia).....	56
Tabela 28 - Níveis para a consequência elementar 18 (prazos de entrega)	56
Tabela 29 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 6, serviços e entrega	57
Tabela 30 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 7, controlo	58
Tabela 31 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 9, confiança no fornecedor	58
Tabela 32 - Ordenação das cartas referentes aos projetos e cartas brancas	62
Tabela 33 - Cálculos para obter as capacidades dos projetos, com base nos valores retirados do <i>software</i> SRF	63

Tabela 34 - Utilidades para os níveis dos critérios com escalas discretas e número de cartas brancas entre níveis consecutivos.	64
Tabela 35 - Níveis de desempenho das alternativas para os vários critérios	68
Tabela 36 - Utilidades de cada uma das alternativas para os vários critérios	69
Tabela 37 - Ordenação das alternativas.....	69
Tabela 38 - Valor global das alternativas para a variação de z estudada	73
Tabela 39 - Valor global das alternativas com e sem o critério 2, perfil do fornecedor.....	74
Tabela 40 - Tabela resumo com as propriedades de cada critério: tipologia da escala, objetivo e níveis associados.....	C-1
Tabela 41 - Tabela resumo com os cálculos das variáveis necessárias para a construção de escalas de intervalos. Também são referidos, a amarelo, os níveis de referência considerados.	F-1
Tabela 42 - Desempenhos das alternativas face às consequências elementares	G-1

Lista de Acrónimos

ACSS	Administração Central do Sistema de Saúde
AHP	Analytic Hierarchic Process Processo hierárquico analítico
ARS	Administração Regional de Saúde
CA	Concelho de Administração
CPP	Código dos Contratos Públicos
DM	Decision Maker Decisor
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la REalité Eliminação e escolha de traduzir a realidade
EMP	Equipamento Médico Pesado
ISO	International Organization of Standardization Organização Internacional de Standardização
MACBETH	Measure Atractivness by a Categorical Based Evaluation Technique Medir atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias
MS	Ministério da Saúde
PVF	Ponto de vista fundamental
RM	Ressonância Magnética
SEM	Structured equation model Modelo de equação estrutural
SES	Secretário de Estado da Saúde
SIE	Serviços de Instalação e Equipamentos
SNS	Sistema Nacional de Saúde
TBL	Triple Bottom Line
TC	Tomografia Computorizada
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Técnica de preferência de ordem por similaridade à solução ideal
TVU	Tempo de vida útil
WCED	World Commission on Environment and Development Comissão Mundial do Ambiente e Desenvolvimento

Capítulo 1

Introdução

O primeiro capítulo inicia-se com um sumário desta dissertação de mestrado e encontra-se dividido em quatro secções. Primeiramente apresentam-se as motivações que levaram ao desenvolvimento deste tema, assim como uma contextualização do problema em causa. Em seguida descrevem-se os objetivos que se pretendem alcançar, um breve resumo dos métodos utilizados e, por fim, a estrutura para desenvolvimento do presente documento.

1.1. Contextualização do problema

A tecnologia está constantemente a ser inovada (WHO, 2010). No setor da saúde, a implementação adequada de inovação tecnológica contribui para uma melhoria na qualidade dos cuidados de saúde prestados (David & Jahnke, 2005), uma vez que esta está muito dependente da utilização de equipamentos médicos em diferentes áreas, quer seja na prevenção e diagnóstico de patologias, como na monitorização ou na terapêutica médica (Clarkson, 2017).

Nos últimos anos tem-se verificado uma evolução significativa nos equipamentos médicos, devido à necessidade de incorporação de novas tecnologias, mais seguras, mais complexas e também tendo em consideração as exigências de segurança, de manutenção, de desempenho do próprio equipamento e até mesmo de redução de custos (Carmo et al., 2007). Existe assim uma grande necessidade de garantir a segurança, qualidade e eficácia médicas.

Simultaneamente, tem existido um desenvolvimento da rede hospitalar, o que implica um crescimento no inventário dos equipamentos em causa. No entanto, as aquisições não sustentadas de equipamentos médicos e de forma não justificada podem comprometer a utilização dos mesmos, na eventualidade de não serem utilizados de forma ótima. É de extrema importância neste contexto ter conhecimento dos equipamentos existentes, do tempo de funcionamento que possuem (idade) e da sua diferenciação, de modo a sustentar corretamente os gastos neste âmbito (Penedo et al., 2013). Por outro lado, a competitividade do setor da saúde tende a aumentar, pelo que as entidades dos sistemas de saúde também necessitam de diferenciação e inovação, o que é possível através da utilização de tecnologias médicas mais recentes e inovadoras (Farchi & Salge, 2017).

Além de tudo isso, acresce o facto de que com as novas tecnologias e com o aumento da sua complexidade ao longo dos tempos, existe uma maior necessidade de ter profissionais de saúde experientes e capazes de amplificar o seu conhecimento e experiência, de modo a reduzir o risco de acidentes e outras complicações (WHO, 2010).

Estes aspetos fazem com que seja cada vez mais relevante criar e implementar metodologias de avaliação assim como fazer a gestão de tecnologias existentes.

No sentido de reduzir a amostra dos fornecedores dos sistemas de saúde e dados os factos anteriores, este trabalho irá focar-se num conjunto de equipamentos denominado de equipamentos médicos pesados. Este grupo de equipamentos biomédicos apresenta, entre outros fatores, custos significativamente mais elevados, o que leva a uma maior necessidade de estudo da sua aquisição

bem como da sustentabilidade associada a esse mesmo processo com o principal objetivo de atingir uma melhor racionalização e uniformização da qualidade e do custo nas várias unidades de saúde.

O estudo irá ser realizado para as unidades de serviços de saúde pertencentes ao Sistema Nacional de Saúde (SNS) português.

1.2. Objetivos e metodologia do trabalho

Esta dissertação tem como objetivo principal a aplicação de uma metodologia multicritério de apoio à decisão na seleção de equipamentos médicos pesados nas unidades da saúde do SNS.

No esquema criado e exposto na Figura 1 é possível observar as diferentes etapas a seguir no desenvolvimento desta metodologia, com o intuito de atingir os objetivos propostos.

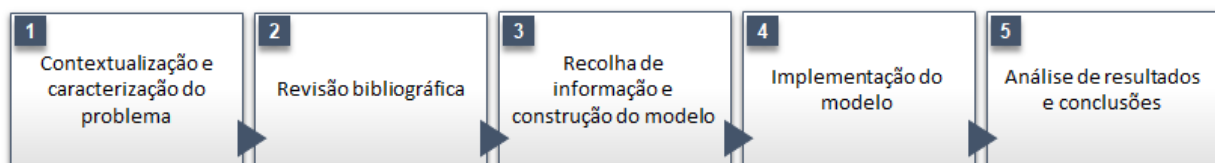


Figura 1 – Etapas a seguir no desenvolvimento da dissertação

A primeira etapa consiste na caracterização do problema e sua contextualização, isto é, na apresentação de uma descrição do problema. Por forma a enquadrar o trabalho, o segundo passo é então uma revisão da bibliografia, onde se expõe informação relativa à aplicação de modelos multicritério, como métodos baseados em teoria de valor e métodos de prevalência (*outranking*).

A terceira etapa consiste na recolha de informação, tratamento dos dados, e criação dos critérios que vão estar na base do modelo a desenvolver. A implementação do modelo, quarta fase, explica a toda a metodologia aplicada, desde a forma como os critérios são operacionalizados até aos cálculos necessários para obtenção de um resultado final.

Por fim, a etapa final desta dissertação apresenta as conclusões relativas à metodologia utilizada. Inclui também algumas limitações destes modelos assim como possível desenvolvimento futuro.

1.3. Estrutura do documento

Este documento encontra-se organizado em seis capítulos. Para além do presente capítulo, Introdução, os restantes encontram-se estruturados do seguinte modo:

- No **Capítulo 2** apresentam-se algumas informações essenciais relativas ao problema desta dissertação, que incluem a definição e descrição da categoria de equipamentos que é avaliada neste contexto. Aborda alguns conceitos utilizados ao longo de todo o documento, assim como o processo de aquisição dos mesmos.
- O **Capítulo 3** é referente à revisão da literatura, focada principalmente na aplicação de métodos multicritério, assim como a sua implementação na área da saúde e mais em específico no tópico relativo à aquisição de equipamentos médicos.
- O **Capítulo 4** consiste no desenvolvimento de uma metodologia para o problema desta dissertação, que englobe a aplicação de métodos multicritério. Engloba a recolha e tratamento de dados, a caracterização e construção dos critérios adotados assim como a sua implementação para obtenção de um resultado final.

- No **Capítulo 5** é disposto o resultado final proveniente da metodologia aplicada. É neste capítulo que se realiza uma análise dos resultados obtidos, assim como a discussão dos mesmos, isto é, a interpretação dos resultados que se adquirem.
- Por fim, no **Capítulo 6** são descritas as conclusões desta dissertação de mestrado. Nela estão incluídas algumas limitações e também algumas propostas de trabalho futuro a realizar no contexto deste problema.

Capítulo 2

Definição do problema

A seleção de fornecedores de equipamentos médicos pesados para as unidades de saúde pertencentes ao Sistema Nacional de Saúde é o ponto central desta dissertação. Antes de mais torna-se necessário definir o conceito de fornecedor.

Na literatura, o fornecedor (indivíduo ou organização) é a empresa que fornece o produto e refere-se usualmente à empresa distribuidora, responsável pela entrega do mesmo (Shore & Freije, 2016). De facto, a empresa fornecedora não corresponde forçosamente à empresa fabricante, podendo estes dois processos (fornecimento e fabricação) serem realizados por entidades distintas. Surge a necessidade, neste contexto, de adaptar este conceito, considerando fornecedor a entidade responsável pelo equipamento, e portanto, o fabricante.

Neste capítulo realiza-se uma pequena introdução à organização do Sistema Nacional de Saúde (SNS) português e ao seu funcionamento. Posteriormente, será realizada uma introdução ao conceito de equipamento médico pesado que contém não só a sua definição, como os equipamentos abrangentes dessa categoria, assim como as características de cada um. O processo como este tipo de equipamentos é adquirido nas unidades de saúde do SNS é também analisado, juntamente com a regulamentação necessária para a sua instalação.

2.1. Distribuição topográfica do Sistema Nacional de Saúde (SNS)

Em Portugal continental, o SNS encontra-se organizado em cinco regiões de saúde, nomeadamente: Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo (LVT), Alentejo e Algarve. A região Norte contempla os distritos de Braga, Bragança, Porto, Viana do Castelo e Vila Real. A região Centro tem área coincidente com Aveiro, Castelo Branco, Coimbra, Guarda, Leiria e Viseu. Lisboa e Vale do Tejo é representado pelos distritos



Figura 2 - Mapa de Portugal continental com as cinco regiões de saúde delineadas (ACSS, 2017).

de Lisboa, Santarém e Setúbal. Na zona sul, a região do Alentejo é composta pelos distritos de Beja, Évora e Portalegre, e a região do Algarve pelo distrito de Faro.

Para cada região de saúde mencionada acima, existe uma Administração Regional de Saúde (ARS) associada.

A Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS) desenvolveu uma plataforma online que permite a visualização e referência de equipamentos médicos pesados (EMP) no mapa de Portugal continental (Figura 2), que estão em funcionamento nas unidades de serviços de saúde que pertencem ao SNS.

2.2. Equipamentos médicos pesados (EMP)

Antes de definir o que se entende por Equipamento Médico Pesado (EMP) é relevante fazer um enquadramento do contexto num domínio mais abrangente e referir quais são equipamentos que fazem parte deste conjunto.

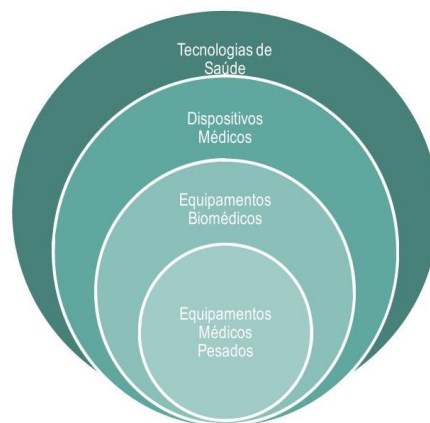


Figura 3 - Enquadramento dos equipamentos médicos pesados (Penedo et al., 2013)

O termo de Tecnologias de Saúde é definido pela Organização Mundial de Saúde como a aplicação de competências e conhecimentos sob a forma de dispositivos, medicamentos, vacinas, procedimentos e sistemas desenvolvidos com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e solucionar problemas em saúde (WHO, 2017).

Dos vários subconjuntos das tecnologias de saúde importa destacar, no âmbito deste trabalho, os dispositivos médicos. Estes compreendem qualquer aparelho, instrumento, equipamento, *software*, material, implante ou outros itens similares, que são destinados para fins de diagnóstico e terapêutica para o ser humano e cujo principal efeito não seja alcançado para fins farmacológicos, metabólicos ou imunológicos. Estes equipamentos têm como fim a prevenção, diagnóstico e tratamento ou atenuação de uma doença bem como de uma lesão ou deficiência. Também têm como objetivo o estudo, alteração ou substituição da anatomia ou de um processo fisiológico. A esterilização de dispositivos médicos, o controlo da conceção e a recolha de informação através de estudos *in vitro* de amostras humanas para fins médicos ou de diagnóstico são também fins a ser atingidos por fabricantes dos dispositivos médicos (MDD 93/42/EEC, 1993).

Dentro do grupo dos dispositivos médicos pode ainda destacar-se a categoria dos equipamentos biomédicos. Este subconjunto exclui dispositivos médicos estéreis, implantáveis e consumíveis, medicamentos, reagentes ou elementos provenientes do corpo humano (como sangue, tecidos, entre

outros). Excetuando esses, os equipamentos biomédicos correspondem, de um modo genérico, a equipamentos que têm como funções a realização de ações curativas, de acompanhamento, diagnóstico e terapêutica (Penedo et al., 2013).

É por fim neste grupo de dispositivos biomédicos que se inserem os equipamentos médicos pesados. Segundo Penedo et al. (2013), define-se EMP como “todo e qualquer equipamento utilizado para fins de diagnóstico e/ou terapêutica, sujeito a controles de qualidade regulares e cujos recursos humanos são especializados e monitorizados quanto à eventual exposição nociva decorrente do exercício da profissão (quando aplicável).” Acresce que devem satisfazer, pelo menos, dois critérios entre os seguintes:

- Elevado custo de aquisição ou manutenção (a definir por um membro do Governo e em despacho próprio);
- Equipamento fixo com instalação específica imprescindível à sua utilização;
- Características do equipamento (físicas) que impliquem infraestruturas específicas e licenciadas para o seu funcionamento.

Tabela 1 - Equipamentos médicos abrangidos pela definição de equipamento médico pesado

<i>Medicina nuclear</i>	<i>Radiologia</i>	<i>Radioncologia</i>	<i>Medicina hiperbárica</i>
Câmara Gama	TC	Acelerador linear	Câmara hiperbárica
Câmara Gama-TC	RM	Braquiterapia de	Tomoterapia
Ciclotrão	Angiógrafo	alta-taxa de dose	
PET		<i>Cyber-knife</i>	
PET-TC		<i>Gamma-knife</i>	
PET-RM		Simulador	

Após definição do conceito, os equipamentos que são considerados nesta categoria de EMP (Tabela 1) são discriminados em seguida, tal como as suas áreas de atuação:

A. Medicina Nuclear

A medicina nuclear faz uso de radionuclídeos ou fármacos que são marcados radioativamente, sendo essas substâncias radioativas injetadas nos pacientes. Os equipamentos desta categoria têm como propósito a visualização de imagens morfológicas e funcionais (como por exemplo PET), a obtenção de estudos funcionais sem imagem e podem ainda ser utilizados para fins terapêuticos, a partir da realização de procedimentos complementares (Penedo et al., 2013). Equipamentos médicos pesados incluídos nesta categoria são as câmaras gama, PET e ciclotrão.

O diagnóstico médico pode ser melhorado através da combinação de equipamentos de medicina nuclear com equipamentos de radiologia, uma vez que os equipamentos radiológicos permitem a visualização anatômica, melhorando assim a sua precisão na imagem funcional. Daí o facto de os equipamentos como PET-CT, PET-RM e câmara gama-TC também serem incluídos neste grupo.

B. Radiologia

Os equipamentos de radiologia permitem a obtenção de imagens estruturais, anatómicas. Os EMP incluídos nesta categoria são a tomografia computadorizada (TC), a ressonância magnética (RM) e o angiógrafo.

As imagens de TC são obtidas através de uma técnica na qual os raios-X passam através do paciente (da fonte para o detetor) e são detetados por uma película fotográfica ou por uma câmara de ionização, colocada do lado oposto do paciente. Têm a particularidade, face ao equipamento de raios-X convencional, da fonte e do detetor rodarem em torno do paciente, o que produz projeções em vários ângulos e permite a reconstrução dos dados numa imagem 2D.

As imagens obtidas por MRI, por outro lado, não envolvem o uso de raios-X, mas sim a aplicação de campos magnéticos, o que permite uma boa visualização dos aspetos morfológicos, anatómicos e funcionais, como os órgãos internos de um paciente. Tem a vantagem de não fazer uso de radiação ionizante, o que o torna mais seguro para o utilizador (Webb, 2002).

Por fim, o angiógrafo tem como objetivo a obtenção de imagens do sistema vascular a partir da combinação de técnicas de radiologia convencional. A administração do contraste na corrente sanguínea do paciente permite alcançar as imagens pretendidas (Penedo et al., 2013).

C. Radioncologia

A radioncologia é uma especialidade médica que se foca no tratamento de doenças do foro oncológico através da utilização de radiação ionizante. Os equipamentos desta categoria têm como objetivo a destruição do tecido tumoral, danificando o mínimo possível os tecidos envolventes (Penedo et al., 2013). Os equipamentos pertencentes a este grupo são os mencionados na Tabela 1, em que a sua distinção é feita maioritariamente pela fonte de radiação, que pode ser interna ou externa, e o local de atuação (Semwal et al., 2012). Por exemplo, os equipamentos de *gamma-knife* são especialmente utilizados para tratamentos ao nível do cérebro, cabeça e pescoço.

D. Medicina hiperbárica

Os equipamentos hiperbáricos utilizam oxigénio puro em condições que apresentam um aumento de pressão (ambiente hiperbárico) face à pressão atmosférica, o que aumenta a pressão parcial de oxigénio inalado pelo paciente (Penedo et al., 2013).

As câmaras hiperbáricas fazem parte do conjunto de EMP, existindo câmaras capazes de acomodar apenas um paciente (monopaciente), e outras capazes de tratar diversos pacientes em simultâneo (multipaciente) (Shirley & Ross, 2001). Este tipo de equipamentos podem ser utilizado para o tratamento de cicatrização de feridas, infeções graves com destruição muscular, infeções crónicas, entre outros (Skeik et al., 2015).

E. Análise comparativa

Segundo a carta de equipamentos médicos pesados (EMP), considera-se que o tempo de vida útil dos equipamentos mencionados acima é de 10 anos, excetuando para a câmara hiperbárica que apresenta um tempo de vida útil, isto é, durabilidade de 30 anos. Na sua caracterização, consideram cinco intervalos de tempo para este valor: 0-3 anos; 3-6 anos; 6-9 anos; 9-12 anos; +12 anos. Por essa razão e pelos valores de tempo de vida útil expectáveis para os equipamentos, optou por se considerar

relevante observar qual a percentagem de EMP, para cada categoria, que apresentasse uma durabilidade dentro dos dois últimos níveis mencionados, ou seja, nove anos ou superior, visto que não possível observar os dados para o limite do tempo de vida útil expectável de dez anos.

A Tabela 2 esquematiza os dados que podem ser observados na plataforma da ACSS acerca da disposição dos vários EMP por Portugal continental (ACSS, 2017). A partir dessa informação e em conjunto com a informação da carta dos equipamentos pesados, foi possível obter os valores para a percentagem de EMP com idade igual ou superior a nove anos.

Tabela 2 - Número de equipamentos médicos pesados por categoria, por região, número total e percentagem de equipamentos com 9 anos ou superior

	<i>Equipamento</i>	<i>ARS Norte</i>	<i>ARS Centro</i>	<i>ARS LVT</i>	<i>ARS Alentejo</i>	<i>ARS Algarve</i>	<i>Total</i>	<i>% equipamentos com ≥ 9 anos</i>
<i>A</i>	Câmara-gama	8	3	5	0	0	16	38%
	PET	2	1	1	0	0	4	75%
<i>B</i>	Angiógrafo	15	10	20	1	1	47	45%
	RM	12	7	12	2	2	35	34%
	TC	29	21	29	5	3	87	33%
<i>C</i>	Acelerador linear	12	5	10	2	0	29	24%
	Braquiterapia	1	2	2	1	0	6	50%
	Simulador	1	2	0	1	0	4	50%
<i>D</i>	Câmara hiperbárica	1	0	0	0	0	1	100%

Tendo em conta que os EMP são equipamentos fulcrais no diagnóstico e terapêutica dos pacientes, torna-se importante garantir o seu correto funcionamento. As percentagens observadas foram consideradas, de um modo geral, significativamente elevadas, pelo que se verifica, num futuro próximo, uma necessidade de substituição dos equipamentos em questão.

Exclui-se desta análise o caso da câmara hiperbárica, uma vez que este equipamento apresenta uma durabilidade de trinta anos, e através dos dados, embora superior a 12 anos, não é possível saber se este se encontra perto de atingir o seu tempo de vida útil expectável.

Segue-se em seguida a descrição de como funciona o processo de aquisição dos EMP em Portugal.

2.3. Processo de aquisição de EMP em Portugal

O processo de aquisição de EMP em Portugal é um processo complexo e onde se encontram várias entidades envolvidas. Os Serviços de Instalações e Equipamentos (SIE) são entidades responsáveis pela manutenção e conservação dos equipamentos existentes, bem como de todas as estruturas hospitalares, com exceção de rede e equipamentos informáticos, na perspetiva do utilizador. Detêm assim um papel fundamental não só na manutenção dos equipamentos hospitalares pesados, como na sua aquisição, quer seja por inovação ou substituição.

Existem vários fatores que podem levar a um processo de substituição ou aquisição um novo equipamento médico numa área de saúde. Caso o equipamento apresente uma avaria ou um problema técnico grave, em que a sua manutenção acarreta custos muito elevados, ou até mesmo que não seja possível corrigir as falhas, é então dada a indicação para que ocorra uma substituição. O tempo de vida do equipamento pode também ser um fator decisivo, ou mesmo porque, face à tecnologia atual, estes podem ser considerados obsoletos, sendo necessário fazer uma melhoria das suas funcionalidades e características que estejam em falta e que sejam necessárias para o serviço. Ainda, e mesmo que não seja realizada uma substituição, pode também existir a aquisição de um novo equipamento por necessidade do serviço hospitalar, para colmatar algumas lacunas, ou até por haver a intenção de investimento em, por exemplo, uma nova sala ou espaço.

A identificação desta necessidade e o posterior pedido de substituição ou aquisição é dada, geralmente, por parte dos médicos diretores de serviço, técnicos coordenadores, ou outros profissionais de saúde do serviço hospitalar onde se sentiu a necessidade.



Figura 4 - Várias etapas do processo de aquisição de um equipamento médico pesado num serviço de saúde.

No esquema da Figura 4, é possível verificar as várias etapas deste processo de aquisição de equipamentos. Numa primeira fase, e após a identificação da necessidade, é realizada uma comunicação ao SIE que realiza uma avaliação desse pedido de substituição ou aquisição. Posteriormente, esse serviço confirma a necessidade da alteração, fazendo seguir o processo. O Concelho de Administração (CA) da entidade proponente, em seguida, toma conhecimento do processo e fica responsável pela sua avaliação, tendo que aceitar ou recusar o pedido em causa.

Uma vez que se trata de um grupo de equipamentos médicos com características muito específicas como os custos elevados, realiza-se nesta fase uma autorização de investimento que, consoante o orçamento, é avaliada por diferentes entidades (interna ou externamente), como é explicitado posteriormente na secção 2.3.1. Este orçamento é avaliado e determinado pelo SIE, que realiza uma análise prévia de mercado.

No final, a aquisição de equipamento passa pela abertura de um concurso público numa plataforma digital com criação de caderno de encargos com as especificações técnicas mínimas exigidas para o novo equipamento e este procedimento está disponível para toda a indústria que queira concorrer (as empresas recebem um convite a informar a abertura do concurso). Os requisitos presentes no caderno

de encargos do concurso são ditados pelos profissionais que trabalham diretamente com o equipamento, como os médicos diretores de serviço, os técnicos coordenadores ou profissionais do SIE, uma vez que é o departamento responsável pelo processo de aquisição dos mesmos. Em suma, a iniciativa de aquisição ou substituição de um equipamento é uma decisão político-administrativa do serviço de saúde proponente, que termina com a abertura de um concurso público para os fornecedores da área.

2.3.1. Autorização de investimentos

Como este conjunto de equipamentos apresenta custos de aquisição elevados, como já foi mencionado, torna-se imprescindível que exista um conjunto de legislação que regule a instalação e a operação dos mesmos. Estabelece-se assim a necessidade de autorização prévia, segundo o Despacho nº 10220/2014, publicado a 8 de agosto, para a realização de investimentos, quer novos ou em curso, por todas as entidades do SNS. É fundamental ter em consideração a necessidade de não acumulação de pagamentos em atraso e a restrição de recursos financeiros existente (Penedo et al., 2013), de modo a manter um controlo sob o volume dos investimentos nesta área e progredir para uma gestão integrada do planeamento dos investimentos.

Pelos motivos anteriores, estabelecem-se medidas de acompanhamento de decisões para realização do investimento. No caso das entidades públicas empresariais e dos hospitais do setor público, investimentos isolados ou em conjunto com outros que não excedam os € 100.000 podem ser autorizados pelo Conselho de Administração (CA) das entidades do SNS. Para valores compreendidos entre os € 100.000 e os € 1.000.000, podem existir dois cenários possíveis:

1. Caso as entidades do SNS não tenham dívidas acumuladas no ano anterior ao da realização do investimento, o valor investimento até € 1.000.000 pode ser autorizado por CA dessas mesmas entidades;
2. Se a entidade apresentar acumulação de pagamentos em atraso no ano anterior ao da realização do investimento, o valor deste acima de € 100.000 necessita de ser submetido a uma autorização de tutela.

Torna-se também obrigatório a submissão do valor a autorização de tutela, caso esse investimento seja superior aos valores apresentados, isto é, acima de €1.000.000. Face ao valor do investimento existem dois possíveis procedimentos a seguir, como pode ser sucintamente observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Procedimentos para realização de investimentos consoante o valor do investimento.

Investimento (Euros, €)		
< 100.000	[100.000, 1.000.000]	> 1.000.000
Autorização pelo CA da entidade do SNS	Autorização pelo CA da entidade do SNS – se entidade não acumulou dívidas Autorização de tutela – quando entidade acumulou dívidas	Autorização de tutela

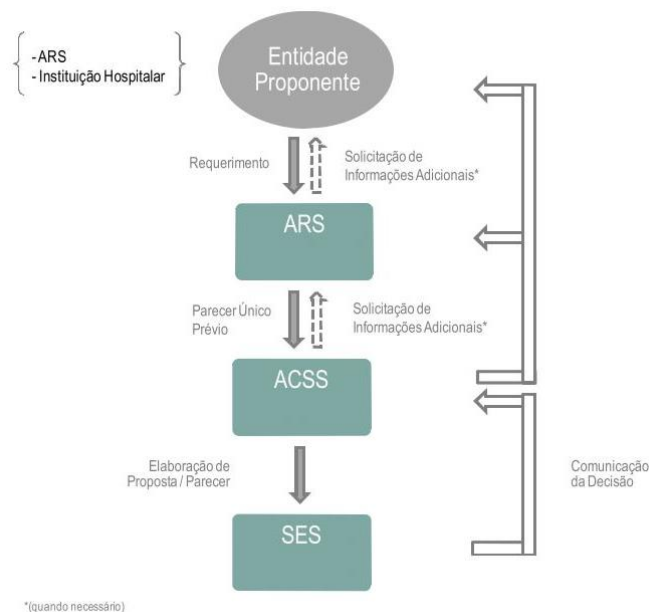


Figura 5 - Diagrama de fluxo das etapas associadas ao pedido de autorização de investimento (Penedo et al., 2013)

No caso do pedido de tutela, para os dois casos mencionados e uma vez que se trata de entidades públicas, é solicitado um parecer prévio da ARS, que contemple não só uma análise crítica da informação fornecida pela entidade, como uma avaliação do investimento no contexto da oferta/procura de cuidados de saúde associados a essa região e na rede hospitalar. O pedido de tutela é assim enviado pela entidade do SNS para a Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS) através de um formulário¹, juntamente com esse parecer por parte da ARS. Deve ser também remetido uma memória justificativa da decisão de investimento que engloba uma avaliação das alternativas que satisfazem a necessidade de investimento mencionadas, através da qualificação e quantificação dos respetivos custos e benefícios, de modo a otimizar o investimento que se pretende realizar. Por fim, é o Secretário de Estado da Saúde (SES) que autoriza ou não esse investimento, comunicando a sua decisão à ACSS, que por sua vez notifica as outras entidades envolvidas.

2.3.2. Pedido de instalação de equipamentos médicos pesados

Para além da autorização para investimento descrita anteriormente, a instalação de equipamento médico pesado também se encontra condicionada por um conjunto de legislação. Torna-se deste modo obrigatório a realização, junto do Ministério da Saúde (MS), de um pedido de instalação para estes equipamentos. Pelo MS é posteriormente realizado um pedido de parecer à ACSS, como mostrado na Figura 6 e, opcionalmente, podem ser solicitados outros pareceres adicionais a entidades de saúde relacionadas.

Segundo o Decreto-Lei nº95/95, de 9 de maio, a instalação e a operação destes equipamentos estão condicionadas a um conjunto de normas, a conceder de acordo com diversos critérios de programação e de distribuição territorial, definido em Resolução de Conselho de Ministros nº61/95, de 28 de junho

¹O formulário pode ser visualizado em anexo no Despacho SES nº10220/2014, de 8 de agosto.

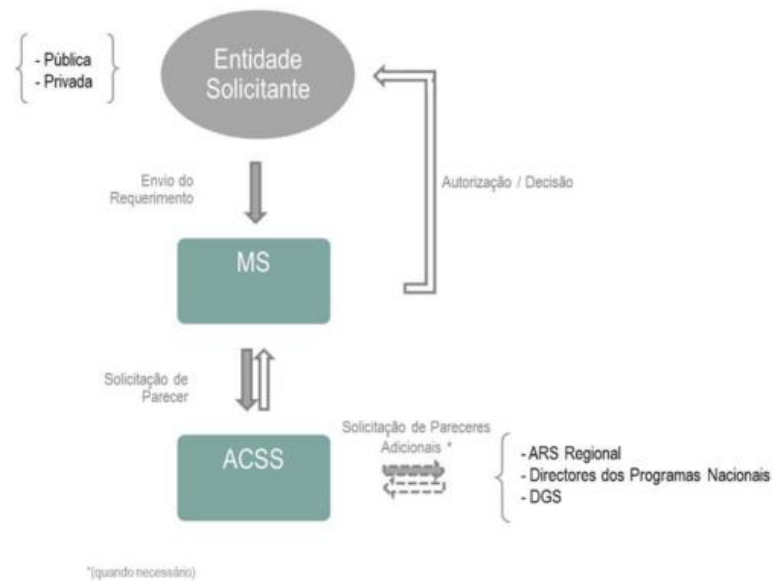


Figura 6 - Diagrama de fluxo de etapas associadas ao pedido de instalação de equipamentos médicos pesados (Penedo et al. 2013)

(para angiografia digital, equipamentos de radioncologia, PET, câmaras gama e radiocirurgia com *gamma-knife*). Este documento refere que o pedido em questão deve ser realizado para qualquer estabelecimento de saúde público.

2.4. Conclusão do capítulo

Neste capítulo foram caracterizados os equipamentos que serão o foco desta dissertação, os equipamentos médicos pesados. Descreveu-se também todo o processo de aquisição dos mesmos, identificando-se deste modo o problema a estudar, que será uma metodologia de apoio à decisão para seleção e aquisição de um EMP.

A sua seleção depende de diversos fatores, os quais se podem designar critérios. Cada equipamento tem características muito específicas, que diferem entre categorias e mesmo de modelo para modelo. Apresentam as suas vantagens e desvantagens e, por isso, o objetivo será criar uma metodologia abrangente o suficiente que possa ser aplicada a qualquer grupo de EMP.

