INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Modelo multicritério de apoio à substituição de equipamentos médicos hospitalares

Lígia Margarida Jorge de Figueiredo

Dissertação para a atribuição do Grau de Mestre em

Engenharia Biomédica

Júri

Presidente: Doutor Paulo Jorge Peixeiro de Freitas

Orientadores: Doutora Mónica Duarte Correia de Oliveira

Doutor Carlos António Bana e Costa

Engenheiro João Jorge Azevedo Durão de Carvalho

Vogal: Doutor Rui Manuel Moura de Carvalho Oliveira

Novembro 2009

Agradecimentos

À professora Mónica Oliveira, pela orientação e apoio prestados.

Ao professor Bana e Costa.

A todas as pessoas do SIE que tornaram possível a realização desta tese (um obrigado especial ao Engenheiro Carvalho).

Aos médicos, professores, técnicos e enfermeira, por aceitarem colaborar nesta tese de mestrado.

A toda a minha família.

A todos os meus amigos mais próximos.

Ao Ricardo.

Resumo

Os hospitais necessitam de implementar ferramentas de gestão de tecnologias médicas para atingir objectivos institucionais e promover a segurança, qualidade e eficácia clínicas. Das ferramentas necessárias incluem-se as que gerem as substituições dos equipamentos médicos hospitalares.

No Hospital de Santa Maria as substituições de equipamentos não ocorrem de forma planeada e de acordo com critérios de substituição pré estabelecidos. Para resolver este problema, este trabalho propõe uma ferramenta de substituição alternativa às já existentes, capaz de informar o Hospital, de forma clara e metodológica, da necessidade de substituição que actualmente qualquer tipo de equipamentos apresenta.

O modelo de apoio à substituição foi construído utilizando a metodologia multicritério MACBETH. Esta é uma metodologia sócio-técnica, que constrói uma ferramenta de avaliação quantitativa a partir das preferências dos decisores.

Os passos da metodologia seguidos na construção do modelo foram: a construção de um mapa cognitivo, para se identificar critérios de substituição e descritores de impacto, a partir de questionários estruturados, e a determinação das funções de valor e dos pesos dos critérios numa conferência de decisão. Categorias de valor de substituição foram também construídas numa conferência de decisão, para se distinguir mais facilmente as diferentes necessidades de substituição.

No final, o modelo de substituição foi aplicado a um conjunto abrangente de equipamentos médicos hospitalares, tendo resultado na indicação de substituição da Ressonância Magnética e da TAC, como as mais prioritárias. Os resultados obtidos foram concordantes com os esperados e as análises efectuadas aos mesmos comprovaram a potencialidade da ferramenta construída para o Hospital.

Palavras Chave: análise decisão, modelo multicritério, MACBETH, hospital, política de substituição, equipamentos médicos hospitalares.

Abstract

Hospitals need to implement tools for medical technology management in order to achieve institutional goals and promote clinical safety, quality and efficacy. Tools that manage the replacement of medical equipment are included in this category.

In the Santa Maria Hospital, equipment replacement does not occur in a planned way and does not take into account pre-defined replacement criteria. To solve this problem, this work presents an alternative to the current replacement tools that can inform the Hospital, in a clear methodological way, about the current replacement needs of any type of its equipments.

The replacement support model was built using the MACBETH multicriteria approach. This is a socio-technical methodology, which builds a quantitative evaluation tool based on decision-makers preferences.

The methodology steps followed in the model construction were: construction of a cognitive map to identify replacement criteria and descriptors of impact, from structured questionnaires, and determination of value functions and weights of the criteria in a decision conference. Categories of replacement value were also built in a decision conference, to more easily distinguish between different replacement needs.

In the end, the replacement model was applied to a wide array of medical equipment, identifying a Magnetic Resonance and a Computer Tomography machines as the highest replacement priorities. The results were consistent with those expected and the analysis carried on the results proved the potentiality of the tool built for the Hospital.

Keywords: decision analysis, multicriteria model, MACBETH, hospital, replacement policy, hospital medical equipment.

Índice Geral

1. Introdução 1
2. Contexto 3
2.1. Necessidade de planear a gestão da tecnologia médica 3
2.2. O Hospital de Santa Maria 6
2.3. Estruturação do problema 9
2.3.1. Descrição do processo actual de substituição no HSM 9
3. Resolução do problema 12
3.1. Possíveis abordagens na resolução do problema 12
3.2. Metodologia proposta 18
3.2.1. Mapa cognitivo 21
3.2.2. Critérios e áreas de preocupação 23
3.2.3. Descritores de impacto 24
3.2.4. Modelo de agregação aditiva: determinação das funções de valor e dos pesos. 25
3.2.5. Categorias de urgência 28
4. Aplicação da metodologia de apoio à substituição 31
4.1. Definição do problema 32
4.1.1. Identificação dos equipamentos 33
4.1.2. Selecção dos actores 33
4.1.3. Recolha do histórico dos equipamentos 34
4.1.4. Reunião com os actores e recolha das primeiras impressões 36
4.2. Estruturação do modelo 38
4.2.1. Construção do mapa cognitivo 38
4.2.2. Definição dos critérios e descritores de impacto 39
4.2.3. Determinação das funções de valor 49
4.2.4. Determinação dos pesos dos critérios 56
4.2.5. Construção das categorias de valor 58
4.3. Análise de resultados 59
4.3.1. Avaliação dos equipamentos 60
4.3.2. Análise do perfil dos equipamentos 62
4.3.3. Análise de sensibilidade e robustez 65
4.3.4. Análise de Custo-Benefício 71
4.3.5. Distribuição dos equipamentos pelas categorias de valor 72
5. Discussão 73
6. Conclusão 78
7. Bibliografia 80

Índice de Figuras

Figura 1 - Representação das fases de ciclo de vida de um equipamento médico..... 4

Figura 2. Processo de gestão da tecnologia médica no Hospital Pediátrico do Texas. 5

Figura 3. Esquema do processo de detecção e execução de uma reparação. 10

Figura 4. Esquema do processo de detecção e execução de uma substituição. 10

Figura 5. Representação de um processo de substituição que utiliza o ERPS 12

Figura 6. Exemplo de uma avaliação de um equipamento com o sistema ERPS..... 13

Figura 7. Factores incluídos no estudo e respectivas ponderações. 15

Figura 8. Resultado final (matriz) do estudo, onde se indica a ordenação dos números de mérito de vários tipos de equipamentos. A linha vermelha representa o limite orçamental, isto é, até onde a instituição tem capacidade orçamental para substituir os equipamentos da matriz naquele ano. 15

Figura 9. Sumário dos atributos, pesos, medidas e *scores* do modelo. 16

Figura 10. Esquema proposto para a nova política de substituição de equipamentos 18

Figura 11. Fases seguidas pela metodologia MACBETH na resolução do problema 20

Figura 12. Esquema do processo de construção do modelo de apoio à decisão 21

Figura 13. Estrutura hierárquica de um mapa cognitivo 22

Figura 14. Processo cognitivo de articulação e pensamento..... 22

Figura 15. Árvore de valor que apresenta os critérios identificados no estudo da Câmara Municipal de Lisboa. A sigla PJ diz respeito a um potencial trabalho no edifício. 23

Figura 16. Escala de performances para o critério FPV4, do exemplo do estudo da Câmara Municipal de Lisboa. A sigla PJ diz respeito a um potencial trabalho no edifício. 25

Figura 17. Matriz de julgamentos MACBETH para os níveis de impacto do critério FPV4, e respectiva escala 26

Figura 18. Alteração das proporções cardinais iniciais da escala MACBETH, após discussão entre os actores. 27

Figura 19. Representação das constantes de escala (pesos) atribuídos aos critérios do estudo da Câmara Municipal de Lisboa. 28

Figura 20. Exemplificação do procedimento a) *bottom-up* e b) *top-down* 29

Figura 21. Construção do modelo: etapas da fase de definição do problema. 31

Figura 22. Construção do modelo: etapas da fase de estruturação do modelo. 32

Figura 23. Construção do modelo: etapas da fase de avaliação do impacto e análise..... 32

Figura 24. Mapa Cognitivo 39

Figura 25. Árvore de valor introduzida no software M-MACBETH..... 41

Figura 26. Introdução dos níveis de performance do critério *Idade do equipamento*, no software M-MACBETH 42

Figura 27. Árvore de valor com os critérios e descritores de impacto prontos a serem avaliados pelo software M-MACBETH 42

Figura 28. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Funcionalidades*..... 51

Figura 29. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Idade do equipamento* 52

Figura 30. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Risco de paragem* 52

Figura 31. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Risco de segurança* 52

Figura 32. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Disponibilidade operacional* 53

Figura 33. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Qualidade do diagnóstico ou da terapêutica* 53

Figura 34. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Velocidade do diagnóstico ou da terapêutica* 53

Figura 35. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Tipo de assistência* 54

Figura 36. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Tempo de resposta da assistência* 54

Figura 37. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Custo da assistência* 54

Figura 38. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Custo com os upgrades* .. 55

Figura 39. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Custo de operação* 55

Figura 40. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Impacto na imagem do Hospital* 55

Figura 41. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Estratégia económica* 56

Figura 42. Ordenação dos swings 56

Figura 43. Matriz de julgamentos para a ponderação dos critérios. 57

Figura 44. Pesos resultantes na avaliação dos critérios. 57

Figura 45. Identificação dos perfis dos equipamentos que correspondem às três diferentes categorias de valor. 59

Figura 46. Tabela de performances dos equipamentos avaliados 60

Figura 47. Tabela de Pontuações 61

Figura 48. Resultados globais do modelo, apresentados numa escala termométrica 61

Figura 49. Tabela de ordenações dos equipamentos nos critérios 62

Figura 50. Perfil da Ressonância Magnética (pontuações e ponderações nos critérios) 63

Figura 51. Perfil da TAC (pontuações e ponderações nos critérios) 64

Figura 52. Perfil do Acelerador Linear (pontuações e ponderações nos critérios) 64

Figura 53. Perfil da Câmara Gama (pontuações e ponderações nos critérios) 64

Figura 54. Análise de sensibilidade no peso do critério *Risco de segurança* 65

Figura 55. Análise de sensibilidade no peso do critério *Custo da assistência* 66

Figura 56. Limites de variação permitidos nos pesos de critérios (a vermelho) 66

Figura 57. Análise de sensibilidade nos níveis do critério *Risco de segurança* 67

Figura 58. Análise de sensibilidade nos níveis do critério *Custo da assistência* 67

Figura 59. Análise de robustez do modelo, considerando a informação ordinal em local e global. 68

Figura 60. Análise de robustez do modelo, considerando a informação ordinal e MACBETH em local e global. 69

Figura 61. Análise de robustez do modelo, considerando a informação ordinal e MACBETH local em global, e a informação cardinal em local. 69

Figura 62. Incertezas na atribuição dos níveis de impacto nos critérios *Custo com upgrades* e *Custo de operação*. 70

Figura 64. Análise de robustez do modelo, considerando imprecisão na performance em dois critérios e imprecisão de 3% na sua informação local cardinal 71

Figura 65. Balanço dos custos e benefícios que as substituições dos equipamentos representam para o Hospital, actualmente. A vermelho representa-se a fronteira de eficiência 72

Figura 66. Distribuição dos equipamentos pelas categorias de valor de substituição 72

Figura I. Estrutura Organizacional do Hospital Santa Maria – parte 1 83

Figura II. Estrutura Organizacional do Hospital Santa Maria – parte 2 84

Índice de Tabelas

Tabela 1. Evolução de MCDT's realizados em Imagiologia Geral. 8

Tabela 2. Evolução de MCDT's realizados em Imagiologia Neurológica. 8

Tabela 3. Execução do Programa de Investimentos (em milhares de euros) 8

Tabela 4. Evolução do rácio de investimentos sobre os proveitos 8

Tabela 5. Actores seleccionados na primeira fase de estruturação do problema. 33

Tabela 6. Equipamentos sujeitos a avaliação 34

Tabela 7. Peças que o contrato de manutenção não inclui. 35

Tabela 8. Valores suportados pelo Hospital durante os anos de 2006 a 2008, com os equipamentos do estudo. 35

Tabela 9. Número de equipamentos existente no Hospital 36

Tabela 10. Limitações apontadas pelos actores nos equipamentos estudados..... 37

Tabela 11. Custos de aquisição de equipamentos novos..... 37

Tabela 12. Descrição das áreas de preocupação que foram incluídas no modelo. 43

Tabela 13. Descrição dos critérios que foram incluídos no modelo 43

Tabela 14. Descritor de impacto do critério *Funcionalidades* 45

Tabela 15. Descritor de impacto do critério *Idade do equipamento* 45

Tabela 16. Descritor de impacto do critério *Risco de paragem* 45

Tabela 17. Descritor de impacto do critério *Risco de segurança*..... 45

Tabela 18. Descritor de impacto do critério *Disponibilidade operacional* 46

Tabela 19. Descritor de impacto do critério *Qualidade do diagnóstico ou da terapêutica*..... 46

Tabela 20. Descritor de impacto do critério *Velocidade do diagnóstico ou da terapêutica* 46

Tabela 21. Descritor de impacto do critério *Tipo de assistência*..... 47

Tabela 22. Descritor de impacto do critério *Tempo de resposta da assistência* 47

Tabela 23. Descritor de impacto do critério *Custo da assistência* 47

Tabela 24. Descritor de impacto do critério *Custo da operação* 48

Tabela 25. Descritor de impacto do critério *Custo total durante o restante ciclo de vida do actual vs custo total ciclo de vida do novo* 48

Tabela 26. Descritor de impacto do critério *Custo com upgrades* 48

Tabela 27. Descritor de impacto do critério *Impacto na imagem do Hospital*..... 48

Tabela 28. Descritor de impacto do critério *Estratégia económica*..... 49

Tabela 29. Descritor de impacto do critério *Velocidade do diagnóstico ou da terapêutica* 50

Tabela 30. Perfis que separam as categorias de valor, e respectivos índices de substituição associados ……..59

Lista de Abreviaturas

CA	Conselho de Administração
CAT	Contrato de Assistência Técnica (Manutenção)
CHLN	Centro Hospitalar Lisboa Norte
ERP	Equipment Replacement Planning
ERPS	Equipment Replacement Planning System
FML	Faculdade de Medicina de Lisboa
HSM	Hospital de Santa Maria
MP	Manutenções Preventivas
MCDT	Meios Complementares de Diagnóstico e Terapêutica
MO	Mão-de-Obra
OT	Ordens de Trabalho
SIE	Serviço de Instalações e Equipamentos
TAC	Tomografia Axial Computorizada

1. Introdução

A prática da medicina moderna é dominada pela tecnologia e, de uma forma geral, todas as especialidades médicas dependem de alguma maneira da tecnologia médica para atingir os seus objectivos, tanto no campo da prevenção como no campo do tratamento e diagnóstico médicos (Jahnke e David, 2005). Por exemplo, é através dos novos equipamentos e técnicas de diagnóstico que se consegue fazer uma prevenção e tratamento precoce das doenças, de forma a reduzir o número de mortes e aumentar a qualidade e a esperança de vida da população. Para além disso, e dado que o sector da saúde tende a ser cada vez mais competitivo (com a entrada em cena de novos operadores), as organizações necessitam de especialização, diferenciação e inovação para melhorar os cuidados de saúde, recrutar e reter profissionais de alta qualidade, conduzir investigação e aumentar as receitas, e isso (também) é possível através da utilização das mais recentes tecnologias médicas (Orlikowski, 2000) (Brach et al., 2008) (Teplensky et al., 1996).

Torna-se, portanto, fundamental avaliar e gerir eficazmente as tecnologias existentes e que são utilizadas diariamente em diversos sectores do sistema de saúde, sobretudo devido a razões tais como a necessidade de controlar o contínuo acréscimo dos custos neste sector e dos tempos de espera, assim como a necessidade de assegurar a segurança, qualidade e eficácia médicas (The Health Committee, 2005) (Brach et al., 2008). Para isso é necessário criar e implementar metodologias de avaliação e gestão de tecnologias, nomeadamente para os equipamentos médicos hospitalares, dado que nos últimos anos a prestação dos cuidados de saúde está muito dependente destes equipamentos (Jahnke e David, 2005).

Perante os argumentos apresentados, a motivação que levou ao desenvolvimento desta tese de mestrado foi a necessidade de criar um sistema de apoio à decisão que avalie os equipamentos médicos hospitalares actuais do Hospital Santa Maria (HSM), e informe do valor que as substituições destes equipamentos representam para o Hospital. Com a criação do sistema de apoio pretende-se alterar a política de substituição de equipamentos médicos hospitalares no HSM, tornando-a criteriosa e metodológica, e ser alternativa às ferramentas de apoio à substituição já desenvolvidas e implementadas em hospitais internacionais (Christer e Scarf, 1994) (Fennigkoh, 1992) (Rajasekaran, 2005), caracterizadas por apresentar pontos fracos nas suas formulações.

A criação do sistema de apoio envolveu uma componente sócio-técnica, que integrava as necessidades dos decisores (os responsáveis institucionais e pessoal médico do HSM), segundo as metodologias multicritério e de estruturação de problemas fornecidas pela área de análise de decisão, mais concretamente pela metodologia multicritério MACBETH.

A metodologia MACBETH fornece uma abordagem humanista e simples na resolução de problemas, com base em julgamentos diferenciais qualitativos, e é bastante utilizada na resolução de problemas de priorização, nas mais diversas áreas sociais e económicas (Bana e Costa e Oliveira, 2002) (Bana e Costa et al., 2006) (Bana e Costa et al., 2008).

A vantagem da utilização da metodologia MACBETH é permitir eliminar conflitos colectivos, ou decisões individuais intuitivas, possíveis incertezas, inconsistências de raciocínio (Bana e Costa e

Phillips, 1997) e erros de julgamento e de análise que ocorrem tipicamente quando se toma uma decisão complexa. O problema, nesta situação, é ao avaliar a importância relativa de um objectivo em relação a outro, má informação sobre valores é produzida e todos os cenários não são tidos em conta, o que leva a uma pobre decisão (Keeney, 1992).

No contexto do desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à substituição, a metodologia MACBETH pretende eliminar os erros típicos que ocorrem no HSM quando se prioriza ou identifica a importância relativa de determinados critérios ou objectivos, na determinação das diferentes necessidades de substituição naquele Hospital. A metodologia proposta também pretende apresentar-se como alternativa face a outras abordagens metodológicas já desenvolvidas, no sentido de facilitar o processo de avaliação das substituições e eliminar os erros metodológicos que ocorrem na formulação dessas mesmas abordagens.

O processo de construção do modelo de apoio à substituição requereu a passagem por diversas fases, que são descritas nas secções que se seguem.

Esta tese de mestrado está organizada da seguinte forma: na secção 2 faz-se uma contextualização, baseada na literatura, sobre as necessidades actuais de planeamento da gestão de equipamentos hospitalares, nomeadamente no planeamento das substituições, descreve-se o HSM, o Hospital onde se pretende implementar o modelo de substituição de equipamentos, e apresenta-se o problema que há na gestão das substituições naquele Hospital; na secção 3, e segundo a literatura disponível, indicam-se possíveis abordagens na resolução do problema apresentado, reflecte-se a formulação das mesmas e expõe-se a metodologia que foi utilizada na construção do modelo de apoio à substituição, assim como os fundamentos teóricos considerados na sua construção; na secção 4 descrevem-se os vários passos seguidos no desenvolvimento do modelo, a partir da teoria apresentada, e que incluíram a definição do problema, a estruturação do modelo e a análise de resultados (quando se aplicou o modelo a um conjunto de equipamentos); na secção 5 e 6 discutem-se as potencialidades do modelo desenvolvido e retiraram-se as principais conclusões.

2. Contexto

A partir de bibliografia disponível, este capítulo começa por fazer referência às necessidades actuais de planeamento de gestão de tecnologias médicas e indica os objectivos que as instituições hospitalares requerem concretamente com a implementação de ferramentas de apoio à gestão de equipamentos médicos hospitalares. Posteriormente é descrito o HSM, hospital onde se desenvolveu o estudo desta tese de mestrado, e explica-se o problema que o HSM apresenta na área da gestão da substituição de equipamentos médicos hospitalares.

2.1. Necessidade de planear a gestão da tecnologia médica

A prestação de cuidados de saúde ocorre num ambiente complexo onde a estratégia, as instalações, as tecnologias, as drogas, a informação e as intervenções humanas interagem. Mais concretamente, a tecnologia médica corresponde à utilização de ferramentas que permitem a execução de uma qualquer tarefa médica, e tais ferramentas estão a ser introduzidas a uma taxa cada vez maior no sector da saúde nos últimos 100 anos (Jahnke e David, 2004), nomeadamente os equipamentos médicos hospitalares. Os equipamentos médicos hospitalares são sistemas empregues na prestação de cuidados de saúde à população, operados por médicos, enfermeiros ou técnicos. Estes podem carregar mecanismos mecânicos, electrónicos, hidráulicos, pneumáticos, incorporar software (Carmo et al., 2007), e ser utilizados em prevenção, diagnóstico, tratamento ou na criação do conforto necessário para o paciente quando se executam exames terapêuticos, de diagnóstico ou profilácticos (Kabatov, 1970).

Tradicionalmente, a afectação de capital na saúde tem tendência a focar-se em investimentos de retorno financeiro garantido, nos quais se assegura previamente, isto é, antes do financiamento, a obtenção de benefício na forma de receitas adicionais ou de redução de despesas (Kleinmuntz e Kleinmuntz, 1999). Para isso, pesam-se os custos imediatos do projecto com os eventuais benefícios durante o tempo de investimento do projecto (Kleinmuntz e Kleinmuntz, 1999). No entanto, esta estratégia não encoraja o investimento em outras áreas cujos benefícios a longo prazo são difíceis de ser calculados financeiramente, tais como o investimento em equipamentos hospitalares. A aposta nesta área, para além de melhorar a qualidade dos cuidados de saúde, permite apostar numa estratégia financeira assente na satisfação dos clientes, na quota de mercado e nas relações cooperativas entre os profissionais de saúde (Kleinmuntz e Kleinmuntz, 1999).

Actualmente, os meios tradicionais de prestação de cuidados de saúde estão a ser substituídos por alternativas, como por exemplo a telemedicina, a clínica externa e o crescimento da cirurgia de ambulatório, esperando, nestes três casos, atingir-se determinadas metas e objectivos. Essas metas e objectivos incluem parâmetros administrativos, clínicos, fiscais e financeiros, que de alguma maneira influenciam a forma como os equipamentos hospitalares são integrados, operacionalizados, mantidos, retirados e substituídos nos hospitais (David e Jahnke, 2004).

Esta transformação está a ser conduzida por três grandes forças motivadoras, que são os custos, a tecnologia e a expectativa social. O impacto dessas três forças pode variar ao longo do

tempo, assim como a sua importância relativa e o factor humano que as interage, no entanto é sempre a conjugação dessas forças que impulsiona os hospitais a identificar objectivos, a definir prioridades e a alocar recursos eficazmente para atingir esses objectivos da melhor maneira possível (David e Jahnke, 2004).

Mais concretamente, a evolução significativa que se tem verificado nos últimos tempos nos equipamentos hospitalares deve-se à necessidade de incorporar tecnologias cada vez mais seguras, e por vezes complexas, e às exigências de segurança, de performance, de sistemas de redução de falhas e de redução de custos com a manutenção (Carmo et al., 2007).

Para gerir eficazmente o seu investimento, identificar prioridades e objectivos (de acordo com um plano estratégico) e maximizar o retorno financeiro, os hospitais necessitam de desenvolver programas de gestão da tecnologia médica, que possam integrar informação pertinente e uma metodologia de planeamento eficaz, para a aquisição do equipamento novo, assim como optimizar a gestão do inventário de equipamentos existente (Jahnke e David, 2005), e com o qual estão mal preparados (gestão dos *upgrades*, das substituições, dos custos anuais com sua manutenção, etc.). Para isso é necessário compreender a relação entre os métodos e a informação que guia as decisões de gestão da tecnologia médica, utilizada no complexo ambiente do sistema de saúde, e conseguir estabelecer ligação entre as capacidades técnicas da tecnologia actual e as necessidades clínicas.

Por exemplo, a aplicação do conhecimento sobre a gestão óptima das várias fases do ciclo de vida de um equipamento médico (Figura 1) pode permitir maximizar a sua utilização, durante cada uma dessas fases, e gerindo o inventário de equipamentos, torna-se mais fácil a escolha e aquisição de outros novos (David e Jahnke, 2004). Daqui se depreende que o conceito de gestão do inventário de equipamentos está muito além do que é praticado actualmente nos hospitais, em que meramente se adquire e mantém os equipamentos hospitalares de acordo com as previsões futuras de exigência do mercado e do número de pacientes que são esperados nos serviços (David e Jahnke, 2004).

Figura 1. Representação das fases de ciclo de vida de um equipamento médico (Carmo et al., 2007).

Neste contexto (e citando um exemplo), foi desenvolvido e executado um plano de gestão de tecnologias médicas no Hospital Pediátrico do Texas, nos EUA, neste caso para equipamentos hospitalares. As etapas de execução do plano indicam-se na Figura 2 (David e Jahnke, 2004).

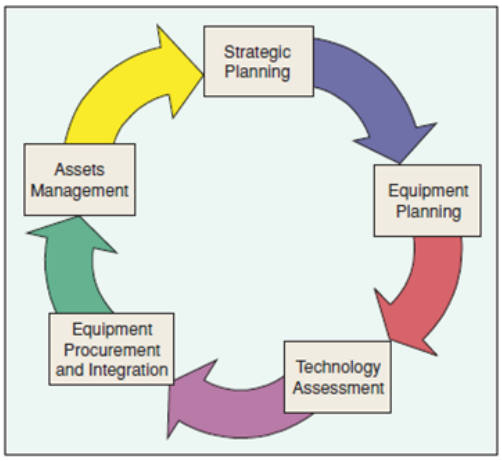


Figura 2. Processo de gestão da tecnologia médica no Hospital Pediátrico do Texas (David e Jahnke, 2004).

Segundo a figura anterior, os prestadores de saúde devem começar por tomar boas decisões durante o processo orçamental, para que se invista capital nos recursos que são realmente necessários, e que se desenvolvam programas estratégicos que permitam, entre outras medidas (Jahnke e David, 2005):

a) Guiar a estratégia de alocação de recursos.
b) Maximizar o valor fornecido pelos recursos investidos na tecnologia médica.
c) Identificar e avaliar oportunidades e ameaças tecnológicas.
d) Optimizar priorização e integração.
e) Aumentar o acesso aos cuidados de saúde.
f) Reduzir despesas de operação.
g) Reduzir a exposição ao risco.

Depois de desenvolver o plano estratégico da instituição, que inclui a definição das necessidades e dos objectivos subjacentes à aquisição de equipamentos hospitalares, é também necessário despender esforço na avaliação contínua dos equipamentos hospitalares, de acordo com os seguintes objectivos (David e Jahnke, 2004):

1) Recolher informação pertinente relacionada com decisões sobre equipamento médico.
2) Desenvolver um plano anual para a substituição de equipamentos, e os custos associados.
3) Comunicar os critérios de substituição, que são apoiados pelos utilizadores.
4) Criar uma metodologia de avaliação actualizável, com resultados mensuráveis.
5) Melhorar o processo de investimento de capital, integrando o *status* da tecnologia actual com as necessidades a longo termo relativamente aos objectivos médico-cirúrgicos.

Para completo sucesso e implementação de um plano estratégico, o Hospital Pediátrico do Texas integrou informação relativa à utilização e operacionalidade do equipamento (ou de outras tecnologias) que pretendia adquirir e geriu o inventário dos equipamentos existentes, visando sempre a utilização dos equipamentos ao menor custo possível, durante o tempo de vida dos mesmos.

O planeamento e a aquisição de equipamento novo, assim como a optimização do inventário de equipamentos existentes numa instituição hospitalar, necessitam da experiência e da envolvência de profissionais que assegurem a especificação correcta e eficaz de critérios de avaliação, gestão,

monitorização e selecção dos equipamentos, de acordo com as necessidades dos utilizadores, e que conheçam as tecnologias existentes no mercado, o impacto que estas poderão ter na instituição, e a necessidade clínica e preferência do mercado sobre as mesmas. Entre esses profissionais incluem-se os engenheiros biomédicos, dado que estes profissionais têm uma formação em engenharia, ciências da vida e gestão, conseguindo aliar esses factores ao desenvolvimento de ferramentas que promovam os cuidados de saúde (Jahnke e David, 2005).

O desenvolvimento e execução de ferramentas de gestão de equipamentos hospitalares requerem, necessariamente, também o empenho dos responsáveis das instituições, como directores de serviço, médicos, técnicos, etc., assim como dos pacientes, pois é só a partir do envolvimento de todos que se consegue implementar eficazmente as ferramentas criadas e ir ao encontro das necessidades e da estratégia estabelecida por cada instituição.

Com referência ao caso português, e no contexto do Serviço Nacional de Saúde, não existe legislação que estabeleça normas de programação e procedimentos a seguir, especificamente, na manutenção e utilização dos equipamentos hospitalares, e na avaliação da qualidade dos serviços prestados, o que torna difícil uma avaliação funcional permanente dos equipamentos e, consequentemente, a sua gestão (Faria, 1999). Perante esta situação, cabe a cada hospital, nomeadamente aos Serviços de Instalações e Equipamentos (SIE)[1], criar e utilizar ferramentas que procedam à gestão eficaz do inventário de equipamentos existente, para que assim haja maior segurança e maior continuidade e fiabilidade no funcionamento dos equipamentos.

Tendo em conta os argumentos apresentados, e a relevância dos mesmos, o trabalho desta tese centrou-se no desenvolvimento e construção de uma ferramenta de apoio à substituição de equipamentos no HSM, capaz ser utilizada de forma sistemática, clara e intuitiva pelo seu SIE. O objectivo consiste em promover, no Hospital, uma gestão eficaz do seu inventário de equipamentos, melhorando a identificação actual daqueles que devem de ser substituídos, caracterizada pela falta de metodologia e critérios.

Para desenvolver um modelo que melhor se adequasse ao contexto do HSM, foi necessário estudar a instituição, sobretudo as suas particularidades, objectivos, necessidades e perspectivas. De uma forma geral, este Hospital é uma instituição de saúde de referência no país, que se caracteriza por apresentar todas as especialidades médicas e, consequentemente, grande heterogeneidade de equipamentos médicos hospitalares.

Uma breve descrição do Hospital apresenta-se na secção seguinte.

2.2. O Hospital de Santa Maria

O HSM iniciou a sua actividade em 8 de Dezembro de 1954 (HSM, 2007). O Hospital pertence ao Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN), que integra um outro importante estabelecimento

[1] Serviço hospitalar que tem um papel fundamental na aquisição, manutenção e substituição dos equipamentos nos hospitais.

(o Hospital Pulido Valente), e tem como principal missão prestar cuidados de saúde e fornecer formação pré- e pós-graduada, assim como inovação, investigação e tecnologia (CHLN, 2008). Com esta missão, o Hospital também pretende garantir referenciação diferenciada em múltiplas áreas clínicas, equidade e universalidade de acesso, assistência eficaz e eficiente, e promoção da qualidade e da excelência, assegurando a satisfação dos doentes e dos profissionais de saúde (CHLN, 2008).

De acordo com o Relatório e Contas de 2007, o HSM é um Hospital Central e Universitário que presta cuidados directos a cerca de 350.000 habitantes provenientes de áreas da Grande Lisboa, mas dadas as suas características de centro de referenciação diferenciada, a sua influência estende-se a nível regional e nacional, sendo referência para doentes com patologias complexas e/ou raras. A constante diferenciação e avanços na prática clínica tiveram um grande impacto na actividade do Hospital, levando à criação de unidades que podem ser consideradas, tanto a nível nacional como internacional, de elevada excelência e qualidade (HSM, 2007).

A empresarialização do Hospital, assim como a implementação do plano estratégico 2006-2008, permitiram mudanças no modelo de gestão hospitalar, nomeadamente no âmbito da reestruturação física e funcional dos serviços clínicos, na especialização da actividade assistencial e na contratação de bens e serviços. Medidas com incidência na área da logística, das compras, da negociação, entre outras, foram implementadas com evidentes reflexos tanto em qualidade como em eficiência (HSM, 2008). Do ponto de vista económico-financeiro, as medidas em curso permitiram atingir progressivos ganhos em eficácia e eficiência (com impacto tanto no campo dos custos como nos proveitos), que foram decisivos para assegurar a sustentabilidade financeira do Hospital e garantir o desempenho correcto da missão do Hospital (HSM, 2007), (HSM, 2008).

O Hospital começou também a apostar nos sistemas de informação, já que estes permitem um melhor registo de actividades, e a dar atenção aos investimentos efectuados, que são seleccionados de acordo com as carências estruturais ou funcionais, mais importantes e inadiáveis, de retorno garantido (HSM, 2008).

Para além da ligação que estabelece com a Faculdade de Medicina de Lisboa (FML), na formação pré- e pós-graduada, o Hospital também aposta na investigação científica, assente em múltiplas unidades de pesquisa e múltiplos estudos (de cariz institucional ou solicitado por entidades externas), com qualidade reconhecida (HSM, 2008).

Ainda no Relatório e Contas 2007 do Hospital, pode-se observar outras características da instituição, relativas às suas actividades e indicadores económicos e financeiros (HSM, 2008).

Em 2007, verificou-se o aumento do número de consultas externas, de primeiras consultas (mas diminuição das consultas subsequentes), da assistência na Urgência Central, da actividade cirúrgica urgente e de ambulatório, e da actividade em Hospital de Dia, no que diz respeito ao número de sessões realizadas. A área dos Meios Complementares de Diagnóstico e de Terapêutica (MCDT) também cresceu, tanto em quantidade como em complexidade e diferenciação tecnológica, apresentando diferentes tipos de equipamentos de diagnóstico e terapêutica. Por exemplo, na Tabela 1 e 2 demonstra-se a crescente evolução do número de exames realizados no serviço de Imagiologia

Geral e Neurológica, respectivamente, entre os anos de 2005 a 2007, sendo excepção o balanço do número de exames realizados entre os anos de 2006 e 2005 na Imagiologia Geral.

Tabela 1. Evolução de MCDT's realizados em Imagiologia Geral.

MCDT's	2005	2006	Δ % 06/05	2007	Δ % 07/06
RX Convencional	205.766	181.353	-11.9	190.891	5.3
Ecografia	32.514	32.865	1.1	29.396	-10.6
TAC	9.290	9.787	5.3	10.942	11.8
Ressonância Magnética	1.272	1.234	-3.0	1.316	6.6
Angiografia	274	511	86.5	451	-11.7
Mamografia	2.568	3.060	19.2	3.132	2.4
Total	**251.684**	**228.810**	**-9.1**	**236.128**	**3.2**

Tabela 2. Evolução de MCDT's realizados em Imagiologia Neurológica.

MCDT's	2005	2006	Δ % 06/05	2007	Δ % 07/06
TAC	16.549	17.810	7.6	18.471	3.7
Ressonância Magnética	3.378	3.639	7.7	3.555	-2.3
Angiografia	504	569	11.9	677	20.0
Total	**20.431**	**22.013**	**7.7**	**22.703**	**3.1**

A partir da descrição anterior, verifica-se que a utilização dos equipamentos médicos, que auxiliam o diagnóstico e a terapêutica, tornou-se crescente entre os anos de 2005 a 2007. Este factor justifica o desenvolvimento de ferramentas de apoio à gestão e avaliação de equipamentos hospitalares, especialmente no apoio à decisão de quais os equipamentos que devem ser substituídos.

No que diz respeito aos investimentos, a Tabela 3 revela os montantes dispendidos na execução do programa de investimentos em três anos consecutivos e a Tabela 4 a evolução do rácio dos investimentos sobre os proveitos totais (HSM, 2008).

Tabela 3. Execução do programa de investimentos (em milhares de euros).

Execução Programa Investimentos	2005	2006	2007	Total
Edifícios/Construção/Instalações	3,468	3,611	6,239	13,318
Equipamento Médico	3,304	4,124	5,900	13,328
Equipamento de Transporte	0	85	0	85
Equipamento Administrativo	230	311	828	1,369
Hardware/Software	2,373	2,542	2,706	7,621
Outros	433	265	0	698
Total	**9,808**	**10,938**	**15,673**	**36,419**

Tabela 4. Evolução do rácio de investimentos sobre os proveitos.

