UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TOMADA DE DECISÃO COM MÚLTIPLOS CRITÉRIOS NA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTO MÉDICO-HOSPITALAR

ITALO FREIRE GUIMARÃES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção

.

Abril de 2007
Itajubá – MG

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Guimarães, Italo Freire
Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios na Seleção de Equipamento Médico-hospitalar / I. F. Guimarães – Itajubá, 2007.

130p.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Engenharia de Itajubá - UNIFEI
Orientador: José Arnaldo Barra Montevechi

1. Avaliação Técnica em Saúde 2. Equipamento Médico 3. Método de Análise Hierárquica
I. Montevechi, José Arnaldo Barra. II. Universidade Federal de Engenharia de Itajubá. Faculdade de Engenharia de Produção III.Título

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

ITALO FREIRE GUIMARÃES

TOMADA DE DECISÃO COM MÚLTIPLOS CRITÉRIOS NA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTO MÉDICO-HOSPITALAR

Dissertação aprovada por banca examinadora em 13 de abril de 2007, conferindo ao autor o título de ***Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.***

Banca Examinadora:

Prof. Valério Antonio Pamplona Salomon

Prof. Marcelo Lacerda Rezende

Prof. José Arnaldo Barra Montevechi (Orientador)

Itajubá
2007

Dedicatória

Dedico esse trabalho ao Dr. José Pedro Guimarães Guerra, uma vida de abnegação aos pacientes e amor à causa da Fundação Mário Penna (*in memoriam*) e ao meu pai, Sebastião Guimarães, alicerce da minha existência (*in memoriam*).

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. José Arnaldo Barra Montevechi pela dedicação e exemplo de amor à profissão.

Aos professores da UNIFEI e funcionários da Pós-graduação, que de muitas formas colaboraram com a minha jornada, em especial ao Prof. Renato Nunes, ao Prof. Vitório Lorenci, ao Prof. Carlos Eduardo, ao Prof. Caldeiras, ao Prof. Ergon e ao Prof. José Alberto.

Ao pessoal da Fundação Mário Penna, Dr. Cássio, Paulo Afonso, Verônica e Gelcimar pela acolhida e auxílio ao projeto.

Aos colegas médicos Marco Lazzeri e Henrique de Carvalho pela valiosa participação.

Ao Mike Jones da Expert Choice e ao Roberto Camanho da Tipec, que viabilizaram a aquisição do programa.

Aos familiares e amigos que incentivaram e ajudaram nessa caminhada, em especial à Emilene Martins e aos meus sobrinhos Rômulo e Renato.

À minha mãe Davina e ao meu filho Adriano por não deixarem faltar palavras de incentivo.

Epígrafe

DAS UTOPIAS

Se as coisas são inatingíveis... ora!
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos, se não fora
A presença distante das estrelas!

Mário Quintana

Sumário

Dedicatória *i*
Agradecimentos *ii*
Epígrafe *iii*
Sumário *iv*
Resumo *vii*
Abstract *viii*
Lista de Ilustrações *ix*
Lista de Quadros e Tabelas *xii*
Lista de Abreviaturas e Siglas *xiii*
1 - Introdução 1
1.1 - Considerações Iniciais 1
1.2 - Objetivo 4
1.2.1 – Objetivo Principal 5
1.2.2 – Objetivo Secundário 5
1.3 - Relevância 5
1.4 - Metodologia da pesquisa 5
1.5 - Limitações 7
1.6 – Estrutura do Trabalho 9
1.7 - Considerações Finais 10
2 – O Equipamento de Ultra-sonografia Diagnóstica 12
2.1 – Considerações Iniciais 12
2.2 – Um Breve Histórico 12
2.3 – Equipamento de Ultra-sonografia Diagnóstica 15
2.3.1 – Transdutor 16
2.3.2 – Unidades Emissora, Receptora e Controles 18
2.3.3 – Exibição da Imagem 26
2.4.3 – Arquivamento e Documentação 27
2.4 – Modos de Imagem 28
2.4.1 – Modo A 28
2.4.2 – Modo B 28
2.4.3 – Modo M 29
2.4.4 – Imagem em Três Dimensões 30
2.4.5 – Doppler com Onda Contínua 31
2.4.6 – Doppler com Onda Pulsada 31
2.4.7 – *Color* Doppler 33
2.4.8 – *Power* Doppler 33
2.4.9 – Imagem Harmônica de Tecido 34
2.4.10 – Imagem com Agente de Contraste 35
2.4.11 – Imagem Ultra-sonográfica Expandida 36

2.4.12 – Outros Modos de Imagens e Utilizações e Ultra-som 36
2.5 – Fundamentos sobre Avaliação de Pacotes de Softwares 37
2.6 – Ergonomia de Sondas de Ultra-sonografia 38
2.7 – Considerações Finais 40
3 – Processo de Aquisição de Equipamentos Médico-Hospitalares 42
3.1 – Considerações Iniciais 42
3.2 – O Processo de Aquisição de Equipamentos Médico-Hospitalares 42
3.3 – Considerações Finais 47
4 – O Método de Análise Hierárquica – AHP 48
4.1 – Considerações Iniciais 48
4.2 – Um Breve Histórico do AHP 48
4.3 – Caracterização do AHP 50
4.4 – Axiomas 53
4.4.1 – Axioma 1: Comparação Recíproca 53
4.4.2 – Axioma 2: Homogeneidade 53
4.4.3 – Axioma 3: Independência 54
4.4.4 – Axioma 4: Expectativa 54
4.5 – Etapas 54
4.5.1 – Decomposição Hierárquica do Problema 56
4.5.2 – Comparação Pareada entre os Elementos da Hierarquia 56
4.5.3 – Determinação da Prioridade Relativa de cada Critério 58
4.5.4 – Avaliação da Consistência das Prioridades Relativas 59
4.5.5 – Obtenção da Prioridade Composta para as Alternativas 60
4.6 – Principais Críticas ao Método 60
4.7 – Aplicações do Método 61
4.8 – Considerações Finais 63
5 – Aplicação do Método 64
5.1 – Considerações Iniciais 64
5.2 – Apresentação da Instituição 64
5.3 – O Problema e sua Contextualização na Instituição 69
5.4 – Estruturação do Processo de Compra e sua Cronologia 71
5.5 – O Papel do Autor e os Agentes no Processo de Tomada de Decisão da Avaliação Técnica 73
5.6 – A Construção da Hierarquia 78
5.7 – Equipamentos Ofertados na Concorrência: As Alternativas 88
5.8 – Julgamento das Alternativas pelos Especialistas 88
5.9 – Considerações Finais 89
6 – Análise dos Resultados 90
6.1 – Considerações Iniciais 90
6.2 – Resultados Obtidos 90
6.3 – Análise de Sensibilidade 93
6.4 – Considerações Finais 100

7 – Conclusão 904 101
7.1 – Considerações Iniciais 101
7.2 – Conclusão e Contribuição do Trabalho 101
7.3 – Recomendações para Futuros Trabalhos 103
7.4 – Considerações Finais 103
APÊNDICE A – Julgamento das Alternativas pelos Especialistas 104

NEXB04 117
– Edital para a Compra do Equipamento de Ultra-sonografia Diagnóstica

cidos na Concorrência
Numérico
NEXO E – Endereços de Interesse na Internet 130

Resumo

Essa dissertação apresenta o AHP – Método de Análise Hierárquica como um método de auxílio à tomada de decisão aplicado na avaliação técnica do processo de aquisição de um equipamento médico-hospitalar, aparelho de ultra-sonografia diagnóstica de uso geral, em um hospital privado.

Alguns passos e princípios do AHP, como a decomposição hierárquica da complexidade, os julgamentos comparativos, a síntese de prioridades e a análise de sensibilidade mostram-se ser de utilidade para o sucesso do processo de avaliação técnica, indo de encontro à necessidade do hospital de transparência e documentação auditável do processo.