Capítulo 3

Revisão da Literatura

Os métodos de apoio multicritério à decisão (MCDA) surgem como um ramo da investigação operacional, cujo objetivo é, tal como o nome indica, auxiliar na resolução de questões associadas a tomada de decisão e tendo em consideração diversos critérios na sua análise (Keeney, 1992). Foram desenvolvidos vários métodos MCDA de modo a dar resposta a vários problemas e a enfrentar diversos desafios nos mais variados campos de aplicação (Jato-Espino et al, 2014).

Apoio à decisão é, por definição, uma atividade de um indivíduo que ajuda a obter elementos de resposta a questões colocadas por um interveniente no processo de decisão, de modo a progredir de acordo com as suas preocupações e preferências. Estes elementos vão ajudar a clarificar a decisão e trabalhar geralmente para recomendar, ou simplesmente favorecer, um comportamento que vai maximizar a consistência entre a evolução do processo e os objetivos do interveniente (Roy, 1996).

Os modelos multicritério focam-se assim numa avaliação através da explicitação e análise de vários critérios, apresentando metodologias e ferramentas que possam ajudar os intervenientes do processo a fazer uma avaliação de um conjunto finito de alternativas definidas a partir dos diversos critérios (Bouyssou et al., 1993).

É importante clarificar que o indivíduo que trabalha para obter elementos de resposta dadas as preocupações do interveniente (ou decisor) apenas realiza uma recomendação face aos resultados obtidos, sendo a decisão final sempre do próprio decisor. Este pode comportar-se livremente após a recomendações concedidas (Roy, 1996).

As abordagens multicritério podem ser classificadas, segundo Stewart e Belton (2002), em três grandes categorias ou escolas de pensamento:

1. Métodos de ponto de referência ou nível de aspiração;
2. Métodos de prevalência;
3. Métodos provenientes da teoria de utilidade/valor.

Dentro de cada uma das categorias, existem diversos métodos utilizados na literatura. Para o primeiro caso, os modelos de ponto de referência podem ser considerados como modelos de programação por objetivos generalizada (Wierzbicki, 1999). Estes métodos resultam na projeção de um dado ponto de referência (ou um par deles, geralmente denominados pontos de aspiração), no conjunto de soluções eficientes (fronteira de Pareto), em que esses pontos representam o resultado desejado pelo decisor, objetivo ou critério do processo de apoio à decisão. (Figueira et al., 2010).

Por exemplo, os modelos de otimização multiobjetivo são um dos grandes grupos e mais desafiantes no campo dos métodos MCDA (Figueira et al., 2010). Estes modelos podem ser resolvidos através de métodos de ponto de referência, ou programação por objetivos, com a tentativa de fornecer decisões quantitativas para problemas MCDA complexos (Stewart & Belton, 2002).

Dentro dos modelos de prevalência pode dar-se o exemplo do método ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la REalité), desenvolvido por Bernard Roy em meados dos anos sessenta (Roy & Bouyssou, 1993). Nos métodos baseados em teoria de valor, faz-se referência a MACBETH (Measure

Atractivness by a Categorical Based Evaluation Technique), desenvolvido por Bana e Costa, de Corte e Vansnick no início dos anos noventa (Bana e Costa et al., 2005), e ainda AHP (Analytic Hierarchical Process) desenvolvido por Thomas Saaty (1990) (Longaray et al., 2016). Os métodos de prevalência assim como os provenientes de teoria de utilidade/valor serão descritos em seguida.

Para além de métodos multicritério, existem também outros métodos adequados para resolver problemas de apoio à decisão, como simulações numéricas ou conjuntos difusos (do inglês, *fuzzy sets*) (Bouyssou et al., 2006). No entanto, dado o contexto do problema, estes não irão ser desenvolvidos em detalhe.

Nas secções seguintes faz-se uma pequena referência a alguns dos métodos MCDA, nas categorias de métodos de prevalência e teoria de utilidade/valor. Apresentam-se também aplicações dos métodos multicritério encontrados na literatura e empregues num contexto de seleção de fornecedores e no setor da saúde, mais especificamente na seleção de equipamentos médicos.

3.1. Métodos de prevalência

Os métodos de prevalência (ou *outranking*) baseiam-se na comparação direta das alternativas, entre pares. Assim, uma relação binária S é definida num conjunto de ações potenciais, tal que xSy , caso se consiga decidir que a ação x é 'pelo menos tão boa quanto' y , e não existem argumentos que refutem essa afirmação. (Roy, 1990)

O método ELECTRE, mencionado previamente, foi desenvolvido nos anos sessenta e surgiram *a posteriori* outras versões desse mesmo método assim como a criação do método PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) (Guitouni & Martel, 1998). Estes dois métodos, ELECTRE e PROMETHEE, são os mais desenvolvidos nesta categoria de modelos de prevalência.

A família dos métodos ELECTRE é assim um conjunto de métodos baseados nessas relações (Roy, 1996), que apresentam na sua aplicação duas grandes componentes: uma primeira de construção de relações de prevalência entre pares de ações; seguido de uma fase de exploração ou análise onde se elaboram recomendações que irão depender do tipo de problema que se pretende resolver, seja classificação ordinal, seleção ou ordenação das alternativas (Antunes et al., 2016). As prevalências construídas para comparações entre pares de alternativas podem ser estruturadas em quatro relações elementares, sendo elas: indiferença, preferência, fraca preferência ou, por último, incomparabilidade (Cinelli et al., 2014).

Este conjunto de métodos dá resposta a problemas que envolvam critérios heterogêneos, nos quais é difícil a agregação das várias escalas numa escala comum, assim como previne comportamentos compensatórios e ainda explica diferenças em termos de preferências (Figueira et al., 2005).

Foram desenvolvidos vários métodos ELECTRE de modo a resolver várias problemáticas de decisão nas mais diferentes áreas (Cinelli et al., 2014). Os seus fundamentos teóricos e matemáticos, as diversas extensões do método e as suas aplicações são descritos de forma extensa em (Figueira et al., 2005).

O método PROMETHEE, desenvolvido no início dos anos oitenta, baseia-se nos mesmos princípios do método ELECTRE, e as preferências do decisor para cada um dos critérios são descritas através

de seis funções. Este processo requer informação relativamente a cada um dos critérios e entre cada um. Este processo permite calcular um índice de preferência assim como fluxos de entrada e de saída, o que permite uma ordenação parcial das alternativas em análise (Guitouni & Martel, 1998).

Os métodos PROMETHEE foram aplicados em várias áreas, como gestão ambiental, gestão de água e recursos hídricos, gestão de negócios e área financeira, entre outros. Vários investigadores utilizam este método devido às suas propriedades e à facilidade de utilização (Cinelli et al., 2014).

Apesar das várias aplicações dos métodos abordados nesta secção, no setor da saúde esta abordagem de métodos de prevalência não é amplamente utilizada, mas não deixa de ser uma alternativa de um modelo MCDA possível de aplicar nesse contexto (Thokala & Duenas, 2012).

3.2. Métodos provenientes da teoria de utilidade/valor

Os métodos oriundos da teoria de valor (do inglês, *multiattribute value theory (MAVT)*) representam o grau com que uma opção ou alternativa é preferível a outra a partir da construção e comparação de valores/pontuações numéricas. Inicialmente desenvolvem-se as pontuações para cada critério individual, que são posteriormente agregadas através de modelos de modo a obter um resultado final. (Stewart & Belton, 2002).

O método AHP implica a identificação das alternativas, como qualquer outro modelo MCDA, e posteriormente uma hierarquia de critérios de avaliação. Neste caso, realiza-se um procedimento de avaliação direta, através de uma comparação por pares para avaliar o desempenho de cada uma das opções em relação a cada critério. Determina-se a sua pontuação, que especifica a força de preferência de acordo com uma escala semântica (ou numérica associada, de 1 a 9) (Saaty, 2005). Porém, os julgamentos são mensurados numa escala de rácios, em que todos os parâmetros têm que ser comparados entre si, o que pode ser inconsistente com a abordagem de funções de valor (Stewart & Belton, 2002).

Uma outra abordagem, método MACBETH, assenta na medição da diferença entre alternativas e, tal como AHP, tem por base a comparação por pares, sendo uma metodologia que permite obter classificações diretas (Bana e Costa et al., 2005).

De uma forma geral, é possível dividir estes métodos MAVT em várias etapas (Bana e Costa et al., 2010):

1. Estruturação do problema, onde se gera um conjunto de alternativas (finito) a serem avaliadas e um conjunto de critérios em relação aos quais as alternativas irão ser analisadas.
2. Tarefas de medição de valor que incluem duas componentes principais: (a) o cálculo dos pesos dos diferentes critérios; (b) preferências em termos de critério individual, ou seja, modelos que descrevem a importância relativa de alcançar diferentes níveis/valores de desempenho para cada um dos critérios identificados (Stewart & Belton, 2002);
3. Modelo de agregação: modelos que permitem comparações entre os vários critérios, com o intuito de combinar as preferências entre cada um.

Para este último ponto, os modelos de agregação podem ser diferenciados em três grupos: modelos aditivos, modelos multiplicativos e modelos não-aditivos.

Em primeiro lugar, os modelos de agregação aditivos são, normalmente, os recomendados pela literatura, na medida em que é mais fácil e eficaz a transmissão de toda a informação ao decisor, de modo a uma correta interpretação e utilização da mesma (Choo & Wedley, 2008). O mais comum é a soma ponderada (do inglês, *weighted sum*), em que a sua função de valor global para uma dada alternativa é construída da seguinte forma:

$$V(a) = \sum_{i=1}^m w_i v_i(a) \quad (1)$$

sendo w_i o peso do critério i e $v_i(a)$ a função de valor parcial para a alternativa a , dado o critério i .

Outras formas de agregação são também possíveis, como o exemplo dos modelos multiplicativos (Stewart & Belton, 2002). São descritos da seguinte forma:

$$V(a) = \prod_{i=1}^m [v_i(a)]^{w_i} \quad (2)$$

Para ambos os casos anteriores é necessário garantir a independências dos critérios a avaliar, uma vez que estes não permitem a interação entre eles. Deste modo, e mais recentemente, surgiram os modelos não-aditivos, que permitem a representação de interações entre critérios (Angilella et al., 2010), como por exemplo o integral de Choquet (Choquet, 1954).

3.3. Integração de diferentes metodologias MCDA

Existem diversas metodologias MCDA que são capazes de dar resposta aos mais diversos problemas. Ainda assim, acredita-se que a aplicação de uma abordagem integrada de metodologias é essencial para o crescimento e sucesso de MCDA (Stewart & Belton, 2002).

Nas secções anteriores faz-se referência a vários modelos existentes na literatura, onde se procurou destacar algumas das principais semelhanças e diferenças entre eles.

A integração das diferentes metodologias é a chave para apresentação de uma solução que incorpora os diferentes métodos através dos seus pontos em comum, reconhecendo as vantagens e desvantagens de cada um, isto é, os seus pontos fortes e fracos (Stewart & Belton, 2002). Irá permitir assim uma estruturação, modelação e definição de um modelo formal.

Qualquer que seja a abordagem seguida, a identificação das alternativas e a sua avaliação em relação a vários critérios é sempre um passo a realizar na estruturação de um problema de decisão.

Independentemente das técnicas utilizadas, numa abordagem integrada as metodologias utilizam como dados de entradas (*inputs*) os resultados de outras (*outputs*) (Stewart & Belton, 2002).

A adequação aos diferentes contextos e a maneira como diferentes metodologias se podem completar de forma útil, oferece substancialmente mais potencial ao problema que se pretende analisar.

3.4. Aplicação das diferentes metodologias

A escolha e aplicação de um dado método MCDA depende do contexto do problema que se pretende analisar e dos resultados que se esperam obter. A seleção de fornecedores é um dos pontos

fundamentais para a aplicação destas metodologias, onde se verificou pela literatura que já existem vários estudos realizados nesse contexto.

Por exemplo, Punniyamoorthy et al. (2011) consideram que a seleção de fornecedores é uma fase crucial na gestão de qualquer cadeia de abastecimento e que cada vez atinge uma maior importância para as empresas devido ao aumento da concorrência global. Por isso, realizaram um estudo para a indústria metalúrgica, cujo objetivo consistiu na seleção de fornecedores para secções de aço estrutural. Teve por base a aplicação de metodologias multicritério, com foco na aplicação do método AHP e integração de um outro denominado SEM (*structural equation model*). A capacidade tecnológica, qualidade, posição financeira, preocupações ambientais, entrega, serviços, entre outros, foram tudo preocupações a integrar nos critérios de avaliação.

Um outro estudo, realizado por Azadnia et al. (2013), consistiu na criação de um modelo para a seleção de fornecedores de forma sustentável, uma vez que a sustentabilidade é uma área de preocupação dos anos mais recentes, à data desta publicação. No estudo, realizado para a indústria de gás e oleodutos, implementou-se o modelo AHP (difuso), em que os vários critérios a analisar se encontram divididos em três grandes pontos de vista: ambiental, económico e social.

Este último integra na sua análise, como referido, o conceito de sustentabilidade na seleção de fornecedores, fator que se considerou de extrema importância para o problema desta dissertação. Assim, nas secções seguintes evidenciam-se alguns exemplos de aplicações dos modelos MCDA: numa primeira fase expõem-se essa aplicabilidade num contexto de sustentabilidade na seleção de fornecedores, e seguidamente no contexto específico do setor da saúde.

3.4.1. O conceito de sustentabilidade na seleção de fornecedores

Durante vários anos, a abordagem principal numa seleção de fornecedores focava-se exclusivamente em aspetos económicos (Aminoust et al., 2012). No entanto, com a competitividade dos mercados, globalização nos negócios e com mudanças nas exigências dos clientes deixou de ser suficiente essa avaliação, o que tornou fundamental a implementação de novos aspetos nesta análise.

O conceito de desenvolvimento sustentável apresenta uma vasta gama de definições e significados por diferentes pessoas. Uma das definições mais usadas (Marques et al., 2015; Waite, 2013) foi descrita por *World Commission on Environment and Development (WCED)* em 1987 em “Our Common Future”, também conhecido como relatório de Brundtland (WCED, 1987). Este define a sustentabilidade como sendo “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades.”

Neste contexto, mas de um modo mais específico, pode também definir-se procura sustentável como a procura de objetivos de desenvolvimento sustentável através de um processo de aquisição e processo de abastecimento (Walker et al., 2010). Oruezabala & Rico (2012) descrevem a procura sustentável como os esforços de uma organização que têm como objetivo alcançar e/ou melhorar o desempenho das atividades de compra.

Esta noção de sustentabilidade está usualmente associada ao conceito de *Triple Bottom Line (TBL)*, inventado por John Elkington em 1994, que considera três grandes dimensões: social, económica e ambiental (Azadnia et al., 2013; Ghadimi & Heavey, 2014; Seuring & Müller, 2008). Estes princípios ou

dimensões também são referidos pelo mesmo como “*people, planet and profit*” (pessoas, planeta e lucro).

Outros autores apresentaram diferentes designações para as dimensões associadas ao conceito de TBL. Dyllick and Hockerts (2002) descrevem as três dimensões da sustentabilidade como o caso de negócios (dimensão económica), o caso natural (dimensão ambiental) e o caso social (dimensão social).

Em 2013, Marilyn Waite traz um novo conceito de sustentabilidade, acrescentado uma nova dimensão às três anteriormente referidas. Implementa assim o contexto de 4BL (*Four Bottom Line*), tendo em consideração as gerações futuras, para além das dimensões relacionadas com a sociedade, economia e ambiente.

Novas abordagens a este conceito de sustentabilidade tendem a surgir com o passar dos anos. Mais recentemente, incluiu-se a governança como um ponto de vista a abordar em alguns estudos para a seleção de fornecedores, embora ainda pouco desenvolvido no que toca à sustentabilidade, e nem sempre especificado em grande detalhe (Marques et al., 2015).

Em suma, a informação para avaliação da sustentabilidade é imprecisa, incerta e difícil de quantificar (Ghadimi et al., 2017). Ainda assim, e apesar das diferentes denominações, esta abordagem central ajudou a operacionalizar a sustentabilidade, onde deve existir um desempenho mínimo em cada uma das várias dimensões. (Seuring & Müller, 2008).

3.4.2. Seleção de fornecedores no setor da saúde

Nesta secção foi conduzida uma revisão bibliográfica dos vários estudos de seleção de fornecedores na área da saúde e mais especificamente, na seleção de equipamentos médicos.

As bases de dados científicas utilizadas para este propósito foram maioritariamente ScienceDirect, Web of Science e PubMed². Uma pesquisa de diferentes combinações de termos foi realizada nessas bases de dados, contendo: “supplier selection” (seleção fornecedores), “devices” (dispositivos), “medical devices” (dispositivos médicos), “healthcare” (cuidados de saúde), “health” (saúde) e “sustainability” (sustentabilidade).

Apesar de existirem diversos estudos sobre a seleção de fornecedores, no contexto específico da saúde e dos dispositivos médicos a literatura é ainda limitada (Ghadimi & Heavey, 2014).

Atualmente, já existem vários critérios de avaliação em MCDA para avaliar e selecionar fornecedores. No entanto, estes podem não ser os mais apropriados relativamente à área da saúde e dos dispositivos médicos. Nesta área, ao contrário das outras áreas de atuação, é indispensável ter em consideração o facto da saúde ser um bem insubstituível que afeta os indivíduos de forma direta (Longaray et al., 2016). As decisões não podem ser realizadas tendo apenas como foco a gestão da cadeia de abastecimento, uma vez que a saúde e a vida dos pacientes/clientes também são aspetos fundamentais a ter em consideração na análise (Beşkese & Evecen, 2012).

Através da análise da literatura foi então possível construir a Tabela 4, que sintetiza os vários estudos encontrados que se relacionam com a temática em causa e os quais se organizou segundo os

² As bases de dados encontram-se disponíveis em: <http://sciencedirect.com>; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>; <http://www.webofknowledge.com>.

tópicos: título do estudo e ano, o contexto da aplicação, método utilizado, os critérios analisados e por fim algumas observações adicionais que possam ser consideradas pertinentes.

Para a construção da Tabela 4, foi feito um grande esforço para homogeneizar todas as características e aspetos relevantes em cada estudo. No entanto, por vezes a informação mostrava-se imprecisa ou pouco clara.

De facto, dos artigos analisados, apenas no estudo de Ghadimi & Heavey (2014) se encontraram aspetos semelhantes aos que se pretendem avaliar nesta dissertação, como a seleção de fornecedores sustentável e aplicada à indústria dos dispositivos médicos.

Em outros casos, como em Kulak et al. (2015) e Barrios et al., (2016), os equipamentos são avaliados a partir dos modelos mas apresentam como foco principal apenas os custos e aspetos técnicos dos dispositivos médicos, não sendo consideradas outras características de sustentabilidade para aquisição do mesmo.

Ainda em Ferreyra Ramírez & Calil (2007) o tópico de seleção de fornecedores sustentável na indústria dos dispositivos médicos é avaliado, embora com metodologias diferentes de MCDA, considerando ainda assim relevante fazer referência ao mesmo.

Tabela 4 - Revisão dos estudos relacionados com seleção de fornecedores na saúde e/ou em específico de dispositivos médicos

Título do estudo	Ano	Contexto da aplicação	Método	Critérios	Observações adicionais
<p>“Supplier selection criteria in the helathcare industry: a comparison of importance and performance” (Lambert et al., 1997)</p>	1997	Seleção de fornecedores na indústria da saúde aplicado a reagentes de coagulação	<i>Duncan’s multiple range test</i>	Qualidade/Produto Controlo Entrega Serviços	O método utilizado é um método estatístico de comparação múltipla realizado através de médias. O procedimento consiste na comparação entre pares (<i>pairwise</i>) dessas médias. O estudo faz comparação entre importância e desempenho. Refere-se ao preço como sendo um dos critérios menos importantes.
<p>“Supporting medical technology development with the analytic hierarchy process” (Hummel, 2001)</p>	2001	Avaliação de uma válvula cardíaca artificial	AHP	Clínico Económico Social Técnico	Sem informações
<p>“Selecting medical devices and materials for development in Korea: the analytic hierarchy process approach” (Cho & Kim, 2003)</p>	2003	Seleção de dispositivos médicos e consumíveis (materiais)	AHP	Aplicabilidade tecnológica Viabilidade comercial Benefício público	A aplicabilidade tecnológica abrange os subcritérios: dominância da tecnologia; comercialização do produto. A viabilidade comercial inclui o tamanho do mercado, o seu crescimento e dependências externas. A viabilidade comercial é o critério que apresenta maior prioridade. Benefício público é o critério de menor importância.
<p>“Connectionist model to help the evaluation of medical equipment purchasing proposals” (Ferreyra Ramírez & Calil, 2007)</p>	2007	Compra de um equipamento médico	Redes neuronais artificiais	Não se aplica	Utilização de redes neuronais, como meio de inteligência artificial, para fornecer conhecimento a especialistas para avaliação de ofertas de equipamentos médicos. Apesar de não ser modelo multicritério, considerou-se relevante a mencioná-lo, dado o contexto da aplicação.

Título do estudo	Ano	Contexto da aplicação	Método	Crítérios	Observações adicionais
“Decision process model to the health technology incorporation” (Santos & Garcia, 2010)	2010	Criação de um modelo de decisão para adquirir um equipamento médico	AHP MAFMA ELECTRE	Sem informação	Modelo especificamente criado para estações de primeiros socorros. O modelo não foi aplicado a um caso real, mostrando apenas uma forma de integração dos três métodos mencionados.
“Supplier selection in healthcare sector” (Beşkese & Evecen, 2012)	2012	Seleção de fornecedores na área da saúde	AHP	Custos Serviço Perfil fornecedor Risco	Qualidade é considerado um fator de exclusão, sendo um critério de extrema prioridade. Serviço é considerado o critério mais importante, seguido de custo e depois risco.
“Supplier selection-evaluation problem for the purchase action and its solutions”³ (Arikan and Kucukce 2012)	2012	Avaliação e seleção de fornecedores no setor da saúde	AHP PROMETHE II	Sem informação	Avaliação de fornecedores com o objetivo de minimizar as perdas económicas decorrentes de uma avaliação inadequada dos mesmos.
“User needs elicitation via analytic hierarchy process (AHP). A case study on Computed Tomography (CT) scanner” (Pecchia et al., 2013)	2013	Seleção de um equipamento de tomografia computadorizada (TC) segundo importância relativa para cada área da unidade de saúde	AHP	Desempenho Segurança do paciente Funcionalidade/utilidade Aspectos técnicos	Estudo realizado entre várias áreas de atuação do sistema de saúde, sendo as alternativas: radiologia, neurologia, emergência neurológica, emergência, cirurgia otorrinolaringologia. Segurança e desempenho foram considerados dos critérios mais importantes.

³ Não foi possível aceder ao artigo em causa. A informação foi retirada de (Ivlev, Kneppo, & Bartak, 2014).

Título do estudo	Ano	Contexto da aplicação	Método	Critérios	Observações adicionais
<p>“Sustainable supplier selection in medical device industry: toward sustainable manufacturing” (Ghadimi & Heavey, 2014)</p>	2014	Seleção de fornecedores sustentável, aplicada à indústria dos dispositivos médicos	<i>Fuzzy inference systems</i> (FIS)	<p>Dimensão ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Imagem • Controlo poluição • Competências <p>Dimensão económica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qualidade • Serviço/Entrega • Custo • Capacidade técnica <p>Dimensão social:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Segurança • Práticas 	O estudo foi realizado para três fornecedores. Não foram utilizados pesos diferentes para cada critério, assumindo-se que eram igualmente distribuídos.
<p>“A new multicriteria decision making approach for medical imaging systems considering risk factors” (Kulak et al., 2015)</p>	2015	Aplicação de abordagem multicritério a três problemas relacionados com a seleção de sistemas de imagem médica (ultrassom (US), RM, TC) para um hospital universitário.	<i>Fuzzy axiomatic design</i> (FAD)	<p>TC: preço; tamanho <i>gantry</i>; tempo de reconstrução imagem; qualidade pós-venda; peso máximo paciente, entre outros</p> <p>RM e US: preço; critérios relacionados com características tecnológicas específicas</p>	O estudo foi realizado com três abordagens diferentes: FAD, WFAD (tem em conta a importância dos pesos) e RFAD (com inclusão de fatores de risco). No caso de TC, a escolha de alternativa difere quando são incluídos os fatores de risco, mas não altera considerando ou não diferentes pesos entre critérios. O mesmo acontece para RM. Para o caso dos equipamentos US, os pesos e os fatores de risco mostram grande influência no processo de seleção.
<p>“An AHP-TOPSIS integrated model for selecting the most appropriate tomography equipment” (Barrios et al., 2016)</p>	2016	Modelo multicritério para seleção do equipamento de TC mais apropriado, usando AHP e TOPSIS	AHP TOPSIS	<p>Desempenho</p> <p>Segurança do paciente</p> <p>Nível tecnológico</p> <p>Aspetos financeiros</p> <p>Aspetos técnicos</p>	Apresenta um total cinco critérios e dezassete subcritérios. AHP é utilizado para o cálculo dos pesos para cada critério e subcritério e posteriormente TOPSIS é utilizado para avaliar cada alternativa.

Em Portugal, o modo como é realizada a seleção de fornecedores para os EMP encontra-se descrito no caderno de encargos efetuado para cada concurso público e divulgado na plataforma digital⁴. Pela observação de vários documentos disponibilizados *online*, foi possível observar alguns concursos, relativamente recentes, nos quais se mencionam os critérios de adjudicação abordados para cada caso. Como exemplos, referem-se os seguintes:

- **Caso 1:** Aquisição de uma unidade de PET-TC, para o IPO do Porto, E.P.E. (data de setembro de 2016) – anúncio de procedimento nº6037/2016
Critérios de adjudicação: valor global da proposta (40%); características técnicas do equipamento (40%); manutenção e assistência técnica (10%); garantia (10%).
- **Caso 2:** Aquisição de um equipamento de ressonância magnética (RM) para o serviço de Imagiologia, do Hospital Egas Moniz, pertencente ao Centro Hospitalar de Lisboa Central, E.P.E. (data de setembro de 2017) – anúncio de procedimento nº7840/2017
Critérios de adjudicação: mais baixo preço (100%).
- **Caso 3:** Aquisição de um equipamento de PET-TC, para o Hospital Garcia de Orta, E.P.E., (data de setembro de 2017) – anúncio de procedimento nº7779/2017
Critérios de adjudicação: preço global (50%); características técnicas (40%); prazo de execução (10%).

É evidente que os critérios de adjudicação escolhidos se focam sobretudo no preço e as características técnicas dos equipamentos. No entanto, considera-se que outros fatores podem ter influência na tomada de decisão e que não são considerados atualmente. Daí, surge a necessidade de criar uma metodologia de apoio multicritério que fortaleça os critérios de adjudicação anteriormente referidos e que dê resposta a uma escolha de aquisição de equipamentos sustentável.

3.5. Conclusões do capítulo

Não há evidência de estudos ou aplicações realizadas para o sistema português, que envolvessem a aquisição de equipamentos médicos, em específico os pesados, devido à sua regulação específica e à obrigatoriedade de lançamento de concurso público, tal como é descrito em detalhe no Capítulo 2.

A falta de literatura encontrada relacionada com este tópico mostra a importância do desenvolvimento deste tipo de metodologia aplicado ao contexto de aquisição de equipamentos médicos pesados. É importante encontrar a opção mais vantajosa que tenha em consideração diversos critérios que possam ter influência em todo o processo de escolha e aquisição de modo a tornar o investimento do processo o mais sustentável possível.

No capítulo seguinte descreve-se em detalhe a metodologia construída para esta dissertação, concretizada a partir de uma abordagem integrada.

⁴ <http://www.base.gov.pt>

Capítulo 4

Metodologia

O objetivo desta dissertação de mestrado é desenvolver um modelo multicritério para selecionar fornecedores de equipamentos médicos pesados para as unidades de saúde em Portugal. A metodologia de apoio à decisão a desenvolver para aquisição de EMP deve poder ser aplicada a qualquer concurso público e para qualquer tipo de equipamento desse conjunto, seja RM, TC, acelerador linear ou outro.

Para tal, este capítulo enuncia e caracteriza as várias etapas necessárias à construção de uma metodologia multicritério para construir um *ranking* de várias alternativas a considerar.

Os vários passos da metodologia contêm os procedimentos utilizados para adquirir informação e obter soluções (Roy, 1996) e podem ser apresentados no esquema seguinte (Figura 7).

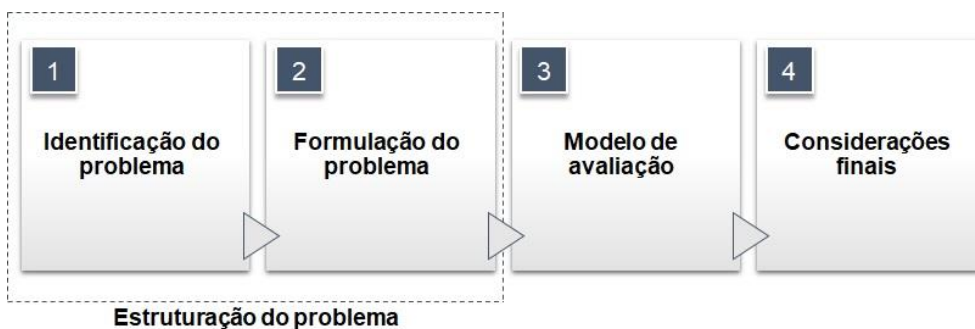


Figura 7 – Esquema dos vários passos a seguir na metodologia multicritério

A estruturação do problema é o primeiro ponto desta metodologia. Dentro deste tópico, é necessário distinguir duas fases distintas: uma primeira de identificação do problema, através da recolha de informação e identificação dos vários atores e suas preocupações; e uma segunda de formulação do problema, que engloba o tratamento dessa informação. É fundamental que exista uma boa estruturação do problema para fazer seguir o processo.

Com o modelo estruturado, é possível avançar para a construção e aplicação do modelo de avaliação, onde se explicitam quais os diferentes procedimentos a utilizar neste problema multicritério, e de onde irá ser possível retirar os resultados desejados acerca dos equipamentos médicos pesados que se pretende analisar. No final realizam-se diferentes análises dos resultados obtidos, a que se denomina de considerações finais, tal como enuncia Roy (1996).

Os problemas de análise multicritério auxiliam um indivíduo ou grupo a selecionar uma ou mais alternativas de entre as várias avaliadas a partir de diversos critérios (Bouyssou et al., 2006; Montibeller & Franco, 2010). Antes de descrever a metodologia em si e as várias fases em que esta se divide, torna-se fundamental definir alguns conceitos chave que irão ser abordados ao longo de todo o trabalho.

Numa primeira fase identificam-se os atores no processo de decisão. Segundo Roy (1996), um *ator* é uma pessoa individual ou um grupo de indivíduos que influencia a decisão, direta ou indiretamente,

pelo seu sistema de valor⁵. Refere ainda que, quando se trata de um grupo como ator único, não deve haver distinção de sistemas de valor entre os indivíduos que a ele pertencem.

Os diferentes indivíduos intervenientes no processo podem apresentar sistemas de valor distintos, apresentando diferentes objetivos, por vezes conflituosos. Deste modo, um problema de apoio à decisão requer sempre um agente de decisão (individual ou coletivo), responsável por tomar as decisões e para quem é realizado o apoio à decisão, ao qual se denomina *decisor* (DM). Facilmente se conclui que terá um papel crítico na evolução deste processo. O decisor é responsável por expressar as suas preferências (Roy, 1996).

Por outro lado, um *analista* será o indivíduo responsável por ajudar no processo de decisão, que tem o conhecimento base para realizar esse apoio. Este funciona como facilitador, fazendo perguntas de modo a obter elementos de resposta que possam clarificar a decisão. O analista deve manter a imparcialidade durante toda a análise do modelo, sem tomar decisões por si, em qualquer momento.

Em todo este processo de decisão podem existir também outras partes envolvidas (*stakeholders*), que podem afetar diretamente o processo - pelo que as suas preferências vão prevalecer - ou ainda terceiros que têm um papel passivo na decisão, onde as suas preferências são consideradas.

O decisor e o analista têm em consideração os vários sistemas de valor envolvidos e tentam moldar o processo para que este se encontre em conformidade com as intenções de todos os atores envolvidos.

A metodologia proposta vai recorrer a uma abordagem construtiva, que é seguida para construir os parâmetros fundamentais através da colaboração entre o analista e o decisor (Antunes et al., 2016). São os atores envolvidos no processo de decisão os responsáveis por construir, transformar e justificar preferências (Roy, 1996).

Em seguida serão descritas mais em detalhe as várias etapas desta metodologia que se encontra dividida em quatro fases fundamentais: identificação do problema, formulação, avaliação e elaboração de recomendações finais.