Execução Programa Investimentos	2005	2006	2007
Investimentos (milhões de euros)	9,8	10,9	15,6
Proveitos Totais (milhões de euros)	382,2	317,7	319,8
Investimentos / Proveitos Totais (%)	2,6	3,4	4,9

No ano de 2007, o investimento realizado pelo Hospital contribuiu crescentemente para a modernização e eficiência da prestação dos cuidados de saúde, nomeadamente a actualização do equipamento médico e cirúrgico, a recuperação de instalações, o melhoramento das condições de atendimento, acolhimento e tratamento do utente, e dos sistemas de informação (HSM, 2008). De entre todas as áreas de investimento, observa-se que o valor total de investimento em equipamento foi sendo progressivamente maior, entre os anos de 2005 a 2007 (Tabela 4).

Por último, e ainda relativamente ao ano de 2007, o Relatório e Contas 2007 do Hospital indica um crescimento acentuado dos resultados, graças ao aumento dos proveitos e do controlo dos custos (HSM, 2008). Baseado nisto, é indiscutível associar estes crescimentos à utilização dos equipamentos médicos, já que são o instrumento essencial na produção do trabalho médico e, consequentemente, do Hospital (possibilitando tanto a prestação de cuidados de saúde à população como a investigação).

Face às características do Hospital que foram apresentadas, à sua dimensão e à heterogeneidade de serviços (Figura I, Anexo I) e equipamentos que possui, torna-se necessário criar ferramentas de gestão dos equipamentos médicos hospitalares, que possam ser continuamente utilizados no cenário hospitalar, e que possam responder às exigências da instituição. O primeiro passo na criação de ferramentas de gestão de equipamentos no HSM é a criação de uma ferramenta de apoio à substituição de equipamentos médicos hospitalares. Na subsecção seguinte apresenta-se o problema que o Hospital apresenta nesta matéria e indica-se a solução proposta.

Salientar que para o desenvolvimento desta tese de mestrado contou-se com a colaboração do Conselho de Administração (CA) e com o envolvimento do Departamento de Cirurgia, Departamento de Imagiologia, Departamento do Tórax, Departamento de Oncologia, Departamento de Medicina Nuclear e o SIE.

2.3. Estruturação do problema

A identificação da necessidade de substituição de equipamentos médicos hospitalares no HSM ocorre, fundamentalmente, quando surgem problemas de ordem técnica no equipamento, isto é, quando está a sofrer demasiados problemas, o que implica sujeitá-lo a diversas intervenções, ou então quando sofre uma grande avaria, estuda-se se compensa proceder à sua reparação, dado o historial que apresenta. Num plano secundário ficam as razões relacionadas com a obsolescência do equipamento face à tecnologia actual, e que incluem factores como as funcionalidades/características que estão em falta e que são necessárias no serviço, para responder às necessidades.

Desta forma, a política de substituição de equipamentos não é planeada e uniformizada em todo o Hospital, como pode ser constatado de seguida, quando se descreve o processo actual de substituição.

2.3.1. Descrição do processo actual de substituição no HSM

Actualmente, o processo de executar uma reparação ou uma substituição, no HSM, ocorre tal como está demonstrado nas Figuras 3 e 4. Nos dois casos, a comunicação da necessidade de

reparação e/ou substituição parte, essencialmente, da iniciativa do serviço hospitalar que detém o equipamento.

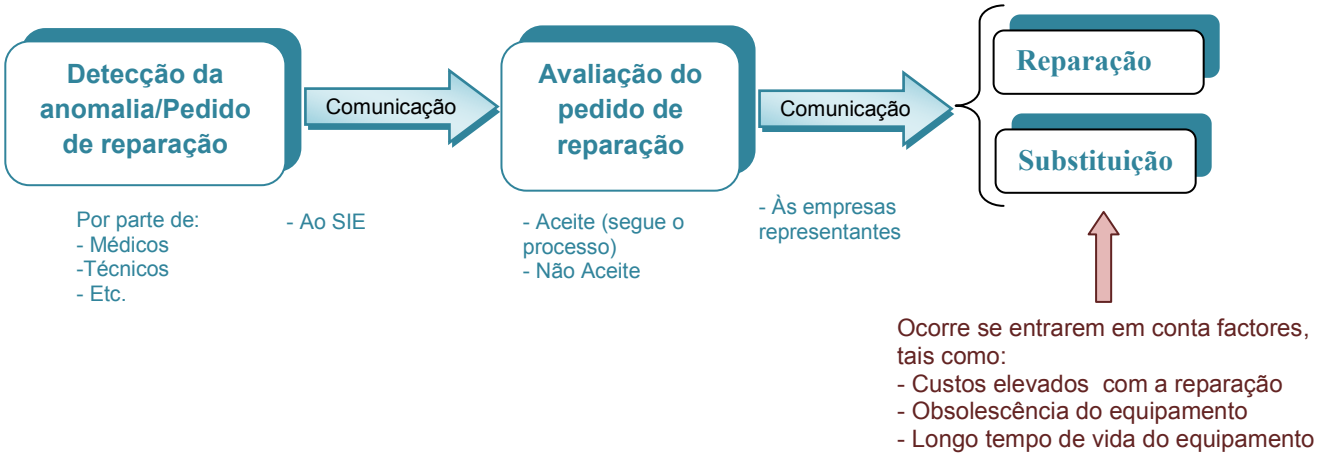


Figura 3. Esquema do processo de detecção e execução de uma reparação.

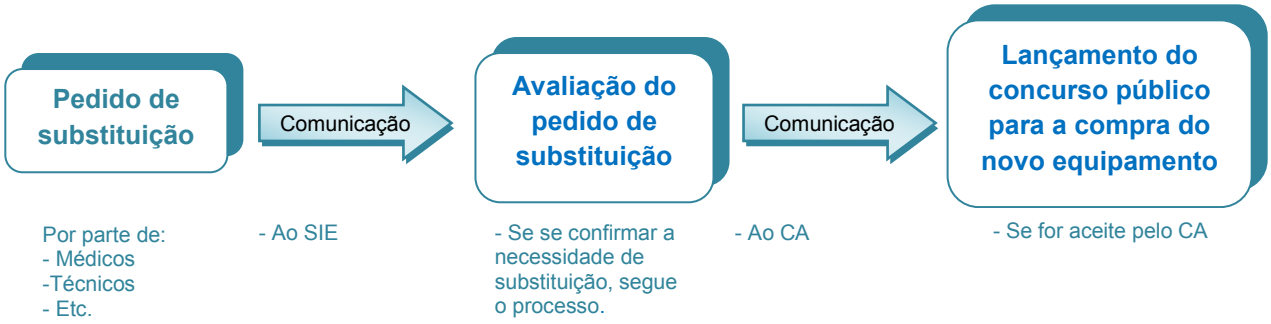


Figura 4. Esquema do processo de detecção e execução de uma substituição.

Como pode ser lido na Figura 3, é o serviço hospitalar responsável pelo equipamento que inicialmente faz o pedido de reparação, quando tem percepção de que este está a funcionar mal ou tem qualquer outro tipo de problema. O pedido é depois direccionado ao pessoal responsável do SIE, que se o aceitar contacta a empresa representante. Todas as reparações, mesmo aquelas que não envolvam quaisquer despesas para o Hospital, porque a natureza da reparação está incluída no contrato de assistência técnica (CAT), são registadas como Ordens de Trabalho (OT).

Por outro lado, se o equipamento apresentar um problema técnico grave e a sua manutenção for dispendiosa, então o cenário mais provável é partir para a sua substituição – e isto acontece, acima de tudo, se os custos de reparação forem muito elevados e se os equipamentos já forem considerados obsoletos, face à tecnologia vigente.

O pedido de substituição por parte do serviço que detém o equipamento pode também ser feito directamente ao SIE, e isso é o que está representado na Figura 4.

Desta forma, todas as partes indicadas anteriormente estão envolvidas no processo de comunicação da necessidade da substituição, ou seja, os utilizadores de cada equipamento, nomeadamente os directores de serviço, médicos e técnicos, e o pessoal responsável do SIE.

Adicionalmente, se os equipamentos possuírem CAT (os que possuem são normalmente os equipamentos de grande porte, que exigem maior esforço económico na sua compra e manutenção) também os técnicos provenientes da fábrica de origem, ou os técnicos formados pela mesma, podem aconselhar a substituição dos equipamentos. Estes técnicos seguem um plano de revisão específico e adequado com o grau de uso do equipamento, através de manutenções preventivas (MP), e é a partir destas que se identifica a necessidade de substituição.

No final, a deliberação pela substituição resume-se a uma decisão político-administrativa do Hospital, cuja orientação culmina no lançamento de um concurso público de aquisição do novo equipamento. Os requisitos presentes no caderno de encargos do concurso são orientados por pessoas que lidam directamente com o equipamento em questão, nomeadamente os directores dos serviços hospitalares e os engenheiros do SIE - uns dos actores fundamentais no processo de aquisição de equipamentos.

Tal como se indica nas figuras anteriores, a política de substituição de equipamentos seguida pelo Hospital não respeita qualquer modelo ou critérios pré estabelecidos, que permitam recomendar de forma metodológica, sistemática e clara da necessidade de substituição. Antes, as substituições são baseadas em intuições subjectivas que não têm em conta todos os parâmetros e critérios que identificam a necessidade de substituição de um equipamento médico hospitalar.

Torna-se, portanto, essencial desenvolver uma ferramenta que consiga informar atempada e metodologicamente da necessidade de substituição de qualquer tipo de equipamento hospitalar, que apresente toda a informação que deve ser considerada num processo de substituição, e que permita gerir eficazmente o inventário de equipamentos existente no Hospital. No fundo, a ferramenta pretende criar valor para o Hospital e informar os decisores hospitalares, que são responsáveis pelo processo de substituição (directores de serviço, médicos, técnicos, SIE, CA), sobre as melhores opções que devem ser tomadas.

No final, pretende-se que seja o SIE a utilizar e manusear esta ferramenta, dado que é este o serviço hospitalar que directamente planeia a gestão da vida útil de cada equipamento hospitalar.

Depois de se descrever, neste capítulo, as necessidades actuais na implementação de programas de gestão hospitalar e indicar o problema no planeamento de substituições que ocorre no HSMN, no capítulo que se segue descreve-se a abordagem metodológica que se utilizou na construção de um modelo de apoio à substituição de equipamentos, e que vai permitir assegurar os objectivos descritos nos parágrafos anteriores, assim como eliminar fraquezas metodológicas que ferramentas de substituição já construídas e implementadas em hospitais internacionais apresentam.

3. Resolução do problema

Este capítulo começa por sumarizar possíveis abordagens que foram já construídas e implementadas em hospitais, e que estão presentes na literatura, no desenvolvimento de ferramentas de apoio à substituição de equipamentos. À medida que se descrevem estas abordagens, são numerados pontos fortes e pontos fracos de cada uma, neste último caso na identificação de erros de formulação que representam os erros típicos que ocorrem em tomadas de decisão.

Ainda neste capítulo é apresentada a metodologia que foi seguida no desenvolvimento da ferramenta de substituição proposta, e que vai possibilitar melhorar o processo de substituição de equipamentos no HSM e resolver os problemas que as abordagens já desenvolvidas apresentam.

3.1. Possíveis abordagens na resolução do problema

Após uma exaustiva pesquisa na *PubMed*[2] e no motor de busca *Google* (utilizando, por exemplo, *medical equipment replacement*, *medical equipment substitution* e *medical equipment purchase*, como palavras-chave), identificaram-se metodologias de substituição de equipamentos hospitalares, que foram desenvolvidas e implementadas em hospitais internacionais. Essas metodologias identificadas na literatura são na sua grande maioria descritas nesta secção.

A gestão dos pedidos de substituição pode ser efectuada através de um sistema de planeamento de substituições designado por *Equipment Replacement Planning System* (ERPS), e que está representado na Figura 5 (Rajasekaran, 2005). A ideia do autor foi recolher informação importante, relativa ao equipamento (registos de MP e do histórico do seu desempenho), para uma base de dados designada por *Equipment Replacement Planning* (ERP), e desenvolver regras programáveis de substituição, utilizando o Microsoft Visual Basic, próprias de cada Hospital, e em que todos os equipamentos deviam obedecer. Essas regras incluíram questões financeiras, de segurança e técnicas, e foram pesadas diferentemente, de acordo com as preferências e os requerimentos do departamento de engenharia dos hospitais (Rajasekaran, 2005).

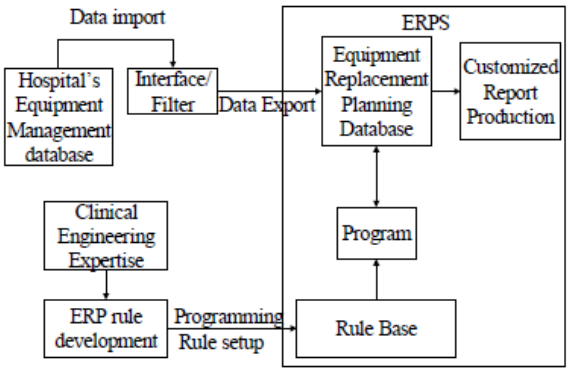


Figura 5. Representação de um processo de substituição que utiliza o ERPS (Rajasekaran, 2005).

[2] PubMed é um serviço online da biblioteca nacional de medicina dos EUA, que inclui mais de 19 milhões de citações de vários jornais de ciências da vida, e contém também links directos para os textos completos dos artigos científicos desses jornais (U.S. National Library of Medicine, 2009).

A informação recolhida foi depois avaliada pelo programa, onde foi calculado um número de substituição relativo para cada equipamento que, no final, permitiu a ordenação da necessidade de substituição dos diferentes equipamentos.

Por exemplo, na Figura 6, um equipamento foi avaliado tendo em conta a regra 1 (Cessação do suporte da assistência), a 2 (Idade do equipamento comparada com o seu tempo de vida útil), a 3 (Taxa de falhas) e a 4 (Obsolescência clínica). Na obtenção do número de substituição desse equipamento teve-se em conta a expressão: ∑(valores normalizados×pesos%)/número de regras×100, em que os pesos foram determinados de acordo com as preferência dos responsáveis hospitalares de cada serviço.

Este método de substituição tem a vantagem de utilizar 2 ferramentas independentes, a base de dados ERP e o software, permitindo a integração fácil de cada componente em outros sistemas de substituição, mas peca por utilizar métodos de avaliação não muito rigorosos, baseados em várias formulações empíricas, tal como foi indicado pelo próprio autor do estudo (Rajasekaran, 2005).

Rule #	Raw value (x)	Normalization equation	Normalized value	Weight %	RRN
1	1 (No support)	(x * 100)	100	90	90
2	1.5	(x –1) * 100	50	80	40
3	2.2	(x – 1) * 50	60	50	30
4	0 (Not obsolete)	(x * 100)	0	55	0
			Device RRN=	Mean =	40

Figura 6. Exemplo de uma avaliação de um equipamento com o sistema ERPS (Rajasekaran, 2005).

A determinação do prognóstico de vida de serviço do equipamento médico foi utilizada na avaliação da sua fiabilidade e eficiência (Toporkov, 2007). Este prognóstico foi feito matematicamente, numa determinada fase da utilização do equipamento, e teve em conta diversos princípios matemáticos, tais como princípios estocásticos resultantes da utilização do equipamento, e princípios baseados em condições de risco, como a probabilidade de acidentes e de não avarias. Estes princípios matemáticos foram também envolvidos em questões físicas do processo, desde à fase de adaptação ao equipamento até à fase de intensa utilização e prolongada idade, e outros parâmetros. Por exemplo, o cálculo do tempo de serviço nominal de um equipamento médico foi importante no cálculo da quantidade da depreciação anual que um equipamento sofria, na instituição médica.

Com este método foi possível desenvolver, em organizações do Ministério da Saúde e Desenvolvimento Social Russo, um sistema automático de informação para a monitorização de equipamentos médicos, com o objectivo de monitorizar o estado do equipamento e dos seus *upgrades*, avaliar a fiabilidade do equipamento e avaliar também os seguintes parâmetros: momento da próxima monitorização, volume e tempo de reparação, fiabilidade, segurança e eficiência económica (Toporkov, 2007).

Esta abordagem utiliza formulações matemáticas do problema, em que se faz simplesmente uma monitorização do equipamento de acordo com o tempo de vida que apresenta, não recomendando directamente se o equipamento necessita de ser ou não substituído.

Um outro estudo (Christer e Scarf, 1994) partiu de modelos já utilizados em outros sectores, onde foram empregues determinadas políticas de substituição e determinados factores para o cálculo do tempo de serviço, e adequou esse conhecimento à substituição de equipamento médico, criando um modelo matemático que foi suficientemente geral para acomodar variabilidade nos tipos de equipamentos, para incorporar parâmetros e variáveis relacionadas com o objectivo final da provisão do serviço médico, e para destacar a performance económica (Christer e Scarf, 1994).

O principal objectivo do modelo foi ajudar a decisão da substituição, identificando a "boa" substituição e as consequências de decisões alternativas, e isto foi conseguido através de uma função matemática complexa que incluiu diversos termos, como, por exemplo, o custo esperado da manutenção do equipamento por ano, a partir do seu ano *i,* m(*i*), o tempo restante de vida do equipamento, expresso em meses, *K*, e a vida económica de uma nova substituição, medida em anos, *L*. No final pretendeu-se minimizar estes últimos dois termos – *K* e *L*. (Christer e Scarf, 1994).

Tal como acontece no modelo anterior (Toporkov, 2007), este também é um modelo matemático que pretende influenciar as decisões de substituição, mas comparando-o com o outro conclui-se que a sua formulação matemática é mais complexa, o que torna difícil uma aplicação correcta e intuitiva por parte dos responsáveis hospitalares, na avaliação da substituição dos equipamentos.

A metodologia desenvolvida por Dondelinger (2004) teve em conta só três factores quantificáveis, que o autor considerou fundamentais na avaliação do perfil de um equipamento. Estes factores foram o número de falhas que ocorreram desde que o equipamento entrou ao serviço, os custos cumulativos das reparações e a idade do equipamento - informações que foram recolhidas a partir das bases de dados que os hospitais possuíam.

Mais concretamente, e segundo o autor, as falhas acontecem devido à idade do equipamento, ao seu pobre design, a erros do utilizador e a muitas outras razões, e quantas mais vezes o equipamento avaria, mais alta deve ser a probabilidade da sua substituição. Isto foi quantificado no estudo incluindo simplesmente o número de OT na fórmula (que diziam respeito só a reparações e não aos *upgrades*, por exemplo).

No caso dos custos cumulativos das reparações, o autor afirmou que era necessário identificar os "cães", isto é, os equipamentos que apresentavam problemas constantes e que consumiam as energias e o orçamento das instituições (por exemplo, os equipamentos que passavam mais tempo na fábrica do que nas mãos do utilizador). Para este tipo de equipamentos, o autor preocupou-se com os custos cumulativos de reparação.

Para além dos três factores indicados, esta metodologia também incluiu factores subjectivos. Estes, apesar de não poderem ser quantificados como os factores anteriores, foram avaliados através da escala de *Likert* (escala de resposta psicométrica). Por exemplo, um factor subjectivo identificado

pelo autor foi o avanço da tecnologia usado na recomendação da substituição, e a avaliação de quão bem uma determinada substituição se encaixava no plano quinquenal da organização.

No desenvolvimento da metodologia, cada factor necessitou de ser pesado por atribuição directa, para que desta maneira certos factores não se sobrepusessem a outros. Estas ponderações foram determinadas de acordo com as indicações dos utilizadores e instituições, e no final foi desenvolvida a "ordenação do número de mérito", baseada nos factores de ponderação individuais.

Tendo em conta os factores descritos anteriormente, os pesos que foram considerados pelo autor, para cada um desses factores, encontram-se apontados na Figura 7. O cálculo do número de mérito foi feito da seguinte forma: factor idade + factor das ordens de reparação + factor do custo de reparação + factor do avanço da tecnologia + factor do encaixe no plano da organização a 5 anos (cada um multiplicado pelo respectivo peso) – Figura 8.

Factor	Source	How Determined	Theoretical Range	Practical Range	Weight
Age Factor	Simple Methodology	Age ÷ Life expectancy	0 - ∞	0.3 – 2	1.0
Repair Workorders	Maint mgt database	Number directly from database	0 - ∞	0 – 70	0.5
Repair Cost Factor	Maint mgt database	Cum repair cost ÷ Equip cost	0 - ∞	0 – 2	2.0
Advancement in Technology	Evaluation of replacement item	Subjective evaluation	1 – 7	1 – 7	0.5
Fit into Five-Year Plan	Evaluation of Five-Year Plan	Subjective evaluation	1 – 7	1 – 7	0.75

Figura 7. Factores incluídos no estudo e respectivas ponderações (Dondelinger, 2004).

Este método, à semelhança do sistema de planeamento ERPS (Rajasekaran, 2005), volta a incluir ponderações atribuídas directamente aos critérios utilizados, de acordo com as preferências dos responsáveis hospitalares. Contudo, como apresenta menos critérios, isso torna-se uma desvantagem, já que se restringe a avaliar mais os custos de reparações e manutenções e não aborda outros custos/benefícios/desvantagens, também importantes a considerar no processo de substituição como, por exemplo, o tempo de vida do equipamento e riscos a ele associados.

Equipment Name	Manufacturer	Model #	Serial #	Manuf Date	Life Exp (Yrs)	Repair Work-orders	Cum Repair Cost	Orig Cost	Adv in Tech	Fit into 5-Yr Plan	Order of Merit Number	Repl Cost	Cum Repl
Audiometer	Brand D	ABCD 4	4	1997	10	15	$ 5,500	$ 4,646	5	5	16.7176	$ 4,646	$ 4,646
Audiometer	Brand F	ABCD 6	6	1987	10	5	$ 753	$ 4,646	5	5	10.6741	$ 4,646	$ 9,292
Centrifuge	Brand B	ABCD 2	2	1995	8	9	$ 158	$ 1,117	2	5	10.532	$ 1,117	$10,409
Vital Signs Monitor	Brand J	ABCD 10	10	1996	8	4	$ 240	$ 1,693	4	5	8.90852	$ 1,693	$12,102
Centrifuge	Brand A	ABCD 1	1	1997	8	3	$ 741	$ 1,117	2	5	8.32677	$ 1,117	$13,219
Centrifuge	Brand C	ABCD 3	3	1994	8	2	$ 312	$ 4,571	2	5	7.01151	$ 4,571	$17,790
Audiometer	Brand E	ABCD 5	5	1998	10	0	$ -	$ 4,646	5	5	6.75	$ 4,646	$22,436
Scale	Brand K	ABCD 11	11	1996	14	0	$ -	$ 725	5	5	6.75	$ 725	$23,161
EKG	Brand I	ABCD 9	9	1993	8			$ 4,220	3	1	5.60948	$ 4,220	$27,381
EKG	Brand L	ABCD 12	12	1993	8			$ 4,220	3	1	4.63602	$ 4,220	$31,601
EKG	Brand H	ABCD 8	8	1994	8	2	$ 350	$ 4,220	3	1	4.54088	$ 4,220	$35,821
EKG	Brand G	ABCD 7	7	1993	8	2	$ 75	$ 4,220	3	1	4.53555	$ 4,220	$40,041

Cut Line

Figura 8. Resultado final (matriz) do estudo, onde se indica a ordenação dos números de mérito de vários tipos de equipamentos (Dondelinger, 2004). A linha vermelha representa o limite orçamental, isto é, até onde a instituição tem capacidade orçamental para substituir os equipamentos da matriz naquele ano.

Por fim, no início da década 90, implementou-se uma metodologia de substituição de equipamentos médicos no St Luke's Medical Center, EUA, com o propósito de desenvolver uma ferramenta racional na priorização da substituição (Fennigkoh, 1992).

Este modelo incluiu um total de 10 atributos distribuídos por 4 factores de substituição primários: 1) serviço e suporte do equipamento, 2) função do equipamento, 3) custo-benefício e 4) eficácia clínica; e atribuiu um simples *score* de "sim e não" (1 e 0, respectivamente) a cada atributo de modo a minimizar a sensibilidade do modelo à informação subjectiva e à quantidade de informação que era necessária.

Relativamente ao serviço e suporte do equipamento, os atributos relacionados com esta questão foram a idade (devido a regulações do sistema de saúde americano, a maioria dos equipamentos médicos têm 7 anos de vida económica), o custo de manutenção (o equipamento era admitido – 1 ou 0 – se os custos cumulativos durante um período de 3 anos excediam 15%; esse custo foi expresso como percentagem do preço de aquisição do equipamento), o tempo de inactividade (foi tido em conta – 1 ou 0 – se o número de paragens não previstas excedesse a média, mais um desvio padrão, de todas as paragens dentro de uma mesma categoria de equipamentos – MP não foram incluídos) e o fim do suporte por parte do fabricante.

Na questão da função do equipamento, foram atribuídos diferentes *scores*, de acordo com o tipo de equipamento que se estava a avaliar, e na questão do custo-benefício foi determinado se uma tecnologia potenciadora permitia aumentar as receitas, diminuir os custos operacionais, ou ambos, nos hospitais. No modelo, uma tecnologia potenciadora se não apresentasse aumento de receita e diminuição de custos de operação apresentava o *score* de 0 e, pelo contrário, se apresentasse tanto aumento de receitas como diminuição dos custos de operação, o seu *score* podia chegar ao máximo de 2 pontos.

O último factor de substituição foi a eficácia e preferência clínica, na avaliação da preferência do utilizador e da performance do equipamento. Por exemplo, o melhoramento da ergonomia de um instrumento médico podia influenciar a decisão de substituição, no sentido de se atingir uma melhor utilização do mesmo. Da mesma forma o modelo também avaliou os benefícios fornecidos pela estandardização do equipamento.

Em forma de resumo apresenta-se Figura 9, onde para além das medidas, atributos e *scores* identificados e descritos anteriormente, também são apresentados os pesos atribuídos a cada um dos 4 factores primários. Estes pesos foram atribuídos de acordo com a importância que cada um representava para o Hospital.

Attribute	Subattribute	Measure	Score
Equipment Service (40%)	Age	<,≥ 7 yrs	0,1
	Cost/price ratio	<,≥ 15%	0,1
	Downtime	<,≥ x+1s	0,1
	End of mfg. support	no, yes	0,1
Equipment Function (20%)	Life support		4
	Therapeutic		3
	Diagnostic		2
	Analytical/support		1
Cost Benefits (20%)	Increased revenues	no, yes	0,1
	Decreased costs	no, yes	0,1
Clinical Efficacy & Preference (20%)	Improved patient care	no, yes	0,1
	User preference	none, some, strong	0,1,2
	Increase standardization	no, yes	0,1

Figura 9. Sumário dos atributos, pesos, medidas e *scores* do modelo (Fennigkoh, 1992).

No final, o *output* do modelo construiu-se somando os possíveis *scores* dos atributos da seguinte maneira:

Valor da prioridade da substituição = 0,4 [idade + custo + tempo de inactividade + suporte do fabricante] + 0,2 [funcionamento do equipamento] + 0,2 [custo beneficio] + 0,2 [melhoramento do cuidado saúde + preferência + estandardização]

onde :

1) valor ≥ 1,8 revelava que a recomendação da substituição do equipamento, no presente ano fiscal, era urgente.

2) 1,4 ≤ valor ≤ 1,6 indicava a recomendação de substituição no próximo ano fiscal.

3) 1,0 ≤ valor ≤ 1,2 indicava que era facultativo a necessidade de substituição.

Este modelo já complementa o anterior, uma vez que tem em conta mais critérios (atributos neste caso) na decisão da substituição, mas uma desvantagem que pode ser apontada é a limitação do *score* atribuído a cada atributo, que limita-se a variar entre sim ou não (1 ou 0), e o autor do artigo não explica como escolheu os limites dos valores nas três categorias de substituição apresentadas.

De uma forma geral, os estudos apresentados centram-se em metodologias que incluem erros típicos de análise de decisão, o que torna insatisfatória a sua aplicação. Os erros típicos relacionam-se com a atribuição directa de valores quantitativos por parte dos decisores, quando se estão a avaliar os pesos dos critérios, ou simplesmente quando se está a atribuir um *score* aos mesmos (o que aconteceu em praticamente todos os estudos que foram apresentados nesta secção), uma vez que estes procedimentos podem não contemplar todos os valores, situações ou consequências inerentes à decisão - o que a vai prejudicar. Por exemplo, ao avaliar a importância de um critério relativamente a outro, comparações de diferenças de atractividade entre os níveis de impacto de cada um dos critérios não são consideradas e, nestas situações, a maioria das pessoas faz uso das suas percepções intuitivas (Fischer, 1995), na indicação do valor, do peso, de cada critério.

Acrescentando outro argumento aos já apresentados, encontra-se a necessidade de os pesos capturarem o valor intrínseco dos critérios de substituição, a partir do estabelecimento de referências de ponderação. A grande vantagem é ao estabelecer referências de ponderação, torna-se possível indicar a noção de diferença de atractividade intrínseca da substituição de cada um dos equipamentos, evitando que um equipamento seja escolhido só porque é a melhor opção num conjunto de más opções (Bana e Costa et al., 2002).

De forma geral, as abordagens metodológicas apresentadas têm pontos que são comuns a um problema multicritério (consideram vários critérios de substituição e quantificam a performance dos equipamentos nos critérios), mas não usam na sua formulação qualquer metodologia de análise multicritério, que resolva um problema daquele tipo. Para além disso, também apresentam muitos pontos fracos comuns, tais como: a não inclusão de todos os critérios importantes à determinação da substituição de equipamentos médicos hospitalares, os erros que cometem na avaliação dos pesos dos critérios e a não envolvência de todos os decisores que contribuem para a substituição de equipamentos, no desenvolvimento conjunto das abordagens.

Todas estas limitações apresentadas são resolvidas utilizando uma nova abordagem no problema, nomeadamente a metodologia multicritério MACBETH (Bana e Costa e Oliveira, 2002) (Bana e Costa e Vansnick, 1997) (Bana e Costa et al., 2002). A descrição das características desta metodologia e das vantagens que introduz na constituição de uma ferramenta de apoio à substituição é feita nas subsecções que se seguem.

3.2. Metodologia proposta

Esta tese de mestrado pretende propor e testar uma alternativa metodológica para a política de substituição de equipamentos do HSM, a partir da utilização do modelo de apoio à substituição criado. O modelo pretende ajudar a reconhecer factores e a estabelecer critérios que levem à identificação e priorização dos equipamentos que devem ser substituídos, ou recomendados a ser substituídos, o mais rapidamente possível, e ser assim uma ferramenta de apoio metodológica e genérica o suficiente, para a avaliação da substituição de qualquer tipo de equipamento médico hospitalar. Para além do mais, o modelo criado pretende resolver os problemas e limitações que as abordagens metodológicas já construídas e implementadas em hospitais internacionais apresentam.

A metodologia proposta tem em conta o estado actual do equipamento, a tecnologia já existente e os objectivos gerais do decisor, ou seja, factores que não se restringem tanto ao seu historial de manutenções e reparações. Os objectivos dos decisores envolvem critérios gerais, capazes de ser aplicados a todo o tipo de equipamentos, e foram determinados e pesados através de questionários e conferências de decisão, como se indica nas secções seguintes. Estes pesos podem ser alterados assim que os decisores julgarem ser necessário e adequado, após nova conferência de decisão.

Tendo, então, em conta o processo de substituição seguido actualmente pelo Hospital, que foi exemplificado nas Figuras 3 e 4, o modelo de apoio à substituição criado neste estudo pretende introduzir as seguintes alterações, no processo de substituição de equipamentos hospitalares:

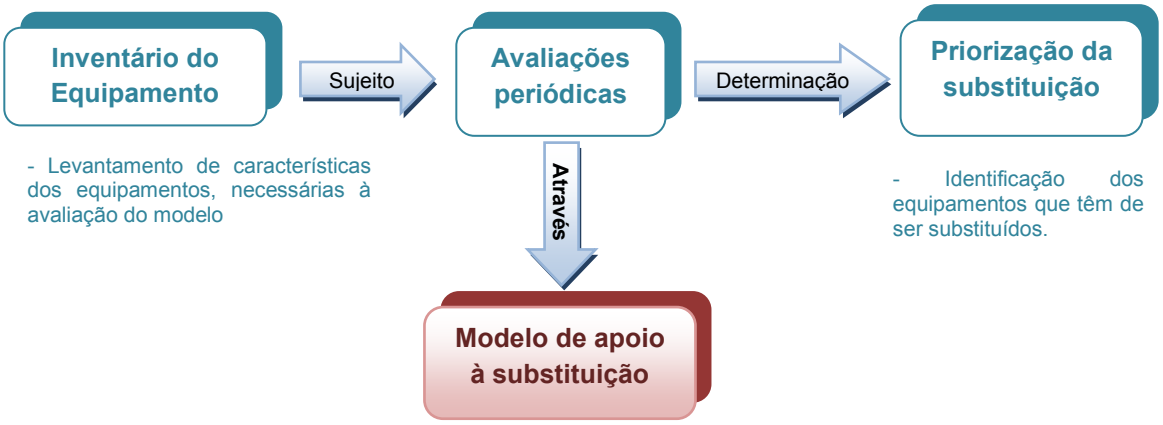


Figura 10. Esquema proposto para a nova política de substituição de equipamentos.

O processo alternativo pretende assim alterar a política de substituição de equipamentos no Hospital, tornando-a pró-activa, sendo necessário um sistema de informação com o inventário de equipamentos existente, e das suas características, para se efectuar avaliações periódicas a partir do modelo de apoio criado. Essa gestão constante necessita de uma actualização permanente dos dados que integram o inventário do equipamento médico, e isso pode ser conseguido, por exemplo, através de uma base de dados como a ERP, que foi descrita na subsecção 3.1.

O modelo de apoio à substituição proposto tem em conta que existe um problema multicritério, ou seja, é um problema que pretende ordenar as melhores opções de um conjunto de múltiplas opções que foram identificadas, e que satisfazem múltiplos objectivos caracterizados por múltiplos critérios (Brugha, 2000) (Bichle, 2008). É um problema que envolve vários e complexos objectivos, em que a escolha das melhores opções está envolta de complexidade, incertezas, risco e diferentes (subjectivas) perspectivas (Goodwin e Wright, 2004), o que justifica o uso de metodologias da análise de decisão, na ajuda à estruturação do pensamento e do problema, através de processos racionais.

A metodologia multicritério utilizada no desenvolvimento do modelo é a metodologia MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), suportada pelo software M-MACBETH, na construção do modelo multicritério computacional que se pretendia.

Esta metodologia utiliza uma abordagem humanista e interactiva do problema, que constrói um modelo quantitativo baseado em julgamentos (verbais) diferenciais qualitativos, facilitando, desta forma, o caminho da modelação da preferência ordinal a cardinal (Bana e Costa, et al., 2004). A vantagem baseia-se no facto de pedir aos actores/decisores para expressarem juízos qualitativos, ao invés de quantitativos, o que torna mais fácil o trabalho dos mesmos, sem que para isso se perca em rigor e consistência científicos (Lourenço, 2002). A utilização desta abordagem torna também mais fácil a construção, compreensão e interpretação das consequências associadas às escolhas feitas e do *output* final, e isto está demonstrado, por exemplo, num estudo que comparou a utilização da metodologia MACBETH com a metodologia SMART[3], na resolução de um problema de escolha de uma carreira profissional (Bana e Costa e Chagas, 2004).

Acima de tudo, a abordagem MACBETH torna-se vantajosa porque permite eliminar os erros típicos (já descritos) que ocorrem durante um processo de decisão, quando se avaliam as preferências directa e quantitativamente (Bana e Costa, et al., 2002), e porque utiliza um modelo compensatório de agregação aditiva na sua formulação, o que facilita o decisor a atingir uma melhor compreensão do problema ao decompô-lo em partes menores, para depois as analisar em separado e as integrar construtivamente.

No final, o software M-MACBETH permite determinar uma escala de valores para cada critério de substituição que foi considerado, e determinar os "pesos" desses mesmos critérios. O software ainda apresenta outras funcionalidades que permitem, por exemplo, diferentes análises de sensibilidade e robustez dos resultados, e a análise constante da consistência dos julgamentos que

[3] SMART é uma técnica de classificação directa das opções.

estão a ser introduzidos, oferecendo sugestões para seguir em frente se inconsistências forem detectadas (Bana e Costa, et al., 2004).