A expectativa da direção do hospital de separar o processo de avaliação técnica do equipamento médico-hospitalar do processo de avaliação comercial foi atingida com a aplicação do AHP, obtendo-se, como adicional, o potencial suporte dado a esse último processo pela análise sensibilidade do AHP.

Apesar do grande número de variáveis possíveis para a avaliação técnica do aparelho de ultra-sonografia, a equipe decisora adaptou-se de forma fácil e rápida à metodologia empregada, contribuindo para o êxito do trabalho.

A realidade brasileira em relação ao descontrole e ao desperdício de recursos na área de saúde, principalmente no que tange ao parque de equipamentos médico-hospitalares instalados e seus efeitos adversos sobre a saúde da população, comprova a pertinência da aplicação da ferramenta apresentada nesse trabalho e aponta para um potencial de ampliação de sua utilização no planejamento e controle de recursos públicos e privados na área de saúde.

Palavras-chave*: Avaliação Técnica em Saúde, Equipamento Médico, Método de Análise Hierárquica.*

Abstract

This dissertation presents AHP: the Analytic Hierarchy Process, an auxiliary method to make better choices in the technical evaluation for the acquisition process of general purpose ultrasound diagnostic devices.

Some of the steps and principles of AHP, such as the hierarchical decomposition of the complexity, comparative judgments, priority synthesis and sensitivity analysis, show to be very useful for the success of the technical evaluation process, attending to the needs of the hospital regarding to transparency and auditability of the process documentation.

Using AHP, the expectation of the hospital direction in detaching the technical evaluation process from the commercial evaluation process of the equipment was achieved. Furthermore, by its sensitivity analysis, AHP can provide also potential support to the commercial evaluation process.

Although the number of possible variables for the technical evaluation of the ultrasound device is huge, the decision team adjusted easily and quickly to the method adopted, contributing for the success of the work.

The Brazilian reality regarding to the lack of control and waste of resources on health care, specially referring to the set of installed medical equipment and their adverse effects on the population health, corroborates to the relevancy of the tool presented in this work and points to a bigger potential use, for planning and controlling public and private resources on the health care.

Keywords*: Health Technology Assessment, Medical Equipment, Analytic Hierarchy Process.*

Lista de Ilustrações

Figura 1.1 – A Balança comercial dos Equipamentos Médicos segundo dados da ABIMO 3
Figura 2.1 – Primeira imagem diagnóstica de um ser humano vivo, gravado por Karl Theo Dussik em 1947 13
Figura 2.2 – Aparelho usado por Karl Theo Dussik em 1947 para obter a primeira imagem gravada do corpo humano vivo por meio de ultra-som. 13
Figura 2.3 – Primeira imagem de corte em duas dimensões do coração de um ser humano vivo usando-se ultra-som, apresentada por Hertz em congresso na Bélgica em 1963 14
Figura 2.4 – Típico aparelho de ultra-sonografia para uso geral, atualmente 15
Figura 2.5 – Tipos de transdutores: 1) Linear; 2) Convexo ou curvilíneo; 3) Setorial ou em fase e 4) Anular 17
Figura 2.6 – Imagens produzidas por diferentes tipos de transdutor: A) transdutor linear; B) transdutor vetorial; C) transdutor setorial e D) transdutor convexo 18
Figura 2.7 – Painel de controle de um equipamento de ultra-som 19
Figura 2.8 – Controle de Ganho de Profundidade e seu efeito sobre a imagem 21
Figura 2.9 – Ajuste de ganho global: A) imagem com muito ganho global, B) imagem com pouco ganho global e C) ajuste correto de ganho 22
Figura 2.10 – Efeito da compressão logarítmica sobre a imagem. A) baixa compressão logarítmica de 37 dB apresentando mais contraste que B) alta compressão logarítmica de 60 dB 23
Figura 2.11 – Composição espacial de imagem: a) imagem convencional mostrando lesão pouco definida na cabeça do pâncreas; b) imagem composta mostrando massa com mais precisão (seta maior) e obstrução no ducto pancreático (pontas de setas) 25
Figura 2.12 – Imagem codificada de tireóide, “b”, mostrando melhor resolução espacial e contraste nas regiões mais profundas (base da imagem) do que a imagem convencional, “a”. 25
Figura 2.13 – Esquema simplificado de um PACS 27
Figura 2.14 – Exemplo de imagem no modo A mostrando dois picos, “A” e “B”, correspondentes a dois alvos com diferentes consistências e dureza. O eixo horizontal reflete a profundidade e o eixo vertical a amplitude da onda 28
Figura 2.15 – Imagem em Modo M – apresentando: A) parede ventricular proximal, B) septo interventricular e C) parede ventricular distal de coração fetal 30
Figura 2.16 – Imagem tridimensional de uma face fetal 30
Figura 2.17 – Imagem de Doppler Contínuo do fluxo aórtico em pós-operatório de estenose de valva aórtica 31
Figura 2.18 – Doppler de Onda Pulsada: apresentada de forma espectral em “A”, ou traduzida em forma de fluxo de cores e apresentada sobreposta ao modo B, em “B” 32
Figura 2.19 – Doppler pulsado avaliando tumor de mama: em geral o Doppler de onda pulsada é avaliado em sua forma espectral, abaixo, conjuntamente com o fluxo em cores sobre o modo B, acima 32
Figura 2.20 – Ultra-sonografia de mama (Modo B com estudo Doppler colorido) demonstrando a vascularização de um tumor em toda a sua extensão 33

Figura 2.21 – *Power* Doppler e fluxo colorido: A) modo *color* Doppler: imagem obtida pela detecção de desvios de freqüência em alvos móveis, apresentando maior ruído e menor sensibilidade; B) modo *power* Doppler: usa o mapa colorido para mostrar a distribuição da potência ou amplitude do sinal Doppler, apresentando menor ruído e maior sensibilidade para a detecção de fluxo, porém sem indicar sua direção **34**
Figura 2.22 – Imagem Harmônica de Tecido em "B" delineando melhor as bordas dos cistos do que o modo B convencional em "A", em um rim policístico **34**
Figura 2.23 – Imagem com agente de contraste do tipo microbolha (Sonavue) em "C" mostrando uma lesão periférica recorrente, seta, em um carcinoma hepatocelular tratado com embolização química. Em "A", o modo B convencional mostrou área de necrose e, em "B", o modo *power* Doppler não mostrou evidência de tumor recorrente **35**
Figura 2.24 – Imagem Ultra-sonográfica Expandida de mama: revela um ducto dilatado com massa intraductal em "A"; em "B", permite visualizar todo o trajeto do ducto distendido e medir sua distância até o mamilo **36**
Figura 2.25 – Biópsia aspirativa percutânea guiada por ultra-sonografia em "B", mostrando o trajeto da agulha, de uma lesão cística mostrada em "A" **37**
Figura 2.26 – Características da Qualidade de Software segundo a ISSO/IEC 9126 **37**
Figura 2.27 – Subccaracterísticas da Qualidade de Software segundo a ISSO/IEC 9126 **38**
Figura 2.28 – Representação gráfica das faixas de amplitude segura e crítica para movimentos e posturas do punho e antebraço **39**
Figura 4.1 – Estrutura hierárquica de um problema de tomada de decisão **56**
Figura 5.1 – Organograma da FMP – Fundação Mário Penna **65**
Figura 5.2 – Hierarquia de decisão proposta para a aquisição do equipamento de ultra-som **83**
Figura 5.3 – Peso local do subcritérios em relação a seu nódulo **84**
Figura 5.4 – Peso global dos critérios e subcritérios em relação à meta **87**
Figura 6.1 – Síntese das prioridades em relação à meta **90**
Figura 6.2 – Síntese das prioridades e inconsistência em relação à meta **91**
Figura 6.3 – Análise de Sensibilidade em relação à meta, segundo os critérios: "características", "facilidade de uso", "arquivo e documentação de imagens" e "suporte" **93**
Figura 6.4 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "características", segundo os subcritérios: "sonda convexa", "sonda linear", e "sonda endocavitária" **94**
Figura 6.5 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "sonda convexa", segundo os subcritérios: "desempenho com modo B", "desempenho com *color* e *power* Doppler", "desempenho com Doppler pulsado", "desempenho com segunda harmônica" e "desempenho com amplitude de freqüência", respectivamente **94**
Figura 6.6 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "sonda convexa / desempenho com o modo B" **95**
Figura 6.7 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "sonda convexa / desempenho com a segunda harmônica" **95**
Figura 6.8 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "sonda linear", segundo os subcritérios: "desempenho com modo B", "desempenho com *color* e *power* Doppler", "desempenho com Doppler pulsado", "desempenho com segunda harmônica" e "desempenho com amplitude de freqüência", respectivamente **95**
Figura 6.9 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "sonda linear / color e power Doppler" **96**
Figura 6.10 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "sonda linear / amplitude de freqüência" **96**