4.1. Identificação do problema

A identificação do problema é o ponto inicial da construção desta metodologia. Nesta primeira fase é descrita a situação do problema, onde o analista e o decisor devem reconhecer quem participa em todo o processo, isto é, os diferentes atores, que podem afetar (direta ou indiretamente) a interação entre ambos os intervenientes descritos anteriormente. Para além disso, deve ser clarificada a razão dessa participação e quais são as preocupações dos vários envolventes (Bana e Costa & Beinart, 2005). Por conseguinte, é necessário realizar algumas reuniões iniciais de modo a identificar todos os objetos de estudo. Durante a identificação das preocupações, estas podem surgir como objetivos de cada um dos atores no processo de decisão assim como características e consequências expectáveis das opções que se pretendem analisar. O seu significado deve ser bem definido, de modo a evitar ambiguidades e ou serem mal compreendidas e interpretadas (Bana e Costa & Beinart, 2005). Para além disso, devem

⁵ Sistema de valor entende-se como um sistema implícito que sustenta a base dos julgamentos de valor de um indivíduo ou grupo. Os julgamentos tanto podem ser relativos ou absolutos, como por exemplo melhor/pior ou bom/mau, respetivamente.

ser também identificados os recursos comprometidos por cada um dos atores, em cada um dos objetos de preocupação (Bouyssou et al., 2006).

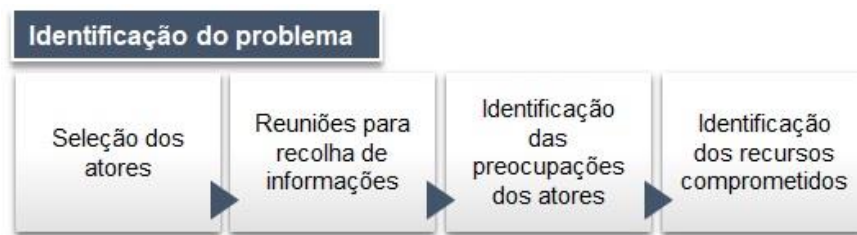


Figura 8 – Esquema das diferentes etapas a realizar na identificação do problema

No final, o analista deve ser capaz de responder a um conjunto de questões como quem apresenta o problema, qual o responsável pela decisão face ao mesmo, como o DM está envolvido na situação e o que é realmente importante para este. Uma análise destas questões torna-se útil não só para o analista como para o decisor, uma vez que o ajuda a situar no problema e a clarificar melhor a informação no processo para o qual pediu apoio (Bouyssou et al., 2006). A Figura 8 representa esquematicamente os tópicos a abordar neste capítulo de identificação do problema, que deve incluir três grandes parâmetros:

- Os atores envolvidos no processo;
- Os objetos (ou valores) dos diferentes atores envolvidos;
- Os recursos comprometidos por cada ator em cada objeto de preocupação

Dado o contexto do problema e a aplicação desta metodologia às unidades de serviços de saúde pertencentes ao SNS, os envolventes no processo podem ser das mais diversas áreas como já foi referido anteriormente, como médicos, diretores de serviço, técnicos ou engenheiros responsáveis pela gestão e logística associada a esta aquisição. A seleção dos atores é baseada na sua experiência e conhecimento face às características e funcionalidades de equipamentos médicos pesados bem como dos processos adjacentes à aquisição e manutenção dos mesmos.

A disponibilidade para participação neste processo é um fator a ter em consideração quando se realiza a escolha dos indivíduos envolvidos, uma vez que se trata de um método participativo e são necessárias conferências de decisão com o DM para obter informação de modo tornar possível a construção e avaliação do modelo.

Para recolha de primeiras impressões foi realizada uma reunião inicial com um engenheiro do Ministério da Saúde, que trabalha diretamente com a legislação associada a este conjunto de equipamentos médicos. O objetivo foi perceber as necessidades de aquisição/substituição de um EMP, as condições em que esse processo se realiza, os problemas e as preocupações gerais nessa aquisição.

Sentiu-se a necessidade de incluir informação proveniente de profissionais de saúde que trabalhassem internamente nas unidades de saúde. Assim, outros atores envolvidos neste processo foram engenheiros do SIE, uma vez que são os principais responsáveis pelas decisões de aquisição de um EMP no serviço de saúde que representam.

As preocupações dos vários atores focavam-se em diversos tópicos como os custos, a tecnologia do equipamento, manutenção, possibilidade de evolução tecnológica, regulamentação dos equipamentos, períodos de tempo de desenvolvimento e entrega e ainda impacto ambiental. Os

recursos comprometidos no processo incluem o conhecimento das características e especificações dos equipamentos médicos pesados, os bens necessários à aquisição do equipamento e as relações com os fornecedores envolvidos.

4.2. Formulação do problema

Esta fase da formulação do problema é definida por Roy (1996) como a análise de consequências e desenvolvimento de critérios.

Uma consequência de uma dada ação, que também pode ser descrita como atributo, é qualquer efeito que possa interagir com os objetivos ou sistemas de valor dos atores envolvidos no processo de decisão e que permite a construção das suas preferências. Um critério, por sua vez, é uma função de valor real que reflete, de forma direta, o valor dos elementos de acordo com um objetivo, utilizando informação para formar a base de um julgamento, relativo ou absoluto⁶ (Roy, 1996).

Nesta etapa da metodologia discutem-se quais as consequências que devem ser modeladas e quão úteis vão ser na clarificação da decisão. Também se analisa como os critérios vão ser construídos de modo a reconhecerem essas consequências e fatores. Para a identificação das consequências recorre-se à realização de entrevistas semi-estruturadas, juntamente com informação da literatura. Já para a modelação das mesmas, recorrem-se a mapas cognitivos de modo a esquematizar toda a informação recolhida. No fim, após toda a informação estar disposta de forma clara, torna-se possível avançar para a construção dos critérios, passo final desta etapa de estruturação.

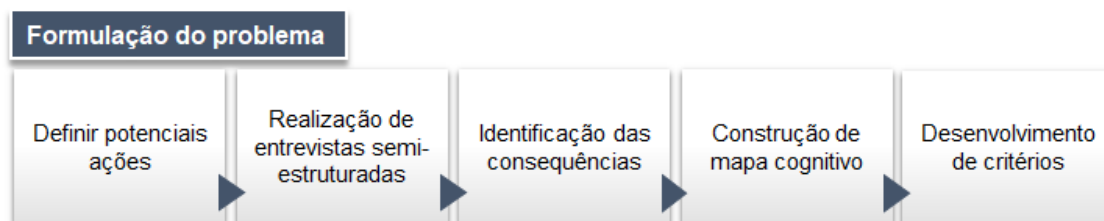


Figura 9 - Esquema das diferentes etapas a realizar na formulação do problema.

As várias etapas da formulação do problema encontram-se representadas na Figura 9.

Para além de todos os tópicos abordados, é importante deixar bem definido, logo numa fase inicial, quais as potenciais ações realizadas pelo DM, em relação à situação da decisão (Bouyssou et al., 2006). No final deve ainda ser representada a problemática da decisão, que antecipa o que é esperado que se realize com as potenciais ações, isto é, quais são os resultados expectáveis desta metodologia.

Dado o problema desta dissertação, o conjunto de potenciais ações será então o conjunto de fornecedores concorrentes a um dado concurso público para aquisição de um EMP. Por conseguinte, os resultados expectáveis desta metodologia serão, a seleção de um desses concorrentes.

As outras etapas mencionadas relativas à formulação do problema serão descritas de seguida em maior detalhe.

⁶ Um julgamento relativo compara se uma ação é melhor ou pior que uma outra, enquanto no caso absoluto a comparação é feita com ações de referência, que normalmente se destinam a representar o que é bom ou mau.

4.2.1. Entrevistas semi-estruturadas e mapa cognitivo

A recolha de informação é um passo fundamental nesta metodologia, sendo as entrevistas o método mais usado para essa aquisição de dados. Ainda antes da realização de entrevistas, deve existir um planeamento e decidir o formato de entrevista mais adequado às necessidades do problema. Existem vários tipos de entrevista, consoante o controlo que o investigador tem sobre a reunião, podendo estas ser não-estruturadas, semi-estruturadas ou estruturadas (Harrell & Bradley, 2009).

Neste contexto optou-se pelas entrevistas semi-estruturadas e são estas também consideradas, de entre os vários formatos, as mais utilizadas numa investigação qualitativa. Envolve a utilização de um guia de questões sobre um tópico, previamente preparadas, e o objetivo passa por recolher dados semelhantes dos vários participantes. Este método baseia-se em questões abertas, que são flexíveis e em que se pode explorar outras questões e tópicos consoante a direção que a entrevista toma e com base nas respostas que vão sendo dadas ao longo da mesma. É possível explorar as respostas, pedir clarificações ou fazer questões adicionais ao longo da entrevista, bem como alterar a ordem pré-definida no guião de entrevista (Doody & Noonan, 2013).

Assim, as entrevistas semi-estruturadas foram conduzidas com o propósito de identificar as diferentes preocupações de atores envolvidos no processo, para tornar posteriormente possível a construção de um mapa cognitivo com a informação recolhida. É importante referir que o indivíduo responsável pela entrevista deve sempre manter um papel neutro ao longo do processo. O guião da entrevista semi-estruturada pode ser consultado no Anexo A.

Por outro lado, mapas cognitivos são ferramentas visuais que facilitam a representação e comunicação (do conhecimento), ajudando na identificação e na interpretação de informação. Simultaneamente, facilitam a consulta e a codificação, o que estimula as associações mentais (Gavrilova et al., 2013). A construção de mapas cognitivos, neste contexto, auxilia na estruturação do problema, uma vez que facilita a visualização do problema e representa o pensamento e as preocupações dos atores de forma clara e intuitiva (Stewart & Belton, 2002).

Estes mapas representam uma rede de ideias ligadas entre si, que é codificada pelas respostas dos intervenientes às questões colocadas em entrevista ou reunião. Neste tipo de estrutura cada nó representa uma ideia, ou conceito, que estão ligados por setas que simbolizam as relações de influência ou de causalidade entre elas (Bouyssou et al., 2006). Esta rede é desta forma contruída por uma sequência de causa-consequência.

Para a construção de um mapa cognitivo, como demonstrado na Figura 10 deve ter-se em consideração as seguintes etapas:

1. Definir um rótulo/nome para o problema central;
2. Definir os elementos primários ou opções potenciais que se quer avaliar, através de questões colocadas ao decisor, pelo analista. Esse esquema de pergunta e resposta possibilita o estabelecimento dos elementos primários, que representam preocupações, valores, objetivos, entre outros. Esta etapa é fundamental na construção do mapa cognitivo, pois serve de base para a identificação de todos os conceitos finais a analisar.
3. Construir conceitos a partir dos elementos primários, que devem ser claros e concisos. Podemos denomina-los de questões-chave ou conceitos intermédios, uma vez que são

conceitos cruciais para a situação em análise e que apresentam implicações nas considerações finais.

4. Identificar os objetivos ou conceitos finais, através da hierarquização dos conceitos, até que o decisor não encontre mais nenhuma relação para o conceito questionado.

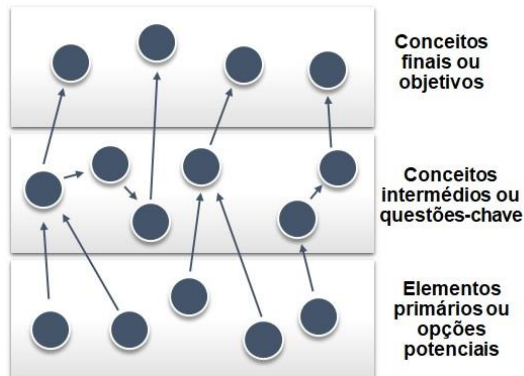


Figura 10 - Estrutura hierárquica para construção de um mapa cognitivo

Considerou-se que a construção de um mapa cognitivo seria vantajosa na metodologia, por forma a ajudar a organizar e clarificar as informações recolhidas nesta primeira fase da metodologia de estruturação do problema.

No caso específico deste problema, foram realizadas reuniões iniciais com engenheiros do SIE do Hospital de Santa Maria do Centro Hospitalar Lisboa Norte E.P.E., considerados peritos na área, e que estão diretamente envolvidos com os sistemas de aquisição de equipamentos médicos pesados. Posteriormente, foram identificados os vários fatores e preocupações com base nas respostas às questões colocadas aos atores envolvidos no processo, juntamente com informação da literatura, sendo possível estruturar o mapa cognitivo representado na Figura 11.

Assim, este mapa cognitivo representa todas as preocupações e fatores envolvidos no problema de seleção de fornecedores de EMP, em que esta rede de ideias é contruída por uma sequência de causa-consequência, como já explicado anteriormente. Tem por objetivo o agrupamento, organização e tratamento de toda a informação recolhida de modo a facilitar a criação de critérios que estarão na base desta metodologia de apoio à decisão.

Ainda relativo à Figura 11, a preto estão representados os elementos primários e conceitos intermédios. A azul os conceitos finais e por fim a vermelho conceitos que são considerados de aceitação-rejeição.

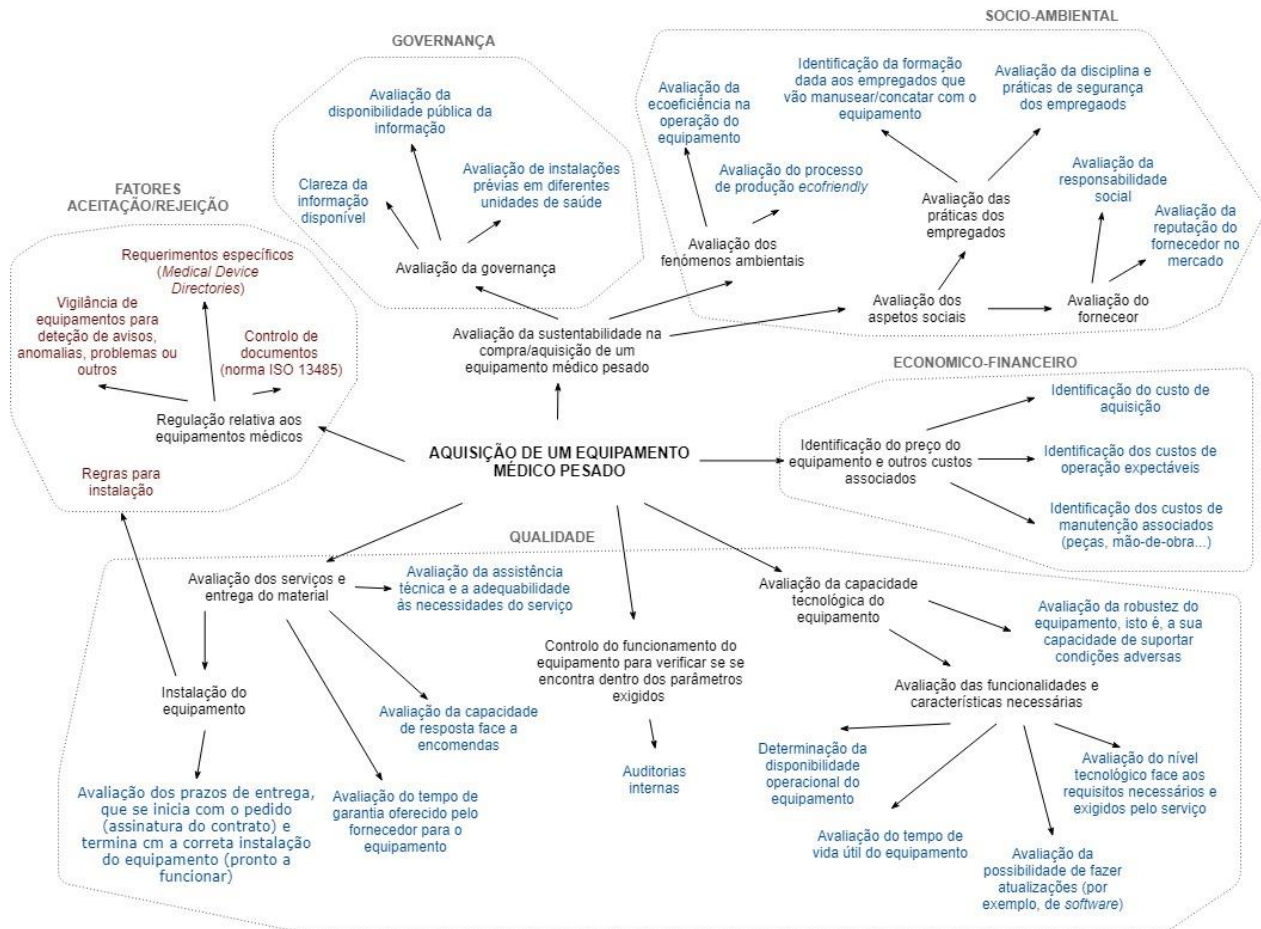


Figura 11 - Mapa cognitivo construído

4.2.2. Critérios de aceitação-rejeição

Na fase de estruturação do modelo, um dos objetivos é a construção dos critérios que irão ser utilizados para avaliar cada uma das alternativas, ou seja, os critérios de seleção. No entanto, para além desse conjunto de critérios, recorreu-se também a um outro conjunto a que se denominou de critérios de aceitação-rejeição. Esta nomenclatura deriva do facto de serem critérios que têm que ser necessariamente obedecidos, caso contrário, a alternativa que não cumpra esse requisito é automaticamente rejeitada da análise.

Neste problema, face à exigência dos equipamentos médicos pesados e da sua regulação, foram considerados como fatores eliminatórios: a vigilância dos equipamentos médicos; o cumprimento e adequabilidade à norma de gestão de qualidade ISO 13485; a instalação desse tipo de equipamentos, que apresenta regras muito específicas, como descritas na secção 2.3.2; e a existência plano de riscos associados a esta aquisição, uma vez que os riscos são muito elevados num processo desta natureza, nas mais variadas áreas. Para clarificar estas opções, os critérios de aceitação-rejeição escolhidos para este problema são descritos em seguida.

Vigilância do equipamento médico

Na vigilância do equipamento médico que é adquirido devem estar envolvidas várias entidades: autoridade competente (em Portugal, o Infarmed), os utilizadores do equipamento (profissionais de saúde e outros) e o fornecedor (Infarmed, 2010). A notificação de algum incidente, avaria ou outro alerta

deve ser da responsabilidade do fornecedor, segundo as diretivas de dispositivos médicos (*Medical Device Directories* (MDD)), sendo necessário que reportem o acontecimento para a autoridade competente.

Juntamente com os dados obtidos das entrevistas realizadas, concluiu-se que este seria um fator obrigatório e indispensável na aquisição de um equipamento, nomeadamente um equipamento médico pesado. A vigilância é então considerada um fator de rejeição, isto é, se o equipamento a adquirir não apresentar este requisito é automaticamente excluído de entre as hipóteses a considerar.

Cumprimento e adequabilidade à norma ISO 13485:2016

A ISO 13485 é uma norma de gestão de qualidade relativa à indústria dos dispositivos médicos. Tem como objetivo o cumprimento de requisitos de modo a que uma organização demonstre a sua capacidade de fornecer aos clientes dispositivos médicos e serviços relacionados, bem como regulamentações e outras responsabilidades, demonstrando a segurança e a qualidade dos seus dispositivos. Desta forma, a norma fornece fundamentos práticos para que os fabricantes cumpram as diretivas dos dispositivos médicos (Geremia, 2018).

O documento apresenta uma abordagem específica para assuntos como rastreabilidade, inspeção, documentação, entre outros. A norma ISO 13485 permite garantir a execução dos requisitos exigidos pelos clientes (como as unidades de saúde) e também os requisitos regulatórios aplicáveis aos mercados onde atuam (ISO, 2016).

A certificação ISO 13485 não é um requisito obrigatório, mas as entidades podem usufruir dos benefícios deste padrão sem serem certificadas. Deste modo, considerou-se fundamental que os fornecedores seguissem as indicações e fundamentos deste documento de modo a garantir a segurança e qualidade dos seus equipamentos médicos. Assim, este foi considerado um critério de aceitação-rejeição, pelo que qualquer fornecedor que não tenha em consideração os requisitos da norma ISO 13485 é excluído da análise.

Instalação de equipamentos médicos pesados

Existe um protocolo específico para a instalação desta categoria de equipamentos, como já foi descrito anteriormente (secção 2.3.2). Ainda mais, lembrando que uma das características desta categoria de equipamentos é precisamente ser fixo e ter uma instalação específica inerente à sua utilização, este torna-se um ponto crucial na análise.

Além disso, no caderno de encargos que é realizado com as especificações necessárias ao equipamento médico pesado a adquirir são também incluídas algumas indicações em relação à instalação do equipamento. Nesse documento estão anexadas, normalmente, plantas dos locais onde será colocado o dispositivo como a localização da sala e sala de comandos adjacente. Durante o concurso público, as empresas fornecedoras podem também inspecionar os locais de modo a avaliarem os requisitos necessários à montagem e colocação dos equipamentos em funcionamento, uma vez que poderá ser necessário eventuais adaptações (Centro hospitalar e universitário de Coimbra EPE, 2015). No final, para garantir a colocação em funcionamento do equipamento médico a ser adjudicado, o fornecedor deve incluir na sua candidatura ao concurso as especificações e requisitos necessários à montagem do mesmo.

Pela descrição anterior, considera-se que a instalação do EMP é um critério essencial no contexto do problema, sendo considerado no modelo como um critério de aceitação-rejeição.

4.2.3. Construção de critérios

Tendo em conta a metodologia descrita até ao momento, foram identificados e estruturados todos os aspetos que se consideraram relevantes para a avaliação das alternativas que irão ser identificadas na construção do modelo de avaliação. A partir do mapa cognitivo realizado anteriormente e dos aspetos organizados de forma clara, constroem-se assim os critérios.

Durante todo o processo de estruturação do problema, isto é, nas fases iniciais da análise, e sempre que necessário, alguns aspetos podem ser clarificados, eliminados, reescritos, agrupados ou decompostos, de modo a evitar redundâncias ou ambiguidades entre eles (Bana e Costa & Beinat, 2005).

É relevante indicar que estes devem orientar todo o processo de decisão e por isso devem ser os mais úteis possíveis de modo a criar e avaliar alternativas e identificar as oportunidades de decisão (Keeney, 1992). Para ser útil, este conjunto de objetivos fundamentais deve ser coerente e obedecer às seguintes propriedades, descritas na Tabela 5.

Tabela 5 – Condições fundamentais que o conjunto de critérios deve seguir (adaptado de Bouyssou et al. 2006; Keeney 1992)

Propriedade	Descrição
Essencial	Indica as consequências em termos de razões fundamentais para o interesse no contexto da situação de decisão;
Controlável	Identifica as consequências que advêm de cada alternativa e a sua influência;
Completo	inclui todos os aspetos fundamentais para avaliar as alternativas de decisão;
Mensurável	Define os objetivos precisos e permite a atribuição de valores para determinar como podem ser atingidos;
Operacional	Torna a informação necessária com margem relativamente ao tempo e esforços disponíveis;
Decomponível	Garante a independência de critérios;
Não redundante	Evita que possíveis consequências sejam consideradas mais que uma vez;
Conciso	Restringe o número de hipóteses a considerar unicamente às que são relevantes;
Compreensível/ Inteligível	Facilita a compreensão de todos os critérios definidos.

Como etapa final desta metodologia, cria-se uma árvore de critérios de modo a facilitar a perceção de todos os elementos a considerar e que vai estar na base do desenvolvimento de todo o processo que se segue.

Considera-se um conjunto de pontos de vista fundamentais (PVF) que irão representar as áreas de preocupação do problema. Identifica-se um conjunto de consequências elementares, a partir dos quais os critérios são construídos, permitindo a sua operacionalização.

Para o problema em causa de seleção de fornecedores de EMP, foram criados quatro pontos de vista. O primeiro (PVF1) engloba as preocupações sociais e ambientais relacionadas com a aquisição

de um equipamento. O segundo (PVF2) inclui as questões económico-financeiras, isto é, os custos associados à aquisição de um dado equipamento. As preocupações relacionadas com a qualidade são abrangidas no terceiro PVF (PVF3). Por fim, é ainda considerada a governança como área de preocupação, que se representa pelo PVF4.

A Tabela 6 apresenta todas as áreas de preocupação (PVF), critérios e consequências elementares associadas e que vão estar na base do modelo multicritério para a seleção de fornecedores de EMP.

Tabela 6 - Conjunto de pontos de vista fundamentais, critérios e consequências elementares para a seleção de fornecedores de equipamentos médicos pesados

Pontos de vista fundamentais	Critérios	Consequências elementares
PVF1 Socio-ambiental	g_1 Práticas dos técnicos (max)	c_1 Formação (qualitativo)
		c_2 Disciplina e práticas de segurança (qualitativo)
	g_2 Perfil do fornecedor (max)	c_3 Responsabilidade social (qualitativo)
		c_4 Reputação do fornecedor (qualitativo)
	g_3 Competências ambientais (max)	c_5 Processo produção amigo do ambiente (qualitativo)
		c_6 Ecoeficiência do equipamento (qualitativo)
PVF2 Económico-financeiro	g_4 Custos (min)	c_7 Aquisição (euros, €)
		c_8 Operação (euros, €)
		c_9 Manutenção (euros, €)
PVF3 Qualidade	g_5 Capacidade tecnológica (max)	c_{10} Durabilidade (anos)
		c_{11} Tecnologia e inovação (nível tecnológico) (qualitativo)
		c_{12} Disponibilidade operacional (percentagem, %)
	$g_{5.1}$ Desempenho/ Obsolescência	c_{13} Possibilidade de atualizações (qualitativo)
		c_{14} Robustez (qualitativo)
	g_6 Serviços e entrega (max)	c_{15} Assistência técnica (nº de assistências, por ano)
		c_{16} Capacidade de resposta (qualitativo)
		c_{17} Garantias (anos)
		c_{18} Prazos de entrega (qualitativo)
	g_7 Controlo (max)	c_{19} Auditorias internas (nº auditorias, por ano)
PVF4 Governança	g_8 Transparência da informação (max)	c_{20} Disponibilidade da informação e divulgação pública de documentos (qualitativo)
		c_{21} Clareza da informação/documentos disponíveis (qualitativo)
	g_9 Confiança no fornecedor (max)	c_{22} Equipamentos similares em funcionamento (qualitativo)

Os critérios selecionados para esta metodologia e as consequências elementares associadas a cada um são descritos em seguida, de modo a clarificar toda a informação. Uma vez que o modelo é

aplicado a equipamentos médicos pesados, é incluída também alguma informação adicional acerca do tópico de modo a justificar cada uma das escolhas e/ou decisões para todos os fatores a analisar.

Note-se que os subcritérios ou consequências serão descritos da seguinte forma:

1. O que a consequência determina, avalia, etc...;
2. Qual o seu objetivo, se é de minimização ou maximização;
3. Alguns elementos adicionais que possam clarificar a definição.

PVF1. Socio-ambiental

O ponto de vista socio-ambiental agrega as dimensões social e ambiental, tal como o nome indica, que são amplamente utilizadas no contexto da sustentabilidade.

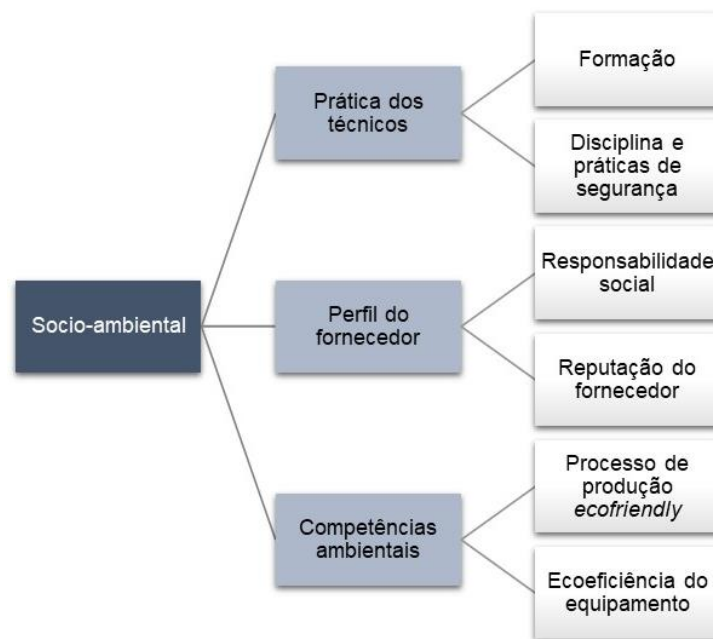


Figura 12 - Árvore de critérios parcial com a representação dos critérios e consequências do ponto de vista socio-ambiental

Critério g_1 : Prática dos técnicos

Este critério avalia os fornecedores relativamente a práticas a que estes se comprometem e tem por objetivo o controlo e a avaliação de ações praticadas pelos profissionais de saúde que irão contactar diretamente com o equipamento que se pretende obter. Assim, o critério “prática dos técnicos” engloba as seguintes consequências elementares:

- (c_1) **Formação**: Determina se o fornecedor se compromete com práticas de formação e qualificação dos profissionais de saúde para manusear e contactar com o equipamento médico para que o uso do mesmo seja feito corretamente. Este subcritério avalia se existe essa formação e a sua periodicidade. O objetivo será maximizar o número de formações;
- (c_2) **Disciplina e práticas de segurança**: Avalia se os profissionais de saúde responsáveis pelos equipamentos (manutenção e contacto) respeitam as boas práticas de disciplina e garantem que as normas necessárias de segurança são cumpridas (Ghadimi & Heavey, 2014). O objetivo desta norma passa por eliminar ou minimizar o risco para os trabalhadores e outras partes

envolventes assim como estabelecer e melhorar o sistema de gestão de saúde e segurança no trabalho, garantindo a sua conformidade com as exigências legais da atualidade.

Este subcritério verifica a adequabilidade à norma OHSAS 18001, referente à saúde e segurança no trabalho. Especifica requisitos relativos a um sistema de segurança e saúde no trabalho, o que permite, deste modo, à organização controlar os riscos e melhorar o desempenho do sistema em questão (SGS, 2017).

Critério g_2 : Perfil do fornecedor

Na estruturação do problema, sentiu-se a necessidade de incluir um critério que avaliasse os sistemas de valor dos fornecedores, isto é, as características que determinam como estes se comportam e interagem com outros profissionais de saúde, indivíduos e com o meio ambiente.

Neste critério optou por se avaliar a responsabilidade social, assim como a reputação dos fornecedores, tanto a nível social como ambiental.

- (c_3) Responsabilidade social: Avalia a competência das organizações, neste caso os fornecedores, para gerir todas as partes interessadas (do inglês, *stakeholders*). Por outras palavras, este critério avalia quando as entidades, de forma voluntária, adotam certas ações e/ou comportamentos que promovam o bem-estar de todos os indivíduos envolventes internos e externos. O objetivo é maximizar o nível de responsabilidade social por parte dos fornecedores.

O conceito de responsabilidade social corporativa apresenta diferentes definições. Por exemplo, o WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*) descreve este conceito, em 2000, como “o compromisso contínuo dos negócios de se comportarem de forma ética e contribuírem para o desenvolvimento económico social, melhorando a qualidade de vida da força de trabalho e as suas famílias, bem como a comunidade local e a sociedade em geral” (Holme & Watts, 2000).

- (c_4) Reputação do fornecedor: Avalia a reputação geral da empresa fornecedora no mercado, quer ambiental quer social, pelo serviço de saúde que pretende adquirir o equipamento médico. Tal como no subcritério anterior, o objetivo será assim maximizar o nível de reputação da empresa fornecedora. A reputação ambiental tem em atenção as considerações ambientais nas suas operações (Ghadimi & Heavey, 2014). Já a reputação social está relacionada com a avaliação do público, relativamente ao fornecedor ou empresa fornecedora. Azadnia et al. (2013) apresentam este critério na sua análise para seleção de fornecedores de forma sustentável.

Critério g_3 : Competências ambientais

No sentido de avaliar um desempenho ambiental adequado que tem por objetivo a minimização dos impactos no meio ambiente, considerou-se adequado acrescentar este critério na construção do modelo. Irá avaliar se o fornecedor cumpre com as competências ambientais, tendo em consideração a norma ISO 14001:2015.

Esta norma é uma versão portuguesa (NP) da norma europeia EN ISO 14001:2015 (revisão/substituição da norma NP ISO 14001:2012). Nela são especificados requisitos que permitem

a uma dada organização atingir os resultados pretendidos (Instituto Português da Qualidade, 2015), ajudando na identificação dos riscos ambientais, bem como na sua priorização e gestão com o intuito de minimizar o risco ambiental (Oruezabala & Rico, 2012). Esta norma aplica-se à empresa que, para este caso específico, se aplica ao fornecedor do equipamento médico pesado a adquirir. Segundo a NP EN ISO 14001:2015, o seu conteúdo pode ser empregue de forma total ou parcial, de modo a melhorar a gestão ambiental de forma sistemática. Assim, não sendo de carácter obrigatório a incorporação de todos os requisitos especificados nesse documento, considerou-se relevante incluir este ponto na análise do problema. É de notar que, para que sejam aceites declarações de conformidade com a norma indicada, é imprescindível que uma dada organização incorpore todos os requisitos exigidos, sem exceções, no seu sistema de gestão ambiental.