Salientar que outros procedimentos de ponderação passíveis de ser utilizados na determinação dos pesos dos critérios são o *trade-off procedure* e o *swing weights* (Lourenço, 2002).

Uma esquematização das etapas seguidas pela metodologia MACBETH, até uma solução final, está representada na Figura 11. A exemplificação e descrição das etapas encontram-se nas subsecções seguintes.

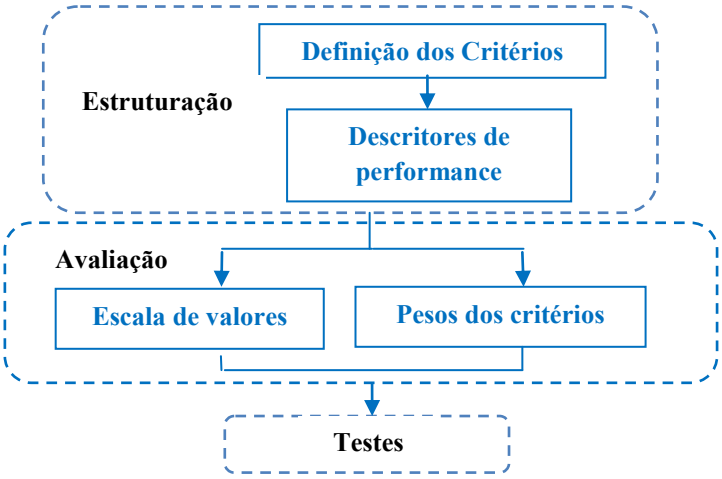


Figura 11. Fases seguidas pela metodologia MACBETH na resolução do problema (Bana e Costa, et al., 2008).

Tal como foi referido, a metodologia MACBETH requer julgamentos qualitativos que envolvem apenas comparações de dois elementos de cada vez, em termos da sua diferença de atractividade (Bana e Costa, et al., 2008). Estas comparações qualitativas são incentivadas, efectuadas e recolhidas nas conferências de decisão.

Concretamente, as conferências de decisão têm como objectivo encorajar os actores, com a ajuda de um facilitador imparcial, que serve de guia ao pensamento do grupo, a pensar conjuntamente, estrategicamente, e a partilhar os seus conhecimentos e perspectivas nas questões, para que no final se possa ter um entendimento comum, assim como, quando possível, promover a obtenção de uma decisão unânime e credível. Assim sendo, a ideia central é juntar pessoas que conheçam o problema para depois, no fim da discussão, da troca dos diferentes conhecimentos e pontos de vista, boa informação e julgamentos sejam obtidos para servirem de "input" ao modelo de decisão computacional que se pretende construir através do M-MACBETH (Phillips, 2007) (Bana e Costa e Phillips 2007).

As conferências de decisão ainda permitem estabelecer iteração e interacção reflexiva entre os participantes e o modelo. Esta complementaridade ocorre no sentido que a informação introduzida no modelo seja discutida e clarificada entre os participantes, para que estes entendam todas as etapas do modelo e para sempre que surgir uma nova ideia ou novas perspectivas, que estas levem à revisão e modificação do modelo (Phillips, 2007), tal como está indicado na Figura 12.

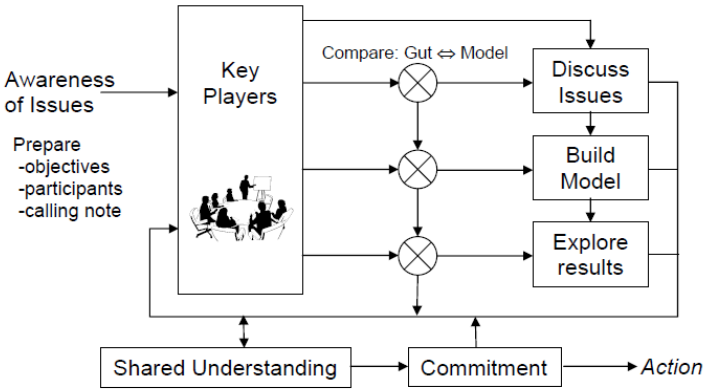


Figura 12. Esquema do processo de construção do modelo de apoio à decisão (Phillips, 2007).

Outras descrições teóricas necessárias à compreensão das etapas envolvidas no desenvolvimento do modelo de apoio à substituição apresentam-se nas subsecções seguintes. Estas descrições baseiam-se em literatura de referência, onde se descreve e aplica a metodologia MACBETH na resolução de problemas multicritério. (Bana e Costa e Oliveira, 2002) (Bana e Costa e Vansnick, 1997) (Bana e Costa e Beinat, 2005) (Bana e Costa, et al., 2004).

De uma forma geral, a construção do modelo iniciou-se com constituição de um mapa cognitivo, usado na determinação dos critérios e dos descritores de impacto. Depois funções de valor e pesos dos critérios foram determinados e categorias de valor de substituição construídas, a partir do modelo multicritério. Era desejável construir-se todas estas etapas em conferências de decisão, o que acabou por não acontecer por uma série de razões, que serão apontadas mais tarde.

Ao longo da explanação das etapas envolvidas, fazem-se breves referências às alterações que ocorreram na estruturação das mesmas, ao longo do desenvolvimento desta tese de mestrado, para depois serem discutidas em pormenor no capítulo 4.

3.2.1. Mapa cognitivo

Um mapa cognitivo é um sistema (ou modelo) formal de análise que pretende mapear o pensamento de uma pessoa, neste caso o dos actores, com o objectivo de comunicar mais facilmente a natureza de um problema. A construção deste mapa é vantajosa, porque ajuda a iniciar a primeira fase da aplicação da metodologia MACBETH, nomeadamente na estruturação do problema.

O mapa é uma rede de ideias ligadas entre si por setas, que é codificada a partir do argumento das pessoas. As setas indicam o caminho na qual uma ideia pode levar a (ou tem implicações em) outra, o que quer dizer que o conceito de “A implicar B e ser explicada por C” é diferente do conceito de “A implicar D e ser explicada por E” (Rosenhead e Mingers, 2001). Neste contexto, percebe-se que há hierarquia nos mapas cognitivos, ou seja, existem ideias (ou objectivos) mais elevadas, que surgem como consequência de um conceito subordinado, que está na cauda das setas. Uma representação esquemática dessa visão pode ser observada na Figura 13.

As frases e as setas que ligam as ideias não correspondem exactamente a uma replicação da linguagem usada pelas pessoas. São antes modificadas para reflectirem a necessidade de acção, orientação ou resolução de um problema para, desta forma, fazer-se sugestões de mudança da

natureza das situações de uma forma positiva. Esta mudança de linguagem torna o mapa orientado para acção, em vez de descrever simplesmente o problema (Rosenhead e Mingers, 2001).

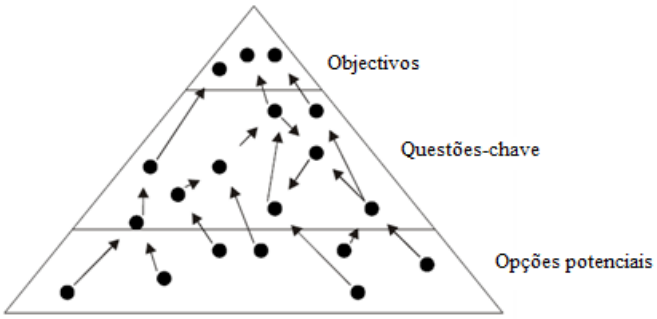


Figura 13. Estrutura hierárquica de um mapa cognitivo (Rieg e Filho, 2003).

A construção de um mapa cognitivo não é um exercício trivial, e muitas vezes é necessário recorrer ao software *Decision Explorer* (di Gregorio, 2000) e a sessões de "*post-it*", que são realizadas nas conferências de decisão (Bana e Costa, et al., 2006). Nestas sessões, são dados alguns *post-its* aos actores para que estes escrevam neles as suas preocupações. Depois estes *post-its* são fixos na parede, para que o seu conteúdo possa ser visto por todos e assim discutido, organizado e ligado, resultando num primeiro grande mapa oval. Os aspectos presentes nos *post-its* são introduzidos no software *Decision Explorer* (é nesta fase que são utilizadas as capacidades analíticas deste software) para a geração de um mapa estratégico inicial que, após análise e discussão por parte dos actores, leva à identificação do mapa cognitivo final. O mapa cognitivo final representa conceitos/ideias seleccionados e reconhece as possíveis áreas de preocupação fundamentais, que são necessárias às etapas que se seguem (Ferreira, 2007).

A complexidade que envolve a construção do processo cognitivo pode ser representada pela estrutura apresentada na Figura 14.

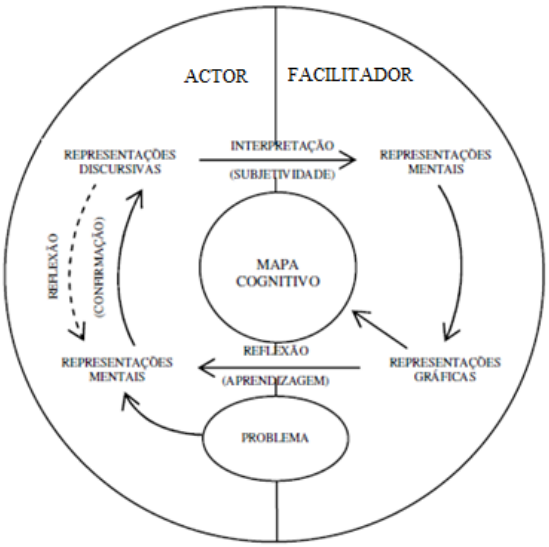


Figura 14. Processo cognitivo de articulação e pensamento (Rieg e Filho, 2003).

Ao contrário do que é comummente utilizado, no desenvolvimento do modelo de apoio à substituição, a construção do mapa cognitivo partiu de reuniões individuais e não de sessões de *post-its*, realizadas em conferências de decisão. A razão para tal ter acontecido indica-se na secção 4.2.

Assim, a partir das respostas a um conjunto de perguntas colocadas nas reuniões, objectivos comuns relacionados com o processo de substituição de equipamentos médicos surgiram, e a rede de ideias foi capturada e colocada no mapa. Salientar que as reuniões foram estruturadas para avaliar a opinião dos actores deste estudo (o grupo de actores está indicado na secção 4.1.2.) relativamente à situação geral dos equipamentos que foram seleccionados para serem testados pelo modelo, e relativamente ao estado da tecnologia actual.

3.2.2. Critérios e áreas de preocupação

O ponto de partida para a construção de um modelo multicritério é a apresentação do mapa cognitivo aos actores, numa conferência de decisão. O objectivo é que os actores pensem sobre as questões presentes no mapa, ou sobre os potenciais objectivos que as resolvem, e as discutam interactivamente, para que no final cheguem a um consenso relativamente aos critérios e áreas de preocupação que representam os pontos de vista dos actores. O conjunto de critérios estabelecidos necessitam de ser consensuais, independentes, exaustivos, mensuráveis, não redundantes, operacionais e concisos o mais que possível (Bana e Costa e Beinat, 2005), para que se consiga associar a eles descritores de impactos e avaliar, assim, a sua atractividade. Cada critério ainda se pode desdobrar em outros sub-critérios.

Depois de identificados os critérios, estes são integrados no software M-MACBETH, para se começar a construir formalmente o modelo multicritério. Este software agrupa os critérios em vários níveis, de acordo com as áreas de preocupação, e apresenta-os em forma de árvore – a árvore de valor. Por exemplo, num estudo executado na Câmara Municipal de Lisboa, relativamente à identificação de prioridades para a manutenção, reparação e remodelação de casas municipais (Bana e Costa e Oliveira, 2002), os critérios identificados pelos actores, nesta situação, foram os seguintes:

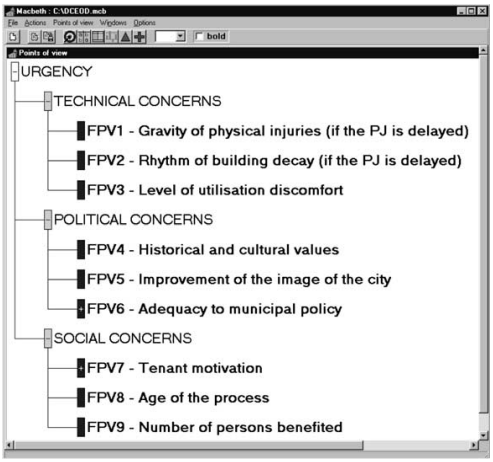


Figura 15. Árvore de valor que identifica os critérios identificados no estudo da Câmara Municipal de Lisboa. A sigla PJ diz respeito a um potencial trabalho no edifício (Bana e Costa e Oliveira, 2002).

Na Figura 15 estão representadas as três áreas de preocupação fundamentais a que correspondem os nove critérios identificados, e que são as preocupações técnicas (*technical concerns*), as preocupações políticas (*political concerns*) e as preocupações sociais (*social concerns*).

Foi uma árvore de valor, com estrutura semelhante àquela que se representa na Figura 15, que se construiu no software M-MACBETH, para o desenvolvimento do modelo de apoio à substituição de equipamentos médicos hospitalares. No caso deste estudo, foram identificados 15 critérios de substituição, agrupados em 5 áreas de preocupação.

Mais uma vez a construção dos critérios e áreas de preocupação não ocorreu em conferências de decisão, mas antes foi construído pela facilitadora do estudo em colaboração com o actor director do SIE (secção 4.2.2.).

3.2.3. Descritores de impacto

Um descritor de impacto é um conjunto ordenado de níveis de performance plausíveis, que mede o grau de satisfação que cada critério apresenta e descreve objectivamente os impactos das opções de cada critério (Bana e Costa, et al., 2008).

Os descritores de impacto são construídos para ajudar a compreender melhor o contexto da decisão (Bana e Costa e Beinat, 2005), e para isso necessitam de ser inteligíveis, para que sejam melhor aceites e entendidos no modelo de avaliação (Bana e Costa e Beinat, 2005).

No modelo de avaliação, os impactos associados a determinado critério são restringidos a uma gama plausível de níveis de impacto, desde o nível mais atractivo, ou desejável, até ao nível menos atractivo. De facto, impondo a condição de que os níveis de um descritor devem ser ordenados em termos da sua atractividade relativa, isso dá ao descritor a estrutura de uma escala de preferências ordinal (Bana e Costa e Beinat, 2005).

Neste contexto, são identificados inicialmente, para cada descritor de impactos, níveis de referência, normalmente designados por nível de impacto bom (a sua atractividade é inquestionável) e neutro (não é muito nem pouco atraente) (Bana e Costa, et al., 2008), e de seguida são identificados os restantes níveis, que correspondem às outras performances plausíveis do critério. Depois da identificação dos diferentes níveis é necessário descrevê-los cuidadosamente, para assim assegurar uma interpretação clara e inequívoca do seu significado (Bana e Costa, et al., 2008).

Na descrição do impacto dos critérios, os descritores de impacto podem ser quantitativos, qualitativos, pictóricos, contínuos ou discretos (Bana e Costa e Beinat, 2005).

O estabelecimento de níveis referência é importante para as fases de desenvolvimento do modelo que se seguem, a partir do software M-MACBETH, porque por exemplo, os níveis de referência permitem fixar *scores* (100 para o nível bom e 0 para o nível neutro), o que permite não só perceber o significado do valor de cada critério mas também constituir uma base sólida na avaliação dos critérios, quando se pretender diferenciar a atractividade intrínseca dos mesmos (Bana e Costa, et al., 2004).

Considerando novamente o estudo da Câmara Municipal de Lisboa (Bana e Costa e Oliveira, 2002), um exemplo de descritor associado ao critério *valores históricos ou culturais* ("*historical and cultural values"*) – FPV4 – é o seguinte:

Impact level	Description
N4	PJ in a classified building
N3	PJ in a building located within the area of protection of a classified building
N2	PJ in a building located in an area of high historical or architectonic interest
N1	PJ in a common building

Figura 16. Escala de performances para o critério FPV4, do exemplo do estudo da Câmara Municipal de Lisboa (Bana e Costa e Oliveira, 2002). A sigla PJ diz respeito a um potencial trabalho no edifício.

No desenvolvimento do modelo de apoio à substituição, os descritores de impacto, tal como aconteceu com os critérios, foram construídos pela facilitadora e pelo actor director do SIE (secção 4.2.2.).

3.2.4. Modelo de agregação aditiva: determinação das funções de valor e dos pesos.

Depois de identificar os critérios, *F={PV$_j$, j = 1, …n},* e de construir para cada um deles um conjunto X_j de níveis de impacto, que descrevem os plausíveis impactos das potenciais acções que dizem respeito aos pontos de vista, o processo de avaliação das acções pode então começar. O modelo de valor aditivo que se vai criar é representado da seguinte forma (Bana e Costa, et al., 2008):

$$V(a) = \sum_{j=1}^{n} p_j \,.\, v_j(a)$$

$$\text{com } \sum_{j=1}^{n} p_j = 1 \text{ e } p_j > 0 \qquad (1)$$

$$\text{e} \begin{cases} v_j(a^+) = 100 \\ v_j(a^0) = 0 \end{cases} \quad \text{para } j = 1, \ldots, n$$

onde v_j: *A*→IR é uma função cardinal definida no conjunto *A* de potenciais acções que quantifica a atractividade local das acções de *A*, relativamente a cada *PV$_j$*; p_j é uma constante para o critério v_j, ou como se irá designar mais adiante, é o peso que cada critério apresenta; *V(a)* mede a atractividade global de *a* ∈ *A*.

Na expressão (1), a^+ corresponde ao nível bom de impacto e a^0 ao nível neutro de impacto.

3.2.4.1. Funções de valor

O procedimento seguido pelo MACBETH no passo seguinte, consiste em pedir aos actores que indiquem diferenças de atractividade entre pares de níveis x_{ip} e x_{ir}. Se nenhuma diferença for sentida, x_{ip} e x_{ir} são indiferentes, e portanto $v_j(x_{ip})$ - $v_j(x_{ir})$ = 0 – a diferença é nula. Se uma diferença for sentida e se, por exemplo, x_{ip} for estritamente preferida que x_{ir}, então $v_j(x_{ip})$ - $v_j(x_{ir})$ > 0 (Bana e Costa, et al., 2008).

Neste contexto, os actores são convidados a julgar, qualitativamente, quão grande é essa diferença de atractividade, expressa em termos de um conjunto de seis categorias semânticas (C_k, k = 1, …,6). Estas categorias expressam-se da seguinte forma (Bana e Costa e Vansnick, 1997):

(C_1) muito fraca (*very weak*) diferença de atractividade.
(C_2) fraca (*weak)* diferença de atractividade.
(C_3) moderada (*moderate*) diferença de atractividade.
(C_4) forte (*strong*) diferença de atractividade.
(C_5) muito forte (*very strong*) diferença de atractividade.
(C_6) extrema (*extreme*) diferença de atractividade.

Cada categoria semântica C_k, k = 1,…,6, é representada quantitativamente por um intervalo de valores reais, delimitado no MACBETH por *thresholds* s_k, k = 1,…,6. Estes intervalos constituem as funções (escalas) de valor do MACBETH e são obtidas para cada matriz de julgamentos, depois de se avaliar qualitativamente cada descritor de impactos (Bana e Costa, et al., 2008). Aos níveis de referência são atribuídos valores fixos, que são 100 para o nível bom e 0 para o nível neutro.

Por exemplo, a matriz que resulta da avaliação dos níveis de impacto no critério FPV4 (níveis de impacto descritos na Figura 16) e a respectiva escala de valores, apresentam-se na seguinte figura (Bana e Costa e Oliveira, 2002):

FPV4 - Historical and cultural values : judgements

..?	N4	N3	N2	N1	Current scale
N4	no 0.00	strong 36.36	v. strong 63.64	extreme 100.00	100.00
N3		no 0.00	moderate 27.27	v. strong 63.64	63.64
N2			no 0.00	strong 36.36	36.36
N1				no 0.00	0.00

Consistent judgements

Figura 17. Matriz de julgamentos MACBETH para os níveis de impacto do critério FPV4, e respectiva escala (Bana e Costa e Oliveira, 2002).

As proporções dos intervalos de cada escala de valor obtida, podem ainda ser ajustadas após discussão com os actores, e visualmente comparando essas proporções na escala termométrica, tal como está indicado na Figura 18. Neste caso, o M-MACBETH mostra os limites dentro dos quais o valor pode ser mudado, sem assim violar a consistência da matriz de julgamentos qualitativos (Bana e Costa e Oliveira, 2002).

Importa ainda salientar que existem métodos que estimam a preferência de um impacto em relação a outro, permitindo eliminar, de certa maneira, incertezas que surgem quando se atribui determinado impacto a determinada opção (a determinado equipamento) (Bana e Costa, et al., 2004).

Por exemplo, a análise dos perfis dos impactos das diversas acções leva à compreensão da atractividade relativa e intrínseca que apresentam, e isto é conseguido comparando individualmente os perfis dos impactos em cada opção. Estas comparações relacionam-se com o conceito de análise de dominância que, por sua vez, constitui o tipo mais simples da análise (global) de robustez – é mais

útil realizar esta análise global da robustez do modelo quando toda a informação cardinal estiver disponível (funções de valor e pesos dos critérios) para ser possível avaliar o *ranking* (dominância) final das acções em termos da sua atractividade global (Bana e Costa, et al., 2004).

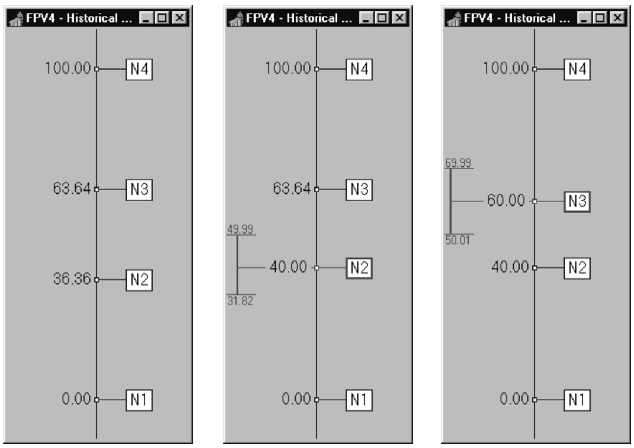


Figura 18. Alteração das proporções cardinais iniciais da escala MACBETH, após discussão entre os actores (Bana e Costa e Oliveira, 2002).

3.2.4.2. Pesos

Após a determinação das funções de valor, o passo seguinte é a determinação de constantes de escala que correspondem aos pesos que reflectem a "importância" dos critérios estabelecidos, e para esta determinação requer-se novamente a avaliação do valor dos julgamentos, por parte dos actores. Estes pesos correspondem ao termo p_j, na equação (1) (Bana e Costa, et al., 2008).

Nesta etapa, os actores começam por ordenar os critérios em termos da atractividade global da escala de performance dos seus descritores, tendo em conta o balanço (*swing*) que existe entre o nível neutro e o nível bom em cada descritor de impacto. Depois é pedido aos actores que julguem qualitativamente, tal como aconteceu anteriormente, na avaliação da performance dos descritores, a atractividade de cada par de balanços, começando por comparar aquele que é mais importante, para os actores, com o segundo mais importante, e assim sucessivamente (Bana e Costa, et al., 2008).

No final deste processo, a escala do MACBETH que resulta dos julgamentos qualitativos introduzidos na matriz é apresentada, discutida e ajustada, se necessário.

Voltando ao exemplo da Câmara Municipal de Lisboa, os pesos atribuídos aos nove critérios que avaliaram os edifícios foram os que se representam na Figura 19.

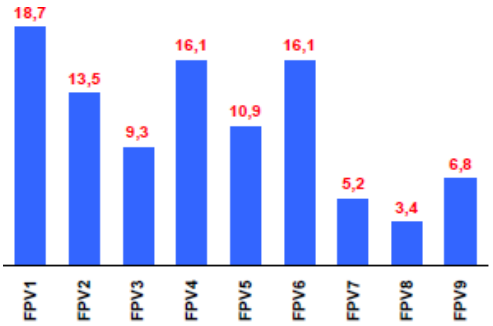


Figura 19. Representação das constantes de escala (pesos) atribuídos aos critérios do estudo da Câmara Municipal de Lisboa (Bana e Costa e Oliveira, 2002).

O software M-MACBETH também permite a realização de análise de sensibilidade. Esta análise possibilita observar o que acontece ao resultado final do modelo, quando se altera qualquer um dos pesos, ou seja, permite observar o que acontece aos *scores* globais das potenciais acções quando se altera o peso de um determinado critério.

Para o desenvolvimento do modelo de apoio à substituição de equipamentos, tanto os pesos dos critérios como as funções de valor foram determinadas em conferências de decisão. Os procedimentos ocorridos nestes dois casos, estão descritos na secção 4.2.4.

3.2.5. Categorias de urgência

Para o desenvolvimento de uma ferramenta que apoie a decisão de substituição de equipamentos médicos hospitalares, de forma clara e metodológica, torna-se também fundamental distribuir os equipamentos em categorias, para se distinguir mais facilmente os equipamentos que apresentam diferentes necessidades de substituição. Como conseguinte, propõem-se utilizar a metodologia que está presente num estudo desenvolvido na Câmara Municipal de Lisboa (Bana e Costa e Oliveira, 2002), em que, nesta situação, construiu-se diferentes categorias para distribuir possíveis trabalhos nos edifícios da Câmara, de acordo com o grau de urgência que esses trabalhos apresentavam.

À semelhança do estudo da Câmara Municipal de Lisboa, neste estudo foram construídas quatro categorias de valor de substituição: C↑ ou nível absoluto de valor, C++ ou nível alto de valor, C+ ou nível médio de valor e C- ou nível baixo de valor.

Na situação em que os equipamentos apresentam um estado e características tais, que torna inevitável a sua substituição, então são logo atribuídos à categoria de urgência absoluta C↑, sem que para isso sejam submetidos à avaliação através do modelo multicritério criado – o modelo não mantém as suas características compensatórias nestes casos extremos de substituição.

Para a atribuição dos equipamentos às restantes categorias é necessário estabelecer *thresholds*, em termos do índice de substituição, para separar as diferentes categorias e definir a regra de atribuição dos equipamentos a cada uma delas. A metodologia usada tem em conta a identificação de perfis de referência, definidos em termos dos níveis de impacto associados aos critérios, que são estados de equipamentos fictícios, semelhantes a estados reais. Depois é pedido

aos actores para atribuírem (holisticamente) cada um desses equipamentos a uma determinada categoria de valor, utilizando, para isso, o procedimento *bottom-up* e o procedimento *top-down*.

No procedimento *bottom-up* os actores começam com um equipamento fictício, caracterizado por apresentar o nível neutro de performance em todos os critérios, e depois em cada nova etapa de avaliação, selecciona-se um novo critério para subir o correspondente nível do impacto, para o seu nível bom de performance. Este procedimento continua até os actores hesitaram sobre qual a categoria que deve ser atribuída ao perfil do equipamento que resulta da subida do nível de impacto, do último critério adicionado à avaliação. Na primeira hesitação encontra-se o perfil que pertence à categoria média de valor, e continuando o processo, na segunda hesitação, encontra-se o perfil do equipamento que passa a pertencer à categoria alta de valor.

No final, os *thresholds* que definem a separação das três categorias são determinados pelo índice de substituição que é obtido no modelo multicritério, avaliando os perfis dos equipamentos que resultaram após a execução deste procedimento.

Uma esquematização do processo *bottom-up* encontra-se na Figura 20 a) (Bana e Costa e Oliveira, 2002).

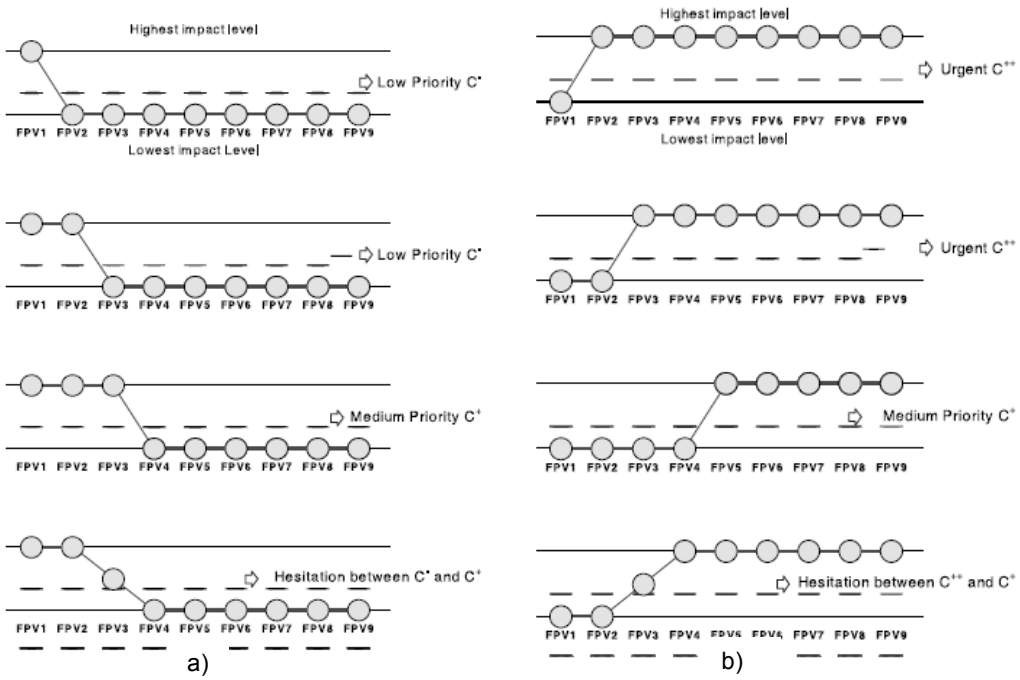


Figura 20. Exemplificação do procedimento a) *bottom-up* e b) *top-down* (Bana e Costa e Oliveira, 2002).

Relativamente ao procedimento *top-down*, a diferença que existe relativamente ao outro procedimento é que neste começa-se com um equipamento fictício, que é caracterizado por apresentar o nível bom de impacto em todos os critérios. Depois em cada nova etapa de avaliação desce-se o nível de cada um desses impactos para o nível neutro, até os actores hesitarem sobre qual a categoria de valor que deve ser atribuída ao perfil do equipamento que resulta da descida do nível de impacto, do último critério adicionado à avaliação. Na primeira hesitação encontra-se o perfil

que pertence à categoria média de valor, e continuando o processo, na segunda hesitação encontra-se o perfil do equipamento que passa a pertencer à categoria baixa de valor.

Após a identificação dos perfis dos equipamentos, a separação das categorias de valor é determinada a partir do cálculo dos índices de substituição desses equipamentos, através do modelo de avaliação multicritério que fora construído.

Na Figura 20 b) encontra-se exemplificado o procedimento *top-down* (Bana e Costa e Oliveira, 2002).

A construção dos dois procedimentos tem como objectivo validar os valores dos *thresholds* obtidos, já que se o modelo estiver bem construído, os valores têm que ser iguais nas duas situações. Caso a identificação destes perfis de referência não leve à identificação dos mesmos *thresholds*, uma discussão e reflexão são necessárias entre os actores, para se chegar a um consenso, eventualmente, sobre possíveis alterações e reformulações dos parâmetros do modelo de avaliação, para assim se poder adoptar valores concordantes de *thresholds*.

As propostas de construção do procedimento *bottom-up* e *top-down*, para a determinação das categorias de urgência e validação dos *thresholds* obtidos, acabaram por não ser realizadas nesta tese de mestrado, tendo só sido desenvolvido o procedimento *top-down*. As razões para tal ter acontecido explicam-se na secção 4.2.5.

A validação que se estabeleceu, nesta situação, limitou-se à comparação da atribuição dos equipamentos às categorias de valor com a opinião que os actores utilizadores dos equipamentos demonstravam, relativamente à necessidade de substituição dos equipamentos que foram testados pelo modelo multicritério construído.

Depois de conhecidas e estudadas as etapas necessárias à estruturação de um modelo multicritério, o passo seguinte foi aplicar essas etapas ao desenvolvimento do modelo multicritério de apoio à substituição de equipamentos médicos hospitalares.

No capítulo que se segue, são descritas as etapas desenvolvidas no contexto desta tese de mestrado, e faz-se referência a alterações metodológicas que ocorreram em cada uma delas, face à formulação teórica que foi apresentada. O capítulo termina com a aplicação do modelo de substituição desenvolvido, a um conjunto de equipamentos que foram seleccionados para ser testados.

4. Aplicação da metodologia de apoio à substituição

Para a criação e aplicação do modelo de apoio à substituição foi necessário passar por três fases principais, que são: (1) a definição do problema, (2) a estruturação do modelo e avaliação do impacto e (3) a análise dos resultados (Bana e Costa e Beinat, 2005).

Na definição do problema, caracterizou-se inicialmente o contexto de decisão, estabeleceram-se os limites e alcance da análise e identificaram-se os actores envolvidos na análise e as suas principais motivações e objectivos. A questão fundamental nesta fase de estruturação foi identificar "qual era o problema" (Bana e Costa e Beinat, 2005), tal como descrito na secção 2.3.

A estruturação do modelo foi o passo seguinte. Este é um processo interactivo e de aprendizagem que procura construir uma espécie de representação formal que integra os objectivos do problema e os objectivos subjectivos dos actores. Deste modo, nesta fase, identificaram-se e agruparam-se os critérios, realizaram-se as descrições dos plausíveis níveis de performance dos critérios, e efectuou-se a estimação do impacto em termos de atractividade dos vários níveis em cada critério, e da atractividade dos próprios critérios. (Bana e Costa e Beinat, 2005). Também nesta fase foram construídas diferentes categorias de valor que uma substituição podia apresentar.

A última fase correspondeu à análise dos resultados (Bana e Costa e Beinat, 2005), recorrendo às funcionalidades disponíveis no software utilizado.

Nas subsecções seguintes passam-se a descrever as várias etapas de construção do modelo, que corresponderam às três fases de desenvolvimento descritas anteriormente. De uma forma geral, as etapas construídas foram:

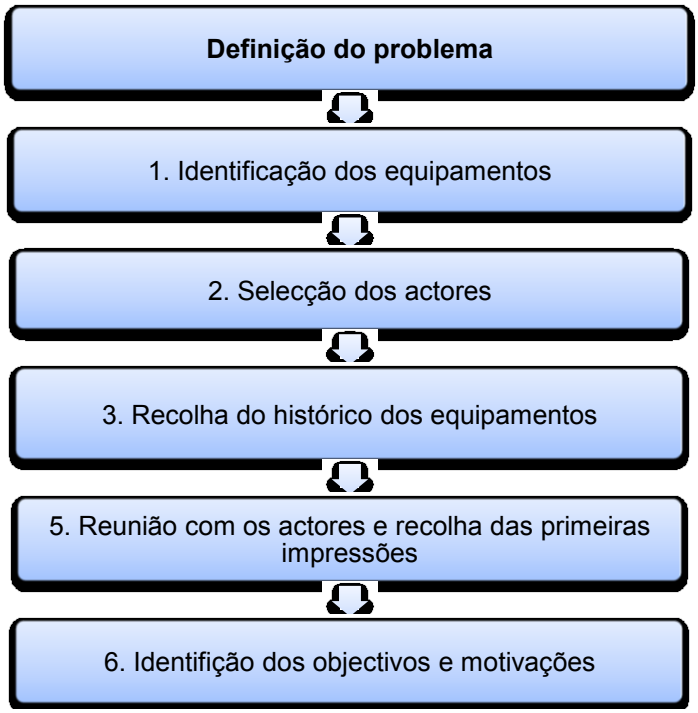


Figura 21. Construção do modelo: etapas da fase de definição do problema.