Figura 6.11 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério “sonda endocavitária”, segundo os subcritérios: “desempenho com modo B”, “desempenho com *color* e *power* Doppler”, “desempenho com Doppler pulsado” e “desempenho com amplitude de freqüência”, respectivamente **97**
Figura 6.12 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério “sonda endocavitária / amplitude de freqüência” **97**
Figura 6.13 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério “facilidade de uso”, segundo os subcritérios: “ergonomia e teclado”, “auto-texto”, “*presets* e tabelas de G. O.”, “interface amigável” e “cine review”, respectivamente **97**
Figura 6.14 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério “facilidade de uso / interface amigável” **98**
Figura 6.15 – Figura 6.15 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério “arquivo e documentação de imagens”, segundo os subcritérios: “interfaces para conexão” e “armazenamento no HD”, “mídia removível”, respectivamente **98**
Figura 6.16 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério “arquivo e documentação de imagens / armazenamento no HD” **98**
Figura 6.17 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério “arquivo e documentação de imagens / mídia removível” **99**
Figura 6.18 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério “suporte”, segundo os subcritérios: “suporte em Belo Horizonte”, “condições de garantia”, “treinamento” e “possibilidade de *upgrade*”, respectivamente **99**
Figura 6.19 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério “suporte / em Belo Horizonte”, segundo os subcritérios: “equipe técnica local” e “disponibilidade de peças”, respectivamente **99**
Figura 6.20 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério “suporte / em Belo Horizonte / equipe técnica local” **100**
Figura 6.21 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério “suporte / em Belo Horizonte / disponibilidade de peças” **100**

Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 4.1 – Escala Fundamental de Saaty **57**

Tabela 4.1 – Matriz de Comparação Quadrada **58**

Tabela 4.2 – Índices Randômicos **59**

Tabela 6.1 – Vetores de prioridades **91**

Tabela 6.2 – Síntese das prioridades dos critérios e subcritérios em relação à meta: critérios de primeiro nível em amarelo, subcritérios de segundo nível em verde e subcritérios de terceiro nível em azul **92**

Tabela A.1 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / modo B **104**

Tabela A.2 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / *color* e *power Doppler* **104**

Tabela A.3 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / *Doppler* pulsado **104**

Tabela A.4 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / segunda harmônica **104**

Tabela A.5 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / amplitude de freqüência **104**

Tabela A.6 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / modo B **105**

Tabela A.7 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / *color* e *power Doppler* **105**

Tabela A.8 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / *Doppler* pulsado **105**

Tabela A.9 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / segunda harmônica **105**

Tabela A.10 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / amplitude de freqüência **105**

Tabela A.11 – Julgamentos das alternativas para sonda endocavitária / modo B **105**

Tabela A.12 – Julgamentos das alternativas para sonda endocavitária / *color* e *power Doppler* **106**

Tabela A.13 – Julgamentos das alternativas para sonda endocavitária / *Doppler* pulsado **106**

Tabela A.14 – Julgamentos das alternativas para sonda endocavitária / amplitude de freqüência **106**

Tabela A.15 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / ergonomia e teclado **106**

Tabela A.16 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / auto-texto **106**

Tabela A.17 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / *presets* e tabelas de Ginecologia e Obstetrícia **106**

Tabela A.18 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / interface amigável **107**

Tabela A.19 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / *cine review* **107**

Tabela A.20 – Julgamentos das alternativas para arquivo e documentação de imagens / interfaces para conexão **107**

Tabela A.21 – Julgamentos das alternativas para arquivo e documentação de imagens / armazenamento no *HD* **107**

Tabela A.22 – Julgamentos das alternativas para arquivo e documentação de imagens / mídia removível **107**

Tabela A.23 – Julgamentos das alternativas para suporte / em Belo Horizonte / equipe técnica local **107**

Tabela A.24 – Julgamentos das alternativas para suporte / em Belo Horizonte / disponibilidade de peças **108**

Tabela A.25 – Julgamentos das alternativas para suporte / condições de garantia **108**

Tabela A.26 – Julgamentos das alternativas para suporte / treinamento **108**

Tabela A.27 – Julgamentos das alternativas para suporte / possibilidade de *upgrade* **108**

Lista de Abreviaturas e Siglas

AAHMP - Associação Amigos do Hospital Mário Penna
ABIMO - Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratório
AHP – Analytic Hierachy Process
ANP - Analytic Network Process
ANS – Agência Nacional de Saúde Suplementar
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATS - Avaliação de Tecnologia de Saúde
ASIC - Application Specific Integrated Circuits
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CD – Compact Disc
CGP - Compensação de Ganho de Profundidade
CGT - Compensação do Ganho de Tempo
CITEC – Comissão de Incorporação de Tecnologias
cMUT – Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer
CREMESP – Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo
DECIT - Departamento de Ciência e Tecnologia
DICOM – Digital Imaging and Communication in Medicine
DVD – Digital Video Disc
ECRI - Emergency Care Research In8ento de

CAPÍTULO 1

1 - INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem por finalidade discutir aspectos importantes da dissertação. Nessa seção serão apresentadas as considerações iniciais, os objetivos do trabalho, a relevância do tema, a metodologia utilizada, as limitações e a estrutura do trabalho.

1.1 - Considerações Iniciais

O gasto com a saúde e o aumento do custo da assistência médica são questões públicas de interesse em diversos países. O setor saúde sofre os efeitos do fenômeno mundial denominado de "inflação médica", que consiste na tendência dos serviços médicos aumentarem seus preços acima dos índices gerais de preços da economia. A incorporação tecnológica descontrolada é um dos principais fatores no desenvolvimento desse fenômeno.

Isso é decorrência de algumas características da tecnologia biomédica, como seu caráter acumulativo e não substitutivo, por exemplo, os tomógrafos não substituíram os aparelhos de Raios-X convencionais, mas somaram-se a esses. Também, pelo caráter de mão-de-obra intensiva da tecnologia biomédica, logo não sofre o impacto do ganho de economia de escala no custo com a força de trabalho. Soma-se a característica de ser disseminada com grande rapidez e, ainda, de ser incorporada precocemente, muitas vezes, sem comprovação de sua eficácia (MENDES, 2006).

Mendes (2006) cita uma "lei geral" para o uso da tecnologia médica:

> "Se há tecnologia médica ela tende a ser usada, justificada ou injustificadamente, induzindo a demanda pelo lado da oferta e submetendo os pacientes, muitas vezes, a um custo social e humano desnecessário."

A falta de ações concretas para o controle e planejamento da incorporação de equipamentos médico-hospitalares no Brasil, bem como o desconhecimento da quantidade e da qualidade desses equipamentos na rede de saúde têm levado a uma série de distorções, como a alta concentração de equipamentos de imagem em locais muito próximos, gerando uma demanda por procedimentos de alta complexidade e de alto custo, muitas vezes, desnecessária. Isso pode ser exemplificado pela existência de 45 tomógrafos instalados na cidade de Belo Horizonte em 2000, para atender a uma população de cerca de 2,3 milhões de habitantes, enquanto que a região de Paris Central dispunha de apenas 6 aparelhos para uma população similar de aproximada de 2,4 milhões de habitantes (NEPP, 2000).