Todas as organizações podem aplicar, de forma voluntária, e obter benefícios com esta norma pelo que se considerou importante incluir a avaliação dessas características em dois processos distintos – numa fase de produção do equipamento e, posteriormente, durante o seu funcionamento. Foram, deste modo, criados os seguintes subcritérios:

- (c₅) Processo de produção “amigo do ambiente” (do inglês, *ecofriendly*): Avalia se a produção do equipamento médico a adquirir é “amiga do ambiente”, isto é, se o fornecedor adota políticas para redução dos danos no ecossistema ou no meio ambiente – no processo de produção do equipamento. Para este subcritério, o objetivo será maximizar os níveis de produção *ecofriendly*. Este critério é, por exemplo, avaliado em Ghadimi & Heavey (2014), apesar de não ser descrito em detalhe.
- (c₆) Ecoeficiência do equipamento: Trata-se de um subcritério aplicado ao funcionamento do equipamento em si e avalia se o equipamento apresenta características de controlo e prevenção de poluição (Marques et al., 2015). Tem em consideração diversos fatores como: resíduos sólidos; uso ou não de materiais perigosos; ruído produzido pelo equipamento; consumo de água, eletricidade e outros recursos; radiações; possível destruição da camada de ozono por produtos químicos que a possam afetar; entre outros. O objetivo será assim maximizar este fator de ecoeficiência, através minimização do consumo de recursos naturais com o intuito de reduzir o impacto ambiental na produção de bens e serviços. Este conceito foi introduzido em 1992, pelo WBCSD, na qual são apresentados três grandes objetivos definidos para este conceito: reduzir do impacto sobre a natureza, fornecer produtos e serviços de maior qualidade aos clientes e minimizar o consumo de recursos. (Business Council for Sustainable Development, 2013).

PVF2. Económico-financeiro

Na determinação dos vários critérios a analisar, estabeleceu-se um segundo ponto de vista a que se denominou económico-financeiro que concentra as atividades monetárias relevantes envolvidas num processo de aquisição de um equipamento médico pesado.

Critério g_4 : Custos

Este critério engloba todos os custos relativos a um equipamento médico pesado, considerando para além dos custos de aquisição, os custos de operação e os custos associados à manutenção do equipamento ao longo do tempo.

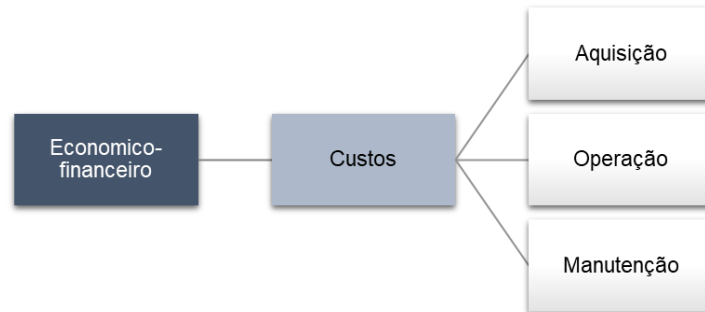


Figura 13 - Árvore de critérios parcial com a representação dos critérios e consequências do ponto de vista económico-financeiro

- (c_7) Custos de aquisição: Este subcritério avalia o custo do equipamento que se quer adquirir. O objetivo é minimizar o valor de aquisição do equipamento. O preço de aquisição deve englobar os custos de produção, bem como custos logísticos (como transporte) e possíveis custos de encomenda, como taxas alfandegárias (deveres aduaneiros), ou custos de gestão de *stock*.
- (c_8) Custos de operação: Subcritério que avalia as despesas esperadas associadas ao funcionamento do equipamento, que incluem custos fixos (como seguros e impostos, entre outros), utilização de diversos recursos (como energia, água e mão-de-obra necessária à operação, entre outros). O objetivo é minimizar o valor médio expectável de custo de operação do equipamento médico pesado a adquirir.
- (c_9) Custos de manutenção: Este fator avalia as despesas associadas à manutenção do equipamento, como assistência técnica (recursos humanos e reparação e/ou substituição de componentes) e atualizações (ou *upgrades*). O objetivo é minimizar o valor expectável do custo de manutenção para o equipamento.

PVF3. Qualidade

Embora qualidade seja um termo difícil de quantificar, é mencionada na norma ISO 13485 que se refere a sistemas de gestão de qualidade para dispositivos médicos. Esta norma apresenta requisitos para uma organização demonstrar a capacidade de fornecer dispositivos médicos e serviços relacionados que consistentemente atendam aos requisitos dos seus clientes. Aborda diferentes temas relacionados com controlo e monitorização do produto, atividades de manutenção, *design* e desenvolvimento do produto, entre outros, pelo que se agrupou os vários critérios e consequências relacionados num ponto de vista com a denominação de qualidade.

Critério g_5 : Capacidade tecnológica

Um tópico fundamental na construção do modelo deste trabalho é a avaliação das funcionalidades e características necessárias que o equipamento deve apresentar. Para além disso, a capacidade do próprio equipamento de suportar condições adversas também deve ser incluída neste estudo.

- (g_{5.1}) Desempenho/Obsolescência

O desempenho engloba as funcionalidades de um equipamento e as suas características técnicas, ou seja, esta pode definir-se como a capacidade do equipamento médico para atingir o objetivo pretendido

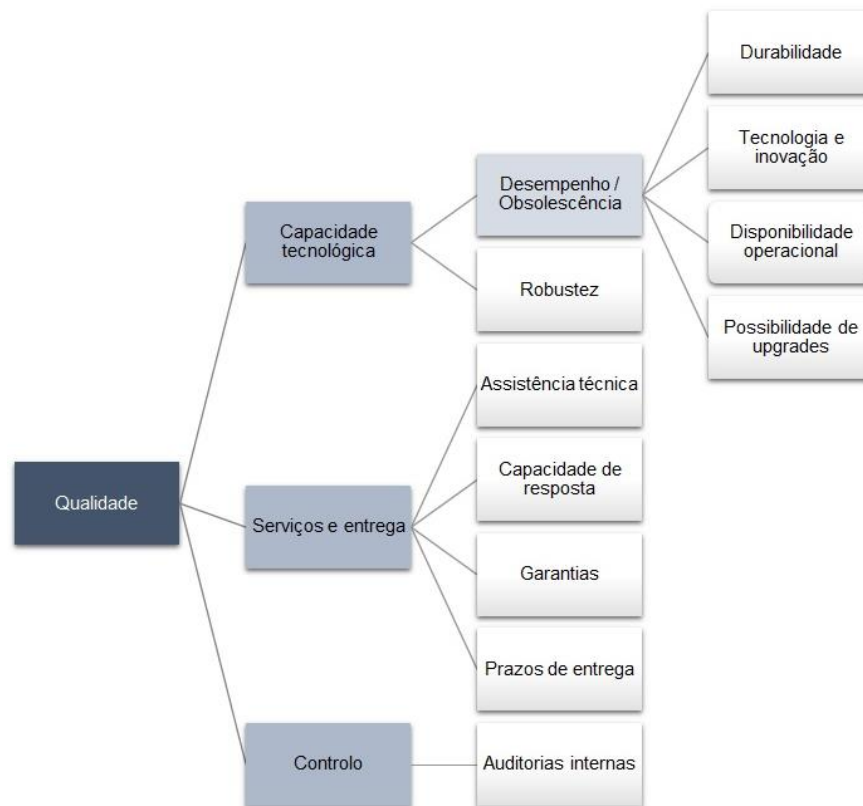


Figura 14 - Árvore de critérios parcial com a representação dos critérios e consequências do ponto de vista de qualidade

de acordo com os dados fornecidos pelo fabricante (European Patient's Forum, 2016).

No entanto, as funcionalidades e/ou características dos equipamentos ao longo do tempo deixam de ser as mais adequadas, por diversos motivos, o que leva a que estes se tornem obsoletos. Pode definir-se a obsolescência técnica como a perda de utilidade, eficácia, eficiência ou produtividade de um dado objeto. Este termo também pode ser denominado de obsolescência funcional (Butt et al., 2015).

Para este caso específico, o equipamento existente continua a apresentar um bom desempenho, mas existem novas alternativas no mercado que proporcionam melhores resultados. Este conceito de obsolescência é frequentemente o motivo pelo qual os equipamentos são substituídos antes do final do seu tempo de vida útil estimado, como confirmado em algumas reuniões iniciais com profissionais de saúde.

Todas as características técnicas e funcionalidades do equipamento consideradas nos subcritérios descritos abaixo terão influência e irão avaliar o risco de obsolescência do equipamento, *a posteriori*.

- (c₁₀) Durabilidade: Esta característica avalia, tal como o nome indica, o tempo de vida útil esperado do equipamento. Este conceito refere-se ao tempo previsto durante o qual o equipamento pode ser utilizado dentro dos níveis de serviço adequados e pretendidos. Pretende-se que este valor seja maximizado, de modo a aumentar a eficiência do investimento.

- (c₁₁) Tecnologia e inovação (nível tecnológico): Este subcritério avalia se o equipamento possui as características técnicas fundamentais que lhe conferem as funcionalidades operacionais necessárias e exigidas para o serviço onde vai ser inserido (de acordo com as especificações exigidas no caderno de encargos, realizado aquando da abertura do concurso público). O objetivo é maximizar o nível tecnológico do equipamento.
- (c₁₂) Disponibilidade operacional: A disponibilidade operacional (*DO*) define-se pela probabilidade que o equipamento apresenta de garantir as funcionalidades para o qual foi produzido. O objetivo deste subcritério será a maximização deste valor percentual. O cálculo do mesmo engloba diversos fatores, sendo que irá depender: do número de vezes que o equipamento não se encontra em funcionamento por qualquer ação de operação (que engloba também ações de manutenção, como anomalias); da velocidade com que essas ações são realizadas; e da qualidade dessa reparação, substituição ou outra ação. Este valor pode ser definido pelo seguinte rácio:

$$DO = \frac{TMF}{TMF + TPT}$$

onde *TMF* representa o tempo médio de funcionamento do equipamento em causa e *TPT* representa o tempo ou período técnico em que o equipamento não se encontrou em funcionamento. É ainda de referir que o tempo técnico referido depende, por sua vez, dos tempos de todas as fases do processo de reparação, substituição ou outra ação. Tal inclui os tempos de deteção da avaria, de comunicação com a manutenção, tempo que a manutenção leva a verificar e confirmar a avaria, os tempos de diagnóstico do problema associados, tempo da reparação ou substituição e, conseqüentemente, o tempo de testes até que o equipamento se encontre de novo em funcionamento (Faro, 1998).

Em suma, de modo a maximizar o valor do rácio (ou a probabilidade) da disponibilidade operacional do equipamento deve-se tentar minimizar os valores dos períodos técnicos de reparação e conseqüentemente minimizar o seu valor médio.

- (c₁₃) Possibilidade de atualizações (upgrades): Subcritério que determina se existe a possibilidade de fazer melhorias, *a posteriori*, do equipamento médico pensado a adquirir (como por exemplo, atualizações de software). Para este caso, o objetivo será maximizar a contribuição com atualizações.
- (c₁₄) Robustez: A robustez pode ser definida como a capacidade do equipamento de suportar condições e eventos adversos (Oxford, 2017), isto é, capacidade de se manter inalterado por variações pequenas, quando se fazem variações em alguns parâmetros. Este subcritério vai então avaliar essa característica, em que o objetivo é maximizar a robustez do equipamento, ou como já foi referido, maximizar a capacidade de este suportar condições adversas.
Robustez pode referir-se a características físicas ou simbólicas (Majumdar & Saha, 2009). Nesta definição englobam-se os conceitos de flexibilidade e adaptabilidade do equipamento em si face a condições adversas (Marques et al., 2015). Também a confiabilidade é incluída e definida pelas características do sistema que permitem confiar no serviço que é oferecido, de forma justificada.

Critério g_6 : Serviços e entrega

Considera-se um serviço como um conjunto de atividades realizadas por uma empresa para responder às expectativas e necessidades do cliente, sendo assim um bem não material, intangível. Neste critério também se optou por incluir fatores associados à entrega do equipamento médico.

- (c_{15}) Assistência técnica: Trata-se de um serviço prestado, da responsabilidade do fornecedor, caso exista um problema ou irregularidade com o equipamento, sendo necessário a ocorrência de uma reparação/manutenção do mesmo (Beşkese & Evecen, 2012). Este subcritério avalia o tipo de assistência que é dada ao seu equipamento e se se adequa às necessidades e funções desempenhadas por este. O objetivo passa assim por maximizar a adequabilidade desta às necessidades do serviço que pretende adquirir o equipamento. Neste caso, avalia se o fornecedor irá garantir a assistência após término de garantia do produto. Considera-se um subcritério a ter em consideração nesta análise, uma vez que esta característica é de extrema importância e é essencial garantir o bom funcionamento do equipamento.
- (c_{16}) Capacidade de resposta: Avalia a capacidade de agendamento e mudança de encomendas (Kuo et al., 2010). Pode definir-se pela capacidade que o fornecedor apresenta de responder a mudanças que podem advir de vários fatores, como a procura nos serviços de saúde, pela estrutura dos preços, frequência de pedidos ou até pelo cenário de negócio da atualidade (Beşkese & Evecen, 2012). Este subcritério vai ter como objetivo a minimização dos tempos de resposta expectáveis do fornecedor.
- (c_{17}) Garantias: Avalia o período de tempo de garantia que o produto/equipamento apresenta (Beşkese & Evecen, 2012), com o objetivo de maximizar esse valor.
- (c_{18}) Prazos de entrega: Avalia o período expectável de tempo que o fornecedor demorará a entregar o equipamento médico, desde o seu pedido até que o mesmo seja instalado no serviço de saúde de destino, e se encontre em funcionamento. O objetivo para este caso será minimizar o tempo de prazo de entrega por parte do fornecedor. Para além desse aspeto, o mesmo conceito é considerado, não só para o equipamento novo, como para qualquer substituição que seja realizada.

Critério g_7 : Controlo

Ainda que não exista um alerta, problema ou irregularidade, torna-se importante um controlo deste grupo de equipamentos, uma vez que estes lidam diretamente com a saúde da população, no diagnóstico e tratamento de doenças. Considerou-se relevante neste contexto incluir um subcritério que avaliasse a certificação - por parte do fornecedor - do equipamento médico pesado, de forma sistemática e periódica.

- (c_{19}) Auditorias internas: Uma auditoria interna é um plano de ação que contempla uma abordagem sistemática e disciplinada para a avaliação da eficácia do produto e processos de gestão, bem como recomendações. Este subcritério compara o número de auditorias internas a realizar, por ano, com o número de auditorias considerada ideal. O objetivo não será nem maximizar nem minimizar o número de auditorias internas a realizar por ano, mas sim aproximar esse valor de um considerado ideal. Considera-se importante garantir o

cumprimento de normas e políticas internas para que exista uma prevenção de problemas. As auditorias internas foram concebidas para adicionar valor e melhorar as operações de uma organização, apontando possíveis não conformidades.

PVF4. Governança

Apesar de não existir nenhuma definição universal (da Cruz & Marques, 2013), o conceito de governança está relacionado com diversos aspetos como a transparência da informação ou a participação dos *stakeholders* envolvidos no processo. Cria-se assim um outro ponto de vista que abrange essas características fundamentais na construção do modelo.

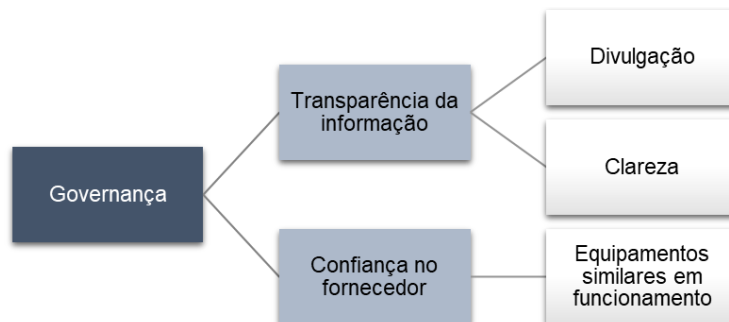


Figura 15 - Árvore de critérios parcial com a representação dos critérios e consequências do ponto de vista de governança

Critério g_8 : Transparência da informação

Pode afirmar-se que a transparência está relacionada com informações. Este conceito apresenta diferentes definições na literatura, mas neste contexto a transparência pode ser definida como o acessibilidade e visibilidade da informação, para as partes interessadas (Schnackenberg & Tomlinson, 2016).

Com isto, o critério da transparência engloba os dois subcritérios seguintes:

- (c_{20}) Disponibilidade da informação e divulgação pública de documentos: Critério que avalia se existe disponibilidade e acesso público de toda a documentação necessária referente ao equipamento e respetiva gestão e funcionamento do mesmo.
- (c_{21}) Clareza da informação da documentação disponível: Avalia se a informação disponível, como documentos, está disposta de forma clara, para uma boa e fácil interpretação das partes envolvidas, sem levantar dúvidas ou ambiguidades na sua perceção.

Critério g_9 : Confiança no fornecedor

Tendo em conta o equipamento que se pretende adquirir, o que se pretende avaliar neste critério é a existência, ou não, de equipamentos médicos, do mesmo fornecedor (iguais ou similares) em funcionamento em diferentes unidades de saúde. Esse fator influencia a confiança que a unidade de saúde (cliente) terá no fornecedor do equipamento médico que pretende obter, uma vez que se trata de uma segurança segundo a qual o fornecedor será capaz de agir de determinada forma perante uma dada situação.

- (c_{22}) Equipamentos similares em funcionamento: Este subcritério avalia assim a existência, ou não, de equipamentos exatamente iguais ao que é proposto no concurso público, em

funcionamento noutras unidades de saúde em Portugal. Isto é, equipamentos médicos com as mesmas características e provenientes do mesmo fornecedor/fabricante, sendo também consideradas versões precedentes do equipamento médico em questão.

4.3. Modelo de avaliação

Uma abordagem multicritério tem como objetivo fornecer apoio na tomada de decisão e na procura de soluções que satisfaçam as necessidades do decisor (Keeney, 1992), sendo para isso necessário a construção de um modelo que dê resposta ao pedido referido (Roy, 1996). A terceira etapa desta metodologia é assim representada pelo modelo de avaliação.

Numa primeira fase devem ser criadas ou escolhidas um conjunto de alternativas às quais o modelo se aplica (conjunto discreto de alternativas). Posteriormente, na representação do modelo de avaliação devem ser incluídos outros parâmetros na sua análise.

São definidos na última etapa de estruturação do problema uma família coerente de critérios sobre os quais as alternativas irão ser avaliadas e comparadas. Em seguida, é necessário proceder à sua operacionalização, através da agregação das diferentes consequências elementares identificadas numa etapa antecedente.

Para tal, criam-se um conjunto de dimensões, que englobam as consequências elementares assim como uma escala associada, que contém um conjunto de diferentes níveis, de modo a mapear cada uma das alternativas. (Bouyssou et al., 2006).

Na prática, para a implementação do modelo, existem duas etapas a realizar: a atribuição de valores numéricos às capacidades do integral de Choquet para cada um dos critérios e a construção de escalas de intervalos com o intuito de atribuir valores de utilidades ao desempenho dos critérios, numa escala de rácios comum (Bottero et al., 2018).

A Figura 16 resume as principais etapas do modelo de avaliação, descritas anteriormente.

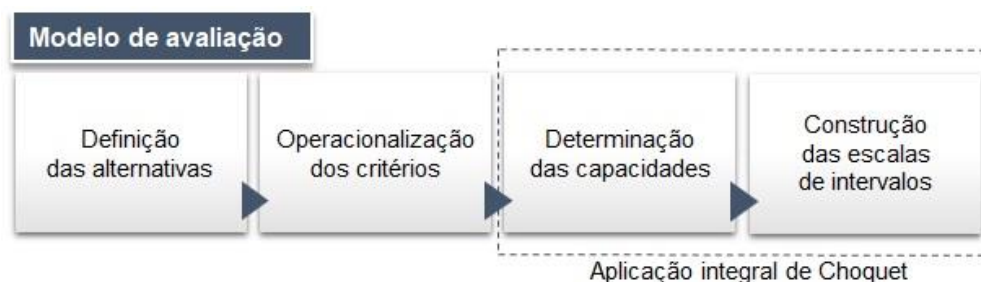


Figura 16 - Esquema das diferentes etapas a realizar na construção do modelo de avaliação

Neste capítulo serão descritas em detalhe todas as etapas do modelo de avaliação construído. É de notar que a operacionalização de critérios, os cálculos efetuados e toda a construção do modelo de avaliação será realizado com recurso ao *software* Excel.

4.3.1. Identificação das alternativas

O concurso público a analisar nesta dissertação de mestrado tem por objeto a aquisição e instalação de um Equipamento de Ressonância Magnética 3T e respetivos acessórios e elementos complementares para o Serviço de Radiologia do Instituto Português de Oncologia de Lisboa Dr. Francisco Gentil, E.P.E. (IPOFLG, E.P.E.).

A abertura do mesmo foi realizada através do anúncio de procedimento nº 7217/2014, publicado no Diário da República, nº243, 2ª série de 17 de Dezembro de 2014 e no Jornal Oficial da união Europeia, nº JO/S S246 de 20 de Dezembro de 2014.

A este concurso público, CP nº 100/2015, concorrem três fornecedores. Por motivos de confidencialidade de informação, estes não iram ser identificados, atribuindo a cada um as denominações: alternativa 1 (**a1**), alternativa 2 (**a2**) e alternativa 3 (**a3**).

Para este caso específico, o decisor não será uma pessoa singular, mas sim um grupo de indivíduos diretamente relacionados com a aquisição de equipamentos no hospital em questão.

4.3.2. Operacionalização dos critérios

Cada critério é construído a partir de, pelo menos, uma dimensão. Cada dimensão inclui uma consequência elementar e uma escala preferencial associada:

$$D_i = \{c_i, E_i\}$$

Uma escala associada a um dado critério inclui um conjunto ordenado de níveis de impacto, a que Bana e Costa e Beinat (2005) denominam por descritor. É estabelecida com o intuito de operacionalizar a avaliação dos impactos das alternativas (ou ações) num critério, isto é, medem o grau com que um dado critério é satisfeito.

Essa medida pode ser qualitativa (verbal), quantitativa (numérica) ou ainda pictórica (representação por imagens). No primeiro caso, os níveis são ordenados de acordo com ordem de preferência. No caso de uma escala quantitativa, ou numérica, esta pode ser contínua ou discreta. Apresentam ainda uma terceira dimensão, uma vez que a medição das escalas pode ser realizada de modo direto (natural), indireto (*proxy*) ou construído (Bana e Costa & Beinat, 2005). No caso direto, os níveis da escala refletem diretamente um efeito, que normalmente têm interpretação comum por todos os indivíduos (Keeney, 1992). Níveis construídos de modo indireto indicam as causas ao invés dos efeitos, enquanto níveis construídos são desenvolvidos para o contexto específico da decisão (Bana e Costa & Beinat, 2005). Qualquer que seja a tipologia do descritor, este deve descrever da forma mais objetiva possível os impactos das alternativas, evitando ambiguidades.

É importante ainda referir os seguintes aspetos:

- Os níveis de cada escala estão estruturados por ordem de preferência.
- A atribuição de um nível de uma escala para cada uma das alternativas a avaliar no modelo deve ser realizada pelos decisores.
- Para cada escala deve ser atribuído apenas um dos níveis de impacto.

Após a formulação do problema obteve-se um total de nove critérios e vinte e duas consequências elementares, sendo a sua operacionalização concretizada do seguinte modo:

Critério g_1 : Prática dos técnicos

Este critério tem em consideração duas consequências elementares: a formação dos técnicos (c_1) e a disciplina e práticas de segurança (c_2) praticadas pelos mesmos. Ambas serão avaliadas com escalas qualitativas, discretas e construídas.

As dimensões associadas a c_1 e c_2 encontram-se dispostas nas Tabela 7 e Tabela 8.

Tabela 7 - Escala e níveis para a consequência elementar 1 (formação)

c₁ Formação				
Maximizar a formação				
Escala	Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
Qualitativo Discreto Construído	n ₁ ¹	Garante formação (F) dos profissionais de saúde quando o equipamento é instalado no serviço. Garantem também formação quando existe alguma melhoria no sistema (+M), como por exemplo uma atualização de <i>software</i> .	Formação e melhoria	F+M
	n ₂ ¹	Garante formação (F) dos profissionais de saúde quando equipamento é instalado no serviço. Não garante a formação caso seja realizada alguma melhoria no sistema.	Formação	F
	n ₃ ¹	Não garante (N) a formação dos profissionais de saúde.	Não garante	N

Tabela 8 - Escala e níveis para a consequência elementar 2 (disciplina e práticas de segurança)

c₂ Disciplina e práticas de segurança				
Maximizar a disciplina e práticas de segurança				
Escala	Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
Qualitativo Discreto Construído	n ₁ ¹	Práticas de saúde e segurança muito boas (MB), uma vez que são cumpridas com distinção	Muito boas práticas	MB
	n ₂ ¹	Práticas de saúde e segurança aceitáveis (A), uma vez que são cumpridas, garantem conformidade com as normas legais	Práticas aceitáveis	A
	n ₃ ¹	Práticas de saúde e segurança não aceitáveis (NA), uma vez que não cumprem as exigências legais	Práticas não aceitáveis	N

Para a criação da escala do critério g_1 prática dos técnicos, torna-se essencial fazer uma combinação dos níveis das duas dimensões associadas a esse critério.

Tabela 9 - Combinações possíveis dos níveis das escalas associadas a c_1 e c_2

		c₂ Disciplina e práticas de segurança		
		MB	A	NA
c₁ Formação	F+M	F+M MB	F+M A	F+M NA
	F	F MB	F A	F NA
	N	N MB	N A	N NA

Na Tabela 9 encontram-se todas as combinações possíveis entre os níveis das duas dimensões a considerar. Uma vez que o número final de combinações irá representar o número de níveis para a escala do critério final, realizou-se um esquema de cores para agregar vários elementos, de modo a reduzir esse valor e, conseqüentemente, diminuir o número de níveis para o critério g_1 (prática dos técnicos). Através da Tabela 10 é possível observar a escala construída final, qualitativa de 5 níveis, para o critério em questão. Note-se que as duas consequências elementares não têm ordem preferencial entre elas.

Tabela 10 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 1, prática dos técnicos

g_1 Prática dos técnicos			
Níveis	Descrição (c_1 c_2)		Código
N_1	Muito forte	Formação na instalação e em melhorias Muito boas práticas	F+M MB
N_2	Forte	Formação na instalação Muito boas práticas	F MB
		Formação na instalação e em melhorias Práticas aceitáveis	F+M A
N_3	Moderado	Não há formação Muito boas práticas	N MB
		Formação na instalação Práticas aceitáveis	F A
N_4	Fraco	Não há formação Práticas aceitáveis	N A
		Formação na instalação e em melhorias Práticas não aceitáveis	F+M NA
N_5	Muito fraco	Formação na instalação Práticas não aceitáveis	F NA
		Não há formação Práticas não aceitáveis	N NA

Para esta metodologia de seleção de fornecedores de EMP, obteve-se para o primeiro critério uma escala com cinco níveis possíveis.

Critério g_2 : Perfil do fornecedor

O critério em questão engloba as consequências elementares de responsabilidade social (c_3) e reputação do fornecedor (c_4). São construídas as dimensões associadas a cada uma dessas consequências, através de escalas construídas, qualitativas com níveis discretos, as quais são dispostas em Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 11 - Escala e níveis para a consequência elementar 3 (responsabilidade social)

c_3 Responsabilidade social			
Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
n_1^3	Estão documentadas iniciativas (ações ou comportamentos) relacionadas que promovam a responsabilidade social	Sim	S
n_2^3	Não estão documentadas iniciativas (ações ou comportamentos) relacionadas que promovam a responsabilidade social	Não	N

Tabela 12 - Escala e níveis para a consequência elementar 4 (reputação do fornecedor)

c_4 Reputação do fornecedor			
Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
n_1^4	Reputação do fornecedor positiva caso não existam notícias ou informação equivalente publicada em meios de comunicação oficiais que justifiquem esta designação	Positivo	Pos
n_2^4	Reputação do fornecedor negativa caso exista alguma notícia ou informação equivalente publicada em meios de comunicação oficiais	Negativo	Neg

Neste caso, a agregação das duas consequências elementares associadas ao critério em questão pode ser realizada através de uma árvore de perfil (Figura 17), que contempla todas as combinações possíveis, entre os níveis construídos.

Faz-se referência ao facto de as consequências elementares não apresentarem uma ordem preferencial, daí se considerarem todas as combinações possíveis entre níveis.

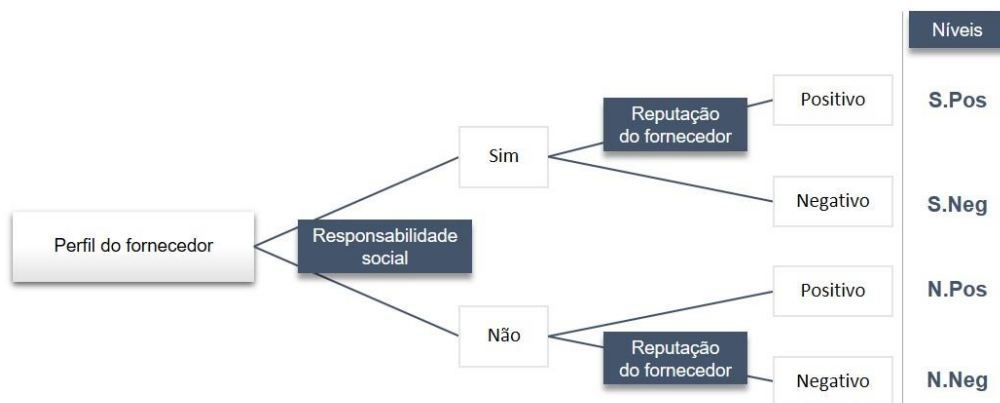


Figura 17 - Árvore de perfil para obter níveis para o critério 2, perfil do fornecedor

Realiza-se posteriormente a ordenação, por ordem de preferência, de cada um desses níveis obtidos pela construção da árvore, construindo por fim a escala associada ao critério g_2 , como é mostrada na tabela abaixo.

Tabela 13 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 2, perfil do fornecedor

g_2 Perfil do fornecedor		
Níveis	Descrição (c_3 c_4)	Código
N_1 Forte	Responsabilidade social Reputação fornecedor positiva	S.Pos
N_2 Moderado	Responsabilidade social Reputação fornecedor negativa	S.Neg
	Sem responsabilidade social Reputação fornecedor positiva	N.Pos
N_3 Fraco	Sem responsabilidade social Reputação fornecedor negativa	N.Neg

Critério g_3 : Competências ambientais

As consequências elementares c_5 (processo de produção amigo do ambiente) e c_6 (ecoeficiência do equipamento) estão na base da construção do critério em causa.

Apesar de dimensões distintas os níveis das escalas são idênticos para ambas as consequências, sendo o conjunto de decisores os responsáveis por atribuir os níveis às alternativas. Considera-se, para as consequências elementares 5 e 6, os seguintes níveis (Tabela 14).

Tabela 14 - Escala e níveis para as consequências elementares 5 e 6

c_5 Processo de produção amigo do ambiente		
c_6 Ecoeficiência do equipamento		
Maximização		
Níveis	Descrição	Código
n_1	Muito boa	MB
n_2	Boa	B
n_3	Satisfatória	S
n_4	Má	M
n_5	Muito má	MM

Consequentemente, a escala para o critério g_3 é construída através das combinações entre os níveis associados às duas consequências elementares. Relativamente à agregação, as duas consequências representadas pelas dimensões 5 e 6 não apresentam uma ordem preferencial entre elas, motivo pelo

qual se consideram todas as combinações possíveis de níveis entre ambas. Para este caso obtém-se assim um total de 25 (5^2) níveis para o critério 3. Este número elevado de combinações aumenta a complexidade do modelo, sendo mais complicado analisar cuidadosamente todas as opções. O valor aumenta exponencialmente ao aumentar o número de níveis por consequência elementar e o número de consequências por critério. Pretende-se que, tal como neste caso, se arranjam formas de diminuir esse número de opções, simplificando o modelo e diminuindo assim a sua complexidade. Como já realizado para o primeiro critério, realizou-se um código de cores (Tabela 15) para facilitar a interpretação e a agregação dos vários níveis para a construção da escala do critério 3.