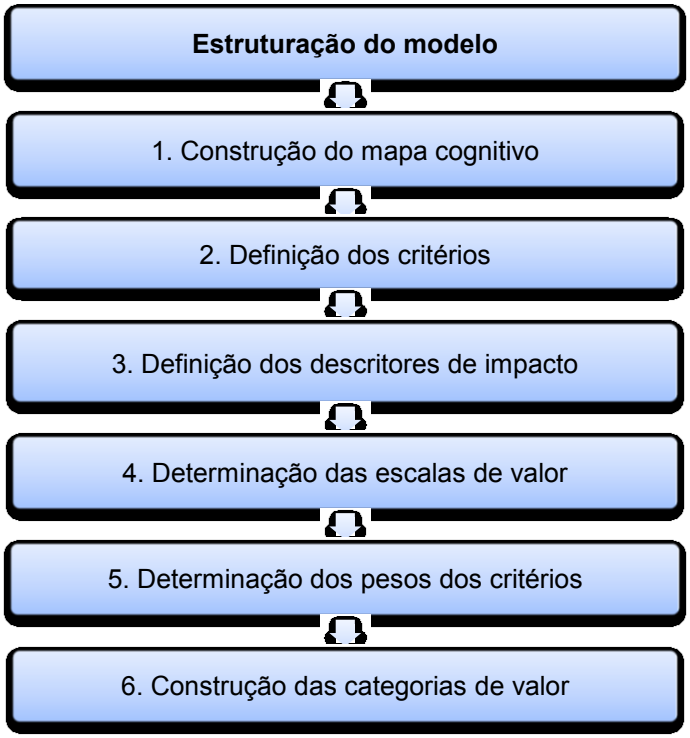


Figura 22. Construção do modelo: etapas da fase de estruturação do modelo.

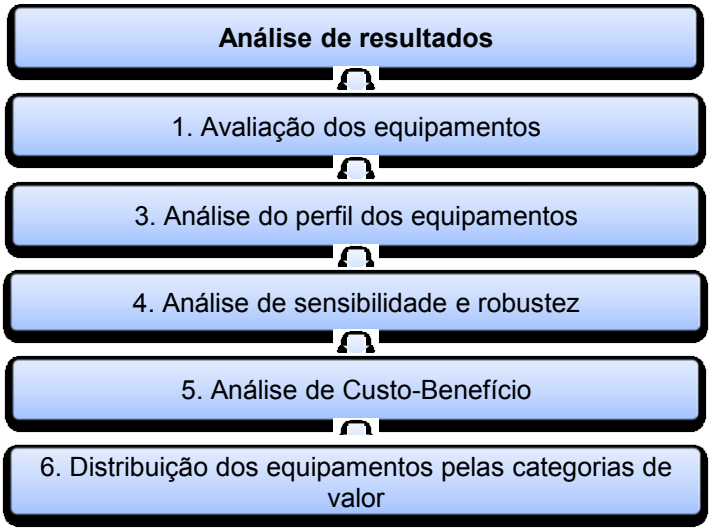


Figura 23. Construção do modelo: etapas da fase de avaliação do impacto e análise.

4.1. Definição do problema

Com a construção do modelo de apoio à substituição, pretende-se resolver o problema do planeamento das substituições de equipamentos que ocorre no HSM, indicado na secção 2.3.

Para o desenvolvimento de um modelo de substituição generalizado, que possa avaliar qualquer tipo de equipamentos, seleccionou-se um grupo de equipamentos abrangente e um grupo de actores utilizadores dos mesmos, para que assim se recolhesse a informação necessária à construção de uma ferramenta deste tipo. Os pontos que se seguem descrevem em pormenor os critérios e as opções tomadas na construção das etapas iniciais do modelo.

4.1.1. Identificação dos equipamentos

Dentro do conjunto de equipamentos existente no Hospital, escolheu-se uma amostra diversificada, que incluiu diversos tipos de equipamentos que pertencem a vários serviços hospitalares. O objectivo era identificar ao máximo os benefícios, as características, as desvantagens e as falhas de uma gama abrangente de equipamentos existentes, para assim criar uma metodologia geral de substituição, que pudesse ser aplicada a todo o tipo de equipamentos médicos hospitalares.

Do conjunto seleccionado, escolheu-se um subconjunto que representasse os mesmos. Esta escolha foi efectuada juntamente com os Engenheiros João Durão de Carvalho, José Miguel Rodrigues e Oreana Morais, do SIE. O critério escolhido na selecção foi a abrangência, ou seja, seleccionou-se tanto equipamentos mais velhos, que já apresentavam consideráveis registos com manutenções, reparações, etc., como equipamentos mais recentes; e equipamentos de pequeno e grande porte; e de diagnóstico e terapêutica[4].

No grupo de grande porte incluem-se aparelhos de Ressonância Magnética, Tomografia Axial Computorizada (TAC), Raios X, Angiografias, Câmaras Gama e Acelerador Linear. No grupo de pequeno porte estão incluídos Electrocardiógrafos, Ecocardiógrafos e Bombas de Perfusão[5].

4.1.2. Selecção dos actores

Os actores incluídos neste estudo são apresentados na Tabela 5, e foram seleccionados pelo Engenheiro João Durão de Carvalho e pela Engenheira Oreana Morais, do SIE. O critério de selecção dos actores – que vão desde médicos, a directores de serviço, a enfermeiros e técnicos – foi baseado na experiência e no conhecimento que demonstravam, relativamente à utilização e características dos equipamentos seleccionados, assim como na sua disponibilidade para participar no questionário inicial e nas conferências de decisão.

Tabela 5. Actores seleccionados na primeira fase de estruturação do problema.

EQUIPAMENTO	ACTOR
Ressonância Magnética	Dr. Carlos Morgado
TAC	Dr. Carlos Morgado
Angiografia monoplanar	Prof. Jorge de Campos e Técnico Paulo Sequeira
Angiografia biplanar	Prof. Jorge de Campos e Técnico Paulo Sequeira
RX Convencional - Urgência	Técnica Paula Barradas e Técnico João Pedro
Aparelho de RX transportável	Técnica Paula Barradas
Câmara gama	Prof. Fernando Godinho
Electrocardiógrafo	Dr. Fernando Ribeiro

[4] Os equipamentos de diagnóstico são utilizados para recolher informação sobre o corpo humano, e assistir assim as práticas clínicas; os equipamentos de terapêutica são utilizados em intervenções clínicas com o objectivo de curar ou preservar a saúde, de alguma maneira (Carmo, et al., 2007).

[5] Apesar da diversidade de equipamentos existente, o estudo focou-se naqueles referidos porque são equipamentos representativos das áreas hospitalares. Os equipamentos de grande porte porque envolvem grandes custos de manutenção e aquisição por parte do Hospital, mas permitem localizar e diagnosticar eficazmente vários tipos de doenças, como por exemplo aquelas que mais atingem a população nos dias de hoje (por exemplo, o cancro). Os equipamentos de pequeno porte porque são adquiridos em maior quantidade pelo Hospital e são importantes igualmente no diagnóstico, assim como na monitorização e tratamento dos doentes, nos diversos serviços do Hospital.

Ecocardiógrafo	Dr. Fernando Ribeiro
Acelerador Linear	Profª. Isabel Grilo e Drª. Isabel Diegues
Bomba de Perfusão	Enfermeira Dores

Para além dos actores referidos na tabela anterior, também o Engenheiro João Durão de Carvalho, director do SIE, se incluí nesta lista (actualmente é um dos principais responsáveis pelas decisões de substituição de equipamentos médicos no HSM), assim como os Engenheiros José Miguel Rodrigues, Rui Pinto e Oreana Morais, igualmente do SIE.

Relativamente às conferências de decisão, era importante a participação de todos os actores indicados na Tabela 5, para que assim estivesse representada a diversidade de perspectivas do problema e presente os decisores chave que participam nas decisões de substituição do Hospital. No entanto, não foi possível a comparência de todos, como vamos ver de seguida, o que não comprometeu a realização das conferências de decisão.

4.1.3. Recolha do histórico dos equipamentos

O histórico dos equipamentos foi recolhido com a colaboração do Engenheiro José Miguel Rodrigues, do SIE, dado que os registos estavam informatizados no software *Maximo*, da IBM. Este serviço hospitalar forneceu todas as informações menos as da Câmara Gama, uma vez que este equipamento não pertence às instalações do Hospital, mas sim à FML.

Na Tabela 6 estão referidos alguns dados importantes relativos ao histórico dos equipamentos seleccionados. Nessa tabela, a indicação *Sim* (ou *Sim com excepções*) ou *Não*, nos CAT e MP, pretende indicar se estes parâmetros estão, ou não, incluídos nos equipamentos em questão. Por outro lado, se as características dos CAT apresentarem excepções, a indicação das mesmas é feita na Tabela 7.

Tabela 6. Equipamentos sujeitos a avaliação.

Diagnóstico					
Equipamento	**Marca**	**Modelo**	**Serviço**	**CAT**	**MP**
Ressonância Magnética	Philips	Gyroscan T5-NT	Imagiologia	Sim	Sim
TAC	Philips	MX8000	TAC – sala 2	Sim c/ excepções nas peças	Sim
Angiografia Monoplanar[6]	Toshiba	Infinix Vci	Imagiologia	Sim s/peças	Sim
Angiografia Biplanar[7]	Toshiba	Infinix Vbi	Imagiologia	Sim s/peças	Sim
RX Convencional	Philips	Bucky Diagnost TH	Radiologia-Urgência (Sala1)	Sim c/ excepções nas peças	Sim
		Bucky Diagnost TH	Radiologia-Urgência (Sala2)		
Ap. RX transportável	Siemens	Mobilett Plus E	Imagiologia	Não	Não

[6] Equipamento que serve tanto o diagnóstico como a terapêutica, mas que é mais utilizado no primeiro caso.
[7] Idem.

Electrocardiógrafo	Schiller	AT-2-Plus	Cardiologia	Sim[8]	Não
Ecocardiógrafo	ATL	HDI 5000	Cardiologia	Sim	Sim
	Aloka	Alfa 10		Sim s/ peças	Sim
Câmara Gama	GE	-	Medicina Nuclear	-	-
Terapêutica					
Equipamento	**Marca**	**Modelo**	**Serviço**	**CAT**	**MP**
Acelerador Linear	Siemens	Oncor	Radioterapia	Sim	Sim
Bomba de Perfusão	Braun	Infusomat FM	Cirurgia 2	Sim	Não

Tabela 7. Peças que o contrato de manutenção não inclui.

Equipamento	Excepções
TAC	- Ampola de Raio-X - Detectores
RX Convencional	- Ampola de Raio-X - Tubo intensificador de imagem - Tubos de captação de imagem - Transformadores de potência alta e baixa tensão - Cabos de alta tensão - Monobloco - Cabeça térmica

Os custos suportados pelo Hospital, entre os anos de 2006 a 2008, nos CAT, Mão-de-obra (MO) e Peças (custos suportados com a substituição de peças nos equipamentos) estão, por sua vez, indicados na Tabela 8. Para analisar especificamente qual foi o custo com cada peça substituída, pode ser consultada a Tabela II, no Anexo II.

Tabela 8. Valores suportados pelo Hospital durante os anos de 2006 a 2008, com os equipamentos do estudo.

Equipamento	CAT (€)			MO (€)	Peças (€)
	2006	2007	2008	2008	2008
Ressonância Magnética	94.261,20	96.678,15	99.157,08	0,00	0,00
TAC	46.596,93	47.788,65	49.014,00	0,00	0,00
Angiografia Monoplanar	38.460,00	39.421,00	40.407,00	1.434,00	26.657,50
Angiografia Biplanar	38.460,00	39.421,00	40.407,00	724,00	15.373,50
RX Convencional	4.789,67	4.912,48	5.038,44	0,00	0,00
Ap. RX transportável	2.312,07	2.371,36	2.432.16	0,00	0,00
Electrocardiógrafo	95.700,00	98.188,20	100.741,00	100,00	173,00
Ecocardiógrafo	10.963,26	11.244,37	11.532,69	0,00	0,00
	328,92	337,35	346,00	0,00	6.325,00
Câmara Gama	Iniciou actividade em 2009 (está ainda dentro da garantia)				
Acelerador Linear	100.964,00 a partir de Abril de 2009			0,00	0,00
Bomba de Perfusão	112.266,00	24.624,00	25.261,00	72,00	91,91

A tabela que se segue indica o número de equipamentos do mesmo tipo que estão presentes nos respectivos serviços hospitalares, e que estão prontos a serem utilizados, caso seja necessário.

[8] Equipamento incluído num contrato de equipamentos de electromedicina, com o SUCH (Serviço de Utilização Comum dos Hospitais).

Tabela 9. Número de equipamentos existente no Hospital.

EQUIPAMENTO	Número
Ressonância Magnética	1
TAC	2
Angiografia monoplanar	1
Angiografia biplanar	1
RX Convencional - Urgência	2
Aparelho de RX transportável	2
Câmara gama	3
Acelerador Linear	3
Ecocardiógrafo	Número elevado (± 50)
Electrocardiógrafo	Número elevado (± 70)
Bomba de Perfusão	Número elevado (± 1000)

A informação contida nas tabelas anteriores foi relevante, mais tarde, para a atribuição dos níveis de impacto de cada critério aos equipamentos estudados (secção 4.3.1.). Por exemplo, dar a conhecer aos actores o tipo de excepções do CAT, permitiu que estes avaliassem se os valores dos mesmos eram adequados, face às excepções que tinham, e apresentar os custos com as Peças, permitiu que os actores identificassem o valor gasto pelo Hospital no último ano, com os *upgrades* dos equipamentos.

4.1.4. Reunião com os actores e recolha das primeiras impressões

Realizou-se uma reunião inicial com cada actor utilizador, indicados na Tabela 5. Nas reuniões foi feito um pequeno questionário estruturado aos actores, de cerca de 20 a 30 minutos, onde se colocaram diversas perguntas, com o propósito de avaliar a situação geral dos equipamentos incluídos no estudo, determinar as suas capacidades de diagnóstico/tratamento e identificar o estado da tecnologia actual. Como as perguntas colocadas eram abertas à discussão, sempre que surgiram novas questões, novas perguntas eram colocadas.

O questionário efectuado foi o seguinte, e as respostas obtidas a cada questão podem ser consultadas nas tabelas do Anexo III (Tabela II a XI).

a) O equipamento actual oferece todas as formas de diagnóstico/tratamento possíveis?
b) A informação (do diagnóstico) disponibilizada é de qualidade? É esclarecedora?
c) O equipamento é muito utilizado? É usada a sua capacidade total?
d) O equipamento é lento no diagnóstico/tratamento? Há lista de espera de utentes para realizar exame com o equipamento?
e) Há alternativas se o equipamento ficar inoperacional?
f) Quais as vantagens e desvantagens que o equipamento oferece?
g) Dada a tecnologia já existente, existem funcionalidades/características do equipamento que são desejáveis, e que o equipamento actual não oferece? Se sim, quais são essas características? Qual é a marca que equipamentos que colmata essa lacunas?
h) O equipamento é obsoleto?

i) Que outras considerações considera importantes sobre o equipamento ou sobre outras necessidades no serviço.

Para uma visualização geral das respostas dadas pelos actores, relativamente a factores limitativos que alguns equipamentos possuem, apresenta-se a seguinte tabela resumo.

Tabela 10. Limitações apontadas pelos actores nos equipamentos estudados.

Ineficácia clínica	Obsolescência	Riscos Associados	Custos Associados
- Falta de qualidade na informação disponibilizada. - Não permite todos os exames. - Falta de rapidez. - Existência de lista de espera.	- Inexistência de upgrades. - Falta de funcionalidades. - Existência de novas tecnologias mais eficazes.	- Uso de muita radiação.	- Falhas técnicas - Necessidade de muitas paragens. - Falta de rentabilização. - Necessidade de muitos upgrades.

Há equipamentos aos quais não foram apontadas quaisquer limitações, que ainda respondem às necessidades do serviço e que não são considerados obsoletos. Dentro desta categoria encontra-se, por exemplo, os de RX Convencionais e a Bomba de Perfusão.

No final também se reuniu com o actor director do SIE para recolher a sua opinião relativamente aos equipamentos em estudo e recolher informação sobre outras questões relacionadas com o processo de decisão da substituição. As questões discutidas foram, por exemplo, a assistência técnica dos equipamentos e os custos de aquisição de equipamentos novos, que poderiam solucionar as limitações apresentadas pelos actores utilizadores dos equipamentos actuais, e que foram descritas resumidamente na Tabela 10. Os custos (aproximados) de aquisição dos equipamentos novos apresentam-se na Tabela 11.

Tabela 11. Custos de aquisição de equipamentos novos.

EQUIPAMENTO	Custo (euros)
Ressonância Magnética	1.500.000,00
TAC	500.000,00[9] 880.000,00[10]
Angiografia monoplanar	750.000,00
Angiografia biplanar	950.000,00
RX Convencional - Urgência	120.000,00
Aparelho de RX transportável	100.000,00
Câmara gama	400.000,00
Acelerador Linear	2.000.000,00
Ecocardiógrafo	80.000,00
Electrocardiógrafo	4.000,00
Bomba de Perfusão	1.500,00

[9] TAC de 16 cortes.
[10] TAC de 64 cortes.

A informação que foi recolhida nesta fase permitiu iniciar a estruturação do modelo, possibilitando, entre outras coisas, a identificação das questões essenciais, que uma ferramenta de substituição de equipamentos hospitalares deve conter. A informação recolhida também permitiu construir o mapa cognitivo, os critérios e os descritores de impacto, como se descreve de seguida.

4.2. Estruturação do modelo

Nesta fase pretendeu-se identificar critérios e descrever os plausíveis níveis de impactos a eles associados. No entanto, as etapas de estruturação do modelo foram construídas a partir da informação e perspectivas recolhidas nas reuniões iniciais com os actores, e não a partir das conferências de decisão. Isto aconteceu uma vez que foi decidido, juntamente com o actor responsável do SIE, restringir a contribuição das conferências de decisão no desenvolvimento do modelo, devido aos constrangimentos de tempo e disponibilidade que os actores apresentavam.

Daqui se depreende uma limitação do modelo, dado que nem sempre foi possível incluir todas as perspectivas dos actores nos passos de estruturação desenvolvidos.

Assim sendo, as conferências de decisão começaram com a apresentação dos critérios e descritores de impacto ao grupo de actores e, portanto, com o mapa cognitivo já construído, para depois se passar para a fase de avaliação e análise de resultados, através da metodologia MACBETH. As opiniões dos actores foram consideradas, caso nas conferências de decisão se decidisse ser necessário a modificação do conteúdo dos critérios e descritores de impacto.

Como questão de investigação foi decidido, inicialmente, e em conjunto com o actor director do SIE, avaliar os dois grupos de equipamentos separadamente, isto é, os equipamentos de pequeno porte e os de grande porte, o que implicava reunir dois grupos de actores diferentes, em diferentes conferências de decisão. O objectivo era comparar os dois modelos que daí resultavam, para assim se avaliar e discutir a concordância e generalidade dos mesmos, na avaliação dos diversos tipos de equipamentos. Contudo, mais uma vez, a disponibilidade dos actores não permitiu executar este plano.

4.2.1. Construção do mapa cognitivo

De acordo com o argumento anterior, o mapa cognitivo desenvolvido na estruturação do problema de substituição não foi construído em conferências de decisão e a partir de sessões de *post-its*, tal como é indicado na secção 3.2.1., mas sim a partir das reuniões iniciais, realizadas individualmente com cada actor utilizador dos equipamentos e com o actor director do SIE.

Baseado nas respostas dos actores às perguntas colocadas nas reuniões, estruturou-se um mapa cognitivo que representasse de forma clara e intuitiva o pensamento dos actores, relativamente a factores e critérios que levam à substituição dos equipamentos hospitalares. A partir da discussão das limitações dos equipamentos actuais (Tabela 10) relativos à ineficácia clínica, obsolescência, custos e riscos associados, e da discussão do estado das tecnologias actuais e das necessidades dos serviços hospitalares, foi então construída uma rede de ideias que pudesse representar os pontos de vista dos actores.

O mapa cognitivo que representa as questões associadas ao problema e as potenciais formas de as resolver estão representados na Figura 24. A leitura que se faz do mapa proposto é a seguinte: a rede de ideias é construída seguindo uma sequência "causa-consequência", ou seja, a partir de questões primordiais, que não são ligadas por qualquer seta, são encontrados objectivos intermédios, que indicam a acção que deve ser tomada, e que culminam na identificação de objectivos finais, que apresentam as soluções às questões inicialmente lançadas, e que estão representadas a cor azul, no mapa da Figura 24.

Figura 24. Mapa Cognitivo.

4.2.2. Definição dos critérios e descritores de impacto

Devido a constrangimentos ocorridos, e já descritos, os critérios e descritores de impacto (uma proposta) foram construídos pela facilitadora a partir do conteúdo do mapa cognitivo que resultou das reuniões iniciais, e com a ajuda do actor director do SIE. Apesar de não ter sido possível discutir os critérios e os descritores com todos os actores numa conferência de decisão, a discussão com o actor do SIE permitiu descrever da forma mais clara, completa e exaustiva possível, o significado dos critérios e respectivos descritores de impacto.

Os critérios e os descritores de impacto foram construídos de modo a avaliar a substituição dos equipamentos actuais, tendo em conta as alternativas existentes. Esta avaliação foi estruturada

segundo 15 critérios gerais, agrupados em 5 áreas, que ao ter em conta as alternativas existentes no critério, permitiu estabelecer diferentes graus de importância e de valor, que uma determinada substituição pode apresentar actualmente para o Hospital. As alternativas indicadas vão, por exemplo, desde a substituição por um equipamento novo, como solução final, à possibilidade de integrar *upgrades* e melhorar o CAT.

Na construção das áreas de preocupação e dos critérios tiveram-se em conta as questões que surgiram no mapa cognitivo, relacionadas com o processo de substituição de equipamentos médicos hospitalares. A partir das questões presentes no mapa, identificaram-se os critérios que representavam os pontos de vista dos actores e as respectivas áreas de preocupação, que agrupavam esses critérios em famílias com características comuns. As áreas de preocupação identificadas foram: o *Estado de obsolescência do equipamento actual*, a *Performance técnica e operacional do equipamento actual*, a *Assistência técnica do equipamento actual*, o *Impacto financeiro do equipamento actual* e a *Imagem e estratégia do equipamento actual*.

A árvore de valor da Figura 25 apresenta os critérios agrupados nas correspondentes áreas de preocupação, e a descrição do conteúdo dos mesmos encontra-se nas tabelas 12 e 13. A árvore de valor representada na Figura 25 foi construída no software M-MACBETH, e a sua construção serviu para iniciar o processo de determinação das funções de valor e dos pesos dos critérios, passando primeiro pela sua validação, no início da conferência de decisão realizada.

No caso dos descritores de impacto, a metodologia considerada na sua construção foi a inclusão de todos os impactos plausíveis que um determinado critério podia ter, para que assim pudessem representar os diferentes valores que as substituições apresentavam no critério (representados pelos níveis N1, N2, etc). O alcance dos impactos em cada critério relaciona-se, necessariamente, com as diversas possibilidades que podem ocorrer, de acordo com os vários tipos de perfis que os equipamentos podem apresentar. Assim, de acordo com esses perfis e com as alternativas existentes para o seu melhoramento no critério, estabeleceram-se os diferentes níveis de impacto.

Os descritores de impacto podem ser descritos qualitativa ou quantitativamente, como se indicou anteriormente. No modelo de substituição de equipamentos médicos hospitalares, os descritores foram descritos qualitativamente, evidenciando causas ou consequências directas/ indirectas dos critérios. Isto aconteceu porque um dos objectivos deste trabalho foi construir um modelo de substituição generalizado, que servisse tanto para equipamentos de terapêutica como de diagnóstico, que fossem de pequeno ou grande porte e, portanto, com características funcionais e de utilização diferentes entre si, o que tornou difícil a utilização de níveis de avaliação quantitativos.

A cada conjunto de níveis de um descritor de impacto, atribuíram-se dois níveis de referência de valor intrínseco: o nível bom de atractividade e o nível neutro de atractividade. Estes níveis correspondem, respectivamente, a um nível cujos ganhos com a substituição de um equipamento, que apresenta determinado perfil de performance num determinado critério, começam a ser inquestionáveis para o Hospital, e a um nível cujos ganhos não são nem muito nem pouco atractivos, ou seja, a atribuição deste nível a um equipamento médico hospitalar não torna vantajosa, por si só, a sua substituição.

Como indicado no capítulo anterior, o estabelecimento de um nível bom e de um nível neutro tem como objectivo fundamental facilitar os passos de avaliação que se seguem, nomeadamente no estabelecimento dos pesos dos critérios, e de acordo com o alcance que os critérios apresentam, estes níveis correspondem ou não ao nível máximo e mínimo, abrangido por cada descritor de performance.

A inclusão de todos os possíveis níveis de performance, que um critério pode apresentar, respeita as características do modelo - como é do tipo compensatório simples de agregação aditiva (representado pela equação (1)), permite que uma má prestação de um equipamento num determinado critério possa ser compensada por uma boa prestação desse mesmo equipamento noutro ou noutros critérios distintos (Lourenço, 2002).

Os descritores de impacto, indicados e descritos nas Tabelas 14 a 28, foram introduzidos no M-MACBETH, tal como se indica na Figura 26. Na aplicação do software representada naquela figura, quando se seleccionaram os níveis referência, estes passaram a apresentar a cor verde para o nível bom e a cor azul para o nível neutro.

Depois de se introduzirem todos os descritores de impacto no software, este modificou a forma de apresentar os critérios na árvore de valor. Isto significa que os critérios deixaram de ser meramente nós na árvore de valor do software (Figura 25) e passaram a estar aptos a ser avaliados, na determinação das funções de valor e dos pesos dos critérios (Figura 27).

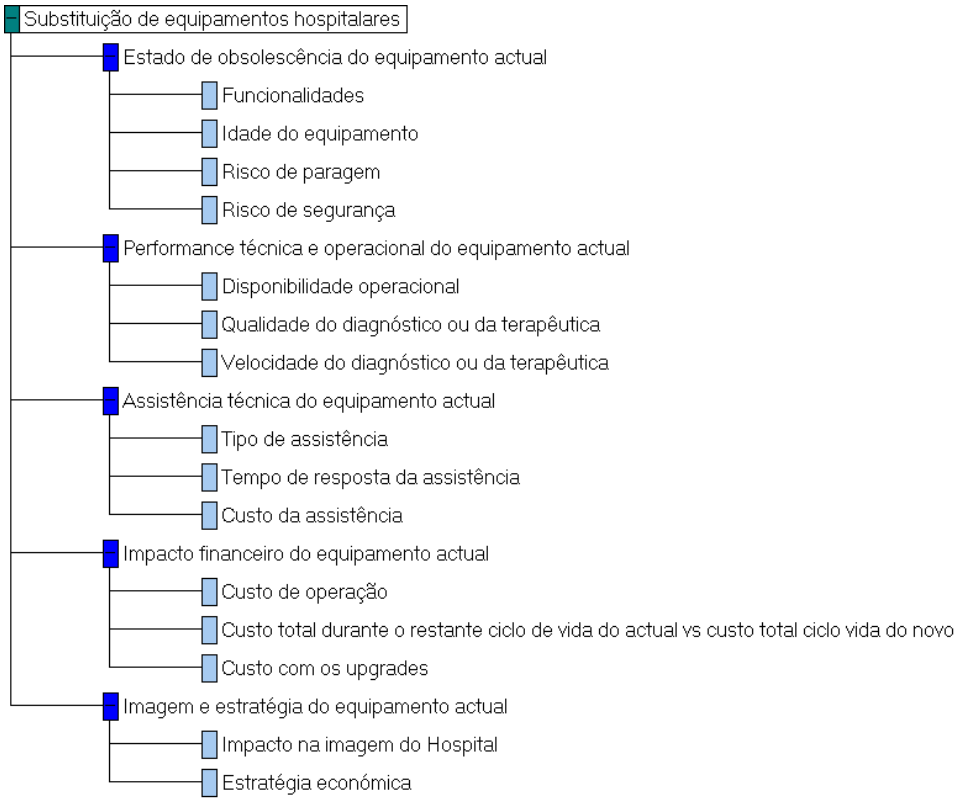


Figura 25. Árvore de valor introduzida no software M-MACBETH.

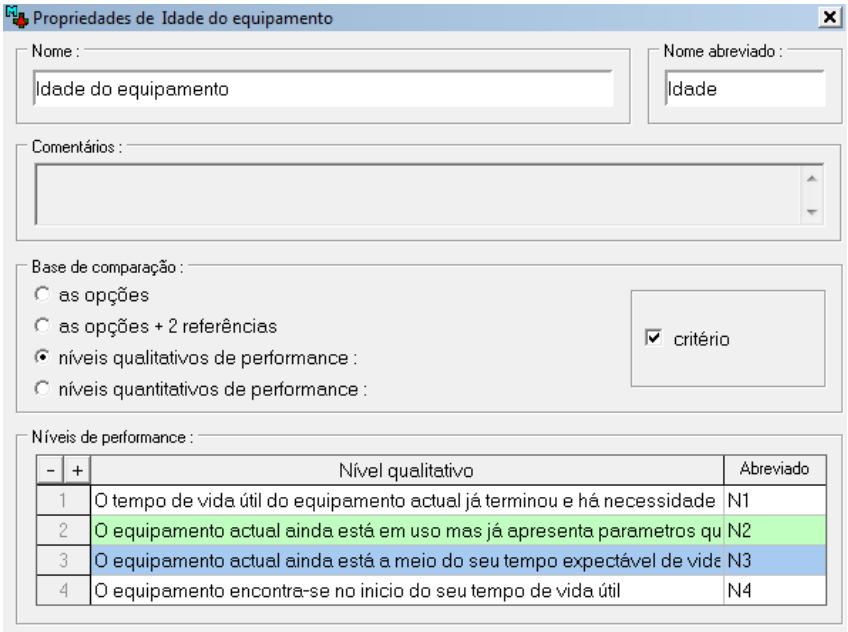


Figura 26. Introdução dos níveis de performance do critério *Idade do equipamento*, no software M-MACBETH.

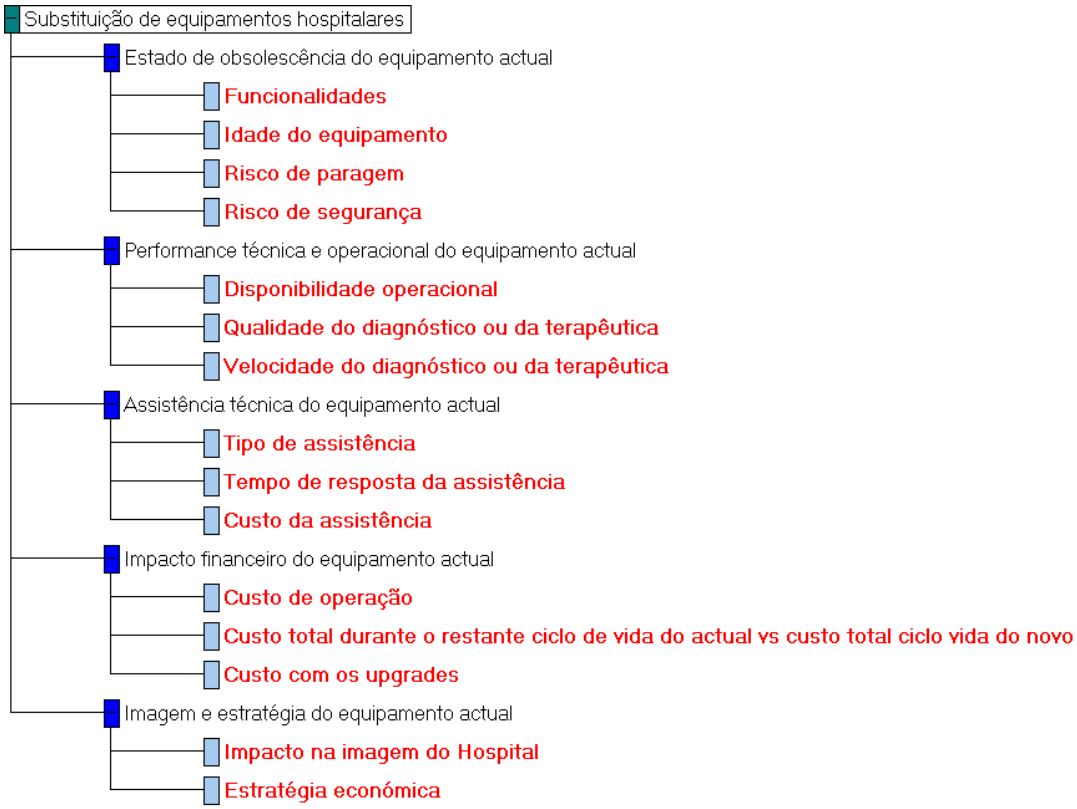


Figura 27. Árvore de valor com os critérios e descritores de impacto prontos a serem avaliados pelo software M-MACBETH.

Tabela 12. Descrição das áreas de preocupação que foram incluídas no modelo.

Estado de obsolescência do equipamento actual	Avalia o estado de obsolescência de um equipamento, tendo em conta as características e as funcionalidades do equipamento actual, e o estado da tecnologia presente, já incluída nos novos equipamentos.
Performance técnica e operacional do equipamento actual	Avalia as capacidades técnicas e operacionais dos equipamentos actuais, na obtenção de um diagnóstico eficaz e de qualidade, e as capacidades que os novos equipamentos ou outras alternativas podem acrescentar.
Assistência técnica do equipamento actual	Avalia a qualidade e o valor da assistência técnica, que é efectuada pelas empresas representantes do equipamento actual, e apresenta alternativas quando a assistência não é aceitável.
Impacto financeiro do equipamento actual	Avalia o impacto financeiro que a utilização do equipamento actual representa para o Hospital e indica alternativas quando esse impacto não for positivo.
Imagem e estratégia do equipamento actual	Avalia o impacto que a utilização do equipamento actual representa para os utentes, utilizadores e Hospital, e indica alternativas quando esse impacto não for positivo.

Tabela 13. Descrição dos critérios que foram incluídos no modelo.

Estado de obsolescência do equipamento actual	**Funcionalidades**	Determina se o equipamento actual possui, ou não, características técnicas que lhe conferem funcionalidades operacionais que possibilitem todas as formas de diagnóstico e terapêutica essenciais no serviço hospitalar, e identifica as alternativas existentes para a sua implementação, caso seja necessário.
	Idade do equipamento	Compara a idade do equipamento actual com o seu expectável restante tempo de vida útil, e determina a necessidade de aquisição de um equipamento novo. Tempo (restante) de vida útil entende-se como o tempo previsto durante o qual o equipamento pode continuar a ser utilizado nas condições de trabalho (frequência de utilização, condições de instalação, características do operador) e conjuntura (qualidade exigida, disponibilidades financeiras, valor do risco) actuais.
	Risco de paragem	Avalia o risco de paragem que o equipamento actual apresenta e a forma de como pode ser eliminado. Risco de paragem corresponde à probabilidade de o equipamento ficar fora de serviço.
	Risco de segurança	Avalia o risco de segurança que o equipamento actual apresenta e a forma de como pode ser eliminado. Risco de segurança corresponde à probabilidade de o equipamento não assegurar a integridade física e o conforto dos operadores e/ou utentes.
Performance técnica e	**Disponibilidade operacional**	Determina se o tempo e os horários em que o equipamento actual está disponível para utilização são aceitáveis, e em caso negativo indica as

operacional do equipamento actual		possíveis soluções no melhoramento desta capacidade. A indisponibilidade considerada resulta das paragens do equipamento e da manutenção preventiva e curativa realizada nos períodos de actividade clínica, permanente ou de urgência/emergência, do serviço.
	Qualidade do diagnóstico ou da terapêutica	Compara as capacidades do equipamento actual com capacidades fornecidas pelas alternativas, na obtenção de informação precisa e definitiva sobre uma doença ou no tratamento eficaz de uma doença, de acordo com as boas práticas médicas.
	Velocidade do diagnóstico ou da terapêutica	Determina se os processos de diagnóstico e tratamento podem tornar-se mais rápidos, comparando a velocidade de diagnóstico ou tratamento permitida pelo equipamento actual com outras velocidades alternativas desejáveis. A velocidade relaciona-se com o tempo de execução da prática clínica em questão.
Assistência técnica do equipamento actual	**Tipo de assistência**	Avalia se o tipo de assistência técnica que é prestada ao equipamento é adequado às funções que desempenha, mantendo-o nas condições originais de projecto durante a sua vida útil, em particular quanto à disponibilidade e segurança.
	Tempo de resposta da assistência	Avalia se o tempo que a assistência técnica do equipamento actual leva a iniciar e executar uma manutenção correctiva ou preventiva é adequado, e avalia a necessidade de encontrar novas alternativas.
	Custo da assistência	Determina se o preço do contrato da assistência técnica actual do equipamento representa uma desvantagem para o Hospital, e compara-o com preços de assistências alternativas para novos equipamentos.
Impacto financeiro do equipamento actual	**Custo de operação**	Compara o custo médio anual de operação quando se decide manter o equipamento actual com o custo médio anual de operação resultante da utilização de um equipamento novo. Custo de operação inclui os custos de manutenção, mão-de-obra necessária à operação, consumíveis e outros recursos necessários para o bom funcionamento do equipamento (p.ex., energia eléctrica e integração de novo software).
	Custo total durante o restante ciclo de vida do actual vs custo total ciclo de vida do novo	Compara o custo médio anual de ciclo de vida quando se adquire um equipamento novo com o custo médio anual previsto para o restante ciclo de vida do equipamento actual. Custo de ciclo de vida inclui o custo de aquisição, custos de capital, de instalação e de formação do pessoal, adicionados aos custos de operação já referidos.
	Custo com *upgrades*	Avalia se a actualização operacional e técnica de um equipamento, através de *upgrades* de peças e software, é vantajosa monetariamente, ou não, em relação à aquisição de um equipamento novo.
Imagem e estratégia do equipamento actual	**Impacto na imagem do Hospital**	Determina se o equipamento actual contribui, ou não, para os doentes e utilizadores terem uma imagem positiva do Hospital (se corresponde às exigências de segurança e de qualidade do diagnóstico ou do tratamento da doença), e indica opções se for necessário melhorar essa imagem.
	Estratégia económica	Compara a capacidade que o equipamento actual tem em produzir actos

médicos, relativamente a um equipamento novo, e caso seja necessário indica as possíveis alternativas na obtenção da produção desejada, e consequentemente, dos ganhos em saúde, eficiência e eficácia desejados.