Tais distorções resultam, também, em uma redução da qualidade dos serviços de saúde prestados à população. Pesquisa realizada pelo CREMESP – Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo mostrou que 56,4% das UTI's – Unidades de Tratamento Intensivo de 1.011 hospitais, pronto-socorros e pronto-atendimentos pesquisadas no Estado de São Paulo não possuíam equipamentos mínimos, como monitores cardíacos, oxímetros e aspiradores de secreção (RAMIREZ, 2005).

Por outro lado, o Ministério da Saúde estima que até 40% do parque instalado de equipamentos esteja subutilizado ou inoperante em decorrência da falta de planejamento na aquisição de equipamentos médico-hospitalares ou cerca de US$ 500 milhões mal investidos ao ano (TELES 2002).

O mercado mundial de insumos e equipamentos médicos em 2001 foi estimado em US$ 153 bilhões ao ano pelo Departamento de Comércio dos Estados Unidos, com uma taxa de crescimento anual da ordem de 7%. Esse mercado está fortemente concentrado nos países desenvolvidos com a liderança dos Estados Unidos, com uma participação de 42%, seguido da Alemanha (9%), França (4%) e Japão (1%) (GUTIERREZ, 2004).

Os países em desenvolvimento são tecnologicamente dependentes dos países desenvolvidos, importando grande parte dos equipamentos médicos, sobretudo os de maior tecnologia. Caso haja uma incorporação acrítica dessa tecnologia, corre-se o risco de importar soluções voltadas para a realidade epidemiológica dos países desenvolvidos, não ocasionando ganho social para os países em desenvolvimento (MENDES, 2006).

Telles (2002), com base em dados da ABIMO - Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratório, estimou um mercado de equipamentos médicos no Brasil com faturamento na ordem de R$ 3,5 bilhões, em 2002, ou cerca de US$ 1,1 bilhões.

Em 2004, o Brasil importou cerca de 979,8 milhões de dólares em equipamentos médicos contra uma exportação de apenas 317,8 milhões de dólares (PARAGUASSU, 2005).

Assim, pode-se inferir que esses fatores contribuíram para um déficit na balança comercial, para o item equipamentos médicos, de cerca de 662 milhões de dólares, naquele ano.

A variação cambial tem favorecido à importação de equipamentos médicos nos últimos anos. Em 2005 essas importações somaram US$ 1.276.144.863,00 contra uma cifra de US$ 1.590.862.433,00 em 2006, o que representou um aumento de 24,7% (ABIMO, 2007).

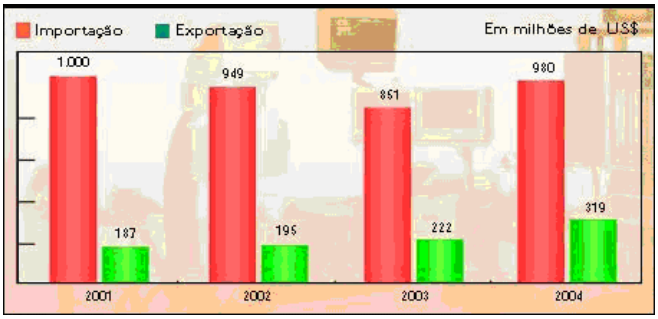


Figura 1.1 – A Balança comercial dos equipamentos médicos segundo dados da ABIMO. Fonte: Paraguassu (2005).

Paralelamente a esse cenário, a preocupação com a relação entre o médico e a indústria farmacêutica é crescente em todo mundo, no que tange ao limite ético do investimento em marketing materializado na forma de presentes ao médico e seus efeitos na conduta profissional sobre o paciente, como a indução à prescrição de determinado medicamento ou execução de certo procedimento.

A questão central é o conflito de interesse do médico em proteger o interesse do paciente e, ao mesmo tempo, ser influenciado e induzido a indicar um novo medicamento, que poderia não ser a melhor opção em determinado caso. A amplitude desse relacionamento é muito grande, indo desde amostras grátis, brindes, viagens, estadias e subsídios para congressos, passando pelo financiamento de pesquisas científicas e encontros médicos, até convites para o médico ser palestrante ou consultor em eventos da indústria. O limite até onde essas ações de marketing tenham como reciprocidade a prescrição do produto farmacêutico nem sempre pode ser claramente definido, todavia, como regra, deve o médico estar atento a essa prática crescente e eximir-se de incorrer em um deslize ético (COYLE, 2002).

Fenômeno similar ocorre com a indústria de equipamento médico (HALPERIN, 2004; COLLINS, 2006). Logo, o médico responsável pela escolha técnica no processo de aquisição pode definir o equipamento a ser adquirido, baseando-se mais em seus ganhos pessoais diretos ou indiretos no processo, em detrimento dos interesses do hospital que está comprando o aparelho.

O Departamento de Ciência e Tecnologia. (DECIT, 2006) fez um resumo do esforço recente do Ministério da Saúde em institucionalizar a Avaliação de Tecnologia em Saúde e controlar a incorporação das tecnologias em saúde. Essas são definidas como medicamentos, equipamentos, procedimentos técnicos, sistemas organizacionais, educacionais e de suporte, programas e protocolos assistenciais, por meio das quais a atenção e os cuidados com a saúde são prestados à população.

O Ministério da Saúde, em dezembro de 2006, reestruturou a CITEC – Comissão de Incorporação de Tecnologias criando um fluxo para solicitação, análise e aprovação da incorporação de tecnologias no âmbito da saúde pública (SUS – Sistema Único de Saúde) e privada (ANS – Agência Nacional de Saúde Suplementar). Caberá à CITEC, entre outras atribuições, a análise das novas tecnologias e das tecnologias em uso, revisão e mudanças de protocolos em consonância com as necessidades sociais. Suas deliberações serão baseadas na relevância e no impacto da incorporação da tecnologia no sistema de saúde, bem como na existência de evidências científicas de eficácia, acurácia, efetividade, segurança e de estudos de avaliação econômica da tecnologia proposta, em comparação às demais incorporadas anteriormente (BRASIL, 2006b). Paralelamente, o Ministério da Saúde está definindo uma Política Nacional de Gestão Tecnológica, em fase de consulta pública (BRASIL, 2006a).

Ramirez (2005) comenta que uma avaliação criteriosa no momento da aquisição do equipamento é muito importante para não encarecer desnecessariamente os serviços de saúde. Porém, no Brasil por questões culturais, a maior preocupação está concentrada na execução das obras e na compra dos equipamentos médicos, não se dando a atenção devida a processos como planejamento racional de compra, protocolos de recebimento e aceite, treinamento, manutenção, entre outros. Esses processos básicos poderiam aumentar a vida útil do equipamento, evitar a descontinuidade e a baixa qualidade da prestação do serviço, prevenindo-se o pagamento de juros internacionais dos empréstimos, sem que a população consiga usufruir os benefícios decorrentes dessas aquisições.

Nesse contexto, as ferramentas de apoio à tomada de decisão, como o Método de Análise Hierárquica – AHP (*Analytic Hierarchy Process*), são indicadas para a sistematização de decisões complexas na área de saúde, como priorização de projetos e alocação de recursos, entre outros usos, contribuindo para a racionalização da decisão e redução dos desperdícios relatados anteriormente (PANERAI, 1990; PEREGRINO, 2001).

1.2 - Objetivo

O presente trabalho objetiva a aplicação do Método de Análise Hierárquica – AHP na avaliação técnica do processo de aquisição de um equipamento médico-hospitalar em um hospital privado, com a finalidade de contribuir para a racionalização e sistematização do processo e a gerar uma documentação auditável sobre os critérios utilizados para se obter uma ordenação técnica dos equipamentos avaliados, o que permitirá uma abordagem mais racional no processo seguinte, a escolha comercial do ganhador.