Tabela 15 - Combinações possíveis dos níveis das escalas associadas a c_5 e c_6

		c_6 Ecoeficiência do equipamento				
Níveis		MB	B	S	M	MM
c_5 Processo produção amigo do ambiente	MB	MB.MB	MB.B	MB.S	MB.M	MB.MM
	B	B.MB	B.B	B.S	B.M	B.MM
	S	S.MB	S.B	S.S	S.M	S.MM
	M	M.MB	M.B	M.S	M.M	M.MM
	MM	MM.MB	MM.B	MM.S	MM.M	MM.MM

Por fim, para o critério em causa construiu-se uma escala qualitativa e discreta de 9 níveis, como se mostra na tabela seguinte:

Tabela 16 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 3, competências ambientais

g_3 Competências ambientais			
Níveis		Descrição (c_5 c_6)	Código
N_1	Excelente	Muito bom Muito bom	MB.MB
N_2	Muito forte	Muito bom Bom	B.MB
		Bom Muito bom	MB.B
N_3	Forte	Muito bom Satisfatório	MB.S
		Bom Bom	B.B
		Satisfatório Muito bom	S.MB
N_4	Relativamente forte	Muito bom Mau	MB.M
		Bom Satisfatório	B.S
		Satisfatório Bom	S.B
		Mau Muito bom	M.MB
N_5	Moderado	Muito bom Muito mau	MB.MM
		Bom Mau	B.M
		Satisfatório Satisfatório	S.S
		Mau Bom	M.B
		Muito mau Muito bom	MM.MB
N_6	Relativamente fraco	Bom Muito mau	B.MM
		Satisfatório Mau	S.M
		Mau Satisfatório	M.S
		Muito mau Bom	MM.B
N_7	Fraco	Satisfatório Muito mau	S.MM
		Mau Mau	M.M
		Muito mau Satisfatório	MM.S
N_8	Muito fraco	Mau Muito mau	M.MM
		Muito mau Mau	MM.M
N_9	Insatisfatório	Muito mau Muito mau	MM.MM

Critério g_4 : Custos

Os custos associados à aquisição e funcionamento de um equipamento médico pesado são englobados no critério g_4 , cujo objetivo é a minimização desse valor. As consequências elementares englobadas neste critério são: custos de aquisição (c_7), custos de operação (c_8) e custos de manutenção (c_9). Todas as dimensões apresentam escalas quantitativas e contínuas, sendo a unidade de medida o Euro (€). No caso dos custos de aquisição, o valor é fixo. No entanto, os custos de operação e manutenção são valores médios expectáveis, por ano, uma vez que não se conseguem quantificar de forma exata no momento de aquisição de um dado equipamento.

Nestes casos torna-se útil a construção de um índice que combina duas ou mais dimensões com esta tipologia (Bana e Costa & Beinart, 2005). O objetivo e vantagem da criação do índice é fazer a agregação de todas as dimensões, de modo a obter um valor único e significativo para o critério final, neste caso g_4 (custos), e de forma a simplificar o modelo. Neste caso, o índice representará a soma de todos os custos associados ao processo de aquisição e funcionamento do EMP, dado pela seguinte expressão:

$$CustoTotal = CAq + (COp + CMt)$$

em que,

CustoTotal: Índice representativo de todos os custos associados

CAq: Custos de aquisição; *COp*: Custos de operação; *CMt*: Custos de manutenção.

Note-se que os dados dos custos expectáveis, de operação e manutenção, poderão ser obtidos a partir de informação disponível de despesas de equipamentos similares e em funcionamento em unidades de saúde e que o perito julga serem adequadas.

Critério g_5 : Capacidade tecnológica

A capacidade tecnológica foi um dos critérios construídos para esta metodologia, que engloba o subcritério desempenho/obsolescência ($g_{5.1}$) e a consequência elementar robustez (c_{11}), descritos em seguida.

- **Subcritério $g_{5.1}$: Desempenho/Obsolescência**

Tendo como objetivo a sua maximização, este subcritério agrupa ainda quatro consequências elementares que contemplam informação em relação à durabilidade do equipamento (c_{10}), tecnologia e inovação (c_{11}), disponibilidade operacional (c_{12}) e possibilidade ou não de atualizações (c_{13}).

Para cada escala associada a uma consequência elementar foi fundamental considerar apenas alguns níveis, nitidamente distintos, de modo a não tornar o modelo excessivamente complexo. Sentiu-se assim a necessidade de realizar algumas adaptações às escalas inicialmente idealizadas.

A durabilidade (c_{10}) seria medida a partir de uma escala quantitativa e discreta de números inteiros, em anos. Não obstante, a escala quantitativa levaria a um número elevado de níveis, o que levou à construção de uma escala qualitativa construída de apenas dois níveis, distintos entre si e suficientes para avaliar o comportamento das várias alternativas a analisar (Tabela 17).

Tabela 17 - Níveis para a consequência elementar 10 (durabilidade)

c_{10} Durabilidade			
Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
n_1^{10}	Valores aceitáveis (A) para o tempo de vida útil de um EMP	Aceitável	A
n_2^{10}	Valores baixos (B) para o tempo de vida útil de um EMP	Baixos	B

Para a consequência c_{11} (tecnologia e inovação) considerou-se uma escala qualitativa de três níveis, como se mostra em seguida.

Tabela 18 - Níveis para a consequência elementar 11 (tecnologia e inovação)

c_{11} Tecnologia e inovação			
Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
n_1^{11}	O EMP cumpre todos os requisitos exigidos pelo serviço e dispostos no caderno de encargos e ainda apresenta características técnicas adicionais às solicitadas.	Excelente	E
n_2^{11}	O EMP cumpre todos os requisitos necessários exigidos pelo serviço	Aceitável	A
n_3^{11}	O EMP não cumpre todos os requisitos necessários à boa funcionalidade e às necessidades exigidas no serviço.	Incumprimento	I

A disponibilidade operacional (c_{12}) seria avaliada usando um cálculo percentual, demonstrado aquando da descrição dos critérios (secção 4.2.3). Pelos mesmos motivos referidos anteriormente, realiza-se a adaptação para uma escala qualitativa, com apenas dois níveis (Tabela 19).

Tabela 19 - Níveis para a consequência elementar 12 (disponibilidade operacional)

c_{12} Disponibilidade operacional			
Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
n_1^{12}	Valores percentuais aceitáveis (A) para disponibilidade operacional do EMP	Aceitável	A
n_2^{12}	Valores percentuais baixos (B) para disponibilidade operacional do EMP	Baixo	B

Contudo, ao fazer esta transformação de uma escala quantitativa contínua para apenas dois níveis qualitativos, torna-se difícil garantir um nível justo a partir das percentagens para as várias alternativas. Como exemplo, poderia assumir-se que os níveis de disponibilidade operacional seriam aceitáveis para valores de 95% ou superiores. No entanto, se uma alternativa apresentasse 94,99% e outra 95,01%, iriam ser atribuídos níveis diferentes às duas opções, o que tinha como resultado uma atribuição não realista e pouco justa do problema. Deste modo, cabe sempre ao perito validar a atribuição dos níveis para cada alternativa a considerar no modelo, e que para este caso em concreto se considera uma percentagem aceitável de disponibilidade operacional por volta dos 98% ou superior.

Por fim, a escala associada à possibilidade de atualizações (c_{13}) apresenta apenas duas opções:

Tabela 20 - Níveis para a consequência elementar 13 (possibilidade de atualizações)

c_{13} Possibilidade de upgrades			
Níveis	Descrição dos níveis	Abrev.	Cód.
n_1^{13}	O fornecedor garante a possibilidade de atualizações após aquisição do EMP	Sim	S
n_2^{13}	O fornecedor não garante a possibilidade de atualizações após aquisição do EMP	Não	N

Para a agregação das quatro dimensões pertencentes ao subcritério Desempenho/Obsolescência, elaborou-se uma árvore de perfil de modo a analisar as combinações possíveis entre elas. Uma vez que temos três consequências com dois níveis e uma outra com três níveis, obteríamos um total de 48 opções ($2 \times 2 \times 2 \times 3 = 48$), o que não seria viável.

Considerou-se que o nível inferior da escala representativa do subcritério desempenho/obsolescência engloba todos os equipamentos que sejam avaliados com um incumprimento (nível n_3^{11}) na consequência elementar 11 (tecnologia e inovação).

A árvore construída para esta dimensão com todas as combinações possíveis, exceto as referidas no parágrafo anterior, pode ser visualizada na Figura 18. Para a agregação dos restantes níveis obtidos através da árvore, considerou-se o seguinte:

- O nível 1 é representado pela combinação que apresenta cotação máxima em todas as consequências analisadas.
- O nível 2 engloba os níveis da árvore que apresentam as quatro consequências com parâmetros positivos⁷, ou três parâmetros positivos se neles estiver incluído um “excelente”;
- O nível 3 engloba os níveis da árvore que apresentam três consequências com parâmetros positivos, ou apenas dois se neles estiver incluído um “excelente”;
- O nível 4 engloba os níveis da árvore que apresentam três consequências com parâmetros positivos, ou apenas um se esse parâmetro for “excelente”;
- O nível 5 inclui todos os níveis que apresentam apenas um parâmetro positivo, ou que sejam classificados na consequência elementar 11 com o nível “incumprimento”.

Em suma, os níveis construídos para este subcritério podem ser visualizados na Tabela 21.

Tabela 21 - Níveis, descrição e código para a escala do subcritério desempenho/obsolescência

Níveis		Descrição (c_{10} c_{11} c_{12} c_{13})	Código
N_1^{10}	Muito forte	Aceitável Excelente Aceitável Sim	A E A S
		Aceitável Excelente Aceitável Não	A E A N
N_2^{10}	Forte	Aceitável Excelente Baixo Não	A E B S
		Aceitável Aceitável Aceitável Sim	A A A S
		Baixo Excelente Aceitável Sim	B E A S
		Aceitável Excelente Baixo Não	A E B N
N_3^{10}	Moderado	Aceitável Aceitável Aceitável Não	A A A N
		Aceitável Aceitável Baixo Sim	A A B S
		Baixo Excelente Aceitável Não	B E A N
		Baixo Excelente Baixo Sim	B E B S
		Baixo Aceitável Aceitável Sim	B A A S
		Aceitável Aceitável Baixo Não	A A B N
N_4^{10}	Fraco	Baixo Aceitável Aceitável Não	B A A N
		Baixo Aceitável Baixo Sim	B A B S
		Baixo Aceitável Baixo Não	B E B N
		Baixo Aceitável Baixo Não	B A B N
N_5^{10}	Muito fraco	Aceitável Incumprimento (...) (...)	A I (...)
		Baixo Incumprimento (...) (...)	B I (...)

⁷ Considera-se como positivo os níveis: “Excelente”, “Aceitável” ou “Sim”, consoante a consequência.

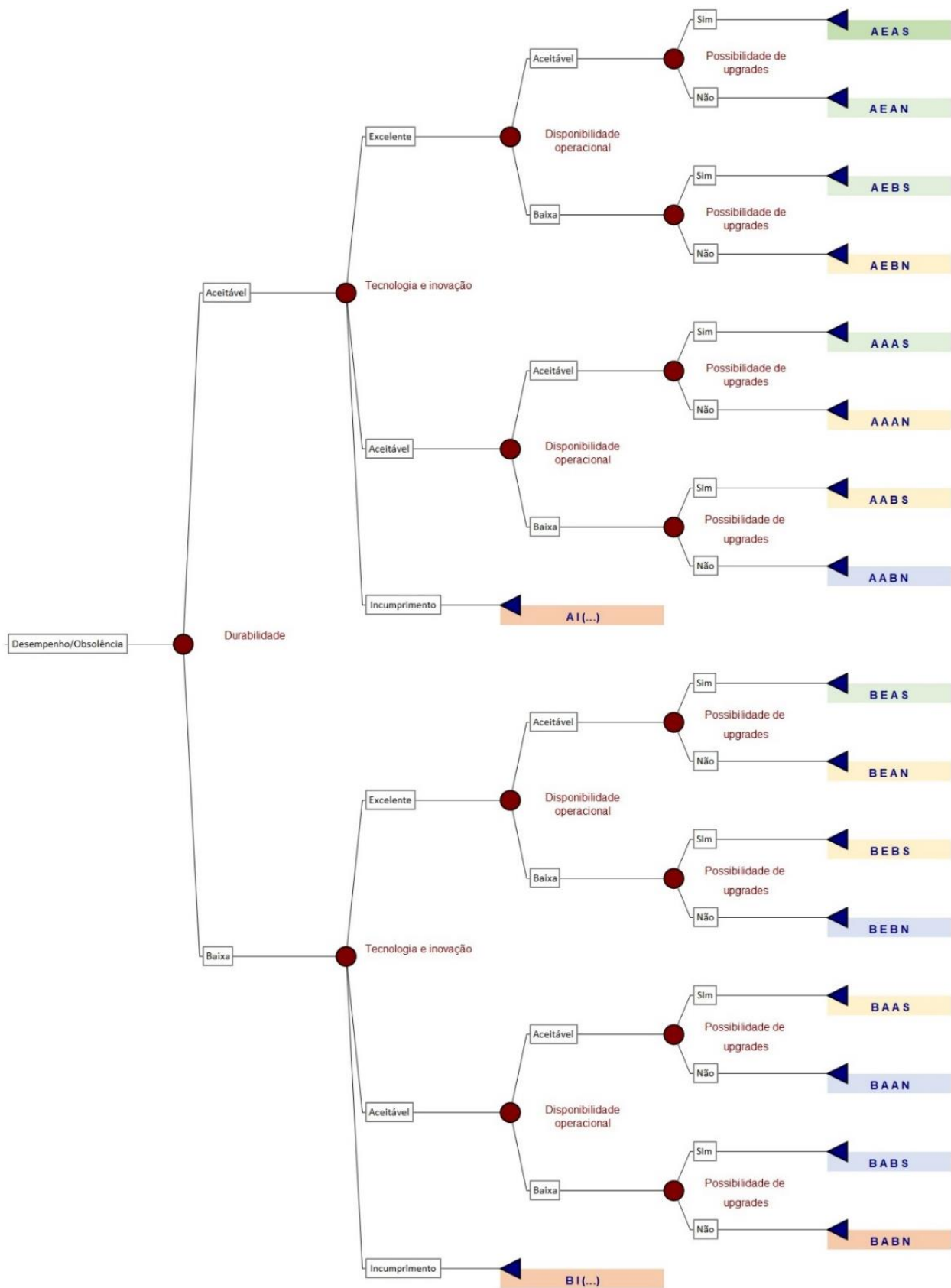


Figura 18 - Árvore de perfil para obter níveis para o subcritério desempenho/obsolescência

- Consequência elementar c_{14} , Robustez

Os níveis da escala associada a esta dimensão são os seguintes (Tabela 22):

Tabela 22 - Níveis para a consequência elementar 14 (robustez)

c_{14} Robustez			
Maximizar a robustez			
Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
n_1^{14}	EMP é altamente robusto face a alterações	Altamente	Alt
n_2^{14}	O EMP é moderadamente robusto	Moderadamente	Mod
n_3^{14}	O EMP é pouco robusto	Pouco	Po

Finalmente, para a construção da escala do critério g_5 , capacidade tecnológica, torna-se necessário realizar uma nova agregação, por forma a incluir as escalas do subcritério desempenho/obsolescência e consequência elementar robustez, obtendo desse modo uma escala para o critério em causa. A forma como foi realizada a agregação (Tabela 23) encontra-se disposta em seguida.

Tabela 23 - Combinações possíveis dos níveis das escalas associadas a $g_{5.1}$ e c_{14}

		c_{10} Desempenho/Obsolescência				
Níveis		N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
c_{14} Robustez	Alt	Alt_1	Alt_2	Alt_3	Alt_4	Alt_5
	Mod	Mod_1	Mod_2	Mod_3	Mod_4	Mod_5
	Po	Po_1	Po_2	Po_3	Po_4	Po_5

Por fim, para este critério, a construção da escala final, encontra-se ilustrada na Tabela 24, em que os níveis se encontram por ordem de preferência.

Tabela 24 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 5, capacidade tecnológica

g_5 Capacidade tecnológica		
Níveis	Descrição ($g_{5.1}$ c_{14})	Código
N_1 Excelente	N_1^{10} Altamente	Alt_1
N_2 Muito forte	(N_1^{10} Moderadamente) ou (N_2^{10} Altamente)	Mod_1; Alt_2
N_3 Forte	(N_1^{10} Pouco) ou (N_2^{10} Moderadamente) ou (N_3^{10} Altamente)	Po_1; Mod_2; Alt_3
N_4 Moderado	(N_2^{10} Pouco) ou (N_3^{10} Moderadamente) ou (N_4^{10} Altamente)	Po_2; Mod_3; Alt_4
N_5 Fraco	(N_3^{10} Pouco) ou (N_4^{10} Moderadamente) ou (N_5^{10} Altamente)	Po_3; Mod_4; Alt_5
N_6 Muito fraco	(N_4^{10} Pouco) ou (N_5^{10} Moderadamente)	Po_4; Mod_5
N_7 Insatisfatório	N_5^{10} Pouco	Po_5

Critério g_6 : Serviços e entrega

Para o sexto critério foram identificadas quatro consequências elementares: assistência técnica (c_{15}), capacidade de resposta (c_{16}), anos de garantia (c_{17}) e prazos de entrega (c_{18}).

Analogamente ao critério anterior, foram criadas escalas para as diversas consequências, tendo em consideração a complexidade do problema, ao fazer a posterior agregação. As escalas das consequências associadas a este critério são qualitativas, discretas e construídas e apresentam-se nas tabelas seguintes.

Tabela 25 - Níveis para a consequência elementar 15 (assistência técnica)

c_{15} Assistência técnica			
Níveis	Descrição dos níveis	Abrev.	Cód.
n_1^{15}	O fornecedor garante assistência técnica após término do período de garantia	Sim	S
n_2^{15}	O fornecedor não garante assistência técnica após término do período de garantia	Não	N

Tabela 26 - Níveis para a consequência elementar 16 (capacidade de resposta)

c_{16} Capacidade de resposta			
Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
n_1^{16}	Período de tempo aceitável para a capacidade de resposta do fornecedor	Aceitável	A
n_2^{16}	Período de tempo longo para a capacidade de resposta do fornecedor	Longo	L

Tabela 27 - Níveis para a consequência elementar 17 (garantia)

c_{17} Garantia			
Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
n_1^{17}	Número de anos de garantia considerado elevado	Elevada	E
n_2^{17}	Número de anos de garantia considerado moderado	Moderada	M
n_3^{17}	Número de anos de garantia considerado baixo	Baixa	B

Tabela 28 - Níveis para a consequência elementar 18 (prazos de entrega)

c_{18} Prazos de entrega			
Níveis	Descrição dos níveis	Abreviatura	Código
n_1^{18}	Período de tempo aceitável para os prazos de entrega executados pelo fornecedor	Aceitável	A
n_2^{18}	Período de tempo longo para os prazos de entrega executados pelo fornecedor	Longo	L

Para a construção da escala do critério g_6 , realizou-se uma árvore de perfil que contempla todas as combinações entre os níveis das diferentes consequências elementares que se pretendem agregar (Anexo B), tal como no critério g_5 . A Tabela 29 representa todas essas combinações, por ordem de preferência e agrupadas nos vários níveis considerados.

Tabela 29 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 6, serviços e entrega

g_6 Serviços e entrega		
Níveis	Descrição (c_{15} c_{16} c_{17} c_{18})	Código
N_1 Excelente	Sim Aceitável Elevada Aceitável	S A E A
	Sim Aceitável Elevada Longo	S A E L
N_2 Muito forte	Sim Aceitável Moderada Aceitável	S A M A
	Sim Longo Elevada Aceitável	S L E A
	Não Aceitável Elevada Aceitável	N A E A
	Sim Aceitável Moderada Longo	S A M L
N_3 Forte	Sim Aceitável Baixa Aceitável	S L B A
	Sim Longo Elevada Longo	S L E L
	Sim Longo Moderada Aceitável	S L M A
	Não Aceitável Elevada Longo	N A E L
	Não Aceitável Moderada Aceitável	N A M A
	Não Longo Elevada Aceitável	N L E A
	Sim Aceitável Baixa Longo	S A B L
	Sim Longo Moderada Longo	S L M L
N_4 Moderado	Sim Longo Baixa Aceitável	S L B A
	Não Aceitável Moderada Longo	N A M L
	Não Aceitável Baixa Aceitável	N A B A
	Não Longo Elevada Longo	N L E L
	Não Longo Moderada Aceitável	N L M A
	Sim Longo Baixa Longo	S L B L
	Não Aceitável Baixa Longo	N A B L
N_5 Fraco	Não Longo Moderada Longo	N L M L
	Não Longo Baixa Aceitável	N L B A
	Não Longo Baixa Longo	N L B L

Critério g_7 : Controlo

Para este caso, só existe uma consequência elementar associada ao critério de controlo, auditorias internas (c_{19}) pelo que a escala estabelecida para esse caso será consequentemente a escala do critério final g_7 . A escala construída será qualitativa e discreta.

Uma vez que um conjunto de estados não forma necessariamente uma escala, estes poderiam ser ordenados por uma proximidade face a um valor considerado ideal (Roy, 1996). A ordem resultante formaria uma escala e uma dimensão, de forma indireta.

Nesta metodologia, considera-se um valor de referência (ou ideal) para o número de auditorias internas anuais e a escala é construída a partir da distância entre esse valor e o valor atribuído a cada alternativa a avaliar no modelo. É importante notar que o valor considerado ideal é indicado por especialistas na área. O objetivo para esta dimensão é então minimizar a diferença entre esse valor e os valores atribuídos a cada uma das alternativas. A dimensão utilizada será assim qualitativa, discreta e indireta, apresentando os seguintes níveis:

Tabela 30 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 7, controlo

g_7 Controlo		
<i>(c₁₉ Número de auditorias internas)</i>		
Níveis	Descrição	Código
N_1 Ideal	Não existe diferença para o número ideal de auditorias internas a realizar, por ano	Id
N_2 Bom	Existe uma diferença pequena entre o número de auditorias internas a realizar e o valor considerado ideal, por ano.	Bom
N_3 Médio	Existe uma diferença razoável entre o número de auditorias internas a realizar e o valor considerado ideal, por ano	Med
N_4 Mau	Existe uma diferença significativa entre o número de auditorias internas a realizar e o valor considerado ideal, por ano	Mau

Critério g_8 : Transparência da informação

O oitavo critério relaciona-se com a transparência da informação inerente a todo o processo de aquisição de um EMP e tem como objetivo a sua maximização. As duas consequências elementares abrangidas neste critério são: disponibilidade da informação e divulgação pública de documentos (c_{20}) e clareza da informação dos documentos disponíveis (c_{21}). Ambas serão avaliadas através de uma escala qualitativa de cinco níveis, tal como se construiu para o critério g_3 : Muito bom (MB); Bom (B); Satisfatório (S); Mau (M); Muito mau (MM).

Para obtenção de uma escala para este critério é necessário realizar, novamente, uma agregação das escalas das duas consequências a considerar. Esta agregação de duas escalas qualitativas compostas (ambas) por cinco níveis, já foi realizada para o segundo critério desta metodologia (g_2). Portanto, a agregação para este caso pode ser visualizada na Tabela 15, cujo resultado final dessa agregação é uma escala final de nove níveis qualitativos (Tabela 16).

Critério g_9 : Confiança no fornecedor

A avaliação deste critério, confiança no fornecedor, é realizada através de uma medida indireta, que avalia o número de equipamentos similares do mesmo fornecedor já em funcionamento. Somente uma dimensão é criada para este critério, associada à consequência elementar c_{22} , que representa o número de equipamentos similares que um dado fornecedor tem em funcionamento noutras unidades de saúde. Tem como objetivo a maximização desse valor.

Considerou-se para este caso uma escala qualitativa e discreta, de quatro níveis, como se verifica na Tabela 31.

Tabela 31 - Níveis, descrição e código para a escala do critério 9, confiança no fornecedor

g_9 Confiança no fornecedor		
<i>(c₂₂ Equipamentos similares em funcionamento)</i>		
Níveis	Descrição	Código
N_1 Alto	O número de EMP similares, do mesmo fornecedor, em funcionamento noutras unidades de saúde é elevado	Alt
N_2 Moderado	O número de EMP similares, do mesmo fornecedor, em funcionamento noutras unidades de saúde é moderado	Mod
N_3 Baixo	O número de EMP similares, do mesmo fornecedor, em funcionamento noutras unidades de saúde é baixo	Bx
N_4 Nenhum	Não existem equipamentos médicos pesados similares, do mesmo fornecedor, em funcionamento noutras unidades de saúde. (não existem)	N

4.3.3. Integral de Choquet

Nesta secção serão apresentados os conceitos do integral de Choquet, fazendo ênfase à sua importância na metodologia face a outros modelos.

Os modelos de função de valor mais simples são os somatórios de pesos (do inglês, *weighted sum*), que definem a ponderação que cada critério vai ter para o valor final associado a cada alternativa a avaliar. Os modelos aditivos determinam matematicamente o valor global para cada alternativa $a \in A$ e são obtidos através da multiplicação do valor não-negativo do peso ou coeficiente de escala, w_j , $j \in G$ a cada objetivo ou critério, v_j , $j \in G$, da seguinte forma:

$$V(a) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(a) \quad (3)$$

No entanto, estes modelos apresentam certas limitações, uma vez que só podem ser aplicados quando os critérios são preferencialmente independentes (Keeney & Raiffa, 1993). Caso contrário, se existirem dois critérios preferencialmente dependentes, os modelos aditivos usualmente utilizados não são suficientes para integrar essa condição. Com a possível interação entre critérios, o modelo aditivo descrito anteriormente e mostrado na equação (3) não é capaz de representar essas preferências.

De modo a representar possíveis interações entre critérios, pode fazer-se uso de modelos não aditivos, como o integral de Choquet (Choquet, 1954), sendo o mais conhecido na literatura atualmente (Bottero et al., 2018).

O integral de Choquet é uma função de agregação baseada no conceito de capacidade (medida difusa) que junta os pesos de cada subconjunto de critérios em vez de um único critério.

Seja A um conjunto de m ações, em que $A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_m\}$ e G um conjunto de n critérios, com $G = \{g_1, \dots, g_i, \dots, g_n\}$. Para uma dada ação e para um dado critério pode definir-se $g_i(a)$ como o desempenho de uma ação a num dado critério g_i e $u_i(g_i(a))$ como a utilidade desse desempenho. Simplificadamente, é também possível identificar os critérios pelos seus índices. Do mesmo modo, pode considerar-se $u_i(g_i(a)) \equiv u_i(a)$ para o desempenho de uma ação a num critério i , ou g_i .

Mais precisamente, a capacidade dos vários critérios em G é uma função tal que $\mu : 2^G \rightarrow [0,1]$ (isto é, o conjunto de todos os subconjuntos de G), que pode ser interpretada como o peso de cada critério do conjunto G . Esta definição tem que satisfazer as seguintes propriedades:

- (i) $\mu(\emptyset) = 0$; $\mu(G) = 1$ (condições fronteira)
- (ii) $\forall S \subseteq T \subseteq G$, $\mu(S) \leq \mu(T)$ (condição de monotonicidade)

Intuitivamente, para cada subconjunto $T \subseteq G$, o valor, $\mu(T)$, representa o valor da capacidade (ou peso) do critério pertencente ao subconjunto T .

Dada uma capacidade $\mu : 2^G$ e uma ação $a \in A$, integral de Choquet pode ser definido como:

$$C_\mu(a) = \sum_{i=1}^n (u_{(i)}(a) - u_{(i-1)}(a))\mu(G_i) \quad (4)$$

onde $u_{(i)} = \{u_{(1)}, \dots, u_{(n)}\}$ representam as funções utilidade (ou utilidades) dos critérios do conjunto G , de tal modo que $u_{(1)}(a) \leq \dots \leq u_{(n)}(a)$ e $G_i = \{(i), \dots, (n)\}$, para $i = 1, \dots, n$ e $u_{(0)}(a) = 0$. É de referir que o integral de Choquet garante assim a comensurabilidade entre critérios (Bottero et al., 2018).

Neste contexto é introduzido o conceito de transformada de Möbius e o integral de Choquet é reformulado segundo essa transformação. Assim, dada a capacidade μ em 2^G , a sua representação de Möbius é uma função $m : 2^G \rightarrow \mathbb{R}$, tal que para qualquer subconjunto $S \subseteq G$,

$$\mu(S) = \sum_{T \subseteq S} m(T) \quad (5)$$

em que a transformação pode ser dada pelos valores

$$m(S) = \sum_{T \subseteq S} (-1)^{|S-T|} \mu(T) \quad (6)$$

O integral de Choquet pode ser reescrito em relação à representação de Möbius m da capacidade μ como se mostra em seguida,

$$C_\mu(a) = \sum_{T \subseteq G} m(T) \min_{i \in T} \{u_i(a)\} \quad (7)$$

onde as propriedades mencionadas em (i) e (ii) são reformuladas da seguinte forma:

$$(i') \quad m(\emptyset) = 0; \sum_{T \subseteq S} m(T) = 1.$$

$$(ii') \quad \forall i \in G \text{ e } \forall R \subseteq G \setminus \{i\}, m(\{i\}) + \sum_{T \subseteq R} m(T \cup \{i\}) \geq 0.$$

e então,

$$\mu(S) = \sum_{i \in S} m(\{i\}) + \sum_{\{i,j\} \subseteq S, \{i,j\} \in O} m(\{i,j\}) \quad ; \quad \mu(G) = \sum_{i \in G} m(\{i\}) + \sum_{\{i,j\} \in O} m(\{i,j\}) = 1 \quad (8) \quad (9)$$

enquanto o integral de Choquet é reformulado como,

$$C_\mu(a) = \sum_{i \in G} m(\{i\}) u_i(a) + \sum_{\{i,j\} \in O} m(\{i,j\}) \min\{u_i(a), u_j(a)\} \quad (10)$$

Apenas a interação entre pares de critérios irá ser considerada, frequentemente utilizada em aplicações com o integral de Choquet, uma vez que interações com um número mais elevado de critérios aumentam significativamente a complexidade do modelo. É de notar que a equação (8) e seguintes correspondem ao caso específico de utilização da capacidade bi-aditiva mencionada, e que foi proposta por Grabisch em 1997.

Quando se tem em consideração um par de critérios g_i e g_j , um dos três casos pode ocorrer:

1. Não existe interação entre os dois critérios, e nesse caso tem-se $\mu(\{g_i, g_j\}) = \mu(\{g_i\}) + \mu(\{g_j\})$;
2. Existe um efeito de reforço mútuo, também denominado sinergia, entre os dois critérios g_i e g_j , em que $\mu(\{g_i, g_j\}) > \mu(\{g_i\}) + \mu(\{g_j\})$;
3. Existe um efeito de enfraquecimento mútuo, também denominado redundância, entre os dois critérios g_i e g_j , em que $\mu(\{g_i, g_j\}) < \mu(\{g_i\}) + \mu(\{g_j\})$.

Facilmente se pode constatar que para $\{i, j\} \in O$, existe um efeito de reforço mútuo entre i e j para $m(\{i, j\}) > 0$ e enfraquecimento mútuo entre os dois critérios caso $m(\{i, j\}) < 0$.

Daqui em diante, utilizar-se-á m_i ao invés de $m(\{i\})$ bem como m_{ij} no lugar de $m(\{i, j\})$, somente por uma questão de simplificação. O mesmo se irá aplicar para os conceitos das capacidades (μ_i e μ_{ij}).

Considerando os pesos associados a dois critérios, os decisores podem considerar que a soma dos dois não é suficiente para caracterizar o papel do par de critérios quando ambos apoiam a decisão de

que uma ação é melhor que a outra, uma vez que neste caso cada critério é reforçado ou enfraquecido pelo outro, dado o grau de complementaridade entre eles (Figueira et al., 2009).

Neste estudo foram consideradas as seguintes interações:

- Efeito de reforço mútuo entre g_1 (prática dos técnicos) e g_6 (serviços e entrega);
- Efeito de enfraquecimento mútuo entre g_1 (prática dos técnicos) e g_2 (perfil do fornecedor).

Em discussão com a equipa de decisores sobre as interações entre os critérios de avaliação, existe um efeito sinérgico (reforço mútuo) entre os critérios g_1 e g_6 . Uma alternativa que apresente boas práticas e bons níveis de serviço e entrega é bastante apreciado. Consequentemente, o peso geral do par de critérios deverá ser superior à soma dos seus pesos individuais (Bottero et al., 2015).

Foi identificada uma segunda interação entre os critérios g_1 e g_2 , com um efeito de enfraquecimento mútuo. De facto, uma alternativa que apresente uma boa avaliação a nível da prática dos técnicos (critério 1) tem muitas vezes também uma boa avaliação em relação ao perfil do fornecedor (critério 2). Desse modo, o peso geral do par de critérios será inferior à soma dos seus pesos/capacidades individuais.