Tabela 14. Descritor de impacto do critério *Funcionalidades.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	O equipamento actual não possui todas as funcionalidades essenciais ao diagnóstico e terapêutica dos utentes/doentes, e estas já não podem ser adicionadas.
N2	O equipamento actual não possui todas as funcionalidades essenciais ao diagnóstico e terapêutica dos utentes/doentes e estas podem ser adicionadas recorrendo a *upgrades* disponibilizados pelo fabricante.
N3 = Neutro	O equipamento actual possui as funcionalidades mínimas necessárias para se manter ao serviço, podendo ser melhoradas com a integração de *upgrades* disponibilizados pelo fabricante.
N4	O equipamento apresenta as funcionalidades essenciais ao diagnóstico e terapêutica dos utentes/doentes

Tabela 15. Descritor de impacto do critério *Idade do equipamento.*

Nível	Descrição
N1	O tempo de vida útil do equipamento actual já terminou.
N2 = Bom	O equipamento actual ainda está em uso mas já apresenta parâmetros que caracterizam o fim da sua vida útil (tempo médio entre falhas é curto, custo elevado de manutenção, fim da amortização).
N3 = Neutro	O equipamento actual ainda está a meio do seu tempo expectável de vida útil.
N4	O equipamento actual encontra-se no início do seu tempo de vida útil (equipamento novo).

Tabela 16. Descritor de impacto do critério *Risco de paragem.*

Nível	Descrição
N1	O equipamento actual apresenta probabilidade elevada de ocorrência de paragem definitiva.
N2 = Bom	O equipamento actual apresenta probabilidade de ocorrência de falha com paragem com elevada dificuldade de reparação.
N3 = Neutro	O equipamento actual apresenta probabilidade de ocorrência de paragens, que pode ser solucionado com o *upgrade*/reacondicionamento.
N4	O equipamento actual não apresenta qualquer tipo de risco de paragem.

Tabela 17. Descritor de impacto do critério *Risco de segurança.*

Nível	Descrição
N1	O equipamento actual, com a concepção que possui e à luz do normativo actual, apresenta probabilidade elevada de falha de segurança para os doentes e utilizadores.

N2 = Bom	O equipamento actual, com a concepção que possui e à luz do normativo actual, apresenta probabilidade de falha de segurança para os doentes e utilizadores.
N3 = Neutro	O equipamento actual, com a concepção que possui e à luz do normativo actual, apresenta probabilidade de falha de segurança para os doentes e utilizadores, o que pode ser solucionado com a integração de *upgrades*.
N4	O equipamento actual não apresenta qualquer tipo de risco de segurança.

Tabela 18. Descritor de impacto do critério *Disponibilidade operacional.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	A disponibilidade operacional do equipamento actual é insatisfatória, e não há possibilidade de a melhorar.
N2	A disponibilidade operacional do equipamento actual é insatisfatória (muitas paragens ou tempos de paragem muito longos), podendo as causas das paragens ser resolvidas com *upgrades*/recondicionamento.
N3 = Neutro	A disponibilidade operacional do equipamento actual é insatisfatória, devido ao elevado tempo de resposta da manutenção e aos horários praticados por esta, podendo ser melhorada com a revisão do contrato de manutenção.
N4	A disponibilidade operacional do equipamento actual é satisfatória, aproximando-se dos 100% do tempo e do horário necessários á sua actividade.

Tabela 19. Descritor de impacto do critério *Qualidade do diagnóstico ou da terapêutica.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	O equipamento actual não permite fornecer uma informação diagnóstica precisa e final ou uma terapêutica eficaz, e não há possibilidade de melhorar o seu desempenho.
N2	O equipamento actual não permite fornecer uma informação diagnóstica precisa e final ou uma terapêutica eficaz, sendo possível melhorar o seu desempenho mediante a integração de *upgrades.*
N3 = Neutro	O equipamento actual, para a quase totalidade das situações, ainda permite fornecer uma informação diagnóstica precisa e final ou uma terapêutica eficaz (à custa de mais radiação, mais tempo, maior dificuldade do operador), havendo a necessidade de se considerar a hipótese de *upgrades*.
N4	O equipamento actual permite fornecer uma informação diagnóstica precisa e definitiva ou um tratamento eficaz.

Tabela 20. Descritor de impacto do critério *Velocidade do diagnóstico ou da terapêutica.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	A velocidade de diagnóstico ou de tratamento que o equipamento actual apresenta é limitada, face às características do mesmo e/ou às necessidades e fluxo de utentes/doentes no serviço, não havendo qualquer possibilidade de a melhorar.
N2	O equipamento actual não apresenta boa velocidade de diagnóstico ou de tratamento, face às características do mesmo e/ou às necessidades e fluxo de utentes/doentes no serviço, podendo ser melhorada com a integração de *upgrades*.
N3 = Neutro	O equipamento actual não apresenta boa velocidade de diagnóstico ou de tratamento, face às características do mesmo e/ou às necessidades e fluxo de utentes/doentes no serviço, podendo ser compensada com a utilização de outro equipamento existente no

	serviço.
N4	O equipamento actual apresenta uma velocidade de diagnóstico ou de tratamento adequada, face às características do mesmo e/ou às necessidades e fluxo de utentes/doentes no serviço.

Tabela 21. Descritor de impacto do critério *Tipo de assistência.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	O tipo de assistência que é dada ao equipamento actual, sem condições de reformulação por incapacidade do representante/fabricante ou por descontinuidade de fabrico, origina condições de disponibilidade e de segurança inaceitáveis, colocando-o no limite da vida útil.
N2	O tipo de assistência que é dada ao equipamento actual é inadequado e origina condições de disponibilidade e de segurança inaceitáveis, colocando-o em condições semelhantes ao limite da vida útil, havendo a possibilidade de reformular o respectivo contrato de assistência técnica para a melhorar.
N3 = Neutro	O equipamento actual tem uma assistência técnica (habitualmente preventiva e correctiva) com insuficiências que originam diminuição da sua disponibilidade e consequentes problemas de eficácia na actividade clínica. Para redução do MTTR (*mean time to repair*) poderão ser adicionadas à manutenção actual novas facilidades e formas de manutenção, tais como a manutenção remota, manutenção condicionada e fornecimento de componentes por contrato.
N4	O equipamento actual tem uma assistência técnica adequada às funções que desempenha mantendo as condições originais de projecto e a disponibilidade em valores adequados às necessidades.

Tabela 22. Descritor de impacto do critério *Tempo de resposta da assistência.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	O tempo de resposta da assistência actual não é adequado, face às características das manutenções e/ou reparações, o que gera uma indisponibilidade inaceitável, e não há possibilidade de renegociação, para alterar as condições de assistência.
N2 = Neutro	O tempo de resposta da assistência actual não é adequado, face às características das manutenções e/ou reparações, por razões conjunturais de natureza logística, havendo a possibilidade de renegociação para alterar as condições de assistência.
N3	O tempo de resposta da assistência ao equipamento actual é adequado, face às características das manutenções e/ou reparações, e coordenado com a actividade clínica.

Tabela 23. Descritor de impacto do critério *Custo da assistência.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	O custo global da assistência actual não é aceitável (custo de mão-de-obra e de peças) podendo, se aplicável, ser considerado o custo das paragens (valor da produção perdida, sem contar com os custos sociais), e não há possibilidade de renegociar o seu custo.
N2 = Neutro	O preço da assistência do equipamento actual não é aceitável, face à sua abrangência (custo de mão-de-obra e peças), havendo a possibilidade de renegociar o seu custo.
N3	O preço da assistência do equipamento actual é aceitável, face à sua abrangência

	(custo de mão-de-obra e peças) encontra-se no valor corrente de mercado para equipamentos tecnologicamente actualizados.

Tabela 24. Descritor de impacto do critério Custo da operação.

Nível	Descrição
N1 = Bom	O custo de operação médio do equipamento actual é superior ao custo de operação médio de um equipamento novo.
N2 = Neutro	O custo de operação médio do equipamento actual é semelhante ao custo de operação médio de um equipamento novo.
N3	Por razões específicas da instituição (existem vários equipamentos da mesma marca o que baixa o custo unitário da manutenção, reduz problemas de operação face ao treino dos operadores e promove a redundância), o custo de operação médio do equipamento actual é inferior ao custo de operação médio de um equipamento novo.

Tabela 25. Descritor de impacto do critério Custo total durante o restante ciclo de vida do actual vs custo total ciclo de vida do novo.

Nível	Descrição
N1 = Bom	O custo médio anual do ciclo de vida restante do equipamento actual é superior ao custo médio anual do ciclo de vida total de um equipamento novo.
N2 = Neutro	O custo médio anual do ciclo de vida restante do equipamento actual é semelhante ao custo médio anual do ciclo de vida total de um equipamento novo.
N3	O custo médio anual do ciclo de vida restante do equipamento actual é inferior ao custo médio anual do ciclo de vida total de um equipamento novo.

Tabela 26. Descritor de impacto do critério *Custo com upgrades.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	Os *upgrades* necessários no equipamento actual têm custos elevados, que não compensam face aos custos de aquisição de um equipamento novo ou ao tipo de funcionalidades que introduz.
N2 = Neutro	Os *upgrades* necessários no equipamento actual têm custo elevados, que mesmo assim compensam face aos custos de aquisição de um equipamento novo e ao tipo de funcionalidades que introduz.
N3	Os *upgrades* necessários no equipamento actual têm baixo custo, ou estão incluídos no contrato de manutenção.

Tabela 27. Descritor de impacto do critério *Impacto na imagem do Hospital.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	O equipamento actual não apresenta qualquer impacto positivo na imagem do Hospital para os utentes/doentes e para potenciais utilizadores, e não há qualquer possibilidade de a melhorar.
N2 = Neutro	O equipamento actual não apresenta qualquer impacto positivo na imagem do Hospital para os utentes/doentes e para potenciais utilizadores, mas pela integração de *upgrades* disponíveis poderá adquirir-se funcionalidades relevantes com impacto positivo na imagem do Hospital para os doentes e para potenciais utilizadores.
N3	O equipamento actual, pelas suas características conhecidas dos utentes/doentes e

	potenciais utilizadores, tem impacto positivo na imagem do Hospital.

Tabela 28. Descritor de impacto do critério *Estratégia económica.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	O equipamento actual apresenta uma capacidade de produção de actos de diagnóstico/terapêutica inferior a equipamentos similares, tecnologicamente actualizados. Sendo insuficiente para as necessidades do Hospital gera despesa com a aquisição externa de serviços e uma baixa eficiência do serviço.
N2	O equipamento actual apresenta uma capacidade de produção de actos de diagnóstico/terapêutica inferior a equipamentos similares, tecnologicamente actualizados, o que se traduz numa baixa eficiência. Sendo insuficiente para as necessidades do Hospital gera despesa com a aquisição externa de serviços que não justificando economicamente a sua substituição justifica a integração de *upgrades* disponíveis, no melhoramento dessa capacidade de produção.
N3 = Neutro	O equipamento actual apresenta uma capacidade de produção de actos de diagnóstico/terapêutica inferior a equipamentos similares tecnologicamente actualizados, o que se traduz numa baixa eficiência. Sendo suficiente para as necessidades do Hospital poderá continuar ao serviço por opção económica.
N4	O equipamento actual apresenta uma capacidade de produção de actos de diagnóstico/terapêutica semelhante a equipamentos similares tecnologicamente actualizados, permitindo ganhos em saúde e a geração de receitas para o Hospital.

4.2.3. Determinação das funções de valor

A conferência de decisão foi organizada com convites pessoais a todos os actores utilizadores dos equipamentos, indicados na Tabela 5, e entregando um documento que explicava o objectivo da conferência de decisão e apresentava os critérios e os descritores de impacto construídos. A entrega do documento teve como principal objectivo incentivar discussão e leitura prévias, para que os actores pudessem perceber o âmbito da conferência de decisão e os passos de avaliação que se iam executar.

Dos actores convocados, compareceram o Prof. Fernando Godinho (Câmara Gama), a Técnicas Paula Barradas (RX Convencional e Transportável) e os Doutores Isabel Diegues (Acelerador Linear) e Fernando Ribeiro (Ecocardiógrafo e Electrocardiógrafo). Adicionalmente, também actores do SIE comparecem, nomeadamente os Engenheiros Durão de Carvalho, José Miguel Rodrigues e Rui Pinto.

A conferência de decisão iniciou-se com o objectivo de validar a árvore de valor e os descritores de impacto construídos. Para isso incentivou-se a discussão sobre o conteúdo dos critérios e descritores de impacto e explicou-se o que representava a atribuição de um nível bom e neutro a cada descritor de impacto, para que cada vez que não concordassem com essa atribuição, que lançassem discussão sobre a mesma.

A discussão maior que surgiu centrou-se no conteúdo de um nível de impacto do critério *Velocidade do diagnóstico ou da terapêutica*, e na utilização do critério *Custo total durante o restante ciclo de vida do actual vs custo total ciclo de vida do novo* na avaliação.

No primeiro caso, os actores decidiram eliminar o nível N3 daquele descritor (o nível neutro), porque consideraram não fazer sentido pensar-se em utilizar um outro equipamento existente no serviço, do mesmo tipo, para compensar a falha na velocidade de execução do equipamento que se está a avaliar. Isto quer dizer que a possibilidade de utilizar um outro equipamento não diminui o valor da substituição do equipamento deficitário, uma vez que vai criar constrangimentos no equipamento adicional - levando a que a compensação não acarrete qualquer vantagem. Consequentemente, optou-se por utilizar só três níveis neste descritor de impacto, passando o nível N2 para o nível neutro de performance, como está exemplificado na Tabela 29.

Tabela 29. Descritor de impacto do critério *Velocidade do diagnóstico ou da terapêutica.*

Nível	Descrição
N1 = Bom	A velocidade de diagnóstico ou de tratamento que o equipamento actual apresenta é limitada, face às características do mesmo e/ou às necessidades e fluxo de utentes/doentes no serviço, não havendo qualquer possibilidade de a melhorar.
N2=Neutro	O equipamento actual não apresenta boa velocidade de diagnóstico ou de tratamento, face às características do mesmo e/ou às necessidades e fluxo de utentes/doentes no serviço, podendo ser melhorada com a integração de *upgrades*.
N3	O equipamento actual apresenta uma velocidade de diagnóstico ou de tratamento adequada, face às características do mesmo e/ou às necessidades e fluxo de utentes/doentes no serviço.

No segundo caso, optou-se por excluir aquele critério da avaliação porque, apesar de à partida poder ser um critério importante na substituição de equipamentos, na prática a atribuição dos equipamentos aos níveis respectivos tornava-se uma tarefa extremamente difícil. Isto aconteceu não só pela falta de dados disponíveis e incapacidade de construir níveis de impacto claros e exaustivos, mas também pela dificuldade que existia na comparação dos dois ciclos de vida dos equipamentos, levando, no final, a que o critério não acrescentasse qualquer valor prático à decisão de substituição.

Relativamente à construção de funções de valor; para a sua determinação pediu-se aos actores que avaliassem a atractividade dos níveis qualitativamente, em determinado critério, utilizando as categorias semânticas descritas em 3.2.4.1. Neste sentido, incentivou-se a discussão entre todos, sobre o tipo de categoria semântica que seria atribuído em cada passo de avaliação.

Em cada avaliação foram feitas perguntas do tipo: “qual é a diferença de atractividade entre um equipamento estar no nível N1 no critério *Funcionalidades* e estar no nível N3 no mesmo critério”. Estas perguntas foram colocadas em cada passo de avaliação, no sentido de comparar, em primeiro lugar, a diferença de atractividade entre o nível bom e o nível neutro, e depois de registada essa primeira diferença de atractividade na matriz M-MACBETH, foram colocadas perguntas de modo a preencher, por esta ordem, a última coluna (comparou-se o nível inferior com os restantes), a primeira linha (comparou-se o nível superior com os restantes) e a diagonal, até a porção superior triangular da matriz ficar completa.

As incertezas dos actores na atribuição das categorias semânticas foram também avaliadas no software. Nestas situações, quando existiu dúvida sobre a diferença de atractividade entre dois

pares de níveis, o M-MACBETH aceitou a introdução de duas categorias semânticas na mesma célula da matriz (em alternativa, o software também permitia introduzir “positiva”, como diferença de atractividade, e este caso acontece quando se escolhe não completar determinada célula da matriz).

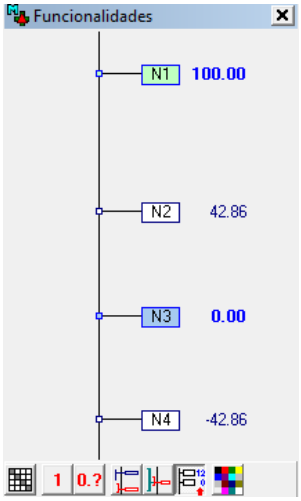
À medida que se completava a matriz de julgamentos, o software foi testando a compatibilidade da informação que estava a ser introduzida, para caso ocorresse alguma inconsistência, uma mensagem de aviso fosse emitida com as sugestões das possíveis formas de resolver o problema. Isto aconteceu uma vez, na avaliação dos níveis do critério *Idade do equipamento*, acabando os actores por concordar com uma sugestão do software, depois de discutirem, em conjunto, todas as sugestões que foram fornecidas por este.

Depois de a matriz estar completamente preenchida e validada, o último passo foi observar a escala termométrica. A utilização desta escala tornou-se vantajosa porque permitiu aos actores visualizarem melhor as pontuações atribuídas aos diferentes níveis, e ajudou a que percebessem qual era a diferença de pontuação existente entre eles.

Em cada visualização das diferentes escalas termométricas perguntou-se aos actores se concordavam com as proporções entre os diferentes níveis. Por exemplo, perguntou-se se a distância entre o nível N1 e N2 devia ser igual à distância entre o nível N2 e N3, no caso do descritor do critério *Tempo de resposta da assistência*. Em todas as situações os actores concordaram com os valores e as distâncias obtidas, não se tendo modificado as escalas termométricas uma única vez. Por sugestão dos actores, arredondou-se as pontuações ao valor inteiro.

Os resultados obtidos para as funções de valor e a visualização das respectivas escalas termométricas encontram-se nas seguintes figuras.

	N1	N2	N3	N4	Escala actual
N1	nula	moderada	mt. forte	extrema	100.00
N2		nula	fraca	mt. forte	42.86
N3			nula	fraca	0.00
N4				nula	-42.86



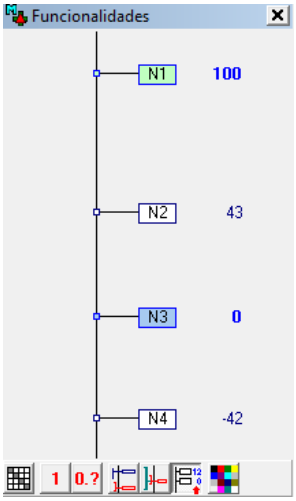


Figura 28. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Funcionalidades.*

	N1	N2	N3	N4	Escala actual
N1	nula	forte	mt. forte	extrema	200
N2		nula	forte	mt. forte	100
N3			nula	fraca	0
N4				nula	-50

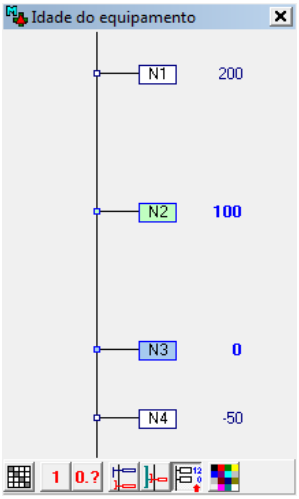


Figura 29. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Idade do equipamento.*

	N1	N2	N3	N4	Escala actual
N1	nula	fraca	mt. forte	extrema	150
N2		nula	fort-mfort	mt. forte	100
N3			nula	fraca	0
N4				nula	-50

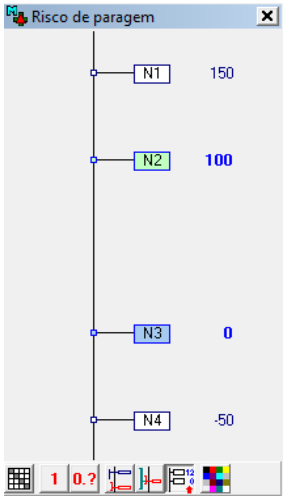


Figura 30. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Risco de paragem.*

	N1	N2	N3	N4	Escala actual
N1	nula	forte	mt. forte	extrema	200
N2		nula	forte	forte	100
N3			nula	fraca	0
N4				nula	-50

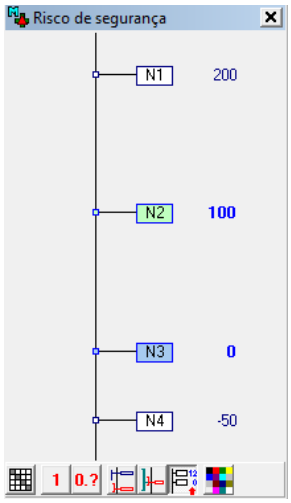


Figura 31. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Risco de segurança.*

	N1	N2	N3	N4	Escala actual
N1	nula	forte	mt. forte	extrema	100.00
N2		nula	frac-mod	forte	33.33
N3			nula	fraca	0.00
N4				nula	-33.33

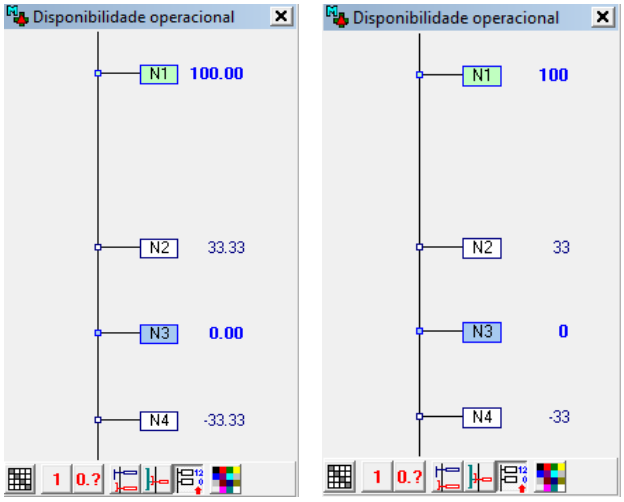


Figura 32. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Disponibilidade operacional*.

	N1	N2	N3	N4	Escala actual
N1	nula	forte	mt. forte	extrema	100.00
N2		nula	moderada	forte	42.86
N3			nula	fraca	0.00
N4				nula	-28.57

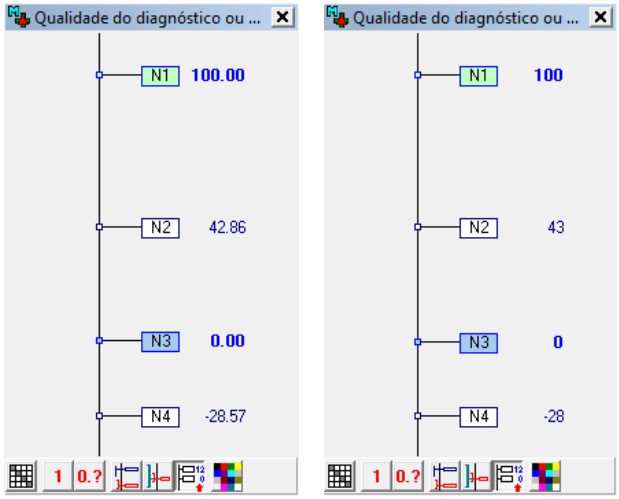


Figura 33. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Qualidade do diagnóstico ou da terapêutica.*

	N1	N2	N3	Escala actual
N1	nula	forte	extrema	100
N2		nula	moderada	0
N3			nula	-75

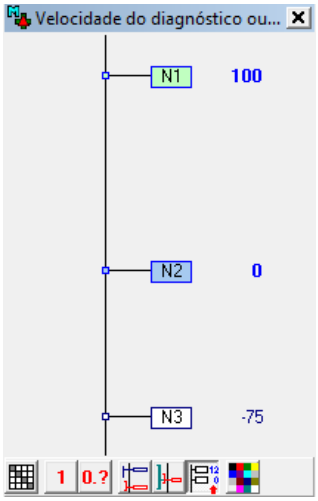


Figura 34. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Velocidade do diagnóstico ou da terapêutica.*

	N1	N2	N3	N4	Escala actual
N1	nula	forte	mt. forte	extrema	100.00
N2		nula	moderada	forte	42.86
N3			nula	fraca	0.00
N4				nula	-28.57

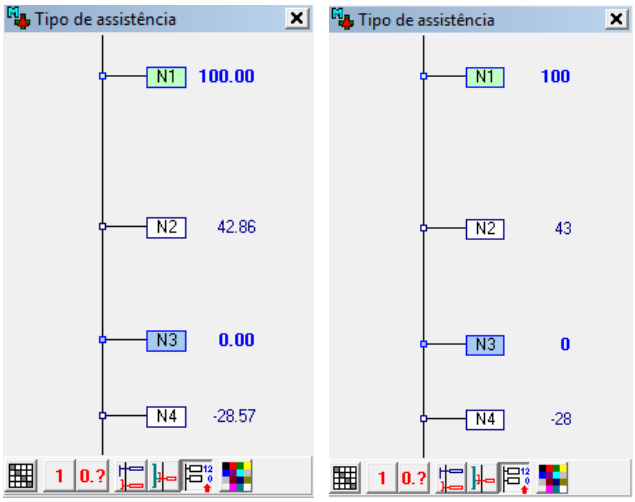


Figura 35. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Tipo de assistência.*

	N1	N2	N3	Escala actual
N1	nula	fort-mfort	extrema	100
N2		nula	forte	0
N3			nula	-100

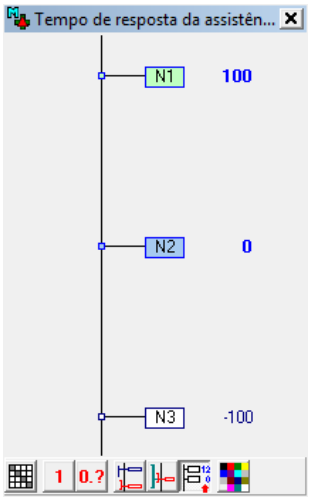


Figura 36. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Tempo de resposta da assistência.*

	N1	N2	N3	Escala actual
N1	nula	forte	extrema	100
N2		nula	forte	0
N3			nula	-100

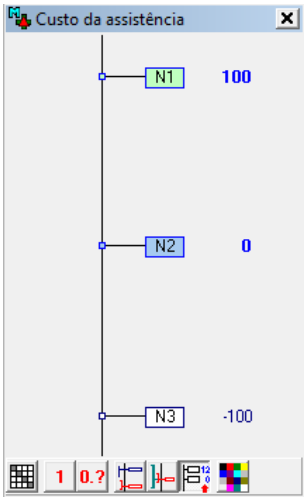


Figura 37. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Custo da assistência.*

	N1	N2	N3	Escala actual
N1	nula	forte	extrema	100
N2		nula	forte	0
N3			nula	-100

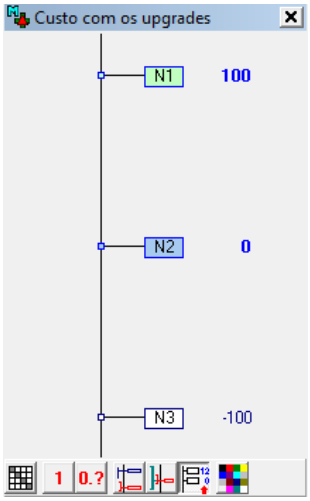


Figura 38. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Custo com os upgrades.*

	N1	N2	N3	Escala actual
N1	nula	forte	extrema	100
N2		nula	forte	0
N3			nula	-100

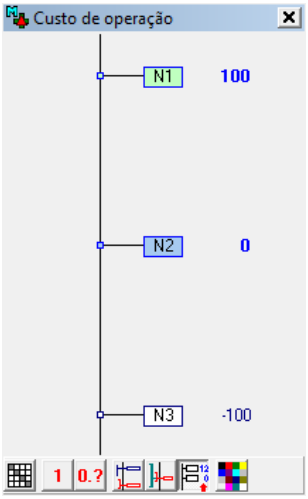


Figura 39. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Custo de operação.*

	N1	N2	N3	Escala actual
N1	nula	forte	extrema	100
N2		nula	forte	0
N3			nula	-100

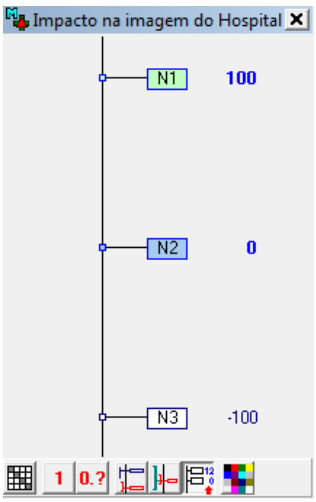


Figura 40. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Impacto na imagem do Hospital.*

	N1	N2	N3	N4	Escala actual
N1	nula	forte	mt. forte	extrema	100.0
N2		nula	forte	forte	50.0
N3			nula	moderada	0.0
N4				nula	-37.5

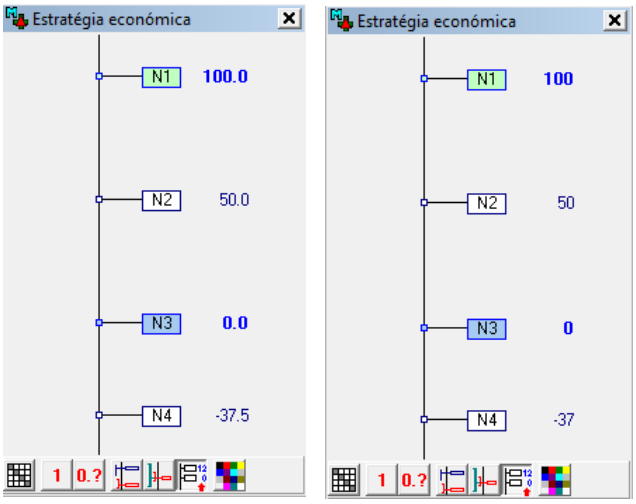


Figura 41. Julgamentos, escala de valor e escala termométrica do critério *Estratégia económica.*

Os resultados obtidos nas figuras anteriores variam de muito positivos (acima de 100), a positivos e negativos (abaixo de 0), e em 5 situações obtiveram-se proporções iguais entre os diferentes níveis, isto é, a distância entre o nível N3 e N2 foi igual à distância entre o nível N2 e N1.

4.2.4. Determinação dos pesos dos critérios

Os pesos dos critérios foram determinados avaliando a importância relativa que os mesmos representavam para os actores. Para isso, fez-se uma projecção na conferência de decisão, em que se mostravam e descreviam diferentes *swings*, isto é, diferentes passagens entre níveis, nomeadamente entre os níveis referência de cada critério. Para a ordenação dos critérios, pediu-se aos actores para pensarem num equipamento (por exemplo, uma Ressonância Magnética), que apresentasse um perfil correspondente a encontrar-se em todos os níveis neutros, nos 14 critérios de substituição considerados. Depois pediu-se para pensarem em qual dos *swings*, isto é, em qual das passagens do nível neutro para o nível bom num determinado critério, mantendo os restantes no nível neutro, a substituição dos equipamentos tornava-se mais atractiva, isto é, mais urgente e benéfica para o Hospital. Identificado o *swing* mais importante, pediu-se para identificar o segundo mais importante, e assim por adiante, até que se ordenasse por ordem decrescente de atractividade os 14 *swings* apresentados.

A partir da ordenação dos *swings* estabeleceu-se a ordenação dos 14 critérios de substituição, de acordo com a seguinte figura:

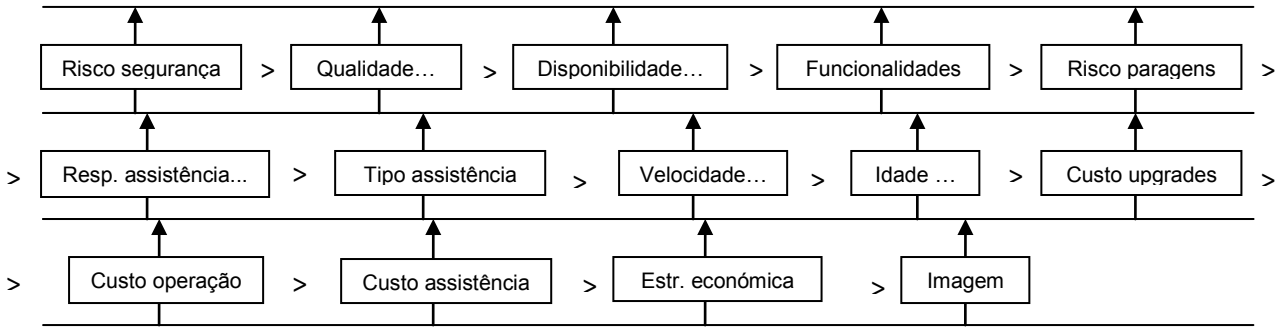


Figura 42. Ordenação dos swings.

O passo seguinte foi colocar a ordem estabelecida na matriz M-MACBETH de julgamentos ponderativos. No lado esquerdo da matriz colocou-se o *swing* mais atractivo e no lado direito o *swing* menos atractivo, incluindo também na última coluna do lado direito da matriz o critério "neutro", que representava o perfil inicial do equipamento considerado, que apresentava em todos os critérios o nível neutro.

A determinação dos pesos dos critérios foi feita avaliando a diferença de atractividade entre pares de níveis, um de cada vez, começando por comparar o *swing* mais atractivo com o segundo mais atractivo, com o terceiro mais atractivo, e assim por adiante, de acordo com as 6 categorias semânticas já apresentadas e utilizadas na determinação das funções de valor.

Em cada processo de avaliação foram feitas perguntas aos actores do tipo: "qual é a diferença de atractividade entre o *swing* do nível neutro para o nível bom no critério *Funcionalidades* e o *swing* do nível neutro para o nível bom no critério *Idade do equipamento*?". A partir dos julgamentos obtidos em cada pergunta, preencheu-se a matriz da Figura 43.