1.2.1 – Objetivo Principal

a) Estudar a aplicação do Método de Análise Hierárquica – AHP na avaliação técnica no processo de aquisição de um equipamento médico-hospitalar em um hospital privado;
b) Produzir uma árvore hierárquica dos critérios utilizados para a tomada de decisão, que poderá ser referência para a avaliação técnica da aquisição de um equipamento de ultra-sonografia diagnóstica para uso geral.

1.2.2 – Objetivo Secundário

a) Gerar documentação auditável sobre os critérios e notas aplicadas pelos decisores técnicos, inibindo fraudes;
b) Preparar a informação de forma que o decisor final, não médico, possa conduzir com segurança o passo seguinte (avaliação comercial);
c) Racionalizar e sistematizar o processo de avaliação técnica.

1.3 - Relevância

A saúde é um direito essencial do cidadão e por isso um preceito constitucional.

Os desperdícios apresentados nas considerações iniciais resultam em:

a) prejuízo à saúde da população, em conseqüência do mau atendimento prestado pelos serviços públicos;
b) prejuízo econômico para o país em decorrência da balança comercial negativa para o item equipamentos médico-hospitalares.

Esse trabalho poderá ser usado para a abordagem do problema de aquisição de equipamentos médico-hospitalares, auxiliando na redução de seus impactos negativos para a população.

1.4 - Metodologia da pesquisa

A metodologia utilizada foi a pesquisa-ação na qual um enfoque qualitativo e quantitativo com base empírica é concebido e realizado em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes do problema estão envolvidos de maneira cooperativa ou participativa (BRANDÃO, 1999).

A ferramenta de apoio à tomada de decisão alvo dessa dissertação foi trazida, divulgada e implantada pelo autor em uma instituição que não aplicava nenhuma metodologia

formal e sistematizada para a avaliação técnica de compra de equipamento médico-hospitalar. Isso trouxera sérios problemas no passado da instituição, levando à aquisição acrítica de grande volume financeiro em dólares em equipamentos médico-hospitalares, o que contribuiu para a insolvência financeira da instituição, chegando a ser cogitada sua extinção pelo Ministério Público.

Os atuais gestores da instituição conseguiram a recuperação financeira da mesma e procuravam ferramentas gerenciais que dessem transparência ao processo de aquisição de equipamentos médico-hospitalares e permitissem trilha de auditoria, na expectativa de que poderiam coibir deslizes éticos no processo de avaliação, coibindo o risco da repetição do corrido no passado.

Diagnosticado o problema, o autor sugeriu a metodologia descrita como forma de ação com a hipótese de que o AHP – Método de Análise Hierárquica poderia cumprir a função de sistematizar, facilitar e dar transparência ao processo de avaliação técnica e ao processo de aquisição de um equipamento médico-hospitalar, como um todo, ao mesmo tempo em que a documentação gerada pela sua implantação, permitiria a trilha de auditoria esperada pelos gestores da instituição.

Essa dissertação não descreve a aplicação de uma metodologia utilizada pela instituição e implementada por seus gestores e funcionários, como seria próprio do estudo de caso. Pelo contrário, o autor em um primeiro momento participou do diagnóstico do problema, juntamente com os gestores da instituição, enquanto diretor da unidade hospitalar na qual foi implantada a metodologia. Em um segundo momento, o autor implantou a ferramenta proposta, juntamente com os gestores e funcionários da instituição, atuando como um facilitador do processo de tomada de decisão, o que caracteriza a metodologia como pesquisa-ação.

Essa linha é corroborada por Bryman (1995), o qual conceitua pesquisa-ação como:

> "uma abordagem da pesquisa social aplicada, em que o pesquisador de ação e um cliente colaboram no desenvolvimento de um diagnóstico e da solução para um problema, pelo que se seguem resultados que contribuirão para o acúmulo de conhecimentos em um domínio empírico particular".

Não há consenso na literatura sobre as diferenças entre a pesquisa-ação e a pesquisa participativa. Demo (1995) defende o entendimento de equivalência dos termos, pois sob seu ponto de vista o compromisso com a prática é a mesma em ambos os casos.

Thiollent (2002) destaca a não unanimidade quanto à diferenciação dos dois termos, mas defende que:

> "Nossa posição consiste em dizer que toda pesquisa-ação é do tipo participativo: a participação das pessoas implicadas nos problemas investigados é absolutamente necessária. No entanto, nem tudo o que é chamado pesquisa participante não é pesquisa-ação. (...) Para que não haja ambigüidade, uma pesquisa pode ser qualificada de pesquisa-ação quando houver realmente uma ação por parte das pessoas ou grupos implicados no problema sob observação. Além disso, é preciso que a ação seja uma ação não-trivial, o que quer dizer uma ação problemática merecendo investigação para ser elaborada e conduzida."

Os principais aspectos da pesquisa-ação podem ser resumidos, como a seguir (THIOLLENT, 2002):

a) existe uma ampla e explícita interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada;
b) como resultado dessa interação, são determinadas a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e as soluções a serem encaminhadas sob forma de ação corretiva;
c) o objeto de investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e pelos problemas de diferentes naturezas encontrados nesta situação;
d) o objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada;
e) há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda atividade intencional dos atores da situação.

1.5 - Limitações

O trabalho apresenta a aplicação de um método multicritério de apoio à tomada de decisão em uma decisão complexa relativa à avaliação técnica de equipamentos médico-hospitalares em um processo de aquisição de um aparelho de ultra-sonografia para uso geral em um hospital privado de alta complexidade. O processo de modelagem do problema impõe quatro vertentes principais de limitações.

O decisor final no processo de tomada de decisão em uma instituição hospitalar, não necessariamente possui conhecimentos médicos e financeiros. Assim, visando a preservar sua autonomia decisora, o processo de compra foi decomposto em duas análises distintas. Uma primeira análise, a avaliação técnica, alvo dessa dissertação, fornecendo como subproduto uma ordenação técnica das alternativas avaliadas, baseada em critérios técnicos definidos e avaliados por médicos. E uma segunda análise, a avaliação comercial, baseada no custo do ciclo de vida do equipamento e no valor presente líquido, como recomendado na literatura (ECRI, 2005; SLOANE, 2003), tendo como subproduto uma ordenação das alternativas

avaliadas de acordo com os critérios financeiros. O decisor final da instituição poderá tomar a decisão de uma forma consciente e conduzir a negociação comercial e solicitação de descontos, com base na argumentação comercial e técnica, comparando as alternativas e seus desempenhos nas duas avaliações.

A primeira limitação abordada diz respeito à restrição da abordagem à avaliação técnica do processo de compra. Existe, na literatura, recomendação da OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde de aplicação do AHP na ATS - Avaliação de Tecnologia de Saúde de uma forma mais ampla (PANERAI, 1990). Existe, também, um trabalho científico de aplicação do AHP em processo de compra de equipamento médico-hospitalar, ventilador neonatal (SLOANE, 2003), analisado mais adiante no capítulo 4, incluindo tanto a avaliação técnica quanto a avaliação financeira pelo método do custo do ciclo de vida do equipamento.

A dissertação presente não inclui a avaliação comercial no processo por dois motivos:

a) A análise financeira do custo do ciclo de vida do equipamento é um método relativamente simples, com modelo sistematizado na literatura e fornecido para o equipamento em questão pelo ECRI - *Emergency Care Research Institute* (ECRI, 2005). Por outro lado, a avaliação técnica do equipamento médico-hospitalar pode trazer consigo o risco de ganho direto ou indireto por parte do médico ou equipe que executa a avaliação (HALPERIN, 2004). Essa avaliação é escassa na literatura e sua estruturação e documentação poderá permitir uma auditoria do processo de tomada de decisão.
b) Existem diversas variáveis passíveis de serem alvo de desconto ou benefício comercial no processo de compra de um aparelho de ultra-sonografia para uso geral, entre elas: atualização de software incluído no valor, maior freqüência de manutenção sem custo adicional, desconto por haver mais equipamentos do mesmo fabricante na instituição, interesse de marketing do fabricante na instituição compradora, etc. (ECRI, 2005). Sendo assim, é prematura uma tomada de decisão financeira com base na proposta comercial inicial, pois a comparação técnica das alternativas trará argumentos que aliada às diversas vertentes de descontos e benefícios comerciais, poderão conduzir a uma negociação mais eficaz e vantajosa à instituição.