Após a definição dos critérios individuais e a identificação das interações entre pares, procede-se à aplicação do modelo baseado no integral de Choquet. Esta requer a realização de duas etapas fundamentais, que podem ser descritas como a construção de escalas de intervalos e a determinação de capacidades (pesos). No primeiro caso, a construção de escalas de intervalos para cada um dos critérios tem como finalidade a atribuição de valores de utilidade ao desempenho de cada ação/alternativa. No segundo caso, determina-se um valor numérico para as capacidades de cada critério ou conjunto de critérios, numa escala de rácio.

Todo o processo realizado para ambas as etapas é descrito em seguida.

4.3.4. Determinação das capacidades

Diversas metodologias já foram empregues para ambas as etapas necessárias para aplicação do integral de Choquet (determinação de capacidades e construção de escalas de intervalos). Nesta dissertação optou por se aplicar o *método das cartas* como metodologia de apoio à construção deste problema. Este método foi proposto por Jean Simos, em 1994, com o objetivo de determinar os pesos dos critérios num contexto de métodos de *outranking*. Posteriormente Figueira and Roy (2002) propuseram uma adaptação a esse modelo, de modo a construir outras escalas de rácios bem como escalas de intervalos.

Para a determinação das capacidades por aplicação do integral de Choquet e utilizado o método das cartas, é imprescindível que exista um diálogo entre o analista e o decisor. Este processo deve conter os seguintes passos:

1. O analista fornece ao decisor um primeiro conjunto de cartas, que apresentam o nome de cada objeto (critério) e, caso seja necessário, cede também alguma informação adicional. É também fornecido um outro conjunto que contém somente cartas brancas, em número grande o suficiente para a realização dos passos seguintes.

2. O decisor deve ordenar as cartas do primeiro conjunto, a pedido do analista, do objeto que considera menos importante para o de maior importância. Note-se que, caso existam duas cartas empatadas, estas devem ser consideradas no mesmo nível.
3. O analista nesta fase deve mencionar que níveis consecutivos da ordenação podem ser mais ou menos próximos, não sendo obrigatória a equidistância entre os diferentes patamares. É pedido posteriormente ao decisor que modele essa diferença entre os vários níveis com o apoio das cartas brancas, colocando o número de cartas que achar suficientes entre as posições consecutivas e que a sua proporção nos vários espaços seja coerente com a sua opinião.
4. Por fim, o analista deve obter toda a informação solicitada ao decisor nos passos anteriores, o que permite obter o rácio z entre o valor do objeto (critério) mais apreciado com o valor que apresenta menor apreciação.

Considera-se um conjunto específico de objetos, a que se denomina por projetos (fictícios). O seu conjunto engloba n projetos (tantos quanto o número de critérios) e $|O|$ projetos (tantos quanto o número de interações entre pares de critérios).

As cartas para os n projetos devem apresentar o nível mais preferencial (valor de utilidade 1) para o critério em causa e o nível menos preferencial para os restantes. No caso das interações, os projetos devem apresentar o nível com maior preferência em ambos os critérios que interagem. Realizou-se também uma carta meramente informativa, que mostra os diferentes critérios e interações a analisar, bem como os níveis de maior e menos preferência associados a cada um. O conjunto de cartas para ordenação de projetos pode ser visualizado no Anexo D.

Dados os critérios e as interações nesta dissertação, considera-se o seguinte conjunto finito de projetos de referência: $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{16}, p_{12}\}$. Após a ordenação das cartas de acordo com as preferências dos decisores, obteve-se um *ranking* $R = \{R_1, \dots, R_v\}$, que inclui o número de cartas brancas e_h entre cada um dos níveis. A Tabela 32 mostra a ordenação realizada pelos decisores dos vários projetos fictícios, onde se verifica que projeto p_5 foi considerado o mais importante e p_3 e p_8 foram considerados os de menor importância.

Tabela 32 - Ordenação das cartas referentes aos projetos e cartas brancas

R ₁	e ₁	R ₂	e ₂	R ₃	e ₃	R ₄	e ₄	R ₅	e ₅	R ₆	e ₆	R ₇	e ₇	R ₈	e ₈	R ₉	z
p ₃ , p ₈	0	p ₂ , p ₇	0	p ₉	0	p ₁	0	p ₁₂	1	p ₆	3	p ₁₆	1	p ₄	0	p ₅	15

(-)

(+)

Posteriormente, utilizou-se o software SRF⁸ (acrónimo de Simos-Roy-Figueira) com o intuito de obter os valores correspondentes às capacidades para cada um dos critério e interações entre pares de critérios (Figueira & Roy, 2002). É necessário calcular os coeficientes Möbius, m_k , a partir da seguinte expressão,

$$m_k = \frac{\varpi(p_k)}{\sum_{j=1}^t \varpi(p_j)} \quad (11)$$

e as capacidades finais μ_k , são calculadas da seguinte forma,

$$\mu_k = \frac{\omega(p_k)}{\sum_{j=1}^t \varpi(p_j)} \quad (12)$$

⁸ <http://decspace.sysresearch.org/>

onde os valores modificados, $\varpi(p_k)$, serão,

$$\varpi(p_k) = \omega(p_k), \text{ se } k = i \in G$$

$$\varpi(p_k) = \omega(p_k) - \omega(p_i) - \omega(p_j), \text{ se } p_k = p_{ij} \text{ com } \{i, j\} \in O, \text{ para } k \geq n + 1$$

Através da utilização do software SRF, os valores obtidos diretamente da plataforma correspondem aos valores $\omega(p_k)$. Com esses dados torna-se possível o cálculo das capacidades finais, μ_k .

Tabela 33 - Cálculos para obter as capacidades dos projetos, com base nos valores retirados do software SRF

Ranking	$\omega(p_k)$	$\varpi(p_k)$	m_k	μ_k
p5	15	15	0,30612	0,30612
p4	13,92	13,92	0,28408	0,28408
p16	11,77	0,08	0,00163	0,24020
p6	7,46	7,46	0,15224	0,15224
p12	5,31	-1	-0,02041	0,10837
p1	4,23	4,23	0,08633	0,08633
p9	3,15	3,15	0,06429	0,06429
p2	2,08	2,08	0,04245	0,04245
p7	2,08	2,08	0,4245	0,04245
p3	1	1	0,02041	0,02041
p8	1	1	0,02041	0,02041
Σ			1	

Note-se que se verificam as seguintes expressões:

- $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 + m_{16} + m_{12} = 1;$
- $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5 + \mu_6 + \mu_7 + \mu_8 + \mu_9 + (\mu_{16} - \mu_1 - \mu_6) + (\mu_{12} - \mu_1 - \mu_2) = 1.$

Para que não existam não-conformidades, devem ser satisfeitas as condições descritas em (i') e (ii'), e os valores de m_k devem ser consistentes com os sinais das interações (efeito de fortalecimento mútuo com sinal positivo e efeito de enfraquecimento mútuo com sinal negativo).

4.3.5. Construção de escalas de intervalos

A construção de escalas de intervalos para cada um dos critérios, é realizada com base nas seguintes etapas, propostas por Bottero et al. (2018):

1. Considera-se uma escala discreta de um critério g, com $E_g = \{N_1, N_2, \dots, N_k, \dots, N_t\}$, onde os níveis são ordenados por preferência, $N_1 < N_2 < \dots < N_{t-1} < N_t$;
2. Definem-se dois níveis de referência, N_p e N_q , e atribuem-se a esses certos valores de utilidade, usualmente $u(N_p) = 0$, como mínimo e $u(N_q) = 1$, como máximo. Caso sejam definidos mais de dois níveis de referência, replica-se o procedimento descrito para cada dois consecutivos;
3. Colocação de cartas brancas, e_k , entre dois níveis consecutivos da escala já ordenada;
4. Cálculo dos valores que representam o número de unidades entre níveis N_p e N_q :

$$\alpha = \frac{u(N_q) - u(N_p)}{h} \quad \text{e} \quad h = \sum_{k=p}^{q-1} (e_k + 1) \quad (13) (14)$$

5. Cálculo do valor de utilidade, $u(l_k)$, para todos os níveis intermédios da escala, tal como:

$$u(N_k) = u(N_1) + \alpha \left(\sum_{j=1}^{k-1} (e_j + 1) \right), \quad \text{para } k = 2, \dots, t \quad (15)$$

em que N_1 representa o nível de referência imediatamente antes do nível a considerar.

Para facilitar a interpretação, por parte dos decisores, de toda a informação, criou-se um conjunto de cartões, que são expostas no Anexo E. O objetivo é clarificar o processo e permitir à equipa de decisores a colocação de cartas brancas entre os níveis consecutivos das várias escalas discretas associadas aos vários critérios. Assim, para todas as escalas discretas construídas (todos os critérios excetuando g_4), é possível obter os valores das utilidades para os diferentes níveis, tal como se mostra na Tabela 34.

Tabela 34 - Utilidades para os níveis dos critérios com escalas discretas e número de cartas brancas entre níveis consecutivos.

	N ₁	e ₁	N ₂	e ₂	N ₃	e ₃	N ₄	e ₄	N ₅	e ₅	N ₆	e ₆	N ₇	e ₇	N ₈	e ₈	N ₉
g_1	1,000	2	0,700	1	0,500	0	0,250	0	0,000								
g_2	1,000	0	0,875	0	0,750	0	0,625	0	0,5	0	0,375	0	0,25	0	0,125	0	0,000
g_3	1,000	0	0,875	0	0,750	0	0,625	0	0,5	0	0,375	0	0,25	0	0,125	0	0,000
g_5	1,000	2	0,750	1	0,583	0	0,5	0	0,375	0	0,25	1	0,000				
g_6	1,000	1	0,800	1	0,600	1	0,400	1	0,200	1	0,000						
g_7	1,000	2	0,625	1	0,375	2	0,000										
g_8	1,000	0	0,875	0	0,750	0	0,625	0	0,5	0	0,375	0	0,25	0	0,125	0	0,000
g_9	1,000	2	0,625	1	0,375	2	0,000										

Os cálculos intermédios para obtenção das escalas de intervalos, assim como os níveis de referência considerados estão dispostos no Anexo F.

Para o caso de escalas contínuas, como é o caso do critério referente aos custos (g_4), os valores de utilidades associados ao desempenho de cada uma das alternativas são definidos por interpolação linear, através da seguinte expressão:

$$u_j(g_j) = u_j(g_j^l) + \frac{g_j - g_j^l}{g_j^u - g_j^l} (u_j(g_j^u) - u_j(g_j^l)) \quad (16)$$

com $g_j^l < g_j < g_j^u$.

Assumiu-se, para o critério g_4 (custos), que os valores associados aos extremos máximos do intervalo seriam definidos em conferência de decisão, uma vez que a grandeza deste valor depende do tipo de equipamento que está a ser analisado.

Assim, uma vez que se tratam de equipamentos de ressonância magnética (RM), o valor máximo, referente à utilidade unitária, corresponde a um custo de € 1 000 000. Da mesma forma, para o valor de utilidade mínima (zero), o custo correspondente é de € 2 500 000.

4.4. Recomendações finais

A etapa final de uma metodologia multicritério, como a desenvolvida para este problema de seleção de EMP, é denominada por recomendações finais.

A implementação do modelo permitirá a obtenção de um resultado que deve ser consistente com as especificidades do modelo em si. As recomendações finais são o *output* que permite transformar as

conclusões deste processo expresso em linguagem formal de suporte à decisão (do inglês, *decision support language*) numa linguagem para o cliente (Bouyssou et al., 2006).

Posto isto, deve-se verificar que as recomendações cumprem com os seguintes aspetos:

1. Ser tecnicamente sólido, isto é, verificar que não foram aplicados procedimentos incorretos ou redundantes;
2. Ser operacionalmente completo, ou seja, certificar que o cliente compreende as recomendações e é capaz de aplicá-las num dado contexto;
3. Legítimo – verificar como a recomendação é implementada e apresentada aos outros atores envolvidos e averiguar o seu contexto a nível organizacional, ético e interpessoal, dado que não são necessariamente consideradas na formulação e construção do modelo.

No entanto, o resultado final obtido pode não ser totalmente concordante com as preocupações do cliente ou com o próprio processo de decisão para o qual o pedido de apoio foi solicitado (Bouyssou et al., 2006). Por esse motivo, para se realizarem as recomendações e existir um consenso entre o analista e o decisor (ou grupo de decisores) - assim como para todos os atores envolvidos no processo -, devem ser concretizadas análises dos resultados obtidos.

Este procedimento irá ser efetuado no Capítulo 5 (Análise de resultados), após ter sido obtido um resultado final para o modelo de avaliação, que contempla uma ordenação das várias alternativas através do seu desempenho individual face aos vários critérios em análise.

Capítulo 5

Análise de resultados e discussão

Este capítulo inicia-se com atribuição de valores numéricos às várias alternativas com o intuito de obter um resultado final. Os valores globais atribuídos a cada alternativa são calculados com base no procedimento já descrito, sendo os valores comparados e ordenados.

Por fim, realiza-se uma análise dos resultados obtidos, onde se inclui uma análise de sensibilidade de modo a testar a robustez do modelo construído. As várias etapas contaram com a colaboração de especialistas na área e com uma equipa de decisores, cuja participação foi fundamental para o desenvolvimento do trabalho.

5.1. Atribuição de valores às alternativas

Um dos passos fundamentais para a avaliação dos fornecedores baseia-se na atribuição dos níveis a cada alternativa a considerar, de acordo com as consequências elementares incluídas neste modelo. Essa atribuição foi assim concretizada pela equipa de decisores, em conferência de decisão.

No Anexo E apresenta-se um conjunto de cartões que foram criados com dois objetivos: (1) clarificar o processo de construção de escalas de intervalos aos decisores, com recurso ao método das cartas (como referido anteriormente); (2) facilitar a atribuição, por parte dos decisores, de níveis de desempenho de cada alternativa para cada critério de avaliação.

Numa primeira fase, foram atribuídos os níveis de desempenho para cada alternativa relativamente a cada consequência elementar, como se pode ver na Tabela 42 representada no Anexo G. Em seguida, com essa informação foi possível a construção da Tabela 35, onde se representam os níveis de desempenho de cada alternativa para cada critério.

É importante relembrar que as escalas dos critérios foram construídas a partir da agregação das várias consequências elementares a ter em consideração nesta análise.

Note-se que, tanto a agregação como a construção das escalas associadas, foram efetuadas com o apoio de especialistas, como foi referido em secções anteriores. Na conferência de decisão final ambas as etapas foram aprovadas pela equipa de decisores.

Tabela 35 - Níveis de desempenho das alternativas para os vários critérios

Desempenhos das alternativas				
		a1	a2	a3
g ₁	Prática dos técnicos	N3. Moderado	N1. Muito forte	N3. Moderado
g ₂	Perfil do fornecedor	N1. Forte	N1. Forte	N1. Forte
g ₃	Competências ambientais	N2. Muito forte	N1. Excelente	N3. Forte
g ₄	Custos	€ 1 400 000,00	€ 1 399 000,00	€ 1 953 500,00
g ₅	Capacidade tecnológica	N1. Excelente	N1. Excelente	N6. Muito fraco
g ₆	Serviços e entrega	N3. Forte	N2. Muito forte	N3. Forte
g ₇	Controlo	N1. Ideal	N1. Ideal	N2. Bom
g ₈	Transparência da informação	N2. Muito forte	N3. Forte	N3. Forte
g ₉	Confiança no fornecedor	N2. Moderado	N2. Moderado	N3. Baixo

Para esta caracterização, tanto a nível das consequências elementares como dos critérios, considerou-se o seguinte:

- Não foi possível obter/estimar valores para custos de operação e manutenção dos vários equipamentos. Para este caso, este critério apenas terá em consideração os custos de aquisição.
- Para o critério “Serviços e entrega”, os decisores consideraram que uma garantia média seria aquela que apresentaria normalmente um valor em torno dos dois anos.
- Também segundo os decisores, as auditorias internas (critério “Controlo”) devem ser realizadas, idealmente, duas vezes por ano, tendo sido considerado esse o valor de referência.

Para a atribuição de valores numéricos às alternativas, calcula-se em seguida, a pontuação de cada alternativa, em cada critério, de acordo com o seu desempenho. Esse valor representa a utilidade de cada alternativa face aos critérios em análise.

No caso das escalas discretas, já foram realizados os cálculos aquando da construção das escalas de intervalos (secção 4.3.5) e ilustrados na Tabela 35, que representa os valores de utilidades associados a cada nível, para cada critério.

Para escalas contínuas, que é o caso dos custos, recorreu-se assim à interpolação linear, com os níveis de referência previamente identificados (utilidade unitária e utilidade nula, €1 000 000 e €2 500 000, respetivamente). A Tabela 36 sumariza as utilidades de cada alternativa para os vários critérios considerados nesta metodologia.

Tabela 36 - Utilidades de cada uma das alternativas para os vários critérios

Utilidades das alternativas				
		a1	a2	a3
g ₁	Prática dos técnicos	0,5	1	0,5
g ₂	Perfil do fornecedor	1	1	1
g ₃	Competências ambientais	0,875	1	0,75
g ₄	Custos	0,733	0,734	0,364
g ₅	Capacidade tecnológica	1	1	0,25
g ₆	Serviços e entrega	0,6	0,8	0,6
g ₇	Controlo	1	1	0,625
g ₈	Transparência da informação	0,875	0,75	0,75
g ₉	Confiança no fornecedor	0,625	0,625	0,375

A aplicação do modelo não-aditivo resulta num valor global calculado para cada alternativa, que traduz o desempenho global de cada uma. Um melhor desempenho reflete-se através de um valor global mais elevado. Contrariamente, valores mais reduzidos correspondem a piores desempenhos. Na Figura 19 e na Tabela 37 apresenta-se a ordenação global das várias alternativas em análise, para o caso de estudo considerado, e a pontuação ou valor global para cada um dos fornecedores.

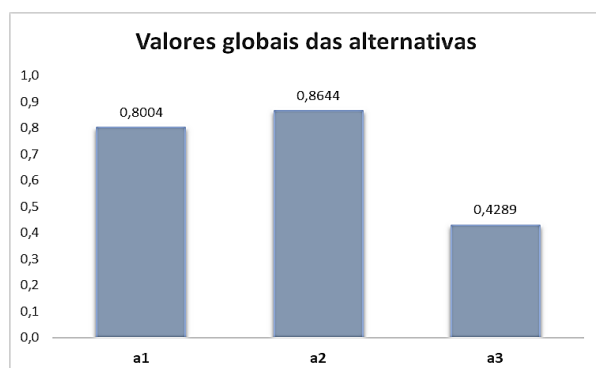


Figura 19 - Valores globais das alternativas a1, a2 e a3

Tabela 37 - Ordenação das alternativas

Posição	Fornecedores	Valor global
1º	Alternativa 2 (a2)	0,8644
2º	Alternativa 1 (a1)	0,8004
3º	Alternativa 3 (a3)	0,4289

5.2. Análise de resultados

A aplicação de um método multicritério deve ser seguida da análise aos resultados obtidos. Desta forma efetua-se uma análise de sensibilidade à ponderação de cada critério e a sua influência no resultado de cada alternativa. Da mesma forma, é avaliada a influência do valor de z e de outros cenários possíveis face aos pressupostos considerado em conferência de decisão.

5.2.1. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade tem por objetivo verificar se existem alterações nas apreciações globais das alternativas, caso se verificassem alterações nas capacidades (coeficientes de ponderação) (Ferreira

et al., 2016). Em cada critério são introduzidas variações nos valores das capacidades com o intuito de medir as variações dos desempenhos das alternativas. Uma variação na capacidade de um dado critério pressupõe que se mantêm as mesmas proporções entre os restantes critérios.

Nesta análise, os critérios são analisados individualmente, ou seja, considera-se uma variação num dado valor de capacidade, para um critério, sendo os restantes valores recalculados garantindo a importância relativa previamente estabelecida. Deste modo, testou-se uma variação de 7,5% no valor da capacidade, tanto positiva como negativa, considerando que, para a realidade, a variação não excede esse valor.

Para o problema, calculou-se o valor mínimo e máximo da variação de capacidade (-7,5% e + 7,5%) que se considerou verossímil e verificou-se qual o seu impacto no valor global das alternativas.

Em seguida, construíram-se os gráficos (Figura 20), para cada um dos critérios do modelo, onde se representam os valores da variação calculados, assim como se identifica também o valor exato da capacidade para cada caso (representado por uma linha vertical).

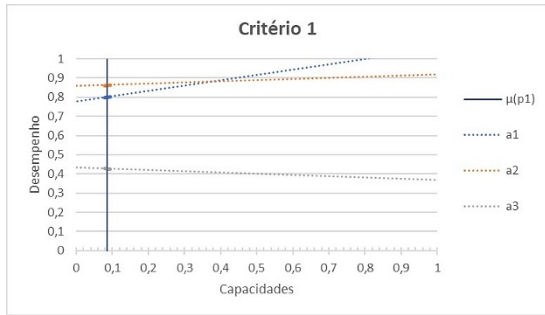
A variação da capacidade para o intervalo plausível considerado encontra-se representada por uma linha contínua. Para os pontos fora desse intervalo, apenas se considerou uma extensão linear dos pontos extremos (a tracejado) de modo a ter uma ideia geral do seu comportamento, ainda que os valores das capacidades não devam ser interpretados fora dos limites estabelecidos pelos pressupostos assumidos durante a construção e avaliação do modelo.

Verifica-se que, para qualquer critério analisado, e para a região de variação considerada, não existe qualquer alteração na ordenação das alternativas, podendo dizer-se que o resultado final se mantém.

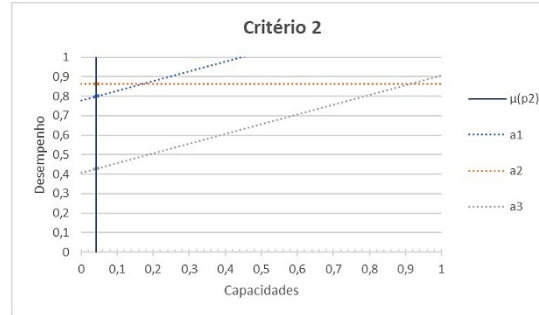
Constata-se também que, a alternativa 3 tem um comportamento significativamente inferior para todos os critérios considerados, o que justifica a diferença ainda relevante entre o seu valor global e os valores globais das restantes alternativas.

Para os critérios 3, 4, 5, 7 e 9, verifica-se que a alternativa 2 é aquela que apresenta um melhor desempenho, qualquer que seja o valor de capacidade considerada para cada um desses critérios. A ordenação das alternativas mantém-se assim inalterada, facto que se observa graficamente pelo facto de as linhas das alternativas não se intersectarem em toda a região. No entanto, para os critérios 1, 2, 6 e 8 observa-se que, para um dado valor de capacidade, a alternativa 1 passa a ter um desempenho melhor que a alternativa 2. Esse valor corresponde, intuitivamente, ao ponto onde as alternativas se intersectam, e onde a alternativa 1 passa a prevalecer. Ainda assim, essa interseção acontece para valores de ponderação (capacidades) muito distantes dos valores da variação de 7,5% considerada plausível. Assim, a alteração de ordenação das alternativas acontece numa região cujos valores não faz sentido considerar, dados os vários pressupostos do modelo.

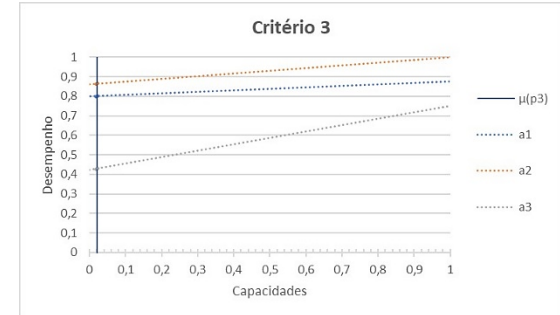
Para o critério com maior peso, critério 5, que representa a capacidade tecnológica, verifica-se que com o possível aumento da ponderação desse critério, a3 é penalizada enquanto que, tanto a1 como a2, são valorizadas. No limite, ou seja, quando se considera a capacidade máxima nesse critério, é como se o critério 5 fosse o único a ser considerado. Nesse caso, para esse critério (Figura 20 (e)) as alternativas 1 e 2 apresentam um desempenho de nível tecnológico igual, relativamente à atribuição dos níveis da escala associada, e a alternativa 3 apresenta um desempenho significativamente inferior, tal como se confirma pela tabela de desempenhos das alternativas (Tabela 35).



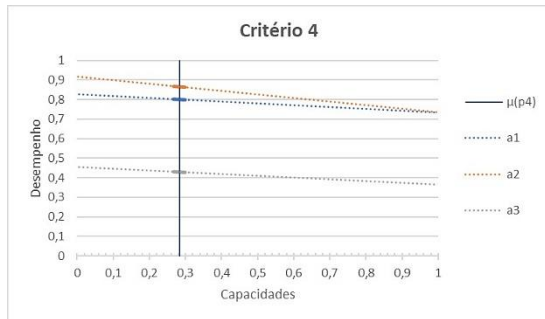
(a)



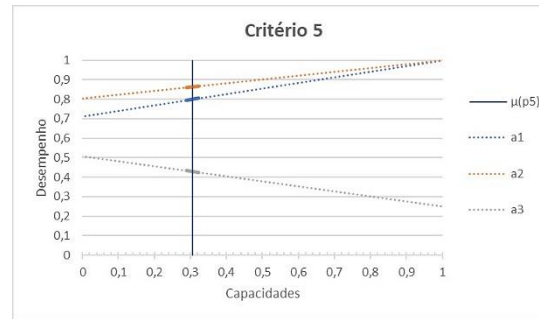
(b)



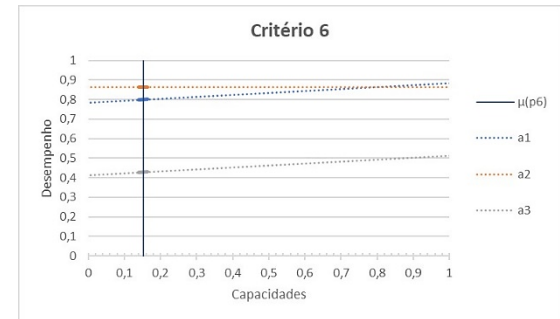
(c)



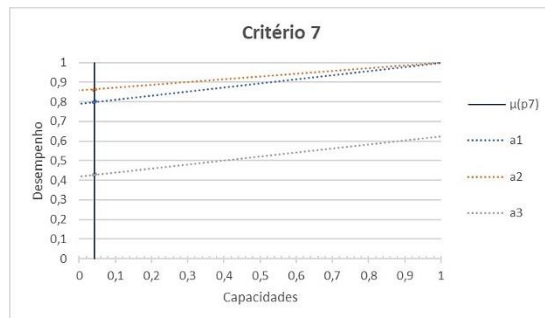
(d)



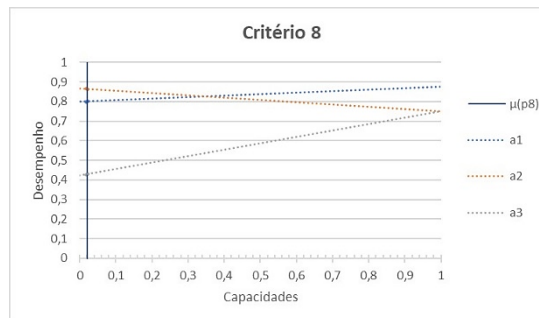
(e)



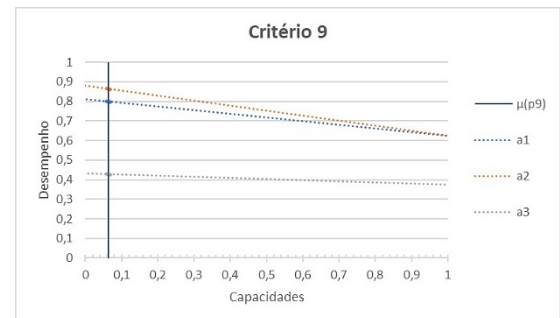
(f)



(g)



(h)



(i)

Figura 20 - Análise de sensibilidade para os vários critérios (1 a 9)

Relativamente às interações dos critérios, menciona-se o facto de que, em determinadas situações estas podem ser importantes e devem, portanto, ser consideradas. Pela observação dos gráficos (Figura 21 (a) e (b)), verifica-se o impacto destas interações no valor das alternativas, através do declive das retas calculadas. Para uma variação pequena no valor das capacidades, existe uma variação considerada elevada no valor de desempenho das alternativas. Esse facto é mais facilmente evidenciado pela alternativa 1, a qual apresenta um maior declive, ou seja, uma maior variação de desempenho para uma variação pequena na sua ponderação. Daqui retira-se que as interações consideradas neste modelo têm um impacto significativo nos resultados finais obtidos.

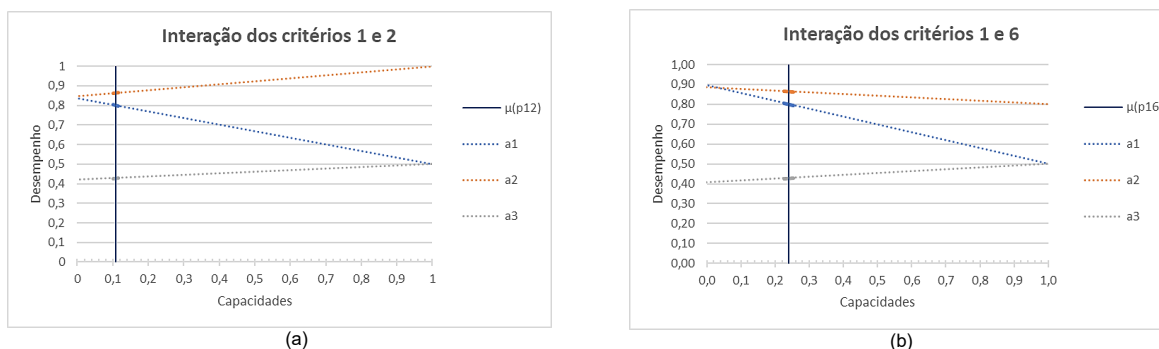


Figura 21 - Análise sensibilidade para as interações p12 e p16

Após esta análise e através da observação dos vários gráficos exibidos, pode concluir-se que o modelo é robusto, uma vez que para a variação de capacidades estudada (7,5%), a ordenação das alternativas, como resultado final, não é alterada.

5.2.2. Influência do valor de z

O valor do rácio z atribuído para o cálculo das capacidades é um valor atribuído pelos decisores, que representa quantas vezes a capacidade do projeto na posição mais elevada (p_5) é maior que a capacidade do projeto na posição mais baixa (p_3 e p_8).

Tal como se verifica na Tabela 33, o valor unitário é atribuído ao nível inferior e o valor desse rácio z ao nível superior, obtendo os restantes valores para os restantes níveis através dessas duas referências. Intuitivamente se entende que, quanto maior o valor de z , maior será a diferença entre os

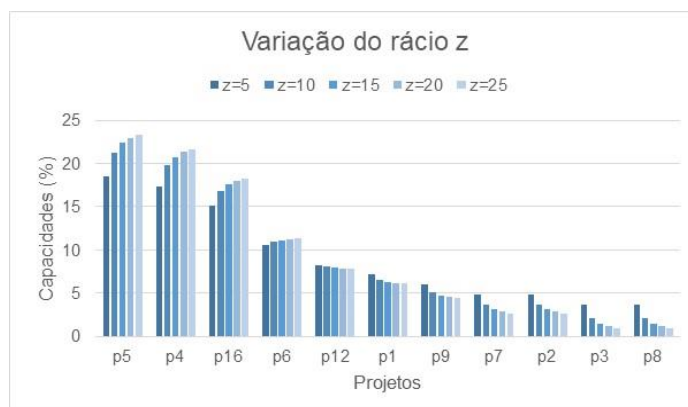


Figura 22 - Valores das capacidades dos vários projetos com variações do rácio z

níveis mais e menos preferenciais. A partir da Figura 22 é possível verificar as várias variações que foram feitas para o rácio z e o que isso influencia no valor das capacidades.

Tal como se observou anteriormente, verifica-se que os projetos p_2 e p_7 assim como p_3 e p_8 apresentam os mesmos valores para as capacidades, respetivamente, uma vez que foram considerados pelos decisores como tendo a mesma importância.

Quanto menor for este valor em estudo, menor será a diferença das capacidades entre os níveis mais e menos apreciados, o que faz com que a importância dos vários critérios seja mais próxima entre si. Por exemplo, para $z = 5$, verifica-se que o projeto 5 apresenta uma capacidade de 18,51% e os projetos 3 e 8 uma capacidade de 3,7%, o que dá uma diferença percentual de 14,81%.