	[R Segurança]	[Qualidade]	[Disponibilidad]	[Funcionalidade]	[R. Paragens]	[Resp Assist]	[Tipo Assist]	[Velocidade]	[Idade]	[C upgrades]	[C.Operação]	[Custo Assist]	[Est. Económica]	[Imagem]	Neutro
[R Segurança]	nula	mfrac-frac	fraca	moderada	moderada	forte	forte	fort-mfort	fort-mfort	mt. forte	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema	extrema
[Qualidade]		nula	mt. fraca	mt. fraca	frac-mod	moderada	moderada	moderada	mod-fort	forte	mt. forte	mt. forte	mfort-extr	mfort-extr	extrema
[Disponibilidad]			nula	mt. fraca	fraca	moderada	moderada	moderada	mod-fort	forte	fort-mfort	fort-mfort	mfort-extr	mfort-extr	extrema
[Funcionalidade]				nula	fraca	moderada	moderada	moderada	moderada	forte	fort-mfort	fort-mfort	mfort-extr	mfort-extr	extrema
[R. Paragens]					nula	fraca	moderada	moderada	moderada	mod-fort	forte	forte	mfort-extr	mfort-extr	extrema
[Resp Assist]						nula	mfrac-frac	mfrac-frac	moderada	forte	forte	forte	mt. forte	mt. forte	mfort-extr
[Tipo Assist]							nula	mfrac-frac	fraca	moderada	forte	forte	mt. forte	mt. forte	mfort-extr
[Velocidade]								nula	mfrac-frac	moderada	moderada	moderada	mt. forte	mt. forte	mfort-extr
[Idade]									nula	frac-mod	moderada	moderada	mt. forte	mt. forte	mfort-extr
[C upgrades]										nula	fraca	fraca	fort-mfort	mt. forte	mt. forte
[C.Operação]											nula	mt. fraca	fort-mfort	mt. forte	mt. forte
[Custo Assist]												nula	forte	mt. forte	mt. forte
[Est. Económica]													nula	forte	fort-mfort
[Imagem]														nula	forte
Neutro															nula

Figura 43. Matriz de julgamentos para a ponderação dos critérios.

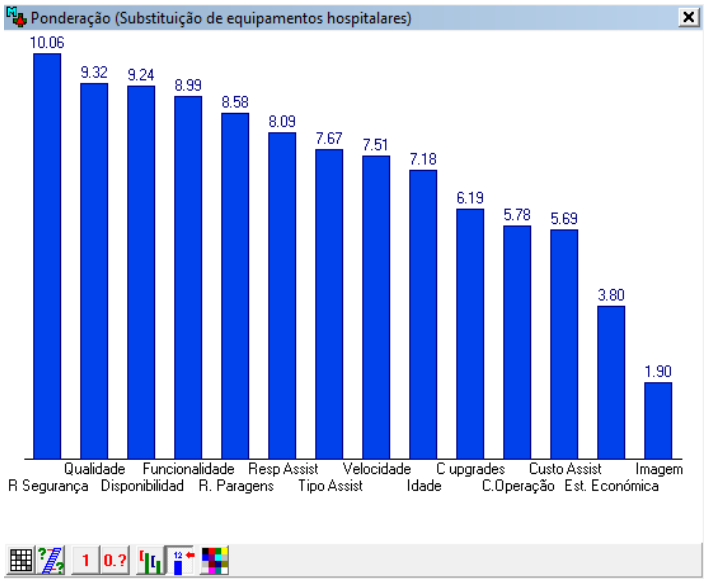


Figura 44. Pesos resultantes na avaliação dos critérios.

A consistência dos julgamentos introduzidos foi também avaliada pelo software, cada vez que se introduzia um novo julgamento na matriz. Nesta situação, mais problemas de inconsistência surgiram do que quando se determinaram as funções de valor, levando, consequentemente, a mais alterações dos julgamentos que estavam a ser introduzidos. Tal facto era de esperar, dado que o preenchimento da matriz da Figura 43 envolveu a avaliação de mais pares de linhas e colunas e, portanto, mais complexidade na identificação do julgamento que devia ser introduzido em determinada célula da matriz.

Os pesos que resultaram da avaliação qualitativa dos critérios de substituição na matriz M-MACBETH apresentam-se na Figura 44. Neste caso, os actores decidiram aceitar os valores numéricos resultantes, dada a impossibilidade de ajustar os pesos aos valores inteiros mais próximos, porque violava a consistência da matriz.

4.2.5. Construção das categorias de valor

A principal motivação que levou à construção das categorias de valor consistiu em atribuir cada um dos equipamentos hospitalares avaliados a três diferentes graus de necessidade de substituição, de acordo com os diferentes graus de ganhos que estas representavam para o Hospital. Construindo estas categorias, tornava-se mais fácil a identificação dos equipamentos que deviam ser recomendados para substituição urgente.

Para a construção das categorias de valor (e também para a avaliação dos equipamentos, como se verá na secção 4.3.1.), voltou-se a realizar uma nova conferência de decisão, desta vez tendo só como participantes os Engenheiros do SIE, nomeadamente os Engenheiros José Miguel Fernandes, Rui Pinto e Oreana Morais, esta última a substituir o actor director daquele serviço, que não pode estar presente - o Engenheiro Durão de Carvalho. Nesta segunda conferência de decisão os actores utilizadores dos equipamentos não participaram, por motivos de indisponibilidade.

Na determinação dos *thresholds* que separam as três categorias de valor, foi utilizado unicamente o procedimento *top-down*, em vez de se utilizarem os dois procedimentos indicados e sugeridos na secção 3.2.5., na confirmação e validação dos resultados, o que se deveu às limitações de tempo por parte dos participantes.

No desenvolvimento do procedimento *top-down*, pediu-se aos actores para pensarem num equipamento (por exemplo, uma TAC) que possuísse um perfil cujas características levavam a apresentar-se nos níveis bons em todos os critérios e, consequentemente, na categoria alta de valor de substituição. Depois, seguindo uma ordem pré estabelecida, foi-se descendo os níveis, do bom para o neutro, um critério de cada vez, até se identificar o momento em que o perfil do equipamento passava a pertencer à categoria média de valor de substituição. O processo continuou, até que se encontrasse o perfil do equipamento que passava da categoria média para a categoria baixa de valor de substituição.

Neste caso, o procedimento foi realizado seguindo a ordenação de *swings*, representada na Figura 42.

Em cada passagem questionaram-se os actores com perguntas do tipo: “ao descer o nível de impacto no primeiro critério, do nível bom para o nível neutro, o perfil do equipamento que resulta continua a pertencer à categoria alta de valor de substituição?” (a pergunta foi exemplificada no caso em que se pretendia determinar o momento da passagem da categoria alta para a categoria média de valor de substituição).

Estabelecidos os perfis que identificam a separação das três categorias de urgência, os respectivos *thresholds* de separação são determinados calculando o índice de necessidade de substituição que resultou na avaliação desses perfis, a partir do modelo de substituição construído. Um esquema que representa os perfis de separação apresenta-se na Figura 45, e os índices de substituição que resultaram dos perfis identificados estão indicados na Tabela 30.

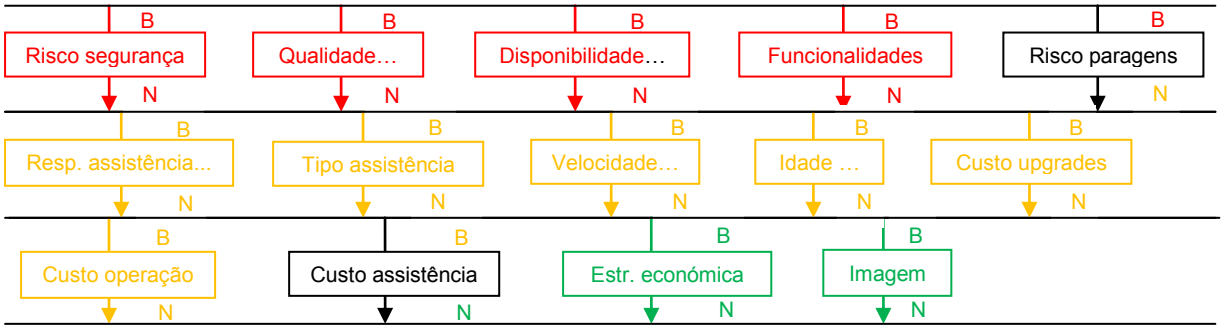


Figura 45. Identificação dos perfis dos equipamentos que correspondem às três diferentes categorias de valor.

Tabela 30. Perfis que separam as categorias de valor, e respectivos índices de substituição associados. Nota: Categoria alta de valor, C++; Categoria média de valor, C+, Categoria baixa de valor, C-.

Perfil	Categoria de valor	Índice de substituição *(threshold)*
NNNNBBBBBBBBBB	C++	62,39
NNNNNBBBBBBBBB	C+	53,81
NNNNNNNNNNNBBB	C+	11,32
NNNNNNNNNNNNBB	C-	5,70

A leitura que se faz da Figura 45 é a seguinte: a cor vermelha indica as passagens entre o nível bom (B) e o nível neutro (N) que continuaram a permanecer à categoria alta de valor, e a cor laranja e verde correspondem, respectivamente, às passagens que continuaram a pertencer à categoria média e baixa de valor. O momento de separação das categorias aconteceu na passagem dos níveis referência nos critérios representados a cor preta.

Os perfis dos equipamentos que resultaram do procedimento realizado encontram-se na Tabela 30. Os dois perfis apresentados para categoria C+ correspondem ao perfil do equipamento que identificou o limite extremo superior daquela categoria e ao perfil do equipamento que identificou o limite extremo inferior.

4.3. Análise de resultados

Depois da construção formal do modelo, a sua potencialidade foi aplicada ao conjunto de equipamentos seleccionados neste estudo.

Nesta secção, mostram-se os resultados da avaliação dos equipamentos e fazem-se análises sobre os mesmos, recorrendo às várias funcionalidades que o software M-MACBETH dispõe.

4.3.1. Avaliação dos equipamentos

Uma vez que não houve tempo nem disponibilidade por parte dos actores utilizadores dos equipamentos (Tabela 5) em reunir numa nova conferência de decisão, a facilitadora encontrou-se pessoalmente com todos os actores utilizadores para que, individualmente, atribuíssem os diferentes níveis de performance a cada equipamento. Para a atribuição dos níveis aos equipamentos, todas as informações foram prestadas aos actores, nomeadamente as informações contidas nas Tabelas 6, 7 e 8.

As dúvidas que os actores utilizadores expuseram na atribuição dos diferentes níveis, sobretudo relacionadas com os critérios "*Custo da assistência*", "*Custo com os upgrades*" e "*Custo de operação*", foram colocadas aos três actores do SIE que estiveram presentes na segunda conferência de decisão. Depois foram estes que atribuíram, ou esclareceram, os níveis que deviam ser atribuídos aos equipamentos naqueles critérios.

A atribuição dos níveis de performance aos equipamentos, no software, e em cada critério, está representada na Figura 46. Os nomes apresentados na figura correspondem aos nomes abreviados dos equipamentos e dos critérios que foram escolhidos no momento em que se introduzia, respectivamente, os nós na árvore de valor e as opções, no software M-MACBETH.

Tabela de performances

Opções	Funcionalidade	Idade	R. Paragens	R Segurança	Disponibilidad	Qualidade	Velocidade	Tipo Assist	Resp Assist	Custo Assist	C upgrades	C.Operação	Imagem	Est. Económica
Ressonancia	N1	N1	N2	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N3	N1	N1	N1	N1
TAC	N1	N1	N2	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N3	N1	N2	N1	N1
Ang mono	N3	N3	N4	N4	N3	N3	N3	N3	N2	N2	N1	N2	N2	N4
Ang bi	N1	N2	N4	N1	N2	N1	N1	N1	N2	N2	N1	N1	N1	N3
RX	N3	N3	N4	N4	N4	N3	N2	N3	N3	N3	N3	N2	N3	N3
RX transpor	N3	N2	N2	N2	N4	N3	N2	N3	N2	N3	N1	N1	N1	N3
Acelerador	N4	N3	N4	N4	N4	N4	N3	N4	N3	N2	N3	N2	N3	N4
C Gama	N4	N4	N4	N4	N4	N4	N3	N4	N3	N3	N3	N2	N3	N4
Eco	N1	N2	N2	N4	N2	N3	N2	N4	N3	N3	N3	N1	N1	N1
Electro	N3	N2	N2	N4	N3	N4	N3	N2	N2	N3	N2	N2	N1	N1
Bomba	N4	N3	N3	N2	N3	N3	N3	N2	N2	N3	N3	N2	N3	N3

Figura 46. Tabela de performances dos equipamentos avaliados.

Dos equipamentos avaliados e apresentados na Figura 46, os que apresentam níveis de impacto superiores em quase todos os critérios são a Ressonância Magnética e a TAC, e os que apresentam níveis de impacto inferiores são a Câmara Gama e o Acelerador Linear. No entanto, a dominância[11] dos equipamentos de impacto superior ocorre só para a Câmara Gama, já que o impacto no critério *Custo da assistência* é superior para o Acelerador Linear do que é para a Ressonância Magnética e TAC.

Depois de se determinarem as funções de valor e os pesos dos critérios, e atribuírem os níveis que correspondiam ao perfil apresentado por cada um dos equipamentos, nos diferentes critérios (indicados na tabela de performances da Figura 46), os resultados do modelo foram obtidos na tabela de pontuações disponibilizada no software, e representada na Figura 47. Esta tabela indica

[11] Um equipamento *a* domina um equipamento *b* se o impacto de *a* em qualquer critério for tão ou mais atractivo que o impacto de *b* nos critérios.

os valores que resultaram de cada avaliação e atribuição, e calcula um índice geral, ou global, de necessidade de substituição dos equipamentos, de acordo com a equação (1).

Os índices de necessidade de substituição, de cada equipamento, podem ser observados mais claramente na aplicação do software, apresentada na Figura 48.

Tabela de pontuações

Opções	Global	Funcionalidade	Idade	R. Paragens	R Segurança	Disponibilidad	Qualidade	Velocidade	Tipo Assist	Resp Assist	Custo Assist	C upgrades	C.Operação	Imagem	Est. Económica
Ressonancia	105.86	100.00	200.00	100.00	200.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
TAC	100.08	100.00	200.00	100.00	200.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-100.00	100.00	0.00	100.00	100.00
Ang mono	-10.17	0.00	0.00	-50.00	-50.00	0.00	0.00	-75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	-37.00
Ang bi	73.42	100.00	100.00	-50.00	200.00	33.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00
RX	-34.24	0.00	0.00	-50.00	-50.00	-33.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	-100.00	-100.00	0.00	-100.00	0.00
RX transpor	30.95	0.00	100.00	100.00	100.00	-33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
Acelerador	-44.12	-42.00	0.00	-50.00	-50.00	-33.00	-28.00	-75.00	-28.00	-100.00	0.00	-100.00	0.00	-100.00	-37.00
C Gama	-53.40	-42.00	-50.00	-50.00	-50.00	-33.00	-28.00	-75.00	-28.00	-100.00	-100.00	-100.00	0.00	-100.00	-37.00
Eco	12.13	100.00	100.00	100.00	-50.00	33.00	0.00	0.00	-28.00	-100.00	-100.00	-100.00	100.00	100.00	100.00
Electro	5.80	0.00	100.00	100.00	-50.00	0.00	-28.00	-75.00	43.00	0.00	-100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
Bomba	-9.83	-42.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	-75.00	43.00	0.00	-100.00	-100.00	0.00	-100.00	0.00
Bom	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Neutro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.0899	0.0718	0.0858	0.1006	0.0924	0.0932	0.0751	0.0767	0.0809	0.0569	0.0619	0.0578	0.0190	0.0380

Figura 47. Tabela de Pontuações.

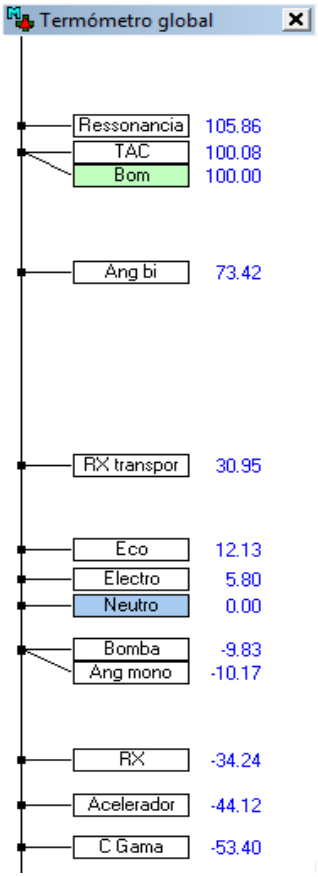


Figura 48. Resultados globais do modelo, apresentados numa escala termométrica.

Os índices apresentados na escala da Figura 48 indicam, em termos numéricos, a necessidade de substituição que um equipamento apresenta. Neste caso, a avaliação dos 11 equipamentos incluídos no estudo resultou na indicação de 2 substituições que apresentam muito

valor para o Hospital (Ressonância Magnética e TAC), na indicação de 4 substituições que apresentam valor para o Hospital (Angiografia Biplanar, RX Transportável, Ecocardiógrafo e Electrocardiógrafo), e de 5 substituições que apresentam pouco valor para o Hospital (Bomba de Perfusão, Angiografia Monoplanar, RX Convencional, Acelerador Linear e Câmara Gama).

A indicação de substituições com diferentes valores baseia-se na comparação dos índices de substituição com as referências bom e neutro No entanto, a indicação das diferentes necessidades de substituição dos equipamentos, de acordo com as preferências dos actores, faz-se quando se atribuem os equipamentos às 3 categorias de substituição construídas, tal como se demonstrará mais tarde.

4.3.2. Análise do perfil dos equipamentos

Para uma melhor compreensão dos resultados do modelo, o software M-MACBETH disponibiliza uma série de ferramentas de análise do perfil dos equipamentos.

Uma dessas ferramentas permite ordenar os equipamentos em cada critério, tal como está indicado na Figura 49.

Funcionalidade	Idade	R. Paragens	R Segurança	Disponibilidad	Qualidade	Velocidade
N1	Ressonancia	N2	Ressonancia	N1	N1	N1
Ressonancia	TAC	Ressonancia	TAC	Ressonancia	Ressonancia	Ressonancia
TAC	N2	TAC	Ang bi	TAC	TAC	TAC
Ang bi	Ang bi	RX transpor	N2	Ang bi	Ang bi	Ang bi
Eco	RX transpor	Eco	RX transpor	Eco	N3	N2
N3	Eco	Electro	Bomba	N3	Ang mono	RX
Ang mono	Electro	N3	N3	Ang mono	RX	RX transpor
RX	N3	Bomba	Ang mono	Electro	RX transpor	Eco
RX transpor	Ang mono	Ang mono	RX	Bomba	Eco	Ang mono
Electro	RX	Ang bi	Acelerador	RX	Bomba	Acelerador
Acelerador	Acelerador	RX	C Gama	RX transpor	Acelerador	C Gama
C Gama	Bomba	Acelerador	Eco	Acelerador	C Gama	Electro
Bomba	C Gama	C Gama	Electro	C Gama	Electro	Bomba

Tipo Assist	Resp Assist	Custo Assist	C upgrades	C.Operação	Imagem	Est. Económica
N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1
Ressonancia	Ressonancia	N2	Ressonancia	Ressonancia	Ressonancia	Ressonancia
TAC	TAC	Ang mono	TAC	Ang bi	TAC	TAC
Ang bi	N2	Ang bi	Ang mono	RX transpor	Ang bi	Eco
Electro	Ang mono	Acelerador	Ang bi	Eco	RX transpor	Electro
Bomba	Ang bi	Ressonancia	RX transpor	N2	Eco	N3
N3	RX transpor	TAC	N2	TAC	Electro	Ang bi
Ang mono	Electro	RX	Electro	Ang mono	N2	RX
RX	Bomba	RX transpor	RX	RX	Ang mono	RX transpor
RX transpor	RX	C Gama	Acelerador	Acelerador	RX	Bomba
Acelerador	Acelerador	Eco	C Gama	C Gama	Acelerador	Ang mono
C Gama	C Gama	Electro	Eco	Electro	C Gama	Acelerador
Eco	Eco	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	C Gama

Figura 49. Tabela de ordenações dos equipamentos nos critérios.

A partir da ordenação representada na Figura 49, é possível perceber que equipamentos contribuem de forma muito positiva (acima de bom), positiva (acima de neutro) ou negativa (abaixo de neutro) em determinado critério de substituição. Neste caso, são a Ressonância Magnética e a TAC que apresentam um perfil mais positivo em todos os critérios de substituição, e são a Câmara Gama e o Acelerador Linear que apresentam o perfil mais negativo em todos os critérios de substituição.

Outra ferramenta disponibilizada pelo software permite analisar a contribuição de um equipamento num critério, a partir de duas formas: ou comparando as pontuações dos equipamentos em determinado critério, com as referências bom e neutro (faz uma representação gráfica das pontuações já indicadas na Figura 47), ou determinando as contribuições individuais das pontuações nos diferentes critérios, que vão contar para a pontuação global do perfil do equipamento. Em ambas as situações, as barras a verde indicam contribuições positivas no resultado global, enquanto as barras a vermelho indicam o contrário.

Para limitar a informação apresentada, os exemplos que se seguem (Figuras 50 a 53) correspondem aos resultados da ferramenta na análise dos equipamentos que mais vezes contribuíram positiva e negativamente em cada critério, e que foram identificados anteriormente, quando se analisou a tabela de ordenações dos equipamentos nos critérios (Figura 49).

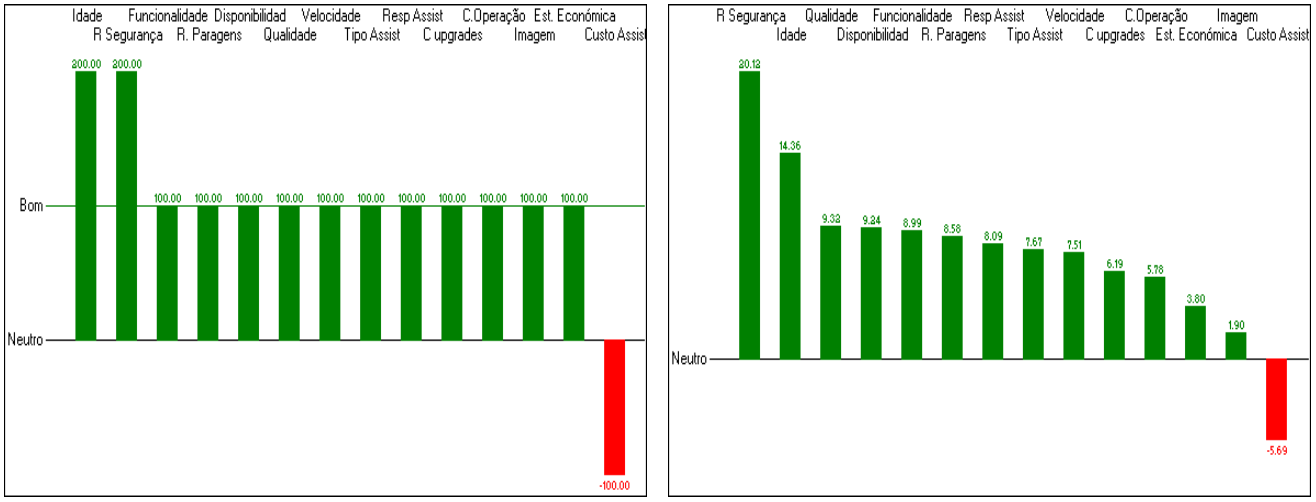


Figura 50. Perfil da Ressonância Magnética (pontuações e ponderações nos critérios).

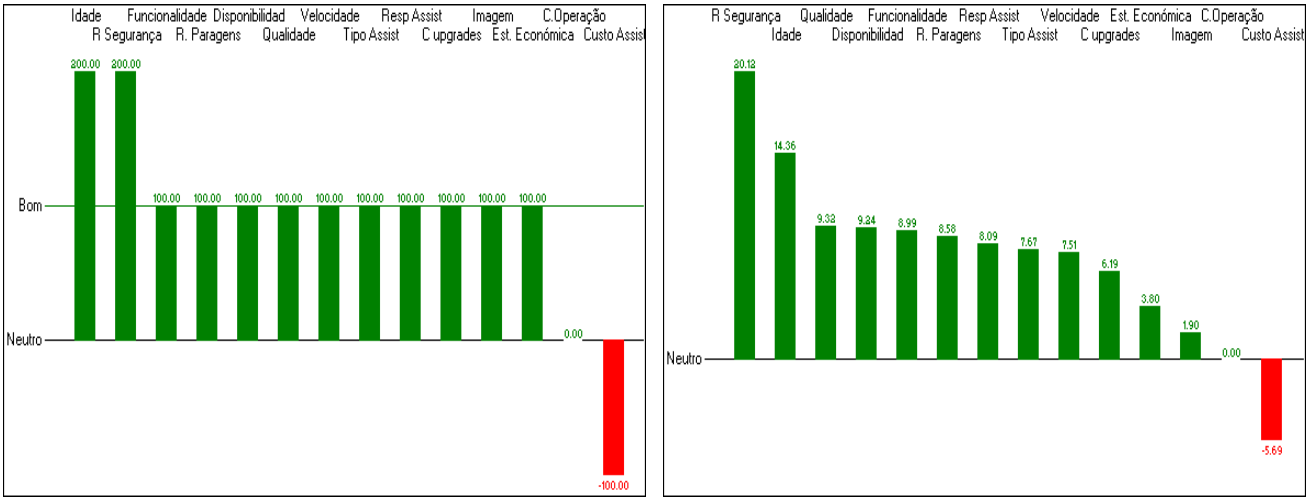


Figura 51. Perfil da TAC (pontuações e ponderações nos critérios).

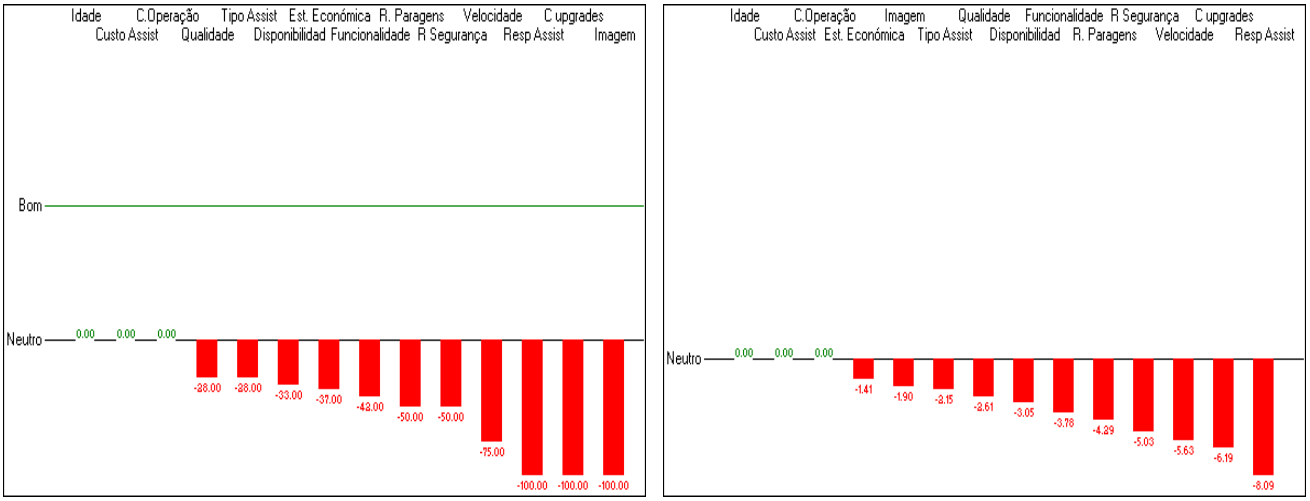


Figura 52. Perfil do Acelerador Linear (pontuações e ponderações nos critérios).

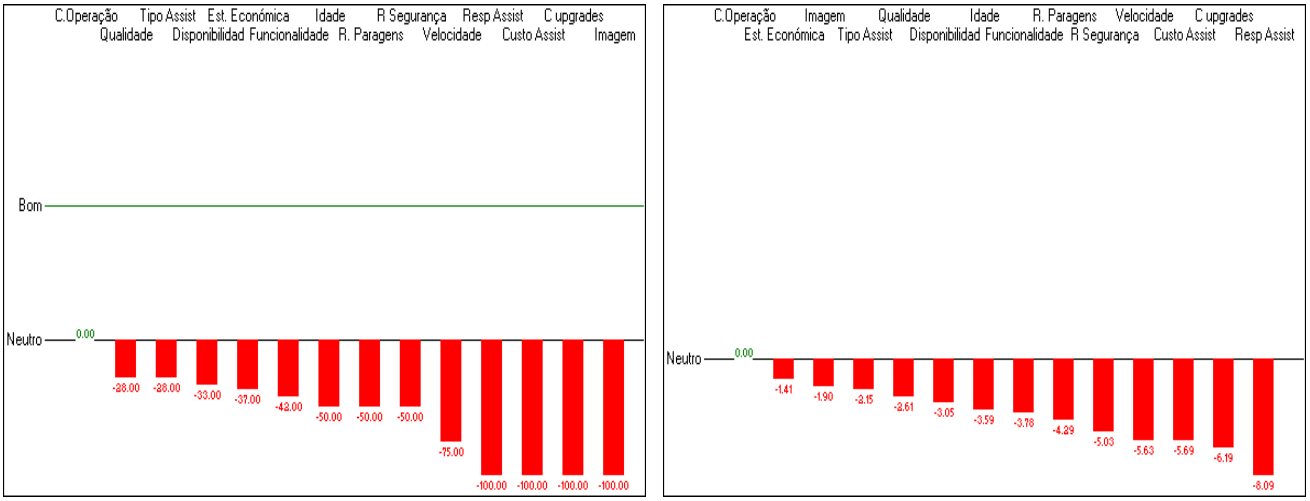


Figura 53. Perfil da Câmara Gama (pontuações e ponderações nos critérios).

Analisando as figuras anteriores, conclui-se que nos casos apresentados, as contribuições dos equipamentos nos critérios ou foram todas positivas (Ressonância Magnética e TAC) ou todas negativas (Acelerador Linear e Câmara Gama). A excepção ocorreu para o critério *Custo da assistência*, que contribuiu negativamente na avaliação do perfil de substituição da Ressonância Magnética e da TAC.

Para os equipamentos de contribuições positivas, o critério que tem uma maior contribuição na avaliação dos seus índices de substituição é o critério *Risco de Segurança*. Esta é uma das principais razões que levou a que estes equipamentos apresentassem os índices de substituição mais elevados, em relação aos restantes equipamentos, uma vez que aquele critério é o que pesa mais para os actores no modelo de apoio à substituição criado.

4.3.3. Análise de sensibilidade e robustez

No desenvolvimento da metodologia MACBETH é desejável realizar as análises de sensibilidade e robustez juntamente com os decisores, para que estes possam avaliar as alterações do modelo quando ocorrem mudanças nos pesos dos critérios, ou nas ponderações dos níveis, e avaliar os resultados do modelo perante vários níveis de imprecisão ou incerteza na informação, respectivamente (Bana e Costa et al., 2002). Com a informação que resulta destas análises, os decisores podem sugerir alterações na formulação do modelo.

No entanto, neste estudo, as análises de sensibilidade e robustez efectuadas nos resultados não foram realizadas juntamente com os actores envolvidos no mesmo.

Avaliar a sensibilidade do modelo significa observar o que acontece aos resultados quando se altera qualquer um dos pesos dos critérios ou a pontuação de um nível de impacto, mantendo as relações de proporcionalidade entre os restantes.

Analisando a sensibilidade do peso nos critérios *Risco de segurança* e *Custo da assistência* (escolheram-se estes critérios, respectivamente, porque são os que contribuem com uma maior e menor ponderação no cálculo do índice global de necessidade de substituição, em todos os equipamentos), os gráficos resultantes são os seguintes:

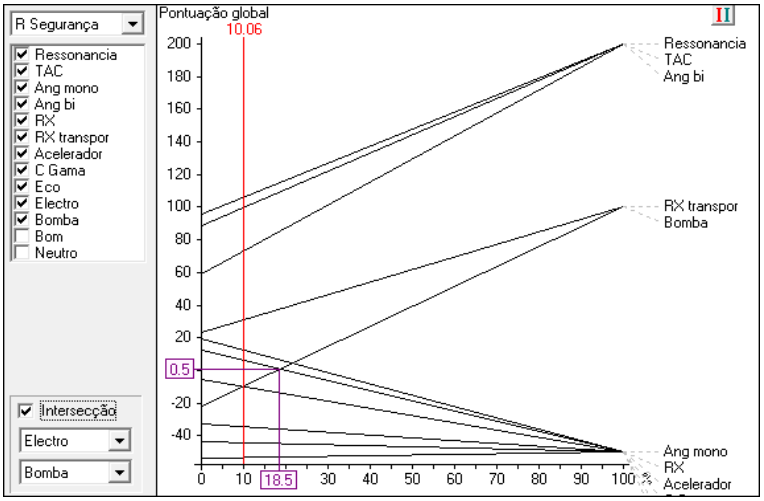


Figura 54. Análise de sensibilidade no peso do critério *Risco de segurança*.

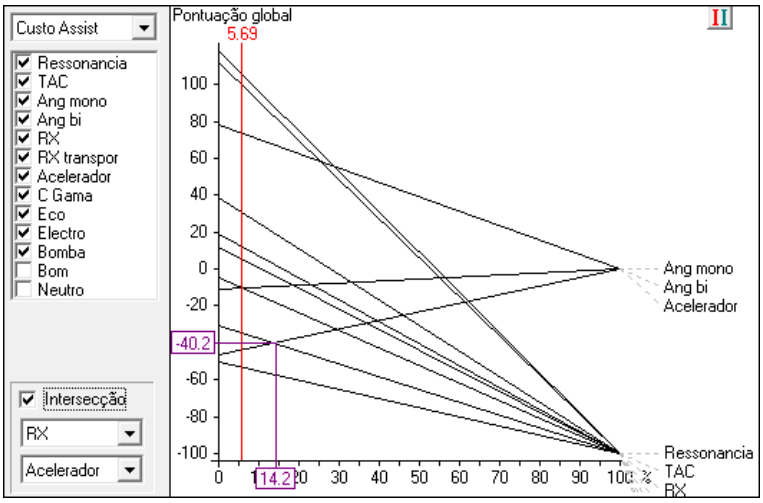


Figura 55. Análise de sensibilidade no peso do critério *Custo da assistência.*

Nas figuras anteriores observam-se a vermelho os pesos actuais dos critérios, que resultaram do modelo de avaliação multicritério, e a roxo os pesos dos critérios que são necessários para se registarem as primeiras alterações na ordenação preferencial da substituição dos equipamentos. Por exemplo, na Figura 55, quando o peso do critério *Custo da assistência* é 25.6, o RX Convencional e o Acelerador Linear são igualmente atractivas para a substituição (com o índice de substituição de -40.2), mas a partir daquele valor a substituição do Acelerador Linear torna-se globalmente mais atractiva do que a substituição do RX Convencional, e ocorrem alterações nos resultados do modelo.

Contudo, ao observar as possibilidades de variação dos pesos dos critérios, que são permitidas pelo modelo, conclui-se que não podem ocorrer alterações na ordenação preferencial dos equipamentos por mudanças nos pesos, dado que viola a matriz de julgamentos que foi construída para a ponderação dos mesmos. As possibilidades de variação dos pesos estão indicadas na Figura 56 a cor vermelha, e no caso do critério *Custo da assistência*, os limites permitidos para a variação do peso deste critério variam entre 5.67 e 5.77 (valores não apresentados no gráfico).

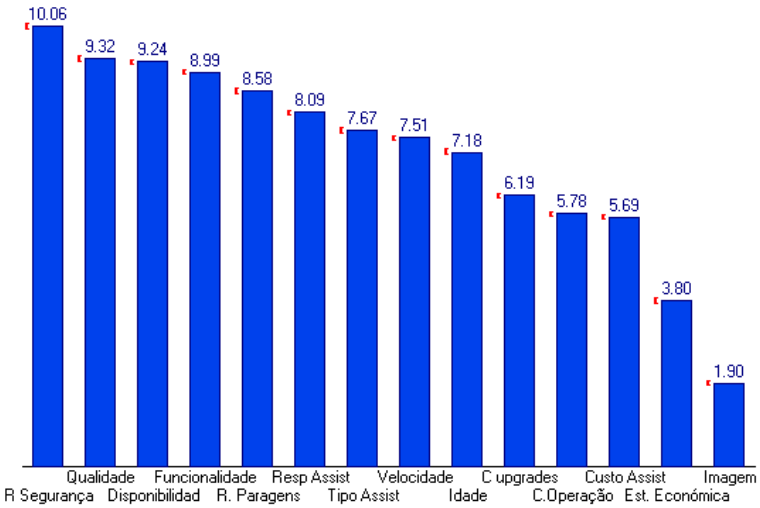


Figura 56. Limites de variação permitidos nos pesos de critérios (a vermelho).