Uma segund81 lrz5/TT211. fabrrciacesso de c340 avaliaçãr

características e performance dos aparelhos, tornando os padrões obsoletos, por haver certa subjetividade na avaliação da qualidade da imagem e por não haver uma definição clara entre os diversos comitês internacionais se a avaliação da qualidade deva ser pautada em padrões técnicos ou se no ponto de vista do usuário (THIJSSEN, 2002; ZEQIRI, 2007).

Como a maior parte dos hospitais brasileiros não possui um serviço de engenharia clínica adequadamente estruturado, que permita a verificação dos padrões técnicos, a presente dissertação foi realizada com a avaliação dos equipamentos sob o ponto de vista do usuário, o médico (BRASIL, 2002). Para essa análise foi usada uma literatura de suporte que compara os diversos equipamentos disponíveis no mercado (ECRI, 2004; ECRI, 2005), tendo em vista que os fabricantes dão nomes comerciais diferentes para um mesmo atributo técnico, como forma de estratégia comercial (FORSBERG, 2004) e, muitas vezes, utilizam-se de unidade de medidas diferentes para dificultar a comparação com os concorrentes.

Uma terceira limitação é representada pelo aspecto ético na modelagem do apoio à decisão. Independentemente do método de apoio à tomada de decisão utilizado, não há garantia de neutralidade ou não subjetividade do decisor ou do analista ou facilitador. As simplificações impostas pelo processo de modelagem podem conduzir a avaliações um pouco diferentes, caso o decisor seja outro (EHRLICH, 1999). Assim, o AHP não substitui o decisor, logo não impede a existência de falha ou comportamento não ético na montagem da hierarquia de decisão (FORMAN, 2001b), porém a documentação da metodologia torna-a auditável.

Uma quarta linha de limitações é imposta pelo próprio método de apoio à decisão escolhido. No caso do AHP - Método de Análise Hierárquica há algumas limitações que serão descritas no capítulo 4, entre elas podem-se destacar: a necessidade de se evitar redundância de critérios avaliados, o uso da escala fundamental de Saaty de 1 a 9 e o número requerido de comparações pareadas poder ser muito extenso.

1.6 – Estrutura do Trabalho

Essa dissertação está estruturada em sete capítulos. O primeiro capítulo foi reservado para a introdução ao tema, mostrando os objetivos do trabalho, a relevância do tema, a metodologia utilizada e suas limitações. Os capítulos dois, três e quatro ocupam-se do embasamento teórico para a aplicação do método proposto, sendo reservados para as revisões bibliográficas dos temas centrais: equipamento de ultra-sonografia diagnóstica, processo de aquisição de equipamento médico-hospitalar e o AHP – Método de Análise Hierárquica,

respectivamente. No capítulo quinto é descrita a aplicação do método, sendo apresentada a instituição na qual o trabalho foi realizado e descrita a forma de aplicação da metodologia. O capítulo sexto ocupa-se da análise dos resultados obtidos. No sétimo e último capítulo são descritas as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

Complementarmente, existe um apêndice apresentando as tabelas com as notas dadas às alternativas pela equipe decisora, uma seção com as referências bibliográficas e cinco anexos complementando o texto com: o modelo de solicitação de compra usado na instituição escolhida, o edital de compra desencadeado pela instituição, o comparativo dos equipamentos oferecidos pelos fabricantes na concorrência, um exemplo numérico hipotético para melhor entendimento do AHP e uma relação de alguns endereços úteis na internet sobre o AHP – Método de Análise Hierárquica

Como o alvo potencial dessa dissertação são os profissionais que atuam na área de saúde, os quais possuem formação tão diversa quanto medicina, enfermagem, engenharia clínica, administração, economia, entre outras, faz-se necessário um bom nivelamento dos conceitos para um entendimento mais profundo da aplicação da metodologia descrita nessa dissertação e sua potencial aplicação em suas práticas diárias. Sendo assim, uma revisão bibliográfica mais aprofundada será necessária e, intencionalmente, realizada.

1.7 - Considerações Finais

Esse trabalho foi estruturado para dar conta de quatro questionamentos básicos, que serão resumidamente respondidos nas considerações finais dos cinco primeiros capítulos, com base na argumentação teórica trabalhada nos mesmos:

1) Por que a aplicação na área de saúde? (Relevância)
2) Por que a escolha do aparelho de ultra-sonografia?
3) Por que a escolha do AHP?
4) Por que a escolha do Hospital Luxemburgo para a aplicação?

O primeiro questionamento foi abordado nesse capítulo, tendo as seguintes argumentações como resposta:

a) a saúde é um direito essencial do cidadão e por isso um preceito constitucional;
b) os desperdícios na área de saúde apresentados nesse capítulo resultam em:
    i. prejuízo à saúde da população, em conseqüência do mau atendimento prestado pelos serviços públicos;

ii. prejuízo econômico para o país em decorrência da balança comercial negativa para o item equipamentos médico-hospitalares.

c) uma das principais causas dos desperdícios relatados é a aquisição acrítica de equipamentos médico-hospitalares, como será abordado no Capítulo 4.

CAPÍTULO 2

2 – O EQUIPAMENTO DE ULTRA-SONOGRAFIA DIAGNÓSTICA

2.1 – Considerações Iniciais

No capítulo anterior foi mostrada a relevância do tema frente aos desperdícios de recursos gerados pela aquisição acrítica de equipamentos médico-hospitalares e seus efeitos deletérios sobre a qualidade dos serviços de saúde prestados à população.

Esse capítulo inaugura a revisão bibliográfica dos temas mais relevantes ligados ao trabalho, iniciando-se pelo equipamento de ultra-sonografia diagnóstica.

2.2 – Um Breve Histórico

Atualmente, o exame de ultra-sonografia diagnóstica é o método de diagnóstico por imagem mais usado na prática clínica, respondendo por cerca de 25% de todos os estudos de imagens realizados no mundo (FORSBEG, 2004). É uma das modalidades de obtenção de imagem que mais rapidamente cresce em número de exames realizados no mundo todo. Tal crescimento, entre outros fatores, deve-se ao baixo custo do exame, interações em tempo real e sua aparente falta de bioefeitos adversos (RUMACK, 1999), também, por ser um método não invasivo e não utilizar radiação ionizante, como a radiologia convencional e a tomografia computadorizada (BRASIL, 2002; ANDREASSI, 2007).

O ar nos pulmões e intestinos não permite uma boa condução da onda de ultra-som. Ao contrário, os ossos conduzem-na a uma velocidade muito rápida em relação aos tecidos moles e os equipamentos de ultra-som não conseguem acomodar essa diferença, motivo pelo qual, os sistemas de ultra-sonografia atuais não serem de escolha para realizarem imagens de ossos, estruturas cobertas por ossos ou órgãos com ar em seu interior (SANDERS, 2004).

Os aparelhos mais modernos de ultra-sonografia são capazes de produzir imagens com qualidade diagnóstica muito semelhante às obtidas com ressonância magnética ou tomografia computadorizada (LEWIN, 2004).

Durante as décadas de 30 e 40, o ultra-som era empregado em medicina de forma ampla na Alemanha, Áustria, França e Suíça para fins terapêuticos no tratamento de dores musculares, neuralgias, artrites e artroses. Diversos cientistas inspirados no uso do ultra-som em sondagens profundas nos oceanos e na detecção de falhas em materiais ou construções, desenvolvidos durante a segunda guerra mundial, despertaram para o potencial do uso diagnóstico do método na medicina.