Para o outro caso extremo considerado, $z = 25$, já considerado um valor para este rácio significativamente elevado, obtém-se uma diferença de 22,44% (23,37% (p_5) para 0,93% (p_3 e p_8)) face aos projetos das extremidades.

Tabela 38 - Valor global das alternativas para a variação de z estudada

Fornecedores	Valor global					Posição
	$z=5$	$z=10$	$z=15$	$z=20$	$z=25$	
Alternativa 1 (a1)	0,8231	0,8067	0,8004	0,7969	0,7949	2º
Alternativa 2 (a2)	0,8665	0,8650	0,8644	0,8641	0,8639	1º
Alternativa 3 (a3)	0,4745	0,4415	0,4289	0,4220	0,4179	3º

Não obstante, para a variação de z estudada, não existe um impacto significativo no resultado final proveniente do modelo, uma vez que a ordenação das várias alternativas é mantida e consequentemente a seleção do fornecedor que apresenta um maior desempenho não seria alterada (Tabela 38).

Intuitivamente, pode ainda observar-se que, quanto maior o valor deste parâmetro, maior será a diferença entre os valores globais das alternativas para cada caso. Ao aumentar o valor de z , maior será o valor da capacidade para os critérios de maior importância (como se observa na Figura 22), sendo estes os que têm uma maior influência no valor global das alternativas. Deste modo, este aumento irá refletir-se numa diferença maior entre os valores de desempenho das alternativas, o que não altera a sua ordenação.

5.2.3. Outros cenários possíveis

O âmbito deste projeto inclui a avaliação de EMP, para a qual se considera relevante a avaliação de aspetos sociais, como características do próprio fornecedor concorrente. Contudo, no contexto de seleção de equipamentos por entidades públicas, estas têm de seguir o respetivo enquadramento legal, o que implica diferenciar a avaliação do fornecedor da sua respetiva proposta.

O Código dos Contratos Públicos (CCP), aprovado pelo Decreto-Lei nº111-B/2017 nº168/2017, de 31 de agosto de 2017, e publicado em Diário da República, 1ªSérie nº. 209, de 30 de outubro de 2017, faz referência a aspetos relativos à avaliação dos concorrentes segundo critérios de adjudicação.

O artigo 75.º do referido documento afirma que apenas deve ser avaliado o conteúdo da proposta dos concorrentes e que os fatores e subfatores (isto é, critérios e consequências elementares) não devem incluir, direta ou indiretamente, qualidades, características, situações ou outros elementos relativos ao fornecedor.

Um dos critérios avaliados no modelo construído foi o “Perfil do fornecedor” (g_2) e, neste sentido, irá desenvolver-se um cenário que considere essa atenuante. Posto isto, o novo cenário não inclui o critério g_2 assim como as interações dele resultantes (interação p_{12} , entre g_1 (prática dos técnicos) e g_2 (perfil do fornecedor)).

De seguida realiza-se a comparação dos resultados desta metodologia, incluindo e retirando o critério “Perfil do fornecedor” da sua análise (Tabela 39).

Tabela 39 - Valor global das alternativas com e sem o critério 2, perfil do fornecedor

Fornecedores	Valor global com g_2	Valor global sem g_2	Posição
Alternativa 1 (a1)	0,8644	0,7856	2º
Alternativa 2 (a2)	0,8004	0,8625	1º
Alternativa 3 (a3)	0,4289	0,4041	3º

Para o caso deste concurso público em específico, o resultado final, isto é, a ordenação das alternativas, seria a mesma. Não obstante, pode fazer diferença para outros casos, isto é, outros concursos/alternativas em análise.

Visto que neste caso de estudo se está a lidar com um caso português, esta restrição teria de ser implementada, caso se aplicasse o modelo num contexto real.

Em suma, o modelo construído tem como objetivo ser abrangente o suficiente para ser aplicado em vários contextos, sendo sempre imprescindível ter em consideração o contexto de aplicação do modelo para cada caso, e fazer as adaptações necessárias, como este exemplo.

5.3. Discussão

Nesta secção discutem-se os resultados e principais observações que podem ser retiradas de todo o processo de desenvolvimento do modelo, desde a construção à sua avaliação, que inclui a participação dos vários indivíduos envolvidos no mesmo. Faz-se também uma reflexão acerca de algumas limitações identificadas que o modelo apresenta.

Participação externa dos vários indivíduos

Os métodos multicritério baseiam-se em processos participativos e, como tal, a construção do modelo desenvolvido nesta dissertação só foi possível através da colaboração de todos os especialistas, decisores e outros indivíduos envolvidos.

O auxílio dos vários especialistas e dos decisores foi essencial para as várias fases deste modelo, como pode ser facilmente visualizado no diagrama de Gantt construído (Figura 23), onde se identificam, a vermelho, todas as etapas que envolveram a participação de entidades externas.

A participação dos vários envolvidos neste processo iniciou-se com a recolha de informação (secção 4.1), de modo a perceber quais as preocupações acerca da temática em causa e das atividades envolvidas. Com base nos dados recolhidos, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com o objetivo de reunir informação adicional necessária à construção de todos os elementos de avaliação do modelo que se pretendia construir (secção 4.2). Assim, a sua participação foi de extrema importância para a seleção e definição dos diferentes pontos de vista, critérios e consequências elementares associadas.

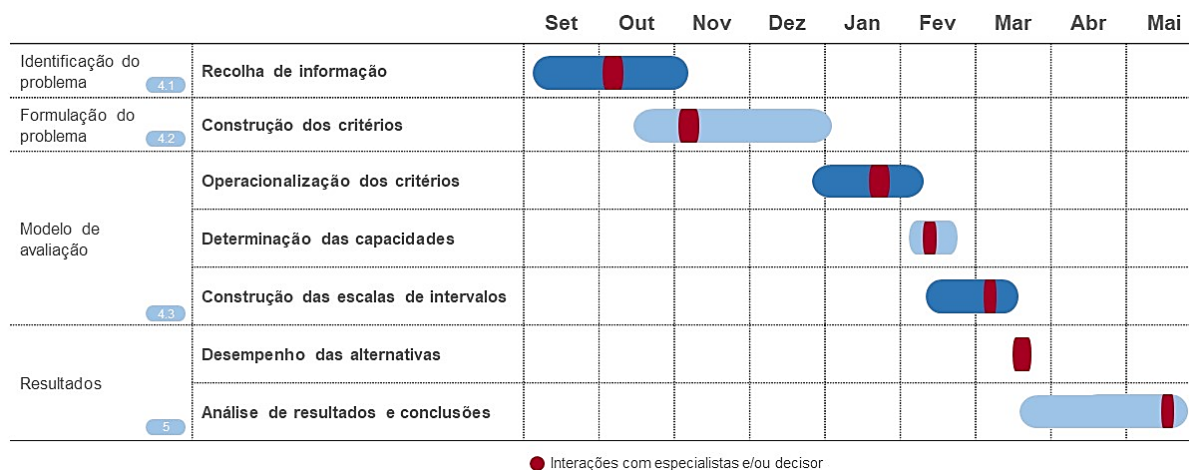


Figura 23 - Diagrama de Gantt com as principais etapas de construção do modelo MCDA

Em seguida, e já na construção do modelo de avaliação (secção 4.3), foi necessário prosseguir para a operacionalização dos critérios, onde algumas decisões tiveram de ser tomadas, mais uma vez, com o auxílio de peritos. Ainda relativo à construção do modelo, foi necessário que os decisores ordenassem, por importância, os vários critérios com o objetivo de mensurar as capacidades associadas a cada um, ou seja, a ponderação que cada um terá para o resultado final, através do método das cartas. A construção das escalas de intervalos implicou também a intervenção dos mesmos, na medida em que foi necessária a modelação da diferença entre níveis das diferentes escalas construídas, através do mesmo método.

Para obtenção dos resultados finais, foi ainda necessário que o grupo de decisores avaliasse o desempenho de cada alternativa face a cada um dos critérios e escalas associadas que se consideraram no modelo de avaliação.

No final, após toda a análise de resultados, ainda que o resultado seja consistente com o modelo construído, é essencial garantir que os resultados são consistentes com as preocupações do cliente, isto é, dos decisores, e ainda com todo o processo de decisão. Torna-se assim fundamental a validação dos resultados obtidos, para que exista um consenso entre os vários envolventes, e através da observação de todas as análises efetuadas aos resultados finais provenientes do modelo.

Os resultados de uma metodologia com estas características são subjetivos e podem variar significativamente, ao mudar o decisor ou outros envolventes externos em causa, como os peritos. As várias fases estão todas dependentes da interação com esses indivíduos, como se pode observar pela Figura 23 e, portanto, o método acaba por estar muito dependente das suas opiniões e decisões tomadas.

Quanto ao seu envolvimento durante todo o processo, pode dizer-se que a reação dos mesmos foi, de um modo geral, muito positiva, para todas as etapas necessárias à implementação do integral de Choquet. Numa etapa de formulação do modelo, a explicação da introdução de interações entre critérios no modelo e a sua influência nos resultados foi bem percebida pelos decisores, que acharam bastante útil ter isso em consideração. Consideraram que, através das interações, o modelo aproxima mais os pressupostos da realidade, uma vez que a independência total dos vários critérios é muito difícil de conseguir, e que por vezes, um critério pode realmente ter influência, positiva ou negativa, noutro.

Já referente à construção do modelo, o método das cartas foi também apresentado aos decisores, para construção da escala de rácios para obter as capacidades assim como auxílio para a construção das escalas de intervalos para cada critério. O grupo de decisores achou que a aplicação deste método era intuitiva e fácil de compreender. Após explicação detalhada de como funcionaria o método e de todos os processos necessários à sua correta utilização, os envolvidos utilizaram as cartas sem dificuldade. Embora a inserção de cartas brancas possa levar a alguma confusão e desacordo quando se trata de um conjunto de decisores e não apenas um indivíduo, neste caso esse processo facilitou e promoveu a discussão entre os mesmos que os ajudou a chegar a um consenso nos vários pressupostos e decisões tomadas.

Metodologia aplicada

Através das informações adquiridas junto dos decisores e de informação disponível publicamente, verificou-se que, para este modelo, a alternativa que apresentou um valor global maior corresponde ao adjudicatário deste concurso público. No entanto, também se pretende comparar os novos pressupostos do modelo, face aos utilizados na atualidade, e verificar a sua importância em contextos e aplicações futuras.

Para o caso deste concurso, devido à confidencialidade dos dados, não é possível mostrar os valores obtidos aquando da avaliação das alternativas pelo hospital, em 2015. Ainda assim, pode afirmar-se que, em termos percentuais, a diferença entre a alternativa preferencial e a que se encontra em segunda posição é mais reduzida para o modelo em estudo (8% para o modelo face a 15% da avaliação do hospital). Isto pode levar a acreditar que, no modelo construído no âmbito desta dissertação, estão a ser considerados fatores que não foram considerados anteriormente, e que estão a valorizar alguns aspetos que podem ter impacto na escolha de um dado equipamento. Para este caso específico, o modelo em análise não faz alterar a alternativa selecionada, o que não implica que, em outros casos, não possa haver uma alteração no equipamento selecionado, no caso, por exemplo, das alternativas em análise serem mais semelhantes entre si. Conclui-se com isto que todos os critérios são importantes para a avaliação da metodologia, isto é, para a seleção de fornecedores de equipamentos médicos pesados, e que todos esses podem ter influência no seu resultado final.

Face às análises de resultados realizadas, podem fazer-se algumas observações. Em primeiro lugar, pode verificar-se através da análise de sensibilidade, e para os limites considerados plausíveis de variação de capacidades, que a ordenação das alternativas não é alterada, ainda que com valores de utilidades associados ligeiramente diferentes. Em seguida, o estudo da influência do rácio z estudado mostra que uma variação desse valor, considerada significativa ($\pm 66,7\%$), não tem grande

influência no resultado final obtido. Deste modo, todos esses aspetos permitem assim afirmar que o modelo é suficientemente robusto.

Como também já foi referido anteriormente, no final de uma metodologia multicritério, é fundamental garantir a legitimidade do modelo construído. Isto é, deve ser verificado, em conjunto com os decisores, se as recomendações finais, – que incluem os resultados obtidos e as análises realizadas – estão de acordo com o seu contexto a nível ético, interpessoal ou organizacional, tendo em consideração possíveis fatores externos que não sejam considerados no modelo de avaliação e na sua validação.

No entanto, esta última etapa não foi cumprida, devido ao facto do modelo ter sido aplicado a um concurso público já encerrado (de 2015), que já apresentava um fornecedor adjudicatário final. Não obstante, foi recolhida a informação relativa ao concurso e respetivas propostas de fornecedores, o que tornou possível a construção e avaliação do modelo, testando a sua aplicabilidade.

Pode concluir-se, no final, que esta metodologia multicritério revelou ser uma boa opção na construção de um modelo de apoio à seleção de fornecedores no contexto dos equipamentos médicos pesados.

Limitações do modelo desenvolvido

Uma das grandes limitações desta metodologia prende-se com o facto da interação com os decisores por vezes ser difícil de conseguir. Tratando-se de um grupo de decisores, foi difícil coordenar os horários entre todos os envolvidos, o que tornou complicado a marcação de conferências de decisão.

A fase de estruturação do modelo não foi possível de ser realizada com o apoio dos decisores, pelo que se recorreu a outros atores, diretamente ligados aos processos de aquisição de equipamentos médicos, para fornecerem informação para a construção dos critérios de avaliação. Ainda assim, o grupo de decisores validou todas as observações e decisões tomadas pelos especialistas no decorrer da conferência de decisão final.

Considera-se também que existe uma limitação do modelo ao nível da construção das várias escalas e descrição objetiva dos diferentes níveis, que poderiam/deveriam ser mais precisos e rigorosos. Esse facto iria sempre depender dos dados que fossem possíveis analisar para avaliar toda a informação. Neste modelo foram construídas maioritariamente escalas qualitativas, sendo apenas quantificada uma para o critério dos custos. Não obstante, a construção não dificultou a perceção por parte dos decisores nem criou dúvidas na sua avaliação.

A duração da conferência de decisão final foi também limitada, o que tornou complicado juntar todas as perspetivas dos vários atores envolvidos nas etapas de construção do modelo. Um pouco fraco apontado pelos decisores foi o facto de a conferência de decisão ser um processo muito extenso, visto que engloba muitas avaliações e decisões a tomar, desde a ordenação dos critérios, à avaliação de cada uma das alternativas face a todos os critérios. Acresce o facto de ser mais que um decisor, o que torna necessário promover a discussão entre eles de modo a chegar a um consenso. Tal faz com que se demore também um período de tempo superior.

Mais uma vez, o facto de ser um processo participativo, pode também trazer as suas desvantagens. Isto porque a avaliação do modelo está totalmente dependente da avaliação por parte dos decisores e, caso se tratasse de um grupo de atores diferente, os resultados poderiam variar de forma bastante significativa.

5.4. Conclusões do capítulo

Neste capítulo foram mostrados os resultados da metodologia proposta no Capítulo 4, que tem como propósito o desenvolvimento de um método para avaliar a seleção de fornecedores de equipamentos médicos pesados no contexto português e obtenção de uma ordenação das alternativas, através dos seus desempenhos nos vários critérios.

A primeira fase envolveu a formulação do modelo, através de recolha de toda a informação necessária e identificação das principais preocupações quando se pretende fazer a seleção de um equipamento desta categoria, ou seja, na seleção do seu fornecedor.

Para a construção do modelo, aplicou-se o método das cartas, atribuindo uma capacidade (ou peso) a cada critério através da sua ordenação preferencial. As escalas de cada critério foram construídas igualmente com o auxílio desse método, o que permitiu quantificar as diferenças entre cada um dos níveis.

O modelo requer informação detalhada sobre todas as alternativas, que foram possíveis de obter através das propostas de cada um dos fornecedores concorrentes ao concurso público que foi analisado. Informação adicional foi adquirida em conferência de decisão, pelo grupo de decisores que nela participou. Para obter os resultados finais, recorreu-se ao integral de Choquet, de modo a permitir a possível interação entre critérios. O modelo construído no contexto desta dissertação permitiu associar valores de desempenho para as várias alternativas analisadas, consoante os dados retirados de cada um dos casos, e assim sinalizar a alternativa que melhor satisfaz a necessidade do serviço para o qual se pretende adquirir um novo equipamento. O modelo apenas apoia o decisor, ou grupo de decisores, na seleção de um EMP, através da ordenação das alternativas, que se pode considerar ter sido bem-sucedida neste trabalho.

Os resultados finais obtidos foram testados, realizando análises aos mesmos, como a análise de sensibilidade, para avaliar a robustez do modelo. Testa-se também o impacto de algumas variações nos vários parâmetros. Os resultados obtidos assim como as suas análises permitem uma validação do modelo e provando a viabilidade de aplicação do modelo para diferentes cenários.

Por fim, indicam-se algumas observações acerca de todo o desenvolvimento e apontam-se também algumas limitações a este processo.

Capítulo 6

Conclusões e trabalho futuro

A presente dissertação teve como objetivo o desenvolvimento de um modelo multicritério que tivesse em consideração e avaliasse as várias áreas de preocupação (social, ambiental, económico-financeira, qualidade e governança), que têm influência na seleção de um fornecedor de equipamentos médicos pesados. Este modelo vem completar os métodos atualmente usados nas unidades de serviços de saúde para a seleção de fornecedores nos concursos públicos, através de novas metodologias que possam trazer benefícios e melhorias para os resultados finais obtidos.

Mais especificamente, as etapas principais desta metodologia incluem: identificação do problema e recolha de informação através de dados retirados da literatura, reuniões e entrevistas semi-estruturadas; tratamento da informação, com recurso a mapas cognitivos, que culmina na identificação dos critérios de avaliação; operacionalização dos critérios, onde se definem as escalas associadas a cada um; aplicação do integral de Choquet, utilizando método das cartas para cálculo das capacidades e valores numéricos para os níveis das escalas de intervalos, obtendo valores globais para as várias alternativas em avaliação; análise dos resultados obtidos, para verificar a robustez do modelo; recomendações finais para validação do modelo com os decisores em causa.

Apesar do contexto específico em que o modelo construído foi aplicado, este é abrangente o suficiente para ser utilizado em outros contextos de aplicação na seleção de fornecedores desta categoria de equipamentos. Por exemplo, poderá ser utilizado fora do âmbito de concurso público, como sejam ajustes diretos no setor privado. Também é possível que seja utilizado em situações particulares que apresentem enquadramentos legais ligeiramente diferentes, como foi o exemplo e adaptação realizada para o contexto português, regido pelo CCP. Para estes casos e outros possíveis cenários, são necessárias algumas adaptações aos critérios ou escalas associadas, mas tendo por base esta construção.

Em metodologias multicritério torna-se importante arranjar um bom balanço entre o número de critérios e a complexidade do modelo. Não deve ser demasiado simples, relativamente ao número de critérios, pois pode não avaliar todas as características importantes e que possam ter influência no contexto da decisão. De forma similar, não deve ser excessivamente complexo, uma vez que se torna difícil transmitir ao decisor toda a informação de forma clara, podendo trazer problemas em toda a interpretação e avaliação do modelo por parte do decisor (como pessoa singular ou grupo). Indesejavelmente, pode também criar redundâncias e ambiguidades entre os vários critérios, pelo que é de evitar este último caso.

Como trabalho futuro sugere-se que esta metodologia fosse aplicada para o mesmo caso, nas mesmas circunstâncias, mas avaliado por diferentes decisores, de modo a estudar a sua influência no desempenho das alternativas e conseqüentemente no resultado final obtido, ou seja, nos valores globais de cada uma e respetiva ordenação preferencial.

Adicionalmente, sugere-se ainda aplicação do modelo a outros concursos públicos no mesmo contexto de aplicação para o qual o mesmo foi construído, e comparar com as decisões de adjudicação

tomadas para cada caso. Para tal, deve ser estudada a diferença no resultado global na avaliação dos fornecedores.

Perante todos os dados apresentados, pode aferir-se que os objetivos gerais propostos para a realização desta dissertação de mestrado foram cumpridos, uma vez que se conseguiu criar uma ferramenta de apoio à decisão para a seleção de fornecedores nas unidades de saúde em Portugal, capaz de ser aplicada para qualquer categoria abrangida na definição de equipamentos médicos pesados.

Referências

- ACSS. (2017). Equipamentos Médicos Pesados. Retrieved March 13, 2018, from <http://www.arcgis.com/apps/Viewer/index.html?appid=7ad8b291ac2945e29f55003de23cb7c5>
- Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., & Bahreininejad, A. (2012). Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied Soft Computing Journal*, 12(6), 1668–1677.
- Andrew Webb. (2002). *Introduction To Biomedical Imaging*. (I. John Wiley & Sons, Ed.), *Neural Networks* (1st ed.). IEEE Press Series on Biomedical Engineering.
- Angilella, S., Greco, S., & Matarazzo, B. (2010). Non-additive robust ordinal regression: A multiple criteria decision model based on the Choquet integral. *European Journal of Operational Research*, 201(1), 277–288.
- Antunes, C. H., Cardoso, D. M., & Silva, F. N. da. (2016). *A investigação operacional em Portugal: Novos desafios, novas ideias. Homenagem ao Professor Luís Valadares Tavares*. IST Press.
- Azadnia, A. H., Ghadimi, P., Saman, M. Z. M., Wong, K. Y., & Heavey, C. (2013). An integrated approach for sustainable supplier selection using fuzzy logic and fuzzy AHP. *Applied Mechanics and Materials*, 315, 206–210.
- Bana e Costa, C. A., & Beinart, E. (2005). *Model-structuring in public decision-aiding. Wp Lseor 05.79*.
- Bana e Costa, C. A., Martins, P. A. F., Oliveira, M. D., Sernadas, A., & Soares, C. A. M. (2010). Faculty evaluation using multicriteria value measurement. In *Proceeding of the 12th WSEAS international conference on Mathematical and computational methods in science and engineering* (pp. 287–290). World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), 2010.
- Barrios, M. A. O., De Felice, F., Negrete, K. P., Romero, B. A., Arenas, A. Y., & Petrillo, A. (2016). An AHP-Topsis Integrated Model for Selecting the Most Appropriate Tomography Equipment. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(4), 861–885.
- Beşkese, A., & Evecen, C. (2012). Supplier selection in Healthcare sector. *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 16(1), 91–94.
- Bottero, M., Ferretti, V., Figueira, J. R., Greco, S., & Roy, B. (2015). Dealing with a multiple criteria environmental problem with interaction effects between criteria through an extension of the Electre III method. *European Journal of Operational Research*, 245(3), 837–850.
- Bottero, M., Ferretti, V., Figueira, J. R., Greco, S., & Roy, B. (2018). On the Choquet multiple criteria preference aggregation model: Theoretical and practical insights from a real-world application. *European Journal of Operational Research*, forthcoming.
- Bouyssou, D., Marchant, T., Pirlot, M., Tsoukias, A., & Vincke, P. (2006). *Evaluation and decision models with multiple criteria. Stepping stones for the analyst*. Springer Science+Business Media, Inc.
- Business Council for Sustainable Development, B. (2013). *Ecoeficiência na vida das empresas - manual do formando*.
- Butt, T., Camilleri, M., Paul, P., & Jones, K. (2015). Obsolescence types and the built environment – definitions and implications. *International Journal Environment and Sustainable Development*, 14(1), 20–39.

- Carlos A Bana, Jean-Marie De Corte, J.-C. V. (2005). On the mathematical foundations of MACBETH. In *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* (pp. 409–437).
- Carmo, P. F., Dias, A., Ogliari, A., & Nascimento, D. G. do. (2007). Process of diagnosis and analysis of attributes of maintainability in medical and hospitalar devices. In *19th International Congress of Mechanical Engineering*. Brasil.
- Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra EPE. (2015). *Concurso público em Diário da República nº 91/2015 - Aquisição de um equipamento de tomografia computadorizada 4D para o serviço de radioterapia do CHUC, E.P.E.*
- Cho, K.T., & Kim, S.M. (2003). Selecting medical devices and materials for development in Korea: the analytic hierarchy process approach. *The International Journal of Health Planning and Management*, 18(2), 161–74.
- Choo, E.U., & Wedley, W.C. (2008). Comparing Fundamentals of Additive and Multiplicative Aggregation in Ratio Scale Multi-Criteria Decision Making. *The Open Operational Research Journal*, 2(1), 1–7.
- Choquet, G. (1954). *Theory of capacities*. Annales de l'Institut Fourier 5.
- Cinelli, M., Coles, S. R., & Kirwan, K. (2014). Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. *Ecological Indicators*, 46, 138–148.
- Clarkson, D. M. (2017). Medical Device Guidebook: A browser information resource for medical device users. *Medical Engineering and Physics*, 41, 97–102.
- da Cruz, N. F., & Marques, R. C. (2013). New development: The challenges of designing municipal governance indicators. *Public Money & Management*, 33(3), 209–212.
- David, Y., & Jahnke, E. G. (2005). Medical technology management: from planning to application. In *IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference* (pp. 186–189). Shangai, China.
- Doody, O., & Noonan, M. (2013). Preparing and conducting interviews to collect data. *Nurse Researcher*, 20(5), 28–32.
- Dyllick, T., & Hockerts, K. (2002). Beyond the business case for corporate sustainability. *Business Strategy & the Environment*, 11(2), 130–141.
- European Patient's Forum. (2016). *Briefing on the new Medical Devices Regulation : information to patients and transparency*.
- Farchi, T., & Salge, T. O. (2017). Shaping innovation in health care: A content analysis of innovation policies in the English NHS, 1948–2015. *Social Science and Medicine*, 192, 143–151.
- Faro, H. (1998). *Gestão da Manutenção - Guia do Formando*. Lisboa.
- Ferreira, J. A., Ramos, I. L., Silva, J. B. e, & Spínola, R. R. (2016). O que fazer quando tudo parece estar perdido? Procurando soluções alternativas utilizando metodologias multicritério de apoio à decisão. In *A investigação operacional em Portugal: Novos desafios, novas ideias. Homenagem ao Professor Luís Valadares Tavares* (pp. 179–204). IST Press.
- Ferreira Ramírez, E., & Calil, S. (2007). Connectionist Model to Help the Evaluation of Medical Equipment Purchasing Proposals. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006*, 14, 3786–3789.
- Figueira, J., Liefoghe, A., Talbi, E., Wierzbicki, A. (2010). A parallel multiple reference point approach

- for multi-objective optimization. *European Journal of Operational Research, Elsevier*, 205(2), 390–400.
- Figueira, J. R., Greco, S., & Roy, B. (2009). ELECTRE methods with interaction between criteria: An extension of the concordance index. *European Journal of Operational Research*, 199(2), 478–495.
- Figueira, J. R., Mousseau, V., & Roy, B. (2005). ELECTRE Methods. In *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* (pp. 133–162).
- Figueira, J. R., & Roy, B. (2002). Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. *European Journal of Operational Research*, 139(2), 317–326.
- Gavrilova, T., Carlucci, D., & Schiuma, G. (2013). Art of visual thinking for smart business education Art of Visual Thinking for Smart Business Education. *Proceedings of the 8th International Forum on Knowledge Asset Dynamics*, (January), 1754–1761.
- Geremia, F. (2018). Quality aspects for medical devices, quality system and certification process. *Microchemical Journal*, 136, 300–306.
- Ghadimi, P., Ghassemi Toosi, F., & Heavey, C. (2017). A multi-agent systems approach for sustainable supplier selection and order allocation in a partnership supply chain. *European Journal of Operational Research*, 0, 1–16.
- Ghadimi, P., & Heavey, C. (2014). Sustainable supplier selection in medical device industry: toward sustainable manufacturing. *Procedia CIRP*, 15, 165–170.
- Grabisch, M. (1997). K-order additive discrete fuzzy measures and their representation. *Fuzzy Sets and Systems*, 92(2), 167–189.
- Guitouni, A., & Martel, J. M. (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research*, 109(2), 501–521.
- Harrell, M. C., & Bradley, M. A. (2009). *Data Collection Methods. Semi-Structured Interviews and Focus Groups*.
- Holme, R., & Watts, P. (2000). *Corporate social responsibility: Making Good Business Sense. World Business Council for Sustainable Development*.
- Hummel, J. M. (2001). *Supporting medical technology development with the analytic hierarchy process*. University of Groningen.
- Infarmed. (2010). *Vigilância de dispositivos médicos*. Lisboa.
- Instituto Português da Qualidade, I. (2015). *Norma Portuguesa EN ISO 14001:2015 Sistema de Gestão Ambiental. IPQ*.
- ISO. (2016). *International standard ISO 13485. Medical devices - Quality management systems - Requirements for regulatory purposes*.
- Ivlev, I., Kneppo, P., & Bartak, M. (2014). Multicriteria decision analysis: a multifaceted approach to medical equipment management. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(3), 576–589.
- Jato-Espino, D., Castillo-Lopez, E., Rodriguez-Hernandez, J., & Canteras-Jordana, J. C. (2014). A review of application of multi-criteria decision making methods in construction. *Automation in Construction*, 45, 151–162.
- Keeney, R. L. (1992). *Value-focused thinking: A Path to Creative Decisionmaking. Journal of Multi-*

- Criteria Decision Analysis*. Harvard University Press.
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. Cambridge University Press.
- Kulak, O., Goren, H. G., & Supciller, A. A. (2015). A new multicriteria decision making approach for medical imaging systems considering risk factors. *Applied Soft Computing Journal*, 35, 931–941.
- Kuo, R. J., Wang, Y. C., & Tien, F. C. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, 18(12), 1161–1170.
- Lambert, D. M., Adams, R. J., & Emmelhainz, M. A. (1997). Supplier Selection Criteria in the healthcare industry: A comparison of importance and performance. *International Journal of Purchasing and Materials Management*.
- Longaray, A. A., Ensslin, L., Munhoz, P., Tondolo, V., Quadro, R., Dutra, A., & Ensslin, S. (2016). A Systematic Literature Review Regarding the Use of Multicriteria Methods towards Development of Decision Support Systems in Health Management. *Procedia Computer Science*, 100, 701–710.
- Majumdar, R., & Saha, I. (2009). Symbolic robustness analysis. *Proceedings - Real-Time Systems Symposium, RTSS, 30th IEEE*, 355–363.
- Marques, R. C., da Cruz, N. F., & Pires, J. (2015). Measuring the sustainability of urban water services. *Environmental Science & Policy*, 54, 142–151.
- MDD 93/42/EEC. Directiva 93/42/CEE do Conselho (1993). Jornal Oficial das Comunidades Europeias.
- Montibeller, G., & Franco, A. (2010). Multi-Criteria decision analysis for strategic decision making. In *Handbook of multicriteria analysis: applied optimization* (Vol. 103, pp. 25–48).
- Oruezabala, G., & Rico, J. C. (2012). The impact of sustainable public procurement on supplier management - The case of French public hospitals. *Industrial Marketing Management*, 41(4), 573–580.
- Oxford. (2017). Oxford Dictionaries - robust definition. Retrieved December 7, 2017, from <https://en.oxforddictionaries.com/definition/robust>
- Pecchia, L., Martin, J. L., Ragozzino, A., Vanzanella, C., Scognamiglio, A., Mirarchi, L., & Morgan, S. P. (2013). User needs elicitation via analytic hierarchy process (AHP). A case study on a Computed Tomography (CT) scanner.
- Penedo, J., Madahil, A., Ferreira, A., Nunes, A., Pereira, J., Venâncio, J., ... Alves, P. (2013). *Carta de Equipamentos Médicos Pesados*.
- Punniyamoorthy, M., Mathiyalagan, P., & Parthiban, P. (2011). Expert Systems with Applications A strategic model using structural equation modeling and fuzzy logic in supplier selection. *Expert Systems With Applications*, 38(1), 458–474.
- Roy, B. (1990). Decision-aid and decision-making. *European Journal of Operational Research*, 45(2–3), 324–331.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding* (1st editio). Springer Science+Business Media.
- Roy, B., & Bouyssou, D. (1993). *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Economica.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26.