No entanto, as alterações dos pesos dos critérios levam a ligeiras alterações dos índices de necessidade de substituição dos equipamentos.

Por outro lado, ao analisar o efeito da alteração da pontuação dos níveis nos critérios *Risco de segurança* e *Custo assistência*, observam-se alterações nos resultados quando se alteram os níveis de impacto inferiores. As alterações observadas ocorrem na ordenação da ordem preferencial de substituição dos equipamentos Bomba de Perfusão e Angiografia Monoplanar (equipamentos que apresentam índices de substituição muito próximos), tal como está indicado nas Figuras 57 e 58. Nas figuras, apresentam-se as alterações mínimas necessárias às pontuações dos níveis inferiores, para ocorrer a mudança na ordem preferencial de substituição dos dois equipamentos.

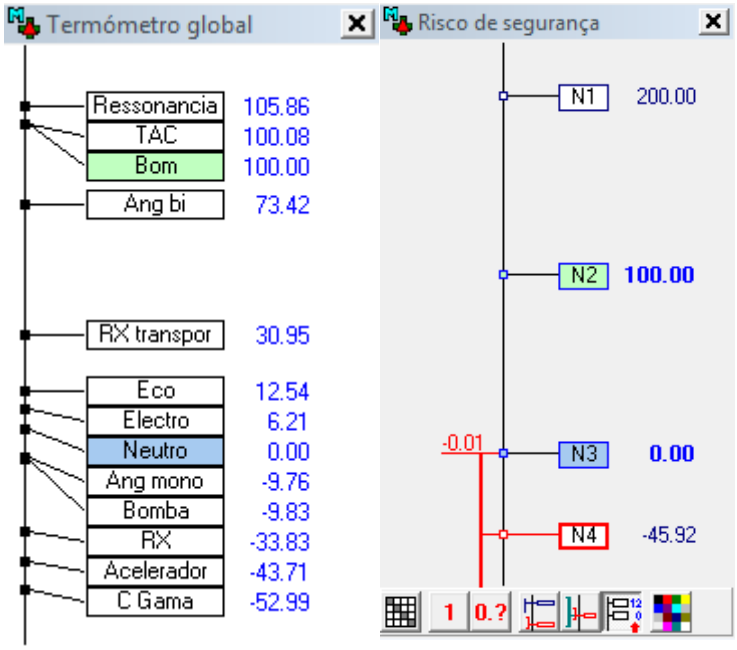


Figura 57. Análise de sensibilidade nos níveis do critério *Risco de segurança.*

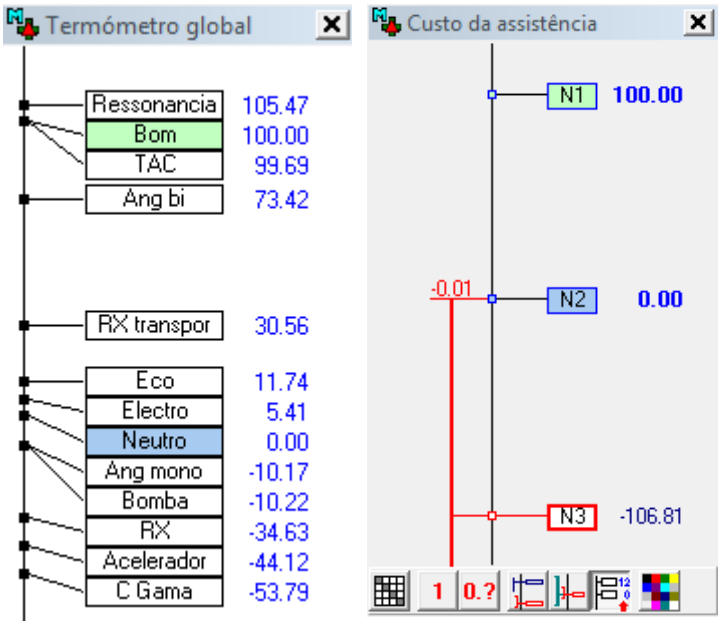


Figura 58. Análise de sensibilidade nos níveis do critério *Custo da assistência.*

Para analisar a robustez do modelo é necessário, antes de mais, explicar como se analisa a mesma no software M-MACBETH. O símbolo ▲ indica que, no processo de substituição, o equipamento da linha domina o equipamento da coluna e o símbolo ✚ indica que o equipamento da linha domina aditivamente o equipamento da coluna - neste caso, a dominância ocorre quando é considerado um determinado conjunto de restrições na informação (Bana e Costa, et al., 2004) (Bana e Costa, et al., 2005).

O conceito dominância, neste contexto, surge com o objectivo de avaliar os impactos dos diferentes equipamentos nos critérios. Neste caso diz-se que um equipamento *a* domina o equipamento *b* se e só se o impacto de *b* não for mais atractivo (em termos de necessidade de substituição) que o impacto de *a*, e se o impacto de *a* for mais atractivo que o impacto de *b* em pelo menos um critério (Bana e Costa, et al., 2004).

A informação que se pode seleccionar, ou não, na avaliação da robustez do modelo, está organizada em secções e categorias. No primeiro caso distingue-se entre informação *global* (informação de ponderação entre os critérios) e *local* (informação específica de cada critério), e no segundo caso em *ordinal* (refere-se somente à ordenação), *MACBETH* (inclui os julgamentos semânticos de diferenças de atractividade, que indicam a intensidade da preferência) e *cardinal* (refere-se a uma escala de pontuações específica, validada pelo decisor) (Bana e Costa, et al., 2005).

Para analisar as conclusões robustas que se tiram do modelo para vários tipos de informações, apresentam-se as seguintes figuras.

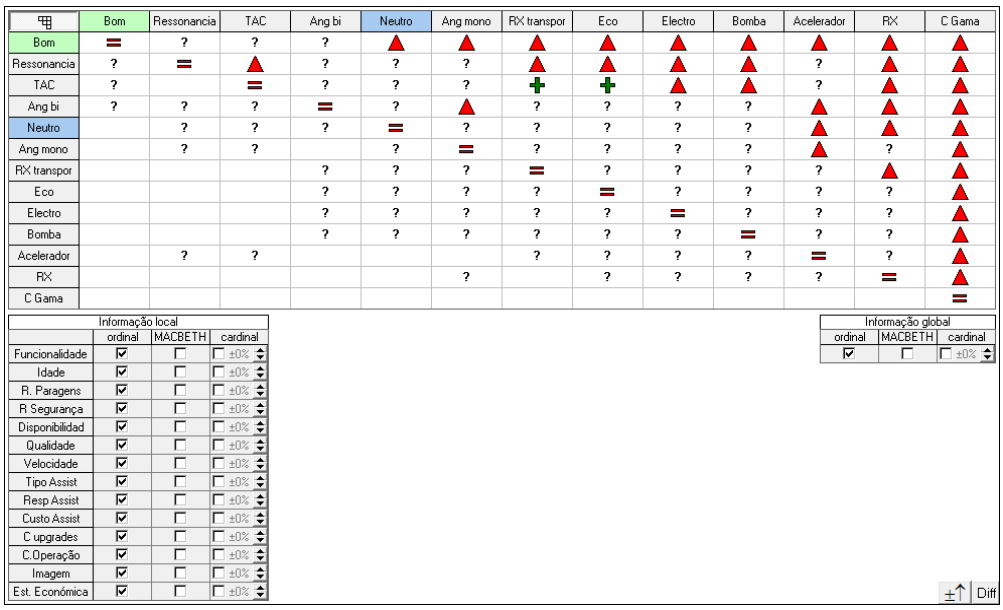


Figura 59. Análise de robustez do modelo, considerando a informação ordinal em local e global.

	Bom	Ang bi	Ressonancia	TAC	Neutro	Ang mono	RX transpor	Eco	Electro	Acelerador	Bomba	RX	C Gama
Bom	=	?	?	?	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Ang bi	?	=	?	?	+	▲	+	+	+	▲	+	▲	▲
Ressonancia	?	?	=	▲	?	?	▲	▲	▲	?	▲	▲	▲
TAC	?	?		=	?	?	+	+	▲	?	▲	▲	▲
Neutro			?	?	=	?	?	?	?	▲	?	▲	▲
Ang mono			?	?	?	=	?	?	?	▲	?	?	▲
RX transpor					?	?	=	?	+	?	+	▲	▲
Eco					?	?	?	=	?	?	?	+	▲
Electro					?	?		?	=	?	?	+	▲
Acelerador			?	?			?	?	?	=	?	?	▲
Bomba					?	?		?	?	?	=	?	▲
RX						?				?	?	=	▲
C Gama													=

Informação local	ordinal	MACBETH	cardinal
Funcionalidade	☑	☑	☐ ±0%
Idade	☑	☑	☐ ±0%
R. Paragens	☑	☑	☐ ±0%
R Segurança	☑	☑	☐ ±0%
Disponibilidad	☑	☑	☐ ±0%
Qualidade	☑	☑	☐ ±0%
Velocidade	☑	☑	☐ ±0%
Tipo Assist	☑	☑	☐ ±0%
Resp Assist	☑	☑	☐ ±0%
Custo Assist	☑	☑	☐ ±0%
C upgrades	☑	☑	☐ ±0%
C.Operação	☑	☑	☐ ±0%
Imagem	☑	☑	☐ ±0%
Est. Económica	☑	☑	☐ ±0%

Informação global	ordinal	MACBETH	cardinal
	☑	☑	☐ ±0%

±↑ Diff

Figura 60. Análise de robustez do modelo, considerando a informação ordinal e MACBETH em local e global.

	Ressonancia	Bom	TAC	Ang bi	RX transpor	Eco	Electro	Neutro	Ang mono	Bomba	RX	Acelerador	C Gama
Ressonancia	=	+	▲	+	▲	▲	▲	+	+	▲	▲	+	▲
Bom		=	?	+	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
TAC		?	=	+	+	+	▲	+	+	▲	▲	+	▲
Ang bi				=	+	+	+	+	▲	+	▲	▲	▲
RX transpor					=	+	+	+	+	+	▲	+	▲
Eco						=	+	+	+	+	+	+	▲
Electro							=	+	+	+	+	+	▲
Neutro								=	+	+	▲	▲	▲
Ang mono									=	?	+	▲	▲
Bomba									?	=	+	+	▲
RX											=	+	▲
Acelerador												=	▲
C Gama													=

Informação local	ordinal	MACBETH	cardinal
Funcionalidade	☑	☑	☑ ±0%
Idade	☑	☑	☑ ±0%
R. Paragens	☑	☑	☑ ±0%
R Segurança	☑	☑	☑ ±0%
Disponibilidad	☑	☑	☑ ±0%
Qualidade	☑	☑	☑ ±0%
Velocidade	☑	☑	☑ ±0%
Tipo Assist	☑	☑	☑ ±0%
Resp Assist	☑	☑	☑ ±0%
Custo Assist	☑	☑	☑ ±0%
C upgrades	☑	☑	☑ ±0%
C.Operação	☑	☑	☑ ±0%
Imagem	☑	☑	☑ ±0%
Est. Económica	☑	☑	☑ ±0%

Informação global	ordinal	MACBETH	cardinal
	☑	☑	☐ ±0%

±↑ Diff

Figura 61. Análise de robustez do modelo, considerando a informação ordinal e MACBETH local em global, e a informação cardinal em local.

Observando a Figura 59 conclui-se que não é suficiente os decisores definirem as preferências ordinais sobre cada critério, para se inferir qual é o equipamento que deve ser recomendado a ser substituído o mais rapidamente possível, em relação aos restantes equipamentos. As muitas representações do símbolo ? significam isso mesmo: o tipo de informação disponível na análise não é suficiente para concluir sobre qual o equipamento mais atractivo. No entanto, a partir daquela informação, verifica-se que a Ressonância Magnética já domina alguns equipamentos e que já é seguro afirmar que a Câmara Gama é dominada por todos os outros equipamentos, o que a torna, desde logo, no equipamento com o perfil menos atractivo para a substituição.

Adicionando a informação MACBETH na análise de robustez (Figura 60), continua a não ser possível determinar qual o equipamento que domina os outros, na necessidade de substituição. Só com a informação cardinal seleccionada na informação local, tal como se indica na Figura 61, é que é robusto afirmar que a Ressonância Magnética é o equipamento globalmente mais atractivo e, consequentemente, a necessidade da sua substituição domina em relação à necessidade de substituição dos restantes equipamentos.

No desenvolvimento do modelo, aquando da construção dos descritores de impacto de alguns critérios, houve dificuldade em descrever de forma mais clara e inequívoca os respectivos níveis de impacto. Isto aconteceu por diversas razões, entre elas a necessidade de respeitar a generalidade do modelo, por dificuldade em obter informação, ou simplesmente por inexistência da mesma. De entre os critérios mais problemáticos incluem-se o *Custo com upgrades* e, sobretudo, o *Custo de operação.*

A impossibilidade de criar descritores mais precisos conduziu a algumas incertezas na atribuição dos níveis destes critérios aos equipamentos, por parte dos actores utilizadores, que quando apresentadas aos actores do SIE levaram a algumas contradições. Estas incertezas/contradições estão apresentadas na Figura 62, através do símbolo ±.

Tabela de performances

Opções	Funcionalidade	Idade	R. Paragens	R Segurança	Disponibilidad	Qualidade	Velocidade	Tipo Assist	Resp Assist	Custo Assist	C upgrades	C.Operação	Imagem	Est. Económica
Ressonancia	N1	N1	N2	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N3	N1	N1	N1	N1
TAC	N1	N1	N2	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N3	N1	± N2	N1	N1
Ang mono	N3	N3	N4	N4	N3	N3	N3	N3	N2	N2	N1	N2	N2	N4
Ang bi	N1	N2	N4	N1	N2	N1	N1	N1	N2	N2	N1	N1	N1	N3
RX	N3	N3	N4	N4	N4	N3	N2	N3	N3	N3	N3	N2	N3	N3
RX transpor	N3	N2	N2	N2	N4	N3	N2	N3	N2	N3	N1	N1	N1	N3
Acelerador	N4	N3	N4	N4	N4	N4	N3	N4	N3	N2	N3	N2	N3	N4
C Gama	N4	N4	N4	N4	N4	N4	N3	N4	N3	N3	N3	N2	N3	N4
Eco	N1	N2	N2	N4	N2	N3	N2	N4	N3	N3	N3	N1	N1	N1
Electro	N3	N2	N2	N4	N3	N4	N3	N2	N2	N3	± N2	N2	N1	N1
Bomba	N4	N3	N3	N2	N3	N3	N3	N2	N2	N3	N3	N2	N3	N3

Figura 62. Incertezas na atribuição dos níveis de impacto nos critérios *Custo com upgrades* e *Custo de operação*.

O impacto que estas incertezas/contradições apresentam no modelo pode ser determinado a partir de uma nova análise de robustez, em que se selecciona a imprecisão que se quer avaliar. Considerando, simultaneamente, imprecisão nos critérios *Custo com upgrades* e *Custo de operação*, continua a ser robusto afirmar que a Ressonância Magnética é globalmente mais atractiva, o que quer dizer que a sua necessidade de substituição continua a dominar a necessidade de substituição dos restantes equipamentos. Se a esta imprecisão se adicionar incerteza nas pontuações dos equipamentos nos dois critérios (incerteza adicionada na informação local cardinal), verifica-se que basta adicionar 3% de incerteza em cada um dos critérios para se perder informação, sem que para isso a dominância da Ressonância Magnética em relação aos outros equipamentos se perca. Este último caso está exemplificado na Figura 64.

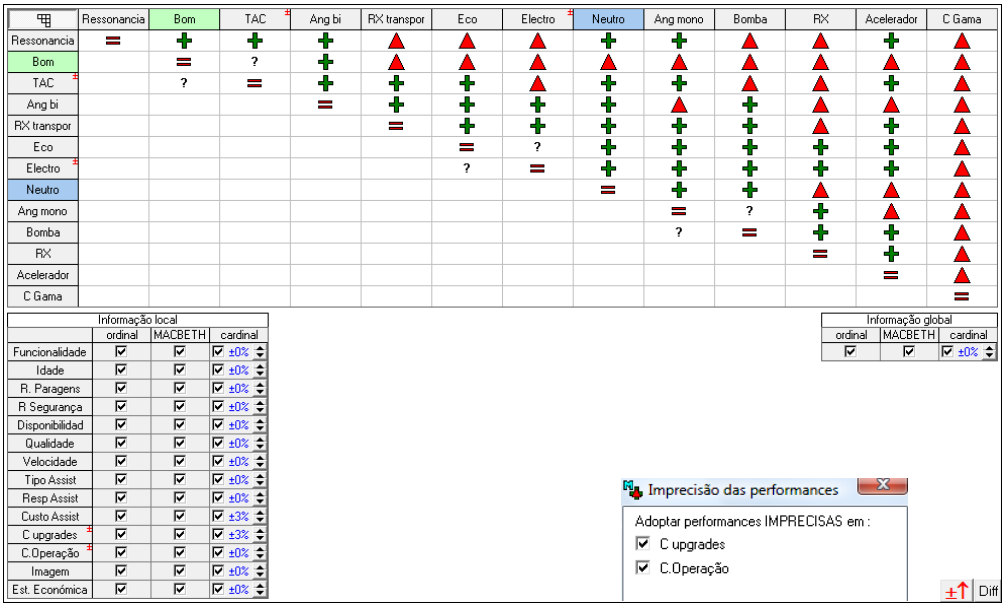


Figura 64. Análise de robustez do modelo, considerando imprecisão na performance em dois critérios e imprecisão de 3% na sua informação local cardinal.

4.3.4. Análise de Custo-Benefício

O gráfico de custo-benefício é um gráfico bidimensional que opõe a pontuação global de cada equipamento (o beneficio) com o seu respectivo custo de investimento. O custo de investimento dos equipamentos é avaliado no gráfico, sem que para isso se tenha de introduzir este custo como critério de substituição, no modelo multicritério desenvolvido - falar de prioridade de substituição não considera o custo necessário ao investimento no equipamento novo.

No gráfico apresentado na Figura 65 observam-se 6 equipamentos que apresentam o melhor rácio custo-benefício. Esses equipamentos foram identificados na fronteira de eficiência, que está representada na figura a vermelho.

A fronteira de eficiência referida indica as opções de substituição não dominadas. Isto quer dizer que perante um determinado custo de investimento, as opções de substituição que dominam as outras são aquelas que estão contidas na fronteira de eficiência.

A partir da análise da fronteira de eficiência, os decisores têm informação sobre as opções de substituição que apresentam os melhores benefícios de substituição, para determinado valor de investimento. Por exemplo, se o HSM pretender adquirir um equipamento de grande porte gastando para isso 1.000.000 €, a melhor opção é adquirir uma TAC do que uma Angiografia Biplanar, uma vez que o benefício do primeiro equipamento é maior do que o segundo, dado esse custo de investimento. Perante isto, nota-se que numa análise custo-benefício podem haver equipamentos com índices de substituição elevados, mas que face ao custo que apresentam não aparecem na fronteira de eficiência.

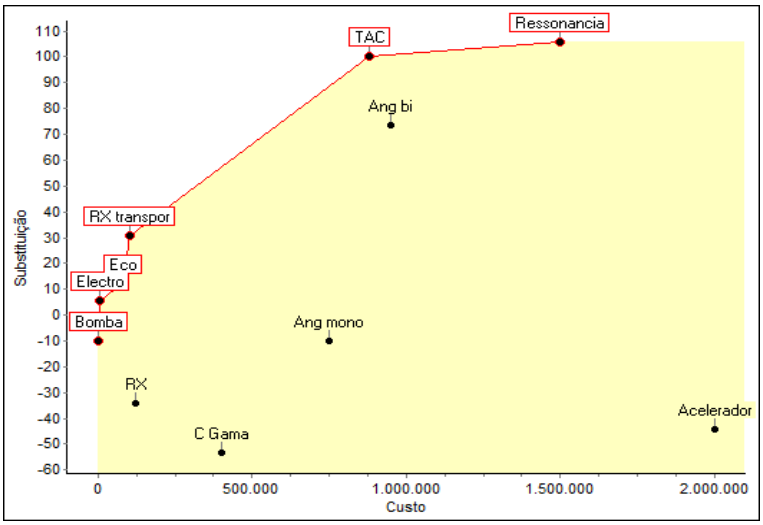


Figura 65. Balanço dos custos e benefícios que as substituições dos equipamentos representam para o Hospital, actualmente. A vermelho representa-se a fronteira de eficiência.

4.3.5. Distribuição dos equipamentos pelas categorias de valor

A partir dos índices de substituição obtidos na avaliação do perfil dos equipamentos que resultaram do procedimento *top-down*, e que estão indicados na Tabela 30, e das respostas dos actores utilizadores dos equipamentos e do director do SIE ao questionário realizado inicialmente (perguntas apresentadas na secção 6.1.4., e as respostas nas Tabelas II a XI, no Anexo III), conclui-se que se deve considerar o valor 62,39 na separação da categoria alta/média de valor de substituição e o valor 11,32 na separação da categoria média/baixa de valor de substituição. Segundo a informação fornecida na Tabela 30, estes valores correspondem, respectivamente, ao momento em que a categoria C++ e C+ terminam. Assim sendo, estabelecendo estes índices como os *thresholds* de separação das categorias de valor, um equipamento que à partida já se sabia qual devia ser a sua categoria, é de facto atribuído à mesma (refere-se, concretamente, ao caso do Ecocardiógrafo).

A distribuição dos equipamentos pelas categorias de valor de substituição está indicada na Figura 66. Na figura, a cor vermelha indica a categoria de alto valor, a cor laranja a categoria de médio valor e a cor verde a categoria de baixo valor.

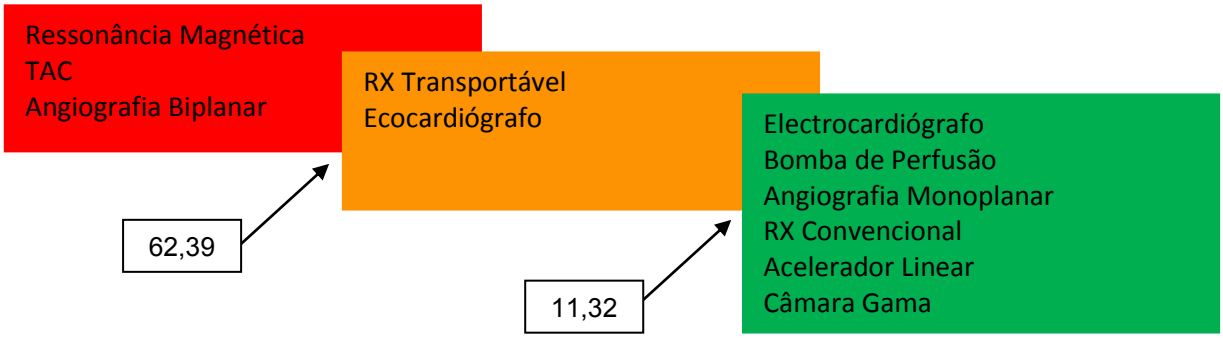


Figura 66. Distribuição dos equipamentos pelas categorias de valor de substituição.

5. Discussão

No capítulo anterior descreveu-se como se desenvolveu e construiu um modelo de substituição de equipamentos médicos hospitalares, e como se aplicaram as capacidades que resultaram do modelo construído à avaliação de um conjunto de equipamentos, previamente escolhido pelos responsáveis do SIE. Neste capítulo discutem-se as principais conclusões que podem ser retiradas do processo de desenvolvimento do modelo, a partir da metodologia usada, dos resultados do modelo na avaliação dos equipamentos seleccionados, das limitações que o modelo apresenta e das implicações que a implementação do modelo deve vir a ter no Hospital.

- Metodologia MACBETH

A metodologia MACBETH, utilizada no desenvolvimento do modelo de apoio à substituição, foi compreendida e apoiada pelos actores envolvidos neste estudo. Os actores entenderam que as conferências de decisão ajudam a promover a troca de conhecimento e de perspectivas, quando se quer tomar uma decisão unânime e credível, e compreenderam que a utilização de julgamentos qualitativos, na avaliação dos critérios de substituição e dos descritores de impacto, facilita o processo de avaliação, sem perda de rigor.

Relativamente à utilização do software M-MACBETH no desenvolvimento do modelo, os actores não tiveram dificuldade em compreender todos os passos de avaliação que foram seguidos no software, e executados nas conferências de decisão, nomeadamente no preenchimento das matrizes de julgamento que determinaram as funções de valor e os pesos dos critérios, ou até mesmo quando surgiram inconsistências nos julgamentos e foi necessário alterar a categoria semântica que se estava a introduzir.

O que à partida podia gerar confusão era a obtenção de resultados negativos nas funções de valor (resultaram do estabelecimento de níveis de referência neutro e bom, em cada descritor de impacto, que por sua vez fixaram, respectivamente, as pontuações 100 e 0 a esses níveis). No entanto os actores perceberam o significado da obtenção de tais valores, e relacionaram-no com as diferentes contribuições que a atribuição de um determinado nível pode representar para a substituição de um equipamento: se contribui de forma muito positiva (acima de 100) positiva ou negativa (abaixo de 0). O mesmo aconteceu para os índices de necessidade de substituição.

Os pontos fracos apontados pelos actores na metodologia MACBETH foram: a duração da primeira conferência de decisão, que reuniu os actores utilizadores e actores do SIE na avaliação das funções de valor e dos pesos dos critérios, e alguma dificuldade que sentiram no preenchimento da matriz de julgamentos na ponderação dos pesos dos critérios, dado que esta matriz requereu muitas avaliações qualitativas de diferenças entre pares, e levou a muitas mensagens de inconsistência, por parte do software.

A metodologia multicritério MACBETH revelou ser uma boa opção na construção do modelo de apoio à substituição. A partir do envolvimento de todos os participantes, foi possível construir um mapa cognitivo, que representasse as perspectivas dos actores nas questões relacionadas com o processo de substituição de equipamentos, que levou à identificação dos vários critérios de

substituição e descritores de impacto. Graças à conferência de decisão, foi possível determinar as funções de valor e os pesos dos critérios que melhor se adequavam às perspectivas dos participantes e, portanto, do Hospital.

O modelo de agregação aditiva utilizado foi apropriado, pois a decomposição do problema nas suas partes menores ajudou a analisar e a compreender melhor as etapas de desenvolvimento do modelo, sobretudo porque estavam envolvidos múltiplos decisores. Outra vantagem do modelo aditivo utilizado é permitir que uma má prestação de um equipamento num determinado critério seja compensada pela boa prestação num outro critério (e vice-versa). Daqui se conclui que todos os critérios são importantes para avaliar a necessidade de substituição, e não basta o equipamento apresentar uma má prestação só num determinado critério para ser logo indicada a sua substituição.

- Resultados do modelo na avaliação de um grupo de equipamentos

O modelo de apoio à substituição desenvolvido foi aplicado a um grupo abrangente de equipamentos, constituído por 11 equipamentos de diferentes características e funcionalidades, para que se pudesse estudar as suas potencialidades.

Os índices de substituição que resultaram da avaliação realizada indicaram as grandezas esperadas: a Ressonância Magnética e a TAC apresentaram os índices de substituição superiores, e a Câmara Gama e o Acelerador Linear apresentaram os índices de substituição inferiores. Estes resultados eram esperados porque, por exemplo, no caso da Ressonância Magnética, este equipamento apresenta muitos anos de serviço (mais de 10 anos) e uma tecnologia limitada face às necessidades dos utentes/doentes e do Hospital, o que consequentemente levou a que fossem atribuídos mais níveis de impacto superiores, em cada critério de substituição. Pelo contrário, a Câmara Gama é a mais nova que o serviço de Medicina Nuclear actualmente apresenta (entrou em funcionamento no corrente ano), o que levou a apresentar os níveis de impacto inferiores, na maioria dos critérios.

Os resultados obtidos também correspondem à opinião dos serviços utilizadores dos equipamentos e dos técnicos do SIE; actualmente os processos de substituição da Ressonância Magnética e da TAC já estão em curso, e o serviço de Imagiologia tem feito várias diligências para a substituição da Angiografia Biplanar.

A única excepção dos resultados do modelo à opinião dos utilizadores e técnicos do SIE prende-se com a ordem de substituição que resultou da Angiografia Monoplanar, uma vez que a intenção é substituir este equipamento, quando se proceder à substituição da Angiografia Biplanar. Deste facto resultam as seguintes hipóteses: ou o modelo não confirma a opinião dos actores (ao avaliar-se a Angiografia Monoplanar, segundo todos os critérios de substituição identificados, resultou na indicação da não atractividade deste equipamento, para a substituição), ou o médico que atribuiu os níveis de impacto ao equipamento não partilha da mesma opinião, ou ocorreu erros na atribuição dos níveis, por parte do médico utilizador que o avaliou.

No entanto, apesar da excepção apresentada, e dado os outros resultados concordantes, conclui-se que o modelo foi eficazmente aplicado a todo o conjunto de equipamentos, e que é geral o suficiente para avaliar equipamentos de pequeno ou de grande porte, sirvam eles o diagnóstico ou a terapêutica.

Observando a distribuição dos equipamentos pelas categorias de valor de substituição, verifica-se que foram atribuídos mais equipamentos às categorias alta e baixa de valor. Isto aconteceu não por algum erro do modelo, mas pelo facto de os equipamentos avaliados serem equipamentos velhos, ou com mais registos de manutenções e reparações, e equipamentos novos. Esta selecção abrangente de equipamentos foi feita no início do estudo, quando se pretendeu avaliar as carências do Hospital e analisar as motivações que levam à compra de equipamentos, para que assim, a partir dos dados recolhidos, se pudesse construir formalmente o modelo e desenvolver os critérios de substituição e os descritores de impacto.

A construção das categorias de valor baseou-se num procedimento metodológico que visava analisar as preferências dos actores na identificação de diferentes graus de substituição. A metodologia utilizada clarificou o pensamento dos actores, evitando que estes relacionassem os diferentes graus de substituição (alto, médio, baixo) às indicações de ordenação preferencial dos equipamentos, em relação às referências estabelecidas - atribuir a categoria de alto valor aos equipamentos acima de 100, atribuir a categoria média de valor aos equipamentos acima de 0, e atribuir a categoria baixa de valor aos equipamentos abaixo de 0.

A atribuição dos vários equipamentos às categorias de valor de substituição vai ao encontro das expectativas dos responsáveis do HSM. A única excepção é a atribuição da Angiografia Monoplanar à categoria baixa de valor de substituição, que se poderá dever às razões já apresentadas.

A análise dos resultados, a partir das ferramentas disponibilizadas pelo software, entre outras coisas, permitiu afirmar que o modelo é suficientemente robusto perante a falta ou a incerteza de informação, para concluir que a Ressonância Magnética é o equipamento mais atractivo e que a sua substituição domina as substituições dos restantes equipamentos.

As análises de sensibilidade efectuadas nos dois critérios seleccionados (apresentaram-se só duas análises de sensibilidade, por semelhança de resultados e por necessidade de limitar a informação apresentada), também permitiram indicar a atractividade da substituição da Ressonância Magnética. Neste último caso, na impossibilidade de variar os pesos dos critérios no estudo das alterações dos resultados do modelo, variaram-se as pontuações dos níveis inferiores dos critérios, tendo-se registado alterações na ordem preferencial de substituição para a Bomba de Perfusão e a Angiografia Monoplanar. Estas alterações das pontuações dos níveis inferiores também levam a que o Electrocardiógrafo aumente o seu índice de necessidade de substituição e passe a pertencer à categoria média de valor.

Era importante realizar estas análises juntamente com os actores do estudo, para assim proceder a possíveis ajustes no modelo, caso fosse assim decidido.

- Limitações do modelo desenvolvido

Uma limitação do modelo relaciona-se com a incapacidade que houve na construção de descritores de impacto mais precisos e rigorosos. Como consequência, não foi possível utilizar descritores de impacto quantitativos, porque a construção de um modelo de substituição de equipamentos generalizado não permitia indicar, por exemplo, custos de operação ou percentagens

de disponibilidade operacionais que se adequassem a todo o tipo de equipamentos representativos das áreas hospitalares. No entanto, esta limitação não prejudicou o entendimento do modelo por parte dos actores, no que diz respeito à constituição das funções de valor e da atribuição dos níveis de cada descritor, a todos os equipamentos avaliados.

Outra limitação prende-se com a grande dificuldade encontrada em conseguir reunir com os actores utilizadores dos equipamentos. Por esta razão, os critérios e descritores de impacto não foram construídos em conferências de decisão, como era teoricamente sugerido, mas foram antes construídos pela facilitadora, com o apoio do actor director pelo SIE. Depois foi na conferência de decisão convocada para determinar as funções de valor e os pesos dos critérios (reuniu quatro actores utilizadores, representantes de três diferentes áreas hospitalares, e três actores do SIE), que se conseguiu discutir o conteúdo dos critérios e dos diferentes descritores de impacto, e fazer as alterações e modificações que se decidiu, em conjunto, serem necessárias.

Também era desejável que a construção do mapa cognitivo ocorresse numa conferência de decisão, para determinar se mais factores de substituição eram identificados.

À dificuldade de reunir com os actores envolvidos neste estudo, juntou-se a limitação de disponibilidade que estes apresentam nas reuniões, o que daqui resultou na incapacidade de desenvolver o procedimento *bottom-up*, acabando por se construir as categorias de valor de substituição utilizando somente o procedimento *top-down*. A desvantagem que resulta na utilização de um único procedimento, na construção das categorias de substituição, relaciona-se com a incapacidade de validar, rigorosamente, os *thresholds* que se obtiveram, na separação das categorias construídas.

Seria importante para o desenvolvimento correcto do modelo, ter conseguido reunir pessoas do CA do Hospital na conferência de decisão, simplesmente da área financeira. Reunindo estas pessoas poder-se-ia avaliar melhor se os critérios que foram tidos como menos importantes para os actores presentes na conferência realizada, no momento da constituição do ranking de ordenação da importância dos critérios, continuavam a ser os que correspondiam à área de *Impacto financeiro do equipamento actual* e *Imagem e estratégia do equipamento actual*.

Os constrangimentos ocorridos na participação dos actores deste estudo não significaram falta de interesse e de necessidade de acção na construção de uma ferramenta de substituição deste tipo. Todos os actores partilhavam da opinião que o Hospital devia ser mais pró activo na avaliação das tecnologias médicas, e na identificação dos equipamentos a substituir.

Relativamente à avaliação dos equipamentos seleccionados, a limitação encontrada prendeu-se, mais uma vez, com a incapacidade de convocar uma conferência de decisão, onde os actores utilizadores dos equipamentos pudessem discutir a atribuição dos diferentes níveis com os actores do SIE. Como foi indicado anteriormente, esta atribuição foi conseguida reunindo com os actores utilizadores, separadamente, e apresentado posteriormente as suas dúvidas e incertezas aos actores do SIE, que reuniram com a facilitadora numa segunda conferência de decisão, o que daqui resultou em contradições. Contudo, estas contradições não influenciaram o resultado final do modelo, tal como foi verificado nas análises de sensibilidade e robustez realizadas.

Nesta situação, a não realização da conferência de decisão levou à impossibilidade de trocar conhecimento e diferentes perspectivas na atribuição dos níveis de impacto aos vários equipamentos estudados. A consequência foi as contradições referidas e os eventuais erros que o médico utilizador da Angiografia Monoplanar cometeu, na atribuição dos níveis a este equipamento.

Implicações do modelo para o Hospital

Para que o modelo possa ser implementado no Hospital, é necessário criarem-se certas condições, entre elas, uma gestão activa do inventário de equipamentos que o Hospital apresenta. A gestão proposta pode ser actualizada periodicamente, por exemplo, atribuindo os níveis dos diferentes descritores de impacto a cada equipamento, numa base de dados, para que assim se possa identificar e recolher as características dos equipamentos essenciais à avaliação periódica das necessidades de substituição do Hospital, a partir da ferramenta criada.

A recolha das características dos equipamentos necessárias à avaliação deve acontecer em todos os serviços hospitalares, e com a colaboração de médicos e/ou técnicos do serviço e técnicos do SIE, para assim se promover a troca de perspectivas, conhecimento e informação na identificação dos níveis de impacto que correspondem a cada equipamento.