Coube ao neurologista austríaco, Karl Theo Dussik e seu irmão, o físico Frederick Dussik em 1947, gravarem a primeira imagem de um ser humano vivo por meio de transmissão de ultra-som atravessando uma estrutura anatômica. Tal imagem, chamada de hiperfonograma, é mostrada na **Figura 2.1** e representa a visão lateral da cabeça do próprio neurologista, sendo a porção direita da imagem a parte frontal do crânio e a porção esquerda a parte posterior. Os autores acreditavam que as sombras escuras seriam a visão lateral dos ventrículos cerebrais. O aparelho usado para esse feito é mostrado na **Figura 2.2** (EDLER, 2004).

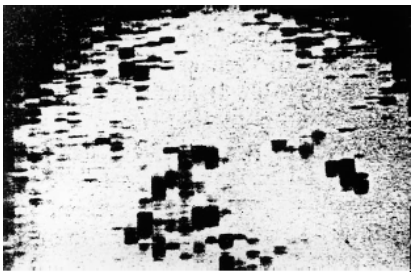


Figura 2.1 – Primeira imagem diagnóstica de um ser humano vivo, gravada por Karl Theo Dussik em 1947. Fonte: Edler (2004).

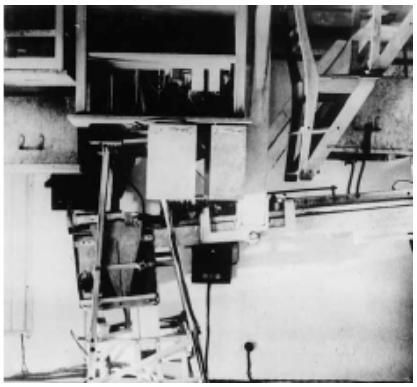


Figura 2.2 – Aparelho usado por Karl Theo Dussik em 1947 para obter a primeira imagem gravada do corpo humano vivo por meio de ultra-som. Fonte: Edler (2004).

Todavia, estudos posteriores descartaram esse método de transmissão de ondas de ultra-som, enquanto método diagnóstico, pela grande absorção e reflexão das ondas pelos ossos do crânio, que diminuíam significativamente a qualidade diagnóstica da imagem.

Trabalhando na linha da reflexão das ondas de ultra-som, Ingle Edler e Hellmuth Hertz aperfeiçoaram um reflectoscópio da marca Siemens e conseguiram, em 1954, o primeiro uso de ultra-som diagnóstico por reflexão com sucesso na rotina clínica para o acompanhamento de pacientes com problemas cardíacos em Lund, na Suécia.

Concomitantemente, outros centros de pesquisa no Japão e Estados Unidos passaram a desenvolver o tema, seguindo-se ainda na década de 50 o desenvolvimento de imagens em duas dimensões, usando-se ultra-som refletido e a aplicação do efeito Doppler na ecocardiografia. Na década seguinte, desenvolveu-se a técnica de imagens em tempo real.

Em 1963, Hertz e Åsberg apresentaram a primeira imagem em duas dimensões em tempo real do coração de um ser humano vivo, ainda com má qualidade diagnóstica, em congresso na Bélgica como mostrada na **Figura 2.3** (EDLER, 2004).

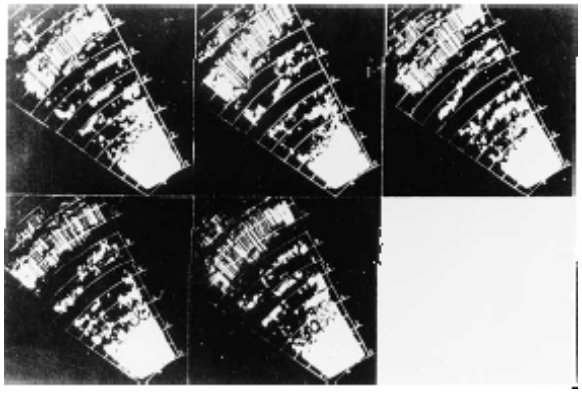


Figura 2.3 – Primeira imagem de corte em duas dimensões do coração de um ser humano vivo usando-se ultra-som, apresentada por Hertz em congresso na Bélgica em 1963. Fonte: Edler (2004).

O uso clínico disseminado do ultra-som para fins diagnósticos de tecidos moles corporais começou, realmente, a partir da década de 70 (KOLZER, 2002).

Nos últimos anos, o desenvolvimento de transdutores, responsáveis pela emissão e recepção das ondas de ultra-som, cada vez mais aprimorados, a incorporação de microprocessadores e eletrônica digital, cada vez mais potentes e a utilização de técnicas informatizadas para processamento digital dos sinais e imagens têm permitido um avanço sem precedentes nas técnicas de diagnóstico por ultra-som (BRASIL, 2002).

Um modelo típico de aparelho atual pode ser exemplificado pela **Figura 2.4**, com diversos fabricantes oferecendo aparelhos que crescem modularmente em sofisticação, recursos e preço, o qual pode ir de US$ 20 mil a U$ 300 mil, dependendo da configuração.

conceitualmente, tratarem-se dos mesmos recursos técnicos. Isso resulta em confusão para o comprador ou usuário final. Como exemplo, a tecnologia de campo estendido de visão é comercializada sob, pelo menos, cinco nomes comerciais diferentes (*Siescape, LOGIQView, FreeStryle extended imaging, ApliClear e Panoramic imaging*) (FORSBERG, 2004).

2.3.1 – Transdutor

Um transdutor é um dispositivo que converte uma forma de energia em outra e vice-versa. No equipamento de ultra-sonografia diagnóstica, o transdutor cumpre duas funções. Em primeiro lugar, ele converte a energia elétrica fornecida pelo transmissor em energia mecânica (acústica) dirigida ao paciente. Em segundo lugar, o transdutor também funciona como receptor dos ecos refletidos nos tecidos do paciente, convertendo alterações fracas de pressão acústica em sinais elétricos enviados à unidade receptora. Isso se deve às suas características de pizoeletricidade, princípio descoberto por Pierre Curie em 1880 (RUMACK, 1999).

Basicamente, existem quatro tipos mais usados de transdutores, além de transdutores para aplicações especiais. A **Figura 2.5** ilustra alguns destes tipos (ECRI, 2005)

a) Transdutor linear: no qual os elementos pizoelétricos são arranjados de maneira linear e plana. Possuem alta sensibilidade, pois seu feixe de ultra-som não é divergente, formando um campo de visão retangular, o que se torna uma limitação para a avaliação de alvos mais profundos (KOLZER, 2002). São usados, comumente, para partes pequenas em aplicações vasculares e obstétricas (RUMACK, 1999).
b) Transdutor convexo: no qual os elementos pizoelétricos são arranjados linearmente sobre uma superfície convexa. Consegue-se assim um amplo campo de visão em forma de leque ou setorial, possibilitando a varredura de grandes áreas. São usados em uma série de aplicações, com versões maiores servindo para varredura abdominal geral, obstétrica e pélvica. Transdutores curvos menores de alta freqüência são usados em sondas transvaginais, transretais e para imagens pediátricas (RUMACK, 1999). Apesar de permitir uma avaliação mais profunda que os transdutores lineares, sua resolução é prejudicada à medida que a profundidade de varredura aumenta, por causa da divergência de seus feixes (KOLZER, 2002).
c) Transdutor setorial ou de fase: no qual os elementos pizoelétricos são arranjados em uma pequena área com tecnologia *phased array*, o que permite a varredura de uma área relativamente ampla, em formato setorial a partir de uma pequena superfície de

contato com a pele. São úteis para varredura intercostal para avaliar o coração, fígado e baço, vencendo a janela imposta pelas costelas.

d) Transdutor anular: com arranjo dos elementos pizoelétricos em círculos concêntricos, possui um feixe com foco uniforme e preciso em planos elevados e laterais.

e) Especiais: são transdutores desenhados para aplicações específicas como o transvaginal, transretal, endocavitário e o transesofágico, esse último usado, principalmente, para avaliação cardiológica sem as limitações impostas pelas costelas no lado externo do corpo do paciente (RUMACK, 1999).