- Saaty, T. L. (2005). The analytic hierarchy and analytic processes for the measurement of intangible criteria and for decision-making. In *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* (pp. 345–407).
- Santos, F. a, & Garcia, R. (2010). Decision process model to the health technology incorporation. *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 414–417.
- Schnackenberg, A. K., & Tomlinson, E. C. (2016). Organizational transparency. *Journal of Management*, *42*(7), 1784–1810.
- Semwal, M. K., Singh, S., Sarin, A., Bhatnagar, S., & Pathak, H. C. (2012). Comparative clinical dosimetry with X-knife and gamma knife. *Physica Medica*, *28*(3), 269–272.
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, *16*(15), 1699–1710.
- SGS. (2017). OHSAS 18001 - Sistemas de gestão da saúde e segurança ocupacional. Retrieved December 5, 2017, from <http://www.sgs.pt/pt-PT/Health-Safety>
- Shirley, P. I., & Ross, J. A. S. (2001). Hyperbaric medicine part II: Practical aspects of hyperbaric oxygen therapy. *Current Anaesthesia and Critical Care*, *12*(3), 166–171.
- Shore, J., & Freije, J. (2016). *Proactive supplier management in the medical device industry*. American Society for Quality, Quality Press, Milwaukee 53201.
- Skeik, N., Porten, B. R., Isaacson, E., Seong, J., Klosterman, D. L., Garberich, R. F., ... Sullivan, T. (2015). Hyperbaric oxygen treatment outcome for different indications from a single center. *Annals of Vascular Surgery*, *29*(2), 206–214.
- Stewart, T., & Belton, V. (2002). *Multiple criteria decision analysis. An integrated approach*.
- Thokala, P., & Duenas, A. (2012). Multiple criteria decision analysis for health technology assessment. *Value Health*, *15*, 1172–1181.
- Waite, M. (2013). SURF Framework for a Sustainable Economy. *Journal of Management and Sustainability*, *3*(4), 25–40.
- Walker, H., Spencer, R., Miemczyk, J., & Johnsen, T. (2010). Special issue: "Sustainable Procurement". *Journal of Purchasing and Supply Management*, *16*(2), 150.
- WCED. (1987). *Our Common Future: The world commission on environment and development (Brundtland Report)*. Oxford University Press, New York.
- WHO. (2010). Increasing complexity of medical technology and consequences for training and outcome of care. *Medical Devices: Managing the Mismatch - An Outcome of the Priority Medical Devices Project*, 1–20.
- WHO. (2017). Technology, Health. Retrieved November 2, 2017, from http://www.who.int/topics/technology_medical/en/
- Wierzbicki, A. P. (1999). Reference point approaches. In T. Gal, T. Stewart, & T. Hanne (Eds.), *Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory, and Applications* (p. 9.1-9.39). Kluwer Academic Publishers, Boston.

Anexos

Anexo A

Guião de entrevistas semi-estruturadas

Protocolo para perceber as preocupações dos envolvidos na aquisição de um EMP e os pontos que são tidos em consideração atualmente nesse processo.

Parte 1: Introdução

“Bom dia/ Boa tarde,

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a disponibilidade para participar nesta entrevista.

Antes de começar queria referir que toda a informação recolhida nesta entrevista irá ser utilizada somente no contexto desta dissertação. Gostaria, se possível, de pedir autorização para tirar algumas notas da entrevista em papel, de modo a não perder informação. Queria salientar que não existem respostas corretas ou erradas, pelo que o objetivo da entrevista será apenas ouvir as perspetivas dos entrevistados.

A minha dissertação foca-se na aquisição de equipamentos médicos pesados nas unidades de saúde em Portugal. Assim, dos vários assuntos a abordar nesta entrevista, esta será dividida em duas partes: uma primeira sobre o processo logístico do sistema de aquisição dos equipamentos do serviço de saúde, e seguidamente sobre os vários critérios que influenciam a escolha de um equipamento

Parte 2: O que avaliar no equipamento

- Nos concursos públicos, quem escolhe os critérios de adjudicação?
- Dos fornecedores que participaram no concurso público, tem conhecimento de algum modelo que tenha sido utilizado para a escolha do “melhor”?
- Da árvore realizada, acha que todos os critérios podem ser relevantes na avaliação de critérios
 - Se sim, acrescentaria mais algum?
 - Se não, quais excluiria e porquê?
- Quais os 3 que consideraria mais relevantes?
- E os 3 menos relevantes?
 - Dos menos relevantes: se tivesse dois equipamentos que eram iguais em todos os critérios exceto em um (dos que escolheu menos relevante) preferia um fornecedor ao invés do outro? Ou era indiferente a decisão?

Parte 3: Operacionalização dos conceitos

- Auditorias internas – Quantas são realizadas anualmente?
 - Obrigatório
 - Número de auditorias escolhido? Por que entidade/serviço?
- Garantias do equipamento – quantos anos são, por norma? O que consideraria um valor elevado? E um valor relativamente baixo?
- Como avaliaria o critério x? (pergunta realizada para cada um dos critérios)
 - Numa escala qualitativa? Com quantos níveis? (de modo a ser o mais intuitivo possível, sem criar dúvidas ou redundâncias.
 - Através de valores numéricos?

Considerações finais

A entrevista terminou. Obrigada pela sua disponibilidade.”

Anexo B

Árvore de perfil para construção das escalas de critérios

Critério g_6

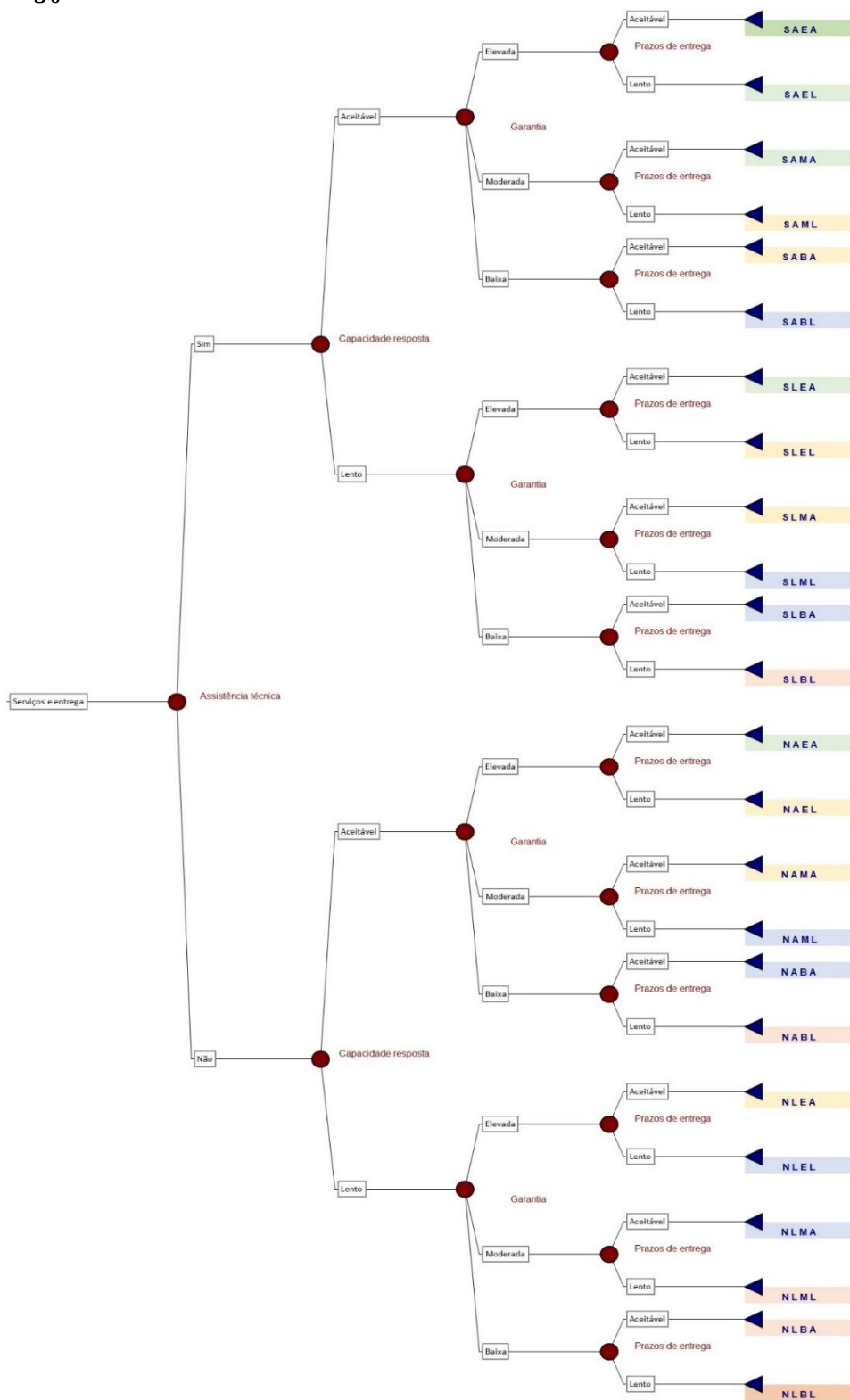


Figura 24: Árvore de perfil para obter todas as combinações de níveis para o critério serviços e entrega (critério 6)

Anexo C

Tabela resumo com as propriedades de cada critério

Tabela 40 - Tabela resumo com as propriedades de cada critério: tipologia da escala, objetivo e níveis associados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Critérios	Prática dos técnicos	Perfil do fornecedor	Competências ambientais	Custos	Capacidade tecnológica	Serviços e entrega	Controlo	Transparência da informação	Confiança no fornecedor
Escala	Qualitativo Discreto Construído	Qualitativo Discreto Construído	Qualitativo Discreto Construído	Quantitativo Contínuo Direto	Qualitativo Discreto Construído	Qualitativo Discreto Construído	Qualitativo Discreto Construído	Qualitativo Discreto Construído	Qualitativo Discreto Construído
Objetivo	Maximizar ↑	Maximizar ↑	Maximizar ↑	Minimizar ↓	Maximizar ↑	Maximizar ↑	Maximizar ↑	Maximizar ↑	Maximizar ↑
Níveis	5	3	9	N.A. ^{***}	7	6	4	9	4
<i>N</i> ₁	Muito forte	Forte	Excelente	(contínuo, por interpolação linear)	Excelente	Excelente	Ideal	Excelente	Alto
<i>N</i> ₂	Forte	Moderado	Muito forte		Muito forte	Muito forte	Bom	Muito forte	Moderado
<i>N</i> ₃	Moderado	Fraco	Forte		Forte	Forte	Médio	Forte	Baixo
<i>N</i> ₄	Fraco		Relativamente forte		Moderado	Moderado	Mau	Relativamente forte	Nenhum
<i>N</i> ₅	Muito fraco		Moderado		Fraco	Fraco		Moderado	
<i>N</i> ₆			Relativamente fraco		Muito fraco	Muito fraco		Relativamente fraco	
<i>N</i> ₇			Fraco		Insatisfatório			Fraco	
<i>N</i> ₈			Muito fraco					Muito fraco	
<i>N</i> ₉			Insatisfatório		120% maior valor, em €			Insatisfatório	

*** N.A – Não aplicável, uma vez que a escala para este caso é contínua.

Anexo D

Cartas para ordenação dos critérios e cálculo dos valores das capacidades

Critérios								
Prática dos técnicos	Perfil do fornecedor	Competências ambientais	Custos	Capacidade tecnológica	Serviços e entrega	Controlo	Transparência da informação	Confiança no fornecedor
Muito forte	Forte	Excelente	Menor valor, €	Excelente	Excelente	Ideal	Excelente	Alta
Muito fraco	Fraco	Insatisfatório	Maior valor, €	Insatisfatório	Muito fraco	Mau	Insatisfatório	Nenhum
Projeto 1								
Prática dos técnicos	Perfil do fornecedor	Competências ambientais	Custos	Capacidade tecnológica	Serviços e entrega	Controlo	Transparência da informação	Confiança no fornecedor
Muito forte	Fraco	Insatisfatório	Maior valor, €	Insatisfatório	Muito fraco	Mau	Insatisfatório	Nenhum
Projeto 2								
Prática dos técnicos	Perfil do fornecedor	Competências ambientais	Custos	Capacidade tecnológica	Serviços e entrega	Controlo	Transparência da informação	Confiança no fornecedor
Muito fraco	Forte	Insatisfatório	Maior valor, €	Insatisfatório	Muito fraco	Mau	Insatisfatório	Nenhum
Projeto 3								
Prática dos técnicos	Perfil do fornecedor	Competências ambientais	Custos	Capacidade tecnológica	Serviços e entrega	Controlo	Transparência da informação	Confiança no fornecedor
Muito fraco	Fraco	Excelente	Maior valor, €	Insatisfatório	Muito fraco	Mau	Insatisfatório	Nenhum
Projeto 4								
Prática dos técnicos	Perfil do fornecedor	Competências ambientais	Custos	Capacidade tecnológica	Serviços e entrega	Controlo	Transparência da informação	Confiança no fornecedor
Muito fraco	Fraco	Insatisfatório	Menor valor, €	Insatisfatório	Muito fraco	Mau	Insatisfatório	Nenhum
Projeto 5								
Prática dos técnicos	Perfil do fornecedor	Competências ambientais	Custos	Capacidade tecnológica	Serviços e entrega	Controlo	Transparência da informação	Confiança no fornecedor
Muito fraco	Fraco	Insatisfatório	Maior valor, €	Excelente	Muito fraco	Mau	Insatisfatório	Nenhum

Figura 25 - Cartas para cálculo das capacidades (projetos 1 - 5)

Projeto 6								
Muito fraco	Fraco	Insatisfatório	Maior valor, €	Insatisfatório	Excelente	Mau	Insatisfatório	Nenhum

Projeto 7								
Muito fraco	Fraco	Insatisfatório	Maior valor, €	Insatisfatório	Muito fraco	Ideal	Insatisfatório	Nenhum

Projeto 8								
Muito fraco	Fraco	Insatisfatório	Maior valor, €	Insatisfatório	Muito fraco	Mau	Excelente	Nenhum

Projeto 9								
Muito fraco	Fraco	Insatisfatório	Maior valor, €	Insatisfatório	Muito fraco	Mau	Insatisfatório	Alto

Projeto 10 (interação 1)								
Muito forte	Fraco	Insatisfatório	Maior valor, €	Insatisfatório	Excelente	Mau	Insatisfatório	Nenhum

Projeto 11 (interação 2)								
Muito forte	Forte	Insatisfatório	Maior valor, €	Insatisfatório	Muito fraco	Mau	Insatisfatório	Nenhum

Figura 26 - Cartas para cálculo das capacidades (projetos 6 - 11)

Anexo E

Cartões para construção das escalas de intervalos

Prática dos técnicos (1)



Objetivo: **Maximizar**

Avalia os fornecedores relativamente a práticas a que estes se comprometem e tem por objetivo o controlo e a avaliação de ações praticadas pelos profissionais de saúde que não contactar diretamente com o equipamento que se pretende obter.

Neste critério avalia-se:

- Formação dada aos profissionais de saúde
- Disciplina e práticas de segurança cumpridos

		e_1 Formação	e_2 Disciplina e práticas de segurança
N_1	Muito forte	Formação e melhoria	Muito boas
	Número de cartas brancas: 3		
N_2	Forte	Formação e melhoria	Aceitáveis
	Número de cartas brancas: 2		
N_3	Moderado	Não garante	Muito boas
	Número de cartas brancas: 2		
N_4	Fraco	Não garante	Aceitáveis
	Número de cartas brancas: 1		
N_5	Muito fraco	Formação e melhoria	Não aceitáveis
	Número de cartas brancas: 1		
		Formação	Não aceitáveis
		Não garante	Não aceitáveis

e_1 Formação

(F+M). Formação e melhoria – garante formação dos profissionais de saúde quando EMP é instalado e quando há melhorias no sistema

(F). Formação – garante formação dos profissionais de saúde quando EMP é instalado e quando há melhorias no sistema

(N). Não garante – Fornecedor não garante formação dos profissionais de saúde

e_2 Disciplina e práticas de segurança

(MB). Muito boas – Práticas de saúde e segurança cumpridas com distinção

(A). Aceitáveis – Práticas de saúde e segurança cumpridas

(NA). Não aceitáveis – Práticas de saúde e segurança não cumprem as exigências legais



Socio-ambiental

Perfil do fornecedor (2)



Objetivo: **Maximizar**

Avalia os sistemas de valor dos fornecedores, isto é, as características que determinam como estes se comportam e interagem com outros profissionais de saúde, indivíduos e com o meio ambiente.

Neste critério avalia-se:

- Responsabilidade social
- Reputação dos fornecedores (tanto a nível social como ambiental)

		e_3 Responsabilidade social	e_4 Reputação do fornecedor
N_1	Forte	Sim	Positivo
	Número de cartas brancas: 3		
N_2	Moderado	Sim	Negativo
	Número de cartas brancas: 2		
N_3	Fraco	Não	Positivo
	Número de cartas brancas: 1		
		Não	Negativo

e_3 Responsabilidade social

Avalia a competência dos fornecedores, quando de forma voluntária, adotam certas ações e/ou comportamentos que promovam o bem-estar de todos os indivíduos envolvidos internos e externos.

(S). Sim

(N). Não

e_4 Reputação do fornecedor

Avalia a reputação geral da empresa fornecedora no mercado, quer ambiental quer social, pelo serviço de saúde que pretende adquirir o equipamento médico.

- Reputação ambiental – tem em atenção as considerações ambientais
- Reputação social – relacionada com a avaliação do público relativamente ao fornecedor.

(Pos). Positivo

(N). Negativo



Socio-ambiental

Competências ambientais (3)



Objetivo: **Maximizar**

Avalia o desempenho ambiental que tem por objetivo a minimização dos impactos no meio ambiente. Avalia se o fornecedor cumpre com as competências ambientais, tendo também em consideração a norma ISO 14001.

- Processo de produção amigo do ambiente
- Ecoeficiência do equipamento

		e_5 OU e_6 maior importância	e_5 OU e_6 menor importância
N_1	Excelente Número de cartas brancas	Muito bom	Muito bom
N_2	Muito forte Número de cartas brancas	Muito bom	Bom
N_3	Forte Número de cartas brancas	Muito bom Bom	Satisfatório Bom
N_4	Relativamente forte Número de cartas brancas	Muito bom Bom	Mau Satisfatório
N_5	Moderado Número de cartas brancas	Muito bom Bom Satisfatório	Muito mau Mau Satisfatório
N_6	Relativamente fraco Número de cartas brancas	Bom Satisfatório	Muito mau Satisfatório
N_7	Fraco Número de cartas brancas	Satisfatório Mau	Muito mau Mau
N_8	Muito fraco Número de cartas brancas	Mau	Muito mau
N_9	Insatisfatório Número de cartas brancas	Muito mau	Muito mau

e_5 Processo de produção amigo do ambiente

Avalia se o fornecedor adota políticas para redução dos danos no ecossistema ou no meio ambiente – no processo de produção do equipamento.

- (MB). Muito bom
- (B). Bom
- (S). Satisfatório
- (M). Mau
- (MM). Muito mau

e_6 Ecoeficiência do equipamento

avalia se o equipamento apresenta características de controlo e prevenção de poluição.

Tem em consideração diversos fatores como: resíduos sólidos; uso ou não de materiais perigosos; ruído produzido pelo equipamento; consumo de água, eletricidade e outros recursos; radiações; possível destruição da camada de ozono por produtos químicos que a possam afetar, entre outros.

- (MB). Muito bom
- (B). Bom
- (S). Satisfatório
- (M). Mau
- (MM). Muito mau



Socio-ambiental

Capacidade tecnológica (5)



Objetivo: **Maximizar**

A avaliação das funcionalidades e características necessárias que o equipamento deve apresentar. Para além disso, a capacidade do próprio equipamento de suportar condições adversas também deve ser incluída neste estudo.

e_{14} Robustez

Avalia a robustez do equipamento face a alterações. Pode ser:
(Alt). Altamente robusto
(Mod). Moderadamente robusto
(Po). Pouco robusto

		$S_{5.1}$ Desempenho/Obsolescência	e_{14} Robustez
N_1	Excelente Número de cartas brancas	Muito forte	Altamente
N_2	Muito forte Número de cartas brancas	Muito forte Forte	Moderadamente Altamente
N_3	Forte Número de cartas brancas	Muito forte Forte Moderado	Pouco Moderadamente Altamente
N_4	Moderado Número de cartas brancas	Forte Moderado Fraco	Pouco Moderadamente Altamente
N_5	Fraco Número de cartas brancas	Moderado Fraco Muito fraco	Pouco Moderadamente Altamente
N_6	Muito fraco Número de cartas brancas	Fraco Muito fraco	Pouco Moderadamente
N_7	Insatisfatório Número de cartas brancas	Muito fraco	Pouco

e_{10} Durabilidade

Avalia o tempo de vida útil expectável que o equipamento apresenta.

- (A). Valores aceitáveis
- (B). Valores baixos

e_{11} Tecnologia e inovação (nível tecnológico)

Avalia se o equipamento possui as características técnicas fundamentais que lhe conferem as funcionalidades operacionais necessárias e exigidas para o serviço.

- (E). Excelente – EMP cumpre todos os requisitos exigidos e ainda apresenta características técnicas adicionais
- (A). Aceitável – EMP cumpre todos os requisitos necessários exigidos
- (I). Incumprimento – EMP não cumpre os requisitos necessários à boa funcionalidade e às necessidades do serviço

e_{12} Disponibilidade operacional

Define-se pela probabilidade que o equipamento apresenta de garantir as funcionalidades para o qual foi produzido. (cálculo percentual)

- (A). Valores aceitáveis
- (B). Valores baixos

e_{13} Possibilidade de upgrades

Avalia a possibilidade de fazer atualizações após aquisição do EMP.

- (S). Sim
- (N). Não

	Desempenho/Obsolescência	Durabilidade Tecnologia Disponibilidade operacional Possibilidade de upgrades
$N_1^{(A)}$	Muito forte	Aceitável Excelente Aceitável Sim
$N_2^{(A)}$	Forte	Aceitável Excelente Aceitável Não Aceitável Excelente Baixo Não Aceitável Aceitável Aceitável Sim Baixo Excelente Aceitável Sim
$N_3^{(A)}$	Moderado	Aceitável Excelente Baixo Não Aceitável Aceitável Aceitável Não Aceitável Aceitável Baixo Sim Baixo Excelente Aceitável Não Aceitável Aceitável Baixo Não
$N_4^{(A)}$	Fraco	Baixo Aceitável Aceitável Não Baixo Aceitável Baixo Sim Baixo Aceitável Baixo Não Baixo Aceitável Aceitável Não
$N_5^{(A)}$	Muito fraco	Aceitável Incumprimento (...) (...) Baixo Incumprimento (...) (...)



Qualidade

Serviços e entrega

(6)



Objetivo: **Maximizar**

Avalia os serviços prestados/oferecidos pelo fornecedor. Um serviço como um conjunto de atividades realizadas por uma empresa para responder às expectativas e necessidades do cliente, sendo assim um bem não material, intangível. Inclui também fatores associados à entrega do equipamento médico.

Desempenho/ Observação	Assistência técnica Capacidade de resposta Anos de garantia Prazos de entrega
N ₁ Excelente	Sim Aceitável Elevada Aceitável
Número de cartas brancas:	
	Sim Aceitável Moderada Aceitável
	Sim Longo Elevada Aceitável
	Não Aceitável Elevada Aceitável
N ₂ Muito forte	Sim Longo Moderada Aceitável
Número de cartas brancas:	
	Sim Aceitável Moderada Longo
	Sim Longo Elevada Longo
	Sim Longo Moderada Aceitável
	Não Aceitável Elevada Longo
	Não Aceitável Moderada Aceitável
	Não Longo Elevada Aceitável
N ₃ Forte	Sim Longo Moderada Longo
Número de cartas brancas:	
	Sim Longo Moderada Longo
	Sim Longo Baixa Aceitável
	Sim Longo Baixa Aceitável
	Não Aceitável Moderada Longo
	Não Aceitável Baixa Aceitável
	Não Longo Elevada Longo
	Não Longo Moderada Aceitável
N ₄ Moderado	Sim Longo Baixa Longo
Número de cartas brancas:	
	Sim Longo Moderada Longo
	Sim Longo Baixa Aceitável
	Não Aceitável Moderada Longo
	Não Aceitável Baixa Aceitável
	Não Longo Elevada Longo
	Não Longo Moderada Aceitável
N ₅ Fraco	Sim Longo Baixa Longo
Número de cartas brancas:	
	Não Aceitável Baixa Longo
	Não Longo Baixa Aceitável
N ₆ Muito fraco	Não Longo Baixa Longo
Número de cartas brancas:	

c₁₃ Assistência técnica

Trata-se de um serviço prestado, da responsabilidade do fornecedor, caso exista um problema ou irregularidade com o equipamento, sendo necessário a ocorrência de uma reparação/manutenção do mesmo.

Avalia se o fornecedor garante assistência técnica após término de garantia.
(S). Sim
(N). Não

c₁₄ Capacidade de resposta

Avalia os tempos de resposta, isto é, a capacidade que o fornecedor apresenta de responder a mudanças que podem advir de vários fatores (procura nos serviços de saúde, pela estrutura dos preços, frequência de pedidos ou até pelo cenário de negócio da atualidade)

(A). Período de tempo aceitável
(L). Períodos de tempo longos

c₁₇ Anos de garantia

Avalia os anos de garantia conferidos ao equipamento médico pesado

(A). Garantia elevada
(M). Garantia moderada
(B). Garantia baixa

c₁₈ Prazos de entrega

Avalia os prazos de entrega executados pelo fornecedor, cujo objetivo é a minimização desse período de tempo.

(A). Período de tempo aceitável
(L). Período de tempo longos



Qualidade

Transparência da informação (8)



Objetivo: **Maximizar**

A transparência está relacionada com informações. A transparência pode ser definida como a acessibilidade e visibilidade da informação, para as partes interessadas. Inclui a disponibilidade da informação bem como a clareza da documentação disponível.

		c ₂₀ OU c ₂₁ maior importância	c ₂₀ OU c ₂₁ menor importância
N ₁ Excelente	Muito bom	Muito bom	Muito bom
Número de cartas brancas:			
N ₂ Muito forte	Muito bom	Bom	
Número de cartas brancas:			
N ₃ Forte	Muito bom	Satisfatório	Bom
Número de cartas brancas:			
N ₄ Relativamente forte	Muito bom	Mau	Satisfatório
Número de cartas brancas:			
N ₅ Moderado	Muito bom	Muito mau	Mau
Número de cartas brancas:			
N ₆ Relativamente fraco	Bom	Muito mau	Satisfatório
Número de cartas brancas:			
N ₇ Fraco	Satisfatório	Muito mau	Mau
Número de cartas brancas:			
N ₈ Muito fraco	Mau	Muito mau	
Número de cartas brancas:			
N ₉ Insatisfatório	Muito mau	Muito mau	
Número de cartas brancas:			

c₂₀ Disponibilidade da informação e divulgação pública

Avalia se existe disponibilidade e acesso público de toda a documentação necessária referente ao equipamento e respetiva gestão e funcionamento ao mesmo.

(MB). Muito bom
(B). Bom
(S). Satisfatório
(M). Mau
(MM). Muito mau

c₂₁ Clareza da informação dos documentos disponíveis

Avalia se a informação disponível, como documentos, está disposta de forma clara, para uma boa e fácil interpretação das partes envolvidas, sem levantar dúvidas ou ambiguidades na sua perceção.

(MB). Muito bom
(B). Bom
(S). Satisfatório
(M). Mau
(MM). Muito mau



Governança

Controlo

(7)



Objetivo: **Maximizar**

Avalia a certificação - por parte do fornecedor - do equipamento médico pesado, de forma sistemática e periódica. Ainda que não exista um alerta, problema ou irregularidade, torna-se importante um controlo deste grupo de equipamentos, uma vez que estes lidam diretamente com a saúde da população, no diagnóstico e tratamento de doenças.

e ₁₉ Auditorias internas	
N ₁	Ideal Não existe diferença para o número ideal de auditorias internas a realizar, por ano. Número de cartas brancas
N ₂	Bom Existe uma diferença pequena entre o número de auditorias internas a realizar e o valor considerado ideal, por ano. Número de cartas brancas
N ₃	Médio Existe uma diferença razoável entre o número de auditorias internas a realizar e o valor considerado ideal, por ano. Número de cartas brancas
N ₄	Mau Existe uma diferença significativa entre o número de auditorias internas a realizar e o valor considerado ideal, por ano. Número de cartas brancas



Confiança no fornecedor

(9)



Objetivo: **Maximizar**

Avalia a existência, ou não, de equipamentos médicos, do mesmo fornecedor (iguais ou similares) em funcionamento em diferentes unidades de saúde.

Esse fator influencia a confiança que a unidade de saúde (cliente) terá no fornecedor do equipamento médico que pretende obter, uma vez que se trata de uma segurança segundo a qual o fornecedor será capaz de agir de determinada forma perante uma dada situação.

e ₂₂ Equipamentos similares em funcionamento	
N ₁	Alto O número de EMP similares, do mesmo fornecedor, em funcionamento noutras unidades de saúde é elevado. Número de cartas brancas
N ₂	Moderado O número de EMP similares, do mesmo fornecedor, em funcionamento noutras unidades de saúde é moderado. Número de cartas brancas
N ₃	Baixo O número de EMP similares, do mesmo fornecedor, em funcionamento noutras unidades de saúde é baixo. Número de cartas brancas
N ₄	Nenhum Não existem equipamentos médicos pesados similares, do mesmo fornecedor, em funcionamento noutras unidades de saúde.



Anexo F

Cálculos intermédios para obtenção das escalas de intervalos

Tabela 41 - Tabela resumo com os cálculos das variáveis necessárias para a construção de escalas de intervalos. Também são referidos, a amarelo, os níveis de referência considerados.

	g ₁			g ₂			g ₃			g ₅			g ₆			g ₇			g ₈			g ₉		
	u(g ₁)	h	α	u(g ₂)	h	α	u(g ₃)	h	α	u(g ₅)	h	α	u(g ₆)	h	α	u(g ₇)	h	α	u(g ₈)	h	α	u(g ₉)	h	α
N₁	1			1			1			1			1			1			1			1		
e ₁	2			3			0			2			1			2			0			2		
N₂	0,7	5	0,1	0,33	6	0,1667	0,875			0,75			0,8			0,625			0,875			0,625		
e ₂	1			1			0			1	6	0,083	1			1	8	0,125	0			1	8	0,125
N₃	0,5			0			0,75	4	0,125	0,583			0,6			0,375			0,75	4	0,125	0,375		
e ₃	0						0			0			1	10	0,1	2			0			2		
N₄	0,25	2	0,25				0,625			0,5			0,4			0			0,625			0		
e ₄	0						0			0			1						0					
N₅	0						0,5			0,375			0,2						0,5					
e ₅							0			0	4	0,125	1						0					
N₆							0,375			0,25			0						0,375					
e ₆							0			1									0					
N₇							0,25	4	0,125	0									0,25	4	0,125			
e ₇							0												0					
N₈							0,125												0,125					
e ₈							0												0					
N₉							0												0					

Anexo G

Desempenhos das alternativas face às consequências elementares

Tabela 42 - Desempenhos das alternativas face às consequências elementares

		a1	a2	a3
Prática dos técnicos	Formação	Formação	Formação e melhoria	Formação
	Disciplina e práticas de segurança	Aceitáveis	Muito boas	Aceitáveis
	TOTAL DESEMP.	N3. Moderado	N2. Muito forte	N3. Moderado
Perfil fornecedor	Responsabilidade social	Sim	Sim	Sim
	Reputação do fornecedor	Positivo	Positivo	Positivo
	TOTAL	N1. Forte	N1. Forte	N1. Forte
Comp. ambientais	Processo de produção ecofriendly	Bom	Muito Bom	Bom
	Ecoeficiência do equipamento	Muito bom	Muito Bom	Bom
	TOTAL	N2. Muito forte	N1. Excelente	N3. Forte
Custos	Aquisição	1.400.000,00	1.399.000,00	1.953.500,00
	TOTAL*	0,711	0,772	0,319
Cap. Tecnológica	Durabilidade	Aceitáveis	Aceitáveis	Aceitáveis
	Tecnologia e inovação	Excelente	Excelente	Incumprimento
	Disponibilidade operacional	Aceitável	Aceitável	Aceitável
	Possibilidade de upgrades	Sim	Sim	Sim
	SubTOTAL (c5.1)	N1. Muito forte	N1. Muito forte	N5. Muito fraco
	TOTAL	N1. Excelente	N1. Excelente	N6. Muito fraco
Serviços & Entrega	Assistência técnica	Sim	Sim	Sim
	Capacidade de resposta	Aceitável	Aceitável	Aceitável
	Garantias	Moderada	Moderada	Moderada
	Prazos de entrega	Longos	Aceitáveis	Longos
	TOTAL	N3. Forte	N2. Muito forte	N3. Forte
Controlo	Auditorias internas	Ideal	Ideal	Bom
	TOTAL	N1. Ideal	N1. Ideal	N2. Bom
Transparência	Divulgação	Bom	Bom	Bom
	Clareza	Muito bom	Bom	Bom
	TOTAL	N2. Muito forte	N3. Forte	N3. Forte
Confiança	Equipamentos similares em funcionamento	Moderado	Moderado	Baixo
	TOTAL	N2. Moderado	N2. Moderado	N3. Baixo

* Resultados da aplicação da interpolação linear