Sugere-se que a avaliação periódica dos equipamentos seja feita pelo SIE, a partir dos dados recolhidos nos serviços hospitalares, e aconteça, necessariamente, no momento em que se revê, ou propõe, a política orçamental do Hospital para a aquisição de equipamentos a curto prazo. Para estas avaliações, a comparação do esforço de investimento com o benefício de substituição dos equipamentos deve também ser realizada, a partir da análise custo-benefício indicada anteriormente. A análise custo-beneficio entra em conta com o custo de aquisição dos equipamentos, sem que para isso seja necessário introduzir esse custo como critério de substituição no modelo multicritério desenvolvido. Isto é uma vantagem uma vez que o custo de investimento não é relevante para avaliar a necessidade de substituição de um equipamento médico, ao contrário dos outros custos que foram introduzidos no modelo, e que dizem respeito aos custos da assistência, de operação e com upgrades dos equipamentos.

Para uma correcta implementação do modelo de apoio à substituição ao longo do tempo é necessário que o Hospital o actualize periodicamente, nomeadamente no que diz respeito às funções de valor e aos pesos dos critérios. Também podem ser efectuadas outras alterações, como a introdução de novos critérios e descritores de impacto, caso os decisores assim o entendam.

A actualização do modelo deve ocorrer, necessariamente, em conferências de decisão, para que um grupo de decisores discuta entre si as alterações necessárias a efectuar. Nas conferências de decisão, o grupo participante deve representar todos os serviços hospitalares (médicos, directores de serviço, técnicos do SIE, etc.), e o CA do Hospital, para que assim estejam presentes todas as perspectivas necessárias à modificação do modelo.

A correcta implementação do modelo também exige que se apliquem critérios de exclusão aos equipamentos que à partida já são certos para substituir, uma vez que nestes casos extremos o modelo não mantém as suas características compensatórias, na avaliação dos equipamentos.

6. Conclusão

As organizações hospitalares necessitam de desenvolver programas de gestão da tecnologia médica, para identificar as prioridades e objectivos das organizações e assegurar a segurança dos utentes, a qualidade e eficácia médicas.

No HSM, o actual processo de substituição de equipamentos médicos baseia-se em factores que se restringem mais ao historial de reparações e manutenções dos equipamentos, do que a uma política pró-activa, que avalie os equipamentos para substituição de acordo com todos os parâmetros e critérios de substituição necessários. Perante isto, revelava-se fundamental desenvolver uma ferramenta de apoio à substituição que permitisse informar o Hospital de forma clara e metodológica, da necessidade actual de substituição dos equipamentos médicos hospitalares, e que tivesse em conta o estado actual do equipamento, a tecnologia já existente e os objectivos gerais do decisor.

Assim sendo, esta tese de mestrado pretendeu desenvolver e testar um modelo multicritério de apoio à substituição de equipamentos, que resolvesse o problema do planeamento das substituições hospitalares, no HSM, e que pudesse ser aplicado a qualquer tipo de equipamentos médicos hospitalares. Para além disso, pretendeu-se desenvolver um modelo alternativo às ferramentas de apoio à substituição já construídas e implementadas em hospitais internacionais, que apresentavam alguns pontos fracos na sua formulação metodológica, como por exemplo, o modo como quantificaram a performance dos equipamentos nos critérios.

O modelo multicritério desenvolvido baseou-se na metodologia sócio-técnica MACBETH, sendo esta uma abordagem que se baseia nas preferências do decisor na construção do modelo quantitativo que resolve o problema. Esta metodologia fez uso do mapa cognitivo, na estruturação do problema (construído a partir das respostas dos actores do estudo a um questionário realizado), que levou à identificação dos critérios de substituição e dos respectivos descritores de impacto. Depois os restantes passos de construção do modelo (determinação das funções de valor, pesos dos critérios e construção de categoria de substituição) foram realizados em conferências de decisão, através do software M-MACBETH.

O modelo construído foi aplicado a um conjunto de equipamentos, para que assim se pudesse testar a sua potencialidade.

Dado que os resultados da aplicação do modelo, ao conjunto de equipamentos seleccionados, indicaram as necessidades de substituição esperadas, isto é, maior necessidade para a Ressonância Magnética e a TAC, média necessidade para o Ecocardiógrafo e menor necessidade para a Câmara Gama, Acelerador Linear e RX Convencional (com a única excepção aos resultados esperados a indicação da baixa necessidade substituição para a Angiografia Monoplanar), conclui-se que o modelo foi eficazmente aplicado a todo o conjunto de equipamentos (apesar da excepção), e que é geral o suficiente para avaliar a necessidade de substituição de qualquer tipo de equipamentos, sejam eles de pequeno ou de grande porte, de diagnóstico ou de terapêutica.

Estas indicações de substituição foram apoiadas não só ao nível do ranking obtido, mas também pelas várias análises efectuadas sobre os resultados, por exemplo, a análise de robustez, de sensibilidade e do rácio custo-benefício.

A metodologia MACBETH foi compreendida e apoiada pelos actores envolvidos no estudo. No entanto, muitos passos da metodologia necessitaram ser alterados, uma vez que os actores não tinham tempo nem disponibilidade para participar em muitas conferências de decisão. As limitações do modelo que daqui ocorreram, na construção do mapa cognitivo, dos critérios, dos descritores de impacto e das categorias de urgência, não prejudicaram, contudo, o bom desenvolvimento de uma ferramenta de substituição, tal como foi confirmado na avaliação dos equipamentos seleccionados, e apesar da excepção encontrada.

Perante os dados apresentados, conclui-se que se atingiram os objectivos propostos no início da realização desta tese de mestrado, ou seja, conseguiu-se criar uma ferramenta de apoio à substituição hospitalar, para ser aplicada no HSM, capaz de avaliar qualquer tipo de equipamentos.

Para trabalho futuro fazem-se as seguintes sugestões:

- as ferramentas de apoio à gestão de equipamentos hospitalares não se devem restringir só à avaliação das substituições. No HSM, o primeiro passo foi tomado no desenvolvimento desta ferramenta de apoio à decisão das substituições de equipamentos médicos hospitalares, mas outras ferramentas devem ser incentivadas a criar, nomeadamente para a gestão da utilização dos equipamentos durante o seu tempo de vida e para a gestão do investimento em tecnologias médicas;

- para se aplicar o modelo é necessário que os decisores conheçam o *status* da tecnologia actual e as potencialidades dos novos equipamentos. Incentiva-se, assim, que os decisores estejam a par das novas tecnologias, se necessário contactando as empresas representantes dos equipamentos frequentemente, para se poder comparar correctamente as características dos equipamentos que o Hospital possui com as características que são fornecidas pelos novos equipamentos;

- as ferramentas de apoio à substituição não necessitam de ser construídas de forma generalizada, para todos os tipos de equipamentos. Construir e aplicar uma ferramenta de substituição a um determinado tipo de equipamentos (por exemplo, equipamentos de terapêutica de pequeno porte) até pode ser uma vantagem, pois permite construir com maior precisão os critérios de substituição e os descritores de impacto;

- é desejável aplicar-se metodologias multicritério na resolução de problemas que envolvam múltiplos objectivos, múltiplos critérios e múltiplos decisores, e quando se pretender aplicar a metodologia MACBETH, que as conferências de decisão possam ser realizadas no desenvolvimento de todas as etapas metodológicas, uma vez que é a partir do envolvimento e da partilha de conhecimento entre todos os decisores que se conseguem construir boas ferramentas de apoio à gestão.

7. Bibliografia

Bana e Costa, C. A. e Beinat, E. (2005). *Model-structuring in public decision-aiding.* London School of Economics and Political Science: Department of Operational Research.

Bana e Costa, C. A. e Chagas, M. P. (2004). A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments. *European Journal of Operational Research*, Vol.153, pp. 323-331.

Bana e Costa, C. A. e Oliveira, R. C. (2002). Assigning priorities for maintenance, repair and refurbishment in managing a municipal housing stock. *European Journal of Operational Research*, Vol. 138, pp. 380-391.

Bana e Costa, C. A., Corrêa, É. C., De Corte, J.-M. e Vansnick, J.-C. (2002). Facilitating bid evaluation in public call for tenders: a socio-technical approach. *The International Journal of Management Science*, Vol. 30(3), pp. 227-242.

Bana e Costa, C. A., Lourenço, J. C., Chagas, M. P., e Bana e Costa, J. C. (2008). Development of Reusable Bid Evaluation Models for the Portuguese Electric Transmission Company. *Decision Analysis*, Vol. 5(1), pp. 22-42.

Bana e Costa, C., e Vansnick, J.-C. (1997). Applications of the MACBETH approach in the framework of an additive aggregation model. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Vol. 6(2), pp. 107-114.

Bana e Costa, C., De Corte, J. e Vansnick, J.-C (2004). *MACBETH.* London School of Economics: Working Paper LSE OR 03.56.

Bana e Costa, C., De Corte, J. e Vansnick, J.-C (2005). *M-MACBETH: Guia do utilizador.*

Bana e Costa, C., Fernandes, T. G. e Correia, P. V. (2006). Prioritisation of public investments in social infrastructures using multicriteria value analysis and decision conferencing: a case study. *International Transactions in Operational Research*, Vol. 36(3), pp. 279-297.

Bichle, A. (2008). *Multi-criteria decision making.* Obtido em Junho de 2009 de iwhw.boku.ac.at/LVA816330/Multi_criteria_decision_making_June_2008_2.doc

Brach, C., et al. (2008). *Will It Work Here: A Decisionmaker's Guide to Adopting Innovations.* Agency for Healthcare Research and Quality. Obtido em Junho de 2009 de http://www.innovations.ahrq.gov/resources/InnovationAdoptionGuide.pdf

Brugha, C. M. (2000). An Introduction to the Priority-Pointing Procedure. *Journal of Multi-criteria Decision Analysis*, Vol. 9(5), pp. 227-242.

Carmo, P., Dias. A., Ogliari A., Nascimento D. (2007). Definition and analysis of maintainability parameters in medical equipment. *Safety, Health and Environmental World Congress*, (pp. 69-72). Brasil.

Carmo, P., Ogliari, A. e Nascimento, D. (2007). Process of diagnosis and analysis of attrubites of maintainability in medical and hospital devices. *19th International Congress of Mechanical Engineering.* Brasil.

Centro Hospitalar Lisboa Norte. (2008). Obtido em Maio de 2009, de Centro Hospitalar Lisboa Norte, EPE - Site Institucional: http://www.hsm.min-saude.pt/

CHLN. (2008). Obtido em Maio de 2009, de Centro Hospitalar Lisboa Norte, EPE - Site Institucional: http://www.hsm.min-saude.pt/

Christer, A. H. e Scarf, P. (1994). A robust replacement model with applications to medical equipment. *Operational Research Society*, Vol. 45(3), pp. 261-275.

David, Y. e Jahnke, E. G. (2004). Planning Hospital Medical Technology Management. *Engineering in Medicine and Biology*, Vol. 23(3), pp. 73-79.

di Gregorio, S. (2000). *Decision Explorer and Cognitive Mapping.* SdG Associates.Obtido em Junho de 2009 de http://www.sdgassociates.com/downloads/taster_explanation.pdf.

Dondelinger, R. M. (2004). A complex method of equipment replacement planning. *Biomedical Instrumentation & Technology*, Vol. 38(1), pp. 26-31.

Drummond, M. F. (2006). *Methods for the economic Evaluation of Health Care Programmes.* Oxford - University Press.

Faria, C. A. (1999). *Gestão de Manutenção de Instalações e Equipamentos Hospitalares - Dissertação de Mestrado.* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Fennigkoh, L. (1992). A medical equipment replacement model. *Journal of clinical engineering*, Vol 17(1), pp. 43-47.

Ferreira, J. S. (2007). *Sistemas de Apoio à Decisão.* Obtido em Julho de 2009, de Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial - Site institucional: http://www2.egi.ua.pt/cursos/disciplinas.asp?disciplina=36

Fischer, G. W. (1995). Range sensitivity of attribute weights in multiattribute value models. *Organizational Behaviour and Human Decision Process*, Vol. 62(3), pp. 252-266.

Goodwin, P. e Wright, G. (2004). *Decision Analysis for Management Judgment*. Jon Wiley & Sons, Ltd.

HSM. (2007). *Relatório e Contas 2006.* Site Institucional: http://www.hsm.min-saude.pt/

HSM. (2008). *Relatório e Contas 2007.* Site Institucional: http://www.hsm.min-saude.pt/

Jahnke, E. e David, Y. (2005). Medical Technology Management: From Planning to Application. *Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference.* Shangai, China.

Kabatov, Y. K. (1970). Definition of the main concepts of medical equipment. *Biomedical Engineering*, Vol. 4(5), pp. 274-276.

Keeney, R. L. (1992). *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making.* Havard University Press.

Kleinmuntz, C. e Kleinmuntz, D. N. (1999). A strategic approach to allocating capital in healtcare organizations. *Healthcare Financial Management*, Vol. 53(4), pp. 52-58.

Lourenço, J. C. (2002). *Modelo aditivo hierárquico: exemplos de métodos de ponderação e problemas associados.* Centro de Estudos de Gestão - Instituto Superior Técnico.

Mcdaid, D., e Cookson, R. (2003). Evaluating health care interventions in the European Union. *Health Policy*, Vol. 63(2), pp. 133-139.

Mota, C., Almeida, A. e Alencar, L. (2009). A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in project management. *International Journal of Project Management*, Vol. 27(2), pp. 175-181.

Orlikowski, W. J. (2000). Using Technology and Constituting Structures: A Practice Lens for Studying Technology in Organizations. *Organization Science,* Vol. 11(4), pp. 404-428.

Phillips. (2007). *Chapter 19: Decision Conferencing.* London School of Economics and Political Science: Department of Operational Research.

Phillips, L. D. e Bana e Costa, C. A. (2007). Transparent prioritisation , budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing. *Ann Opera Res*, Vol. 154(1), pp. 51-68.

Rajasekaran, D. (2005). Development of an automated medical equipment replacement planning system in hospitals. *31st Annual Northeast Bioengineering Conference*, pp. 52-53

Rieg, D. L. e Filho, T. d. (2003). Mapas cognitivos como ferramenta de estruturação e resolução de problemas: o caso da pró-reitoria de extensão da USFCar. *Gestão e Produção*, Vol. 10(2), pp. 145-162.

Rosenhead, J. e Mingers, J. (2001). *Rational Analysis for a Problematic World Revisited.* Inglaterra: John Wiley & Sons.

Schein, E. H. (1999). *Process Consultation Revisited: Building the Helping Relationship.* Massachusetts: Prentice-Hall.

Szajubok, N., Mota, C. e Almeida, A. (2006). Uso do método ELECTRE TRI para classificação de estoques na construção civil. *Pesquisa Operacional*, Vol. 6(3), pp. 625-648.

Teplensky, J. D., et al. (1995). Hospital adoption of medical technology: an empirical test of alternative models. *Health Services Research*. Vol. 30(3), pp. 437-465.

The Health Committee. (2005). *The Use of New Medical Technologies within the NHS.* London: House of Commons.

Toporkov, A. (2007). Assessment of service life of sophisticated medical equipment. *Biomedical Engineering,* Vol. 41(3), pp. 26-33.

U.S. National Library of Medicine. (2009). *PubMed*. Obtido de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/

Anexo I

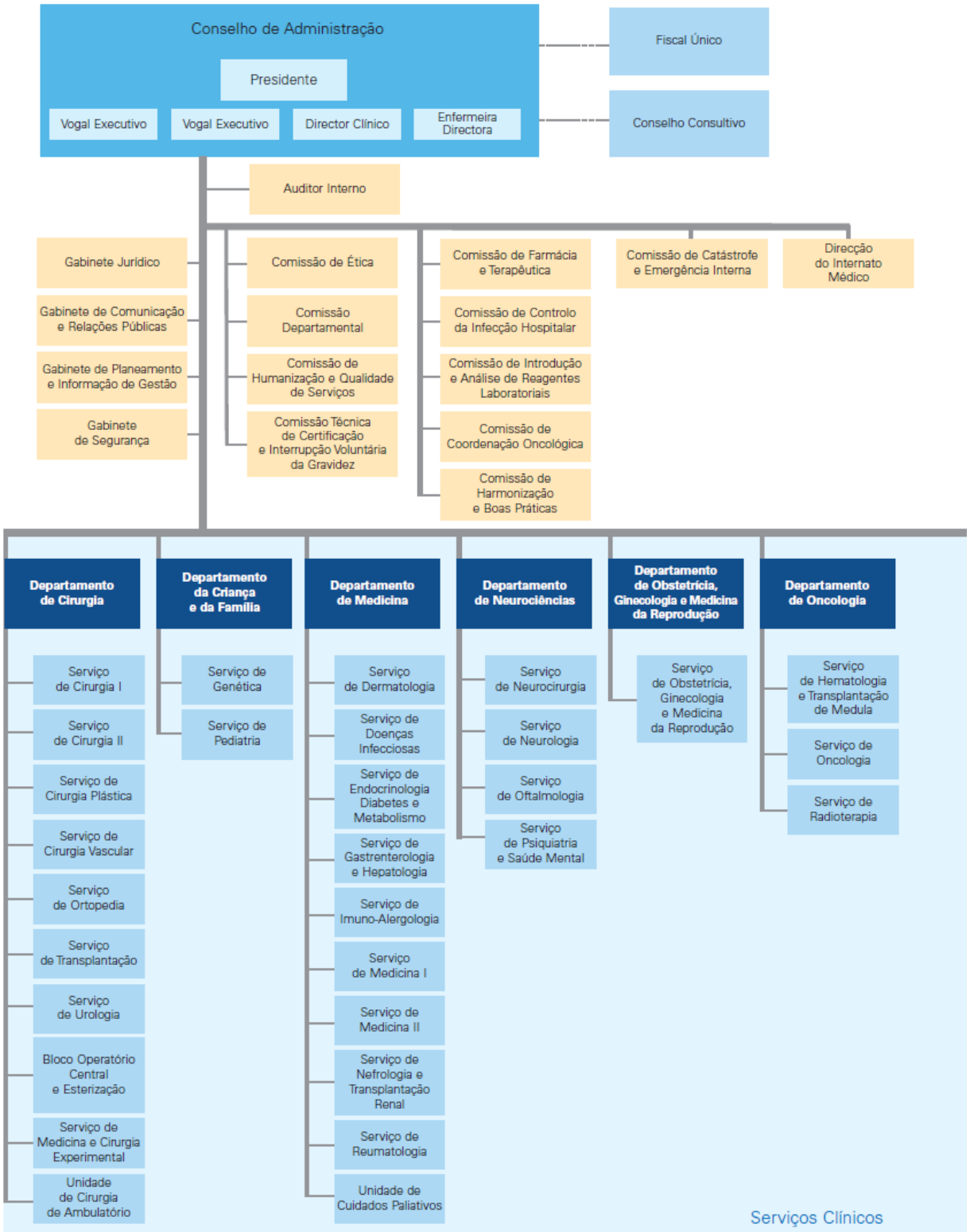


Figura I. Estrutura Organizacional do Hospital Santa Maria – parte 1 (HSM, 2008).

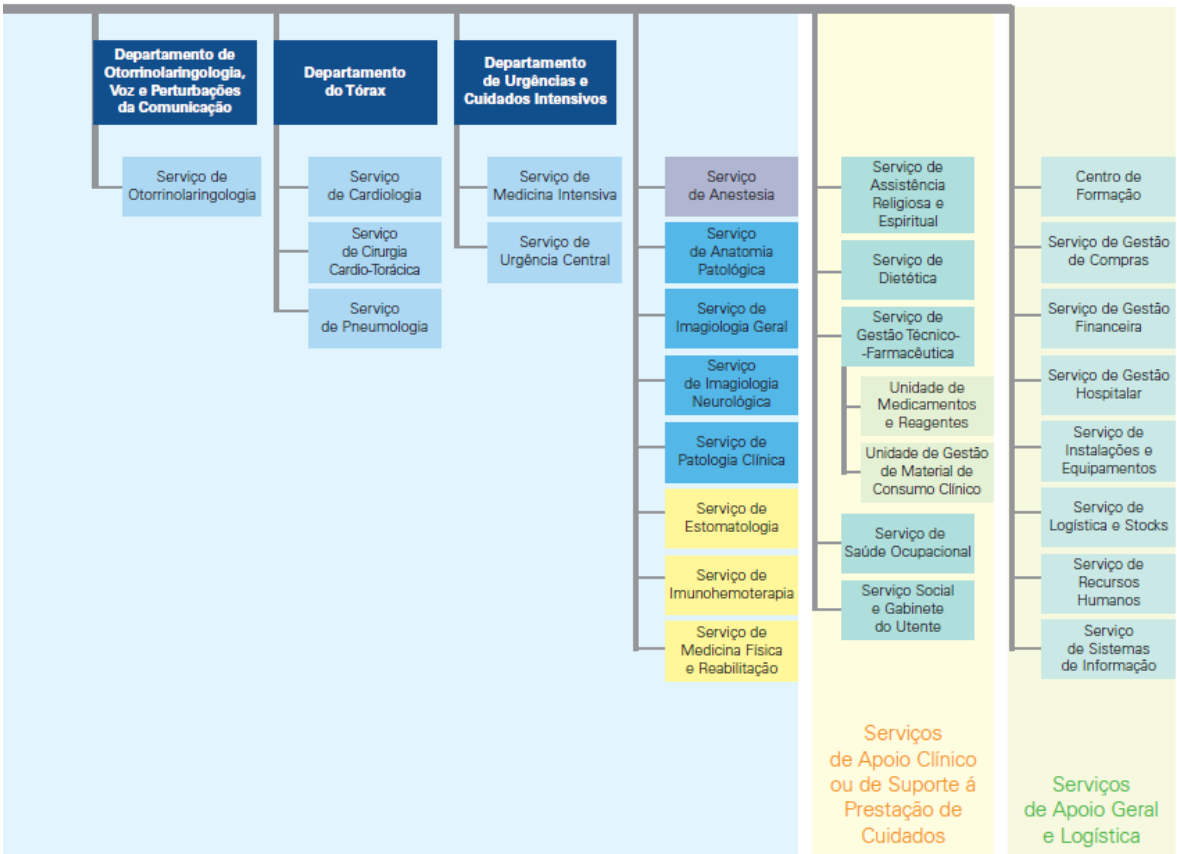


Figura II. Estrutura Organizacional do Hospital Santa Maria – parte 2 (HSM, 2008).

Anexo II.

Tabela I. Custos com as peças que o contrato de manutenção não abrange.

EQUIPAMENTO	PEÇA	PREÇO (€)
Ressonância Magnética	-	-
TAC	-	-
Angiografia Monoplanar	Bateria Backup 3X08-01696 GR2 COUDLING PX17-41860 1	167,50 2.350,00 24.350,00
Angiografia Biplanar	Cabo Diamentor Bateria Backup BACKPLANE BSX17-0799*D II MOVE SWITCH Arco Lateral	4.074,00 167,50 7.558,00 1.650,00 1.628,00 296,00
RX Convencional	-	-
Ap. RX transportável	-	-
Electrocardiógrafo	Cabo paciente Cabo deriv ECG	173,00 161,00
Ecocardiógrafo (Aloka)	Disco Sonda	400,00 5.925,00
Câmara Gama	-	-
Acelerador Linear	-	-
Bomba de Perfusão	Loudspeaker Acumulador	33,67 58,24

Anexo III.

Tabela II. Respostas do Dr. Carlos Morgado sobre a Ressonância Magnética.

Pergunta	RESPOSTA
a)	Oferece limitações porque não permite todas as formas de diagnóstico. Existem determinadas patologias que não podem ser avaliadas através deste equipamento.
b)	Os pedidos de diagnóstico, por parte dos médicos, já são feitos de acordo com as capacidades que o equipamento oferece. Deste modo, e dentro das suas conhecidas limitações, a informação é esclarecedora.
c)	O equipamento sofre de excesso de uso porque é utilizado todo o dia.
d)	Apesar de sofrer de excesso de uso, mesmo assim, há uma grande lista de espera.
e)	Não há alternativas porque é o único equipamento no serviço e no Hospital.
f)	Uma vantagem que apresenta é o seu baixo campo magnético. Os equipamentos mais modernos apresentam campos mais fortes, e quanto mais forte é o campo mais cuidados e normas de segurança têm que ser tomadas e seguidas.
g)	Uma funcionalidade/característica desejável, tendo em conta a tecnologia já existente, seria a capacidade de permitir fazer estudos sofisticados e indiferenciados, que de alguma forma permitissem trabalhos de investigação, e que para um Hospital Universitário é importante apostar. Marcas eleitas: Philips, GE, e Siemens.
h)	O equipamento é obsoleto.
i)	É importante implementar com sucesso o sistema PACS, para o arquivo digital da informação.

Tabela III. Respostas do Dr. Carlos Morgado sobre a TAC.

Pergunta	RESPOSTA
a)	Não responde a todas as necessidades. As limitações de diagnóstico surgem à medida que se quer uma maior qualidade do mesmo (esta qualidade é conseguida com maior número de detectores no equipamento – este só apresenta 4)
b)	Dentro das limitações conhecidas, a informação disponibilizada é de qualidade.
c)	Está constantemente a ser utilizada, incluindo à noite durante as urgências.
d)	A lista de espera é significativa, mas inferior à da Ressonância Magnética.
e)	Há alternativas, apesar da TAC mais velha ser só utilizada durante o dia.
f)	O doente ser exposto a radiação num exame deste tipo é a única desvantagem que pode ser apontada.
g)	Tendo em conta a tecnologia mais recente e as novas formas de diagnóstico já existentes, seria desejável ter uma TAC que permitisse realizar a AngioTAC e reconstruções 3D e multiplanares de boa qualidade. Marcas eleitas: Philips, GE, e Siemens.
h)	O equipamento é obsoleto.
i)	Ver ponto i) da Tabela II.

Tabela IV. Respostas do Técnico Paulo Sequeira sobre a Angiografia Monoplanar e Biplanar.

Pergunta	RESPOSTA
a)	Os equipamentos não respondem a todas as necessidades, nomeadamente no campo da terapêutica endovascular - que é a área onde a Angiografia actualmente está mais vocacionada.
b)	A qualidade de imagem é média, desejando-se melhor resolução.

c)	Os equipamentos não são utilizados na sua capacidade total, dado que durante a tarde não se funciona com eles. Isto acontece também devido à falta de pessoal especializado.
d)	Não há lista de espera. O tempo da terapêutica é mais demorado que o de diagnóstico, porque é característica do próprio tratamento.
e)	O serviço de Imagiologia tem estes dois equipamentos à sua disposição. Logo quando um falha está o outro disponível.
f)	Uma vantagem que a Angiografia Biplanar apresenta em relação à outra é que permite fazer 2 aquisições ao mesmo tempo graças às 2 ampolas que apresenta. Esta vantagem ao mesmo tempo também se torna uma desvantagem, já que o doente fica sujeito ao dobro da radiação.
g)	Era desejável realizar a AngioTAC e outros exames que possam ser complementados com outros equipamentos, particularmente com a Ressonância Magnética, ter melhor qualidade de imagem e utilizar menos radiação no doente. As marcas eleitas são a Siemens, Philips e Toshiba.
h)	Os dois equipamentos caminham para a obsolescência.
i)	

Tabela V. Respostas do Técnico João Pedro sobre o RX Convencional (válidas para os dois equipamentos estudados), na sala de Urgências.

Pergunta	RESPOSTA
a)	O equipamento de Raio X satisfaz as necessidades do serviço, neste caso da Urgência.
b)	Todos os pedidos de diagnóstico de uma urgência (avaliação do doente urgente numa fase inicial) são respondidos por este equipamento.
c)	É bastante utilizado, tanto de dia como de noite.
d)	A lista de espera que se regista diz respeito ao próprio serviço de Urgências, que é bastante solicitado pela população. A realização do exame de RX é rápida.
e)	Existe alternativas, pois há dois equipamentos de RX no serviço.
f)	O técnico não necessita de empregar muito esforço quando quer fazer determinado diagnóstico, no alinhamento do doente com o feixe de RX. Tal como o técnico, o doente também não necessita de empregar muito esforço para se sujeitar à avaliação. Para além disto, a máquina também não oferece problemas acrescidos aos doentes relativamente à radiação a que estes ficam sujeitos durante o exame.
g)	Uma funcionalidade que o equipamento podia oferecer seria a capacidade de adquirir directamente a imagem (mas isto também poderia criar desvantagens, como problemas acrescidos com a falha do sistema). Também seria muito vantajoso ter um sistema de tratamento de imagem com melhor qualidade. Numa perspectiva de aquisição, a escolha continuava a ser Philips.
h)	O equipamento não é obsoleto.
i)	

Tabela VI. Respostas do Técnica Paula Barradas sobre o Aparelho de RX Transportável.

Pergunta	RESPOSTA
a)	O equipamento responde eficazmente às necessidades, dada a finalidade da sua utilização – realizar exames de RX ao tórax de doente acamados.
b)	Dada a sua finalidade, o equipamento oferece informação de qualidade.
c)	O equipamento não é utilizado na sua capacidade total, já que ela é reduzida somente à realização de exames ao tórax.
d)	Não. Neste caso nem faz sentido falar de listas de espera.

e)	Há alternativas, pois existem dois equipamentos deste tipo no serviço.
f)	Dado que o equipamento não é utilizado num ambiente próprio, adequado a um equipamento deste tipo, a segurança não consegue ser garantida a 100%, porque a colimação da radiação não é totalmente completa. Deste modo, nunca se realiza um exame quando está presente, por exemplo, uma grávida. Como é um equipamento portátil, sofre um desgaste grande porque é transportado por todo o Hospital. Contudo, ele é resistente ao choque e é relativamente leve.
g)	Seria desejável ter um digitalizador acoplado, que melhorasse a obtenção da imagem. Uma marca escolhida continuava a ser a Siemens.
h)	Face à finalidade da sua utilização, e dada a tecnologia actual, não se considera este equipamento obsoleto.
i)	

Tabela VII. Respostas do Dr. Fernando Ribeiro sobre o Ecocardiógrafo (descrições válidas para as duas marcas incluídas no estudo).

Pergunta	RESPOSTA
a)	O ecocardiógrafo apresenta boas funcionalidades, mas também tem outras em falta, como fornecer uma informação mais detalhada sobre o sistema cardíaco do doente e permitir fazer reconstruções. Logo, o equipamento não oferece todas as forças de diagnóstico já possíveis.
b)	A informação podia ser mais esclarecedora, se mais funcionalidades estivessem incluídas no equipamento.
c)	O equipamento não sofre de excesso de uso, e até podia ser utilizado mais vezes.
d)	
e)	Há alternativas.
f)	Dado que este é um equipamento que funciona com ultra sons, ele não representa qualquer tipo de insegurança para o doente.
g)	Para além das funcionalidades já apontadas em a), também era desejável calcular os parâmetros cardíacos à posteriori, numa estação de trabalho apropriada, e não na altura do exame. As marcas que respondem às necessidades descritas anteriormente são a Philips, a GE, a Siemens e a Toshiba. Relativamente à sofisticação do software, a GE destaca-se das outras marcas.
h)	Face à tecnologia existente, considera-se este equipamento obsoleto.
i)	

Tabela VIII. Respostas do Dr. Fernando Godinho sobre a Câmara Gama.

Pergunta	RESPOSTA
a)	Tendo em conta o propósito da medicina nuclear convencional, que é utilizar radiação gama nos diagnósticos que efectua, então este equipamento responde a todas as solicitações.
b)	A informação é esclarecedora, graças aos upgrades constantes que se fazem ao equipamento.
c)	O equipamento podia ser utilizado mais vezes durante o dia. Não é usada a sua capacidade total.
d)	A duração do exame é adequada às características do mesmo.
e)	Há alternativas (há 3 Câmaras Gama no serviço).
f)	Este equipamento, ao contrário dos restantes, não pertence ao Hospital, mas sim à FML. Logo, para além de prestar serviço à comunidade, também é utilizado em investigação.

g)	As características a desejar num equipamento da nova geração seria mais rapidez de diagnóstico, melhor qualidade de imagem e uma maior rentabilização na sua utilização. Na escolha de um novo equipamento, a escolha ia para a GE (também a Philips e a Siemens respondem a estas necessidades).
h)	O equipamento não se considera obsoleto, pelo menos enquanto for possível continuar a fazer upgrades.
i)	

Tabela IX. Respostas da Técnica Isabel Diegues e da Dra. Isabel Grilo sobre o Acelerador Linear.

Pergunta	RESPOSTA
a)	Apesar das funcionalidades que o equipamento já apresenta no campo do tratamento de doentes oncológicos, contudo, não permite todas as formas de tratamento actualmente possíveis e utilizadas.
b)	Este equipamento possui um sistema com visualização mais nítida da imagem do campo de irradiação, em relação aos equipamentos do mesmo tipo, que também existem no serviço.
c)	O equipamento só não é utilizado mais vezes porque apresenta muitos problemas técnicos (desde o inicio da sua utilização), o que implica suspender, muitas vezes, o seu funcionamento.
d)	As características do tratamento fazem com que o tratamento seja por si só lento e específico para cada doente.
e)	Há alternativas.
f)	A desvantagem maior é as suas constantes falhas operacionais, que chegam a levar a paragens prolongadas na sua utilização.
g)	Era desejável ter um acelerador linear que permitisse aumentar a dose ao paciente, sem que para isso se aumentasse a toxicidade a que este está sujeito, ter o sistema de radioterapia guiada por imagem, ou IGRT, e que fizesse uma terapêutica mais específica, consoante a patologia em causa. As marcas que oferecem a tecnologia mais recente e desejável são a Siemens, Elekta e Varian.
h)	O equipamento não é considerado obsoleto.
i)	

Tabela X. Respostas do Enf.ª Dores sobre a Bomba de Perfusão.

Pergunta	RESPOSTA
a)	Este equipamento consegue responder às diversas solicitações, nomeadamente na administração de medicamentos e de outras substâncias.
b)	A bomba disponibiliza informação num monitor, capaz de guiar os profissionais de saúde ao longo do tratamento de um doente.
c)	O equipamento é utilizado mais ou menos vezes, consoante as necessidades.
d)	A duração do tratamento depende do tratamento em questão. Nesta situação, não faz sentido falar-se em listas de espera.
e)	Há diversas bombas perfusoras, de diferentes marcas, que podem ser utilizadas no serviço. Caso uma falhe, há sempre alternativas.
f)	Este equipamento não tem contracto de manutenção com a empresa fabricante. Deste modo, é necessária pro-actividade por parte dos profissionais de saúde que lidam directamente com ele, na detecção antecipada de eventuais avarias ou problemas técnicos. A bomba é facilmente utilizada e é segura.
g)	Tendo em conta o suporte tecnológico já existente, seria interessante ligar os monitores da bomba de perfusão a uma central de computadores, para que a

	partir desse local se controlasse o funcionamento do equipamento. Contudo, através deste sistema, a relação doente/enfermeiro seria enfraquecida, o que não se pretende. A Braun continuava a ser a marca escolhida, na selecção de novas bombas de perfusão.
h)	O equipamento não é obsoleto.
i)	

Tabela XI. Respostas do Dr. Fernando Ribeiro sobre o Electrocardiógrafo.

Pergunta	RESPOSTA
a)	O equipamento assegura as necessidades, especificamente na avaliação dos potenciais eléctricos gerados pela actividade do coração.
b)	A informação do equipamento é esclarecedora, já que este apresenta implementado algoritmos de interpretação dos dados recolhidos.
c)	O equipamento tem uma taxa de utilização grande, tanto nos internamentos como nas consultas. Mais exames podiam ser realizados caso estivessem disponíveis mais recursos humanos.
d)	A duração do diagnóstico está de acordo com as características do mesmo.
e)	Há alternativas, dado que no serviço há outros electrocardiógrafos.
f)	O equipamento está protegido para bandas de frequências altas (filtragem de correntes parasitas), o que desde logo assegura a qualidade do diagnóstico. Outra vantagem que apresenta é a possibilidade de comunicar com uma base de dados de electrocardiografia, que recolhe e armazena dados de electrocardiógrafos do mesmo tipo, espalhados pelo Hospital
g)	Uma tecnologia já existente e desejável neste tipo de equipamento seria a capacidade de comunicar e enviar informação para centros de decisão, e converter registos em pdf, para se poder transmitir e armazenar a informação de uma forma mais cómoda. Em caso de aquisição de um novo equipamento, a marca escolhida continuava a ser a mesma.
h)	O equipamento caminha para a obsolescência.
i)	