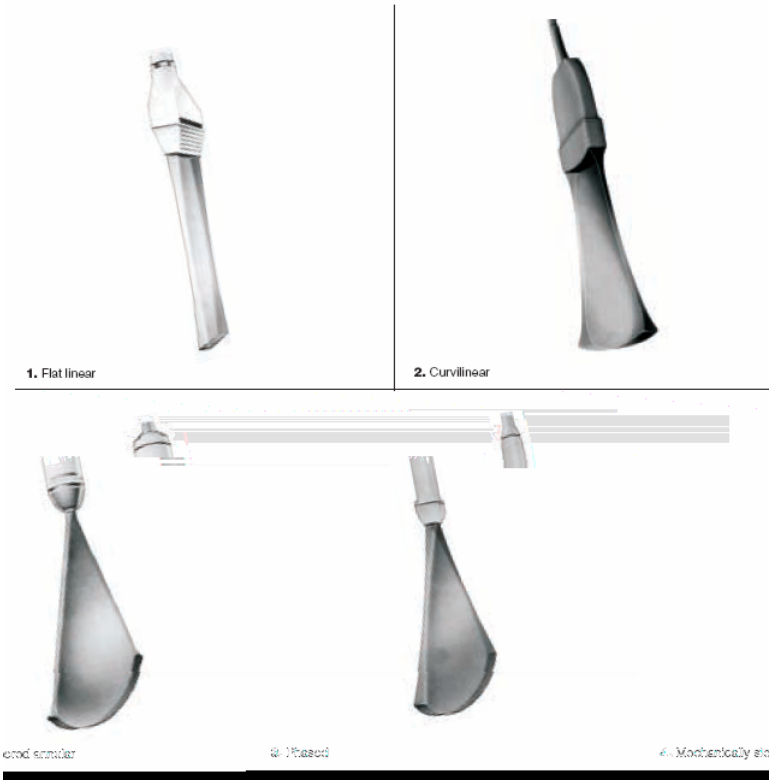


Figura 2.5 – Tipos de transdutores: 1) Linear; 2) Convexo ou curvilíneo; 3) Setorial ou em fase e 4) Anular. Fonte: ECRI (2005).

Em cirurgias são usados equipamentos especiais de ultra-sonografia modificados de modo a permitir o uso de forma estéril na sala de cirurgia, bem como transdutores intra-operatórios especiais de alta freqüência que são apropriados para exames e procedimentos cirúrgicos. Além desse, existem outros transdutores especiais como endoluminares para avaliação de vasos, ureteres e ducto biliar e transdutores para biópsia (SANDERS, 2004).

A **Figura 2.6** ilustra a imagem produzida por diferentes formatos de transdutores. A imagem “A” representa uma imagem retangular produzida por um transdutor linear, a imagem “B” em formato trapezoidal produzida por transdutor vetorial, a imagem ”C” em formato de

um pedaço de torta ou pizza produzida por um transdutor setorial e a imagem “D” com um campo próximo em forma curva produzida por um transdutor convexo (SANDERS, 2004).

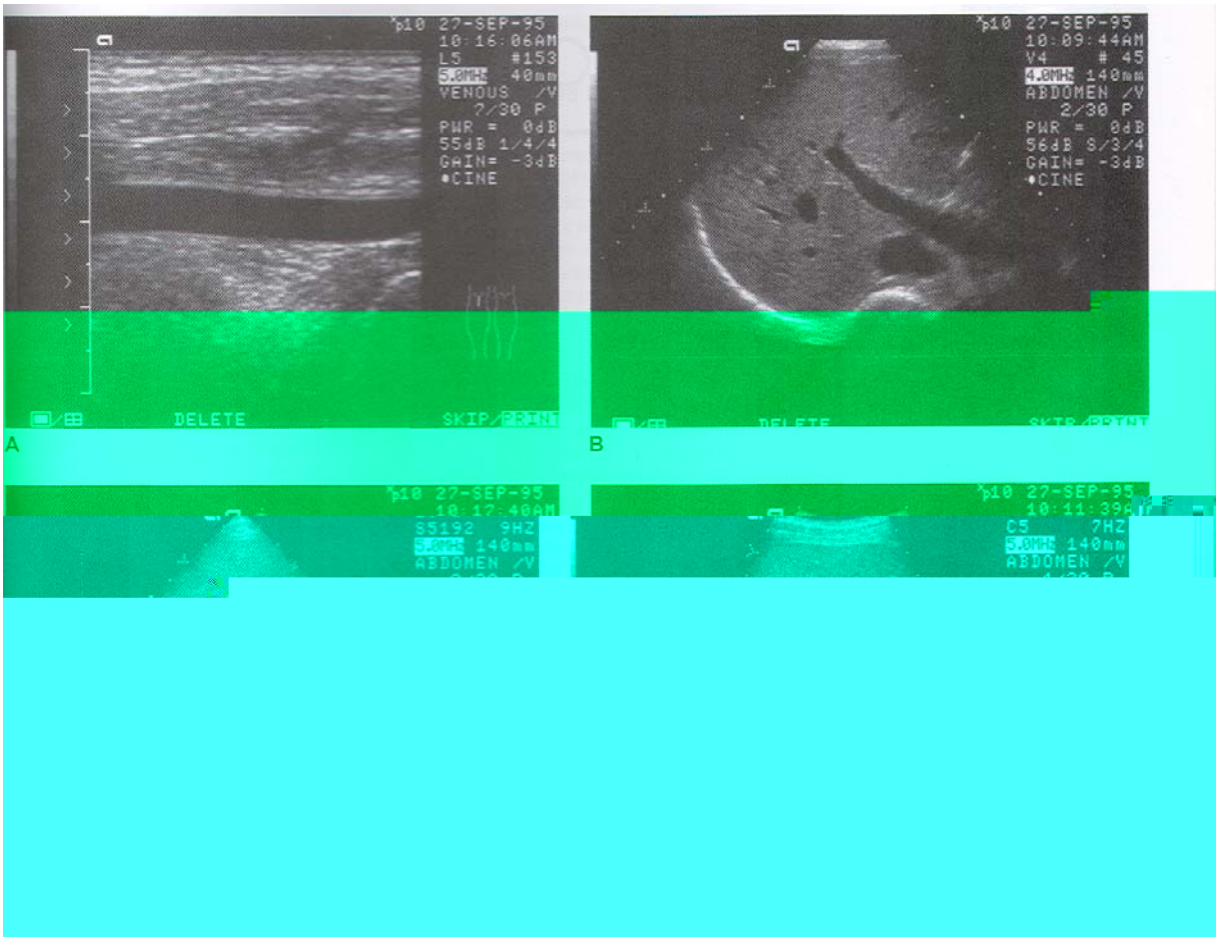


Figura 2.6 – Imagens produzidas por diferentes tipos de transdutor: A) transdutor linear; B) transdutor vetorial; C) transdutor setorial e D) transdutor convexo. Fonte: Sanders (2004).

A escolha do transdutor deve levar em conta além do formato, também, sua freqüência, visto que a penetração do ultra-som diminui à medida que a freqüência aumenta. Para vasos e órgãos superficiais como tireóide, mama e testículos, dentro de 1 a 3 cm da superfície, geralmente usam-se freqüências mais altas de 7,5 a 10 MHz. Para avaliação de alvos mais profundos em abdome e pelve, a mais de 12 a 15 cm da superfície, utilizam-se baixas freqüências como 2,25 a 3,5 MHz.

A tendência de mercado nos últimos anos são os transdutores com ampla largura de banda de freqüência (*broadband*), pois possibilitam resolução superior a múltiplas profundidades por permitirem o melhor compromisso possível entre penetração / resolução e atenuação (FORSBEG, 2004). Muitos fabricantes oferecem transdutores multifreqüenciais, que permitem ao operador escolher entre duas ou mais freqüências (ECRI, 2004).

2.3.2 – Unidade Emissora, Unidade Receptora e Controles

A **Figura 2.7** ilustra um painel de controle de um equipamento de ultra-som mais antigo que, porém, permite uma idéia dos principais comandos e passos relevantes para o manuseio de uma unidade ultra-sonográfica.

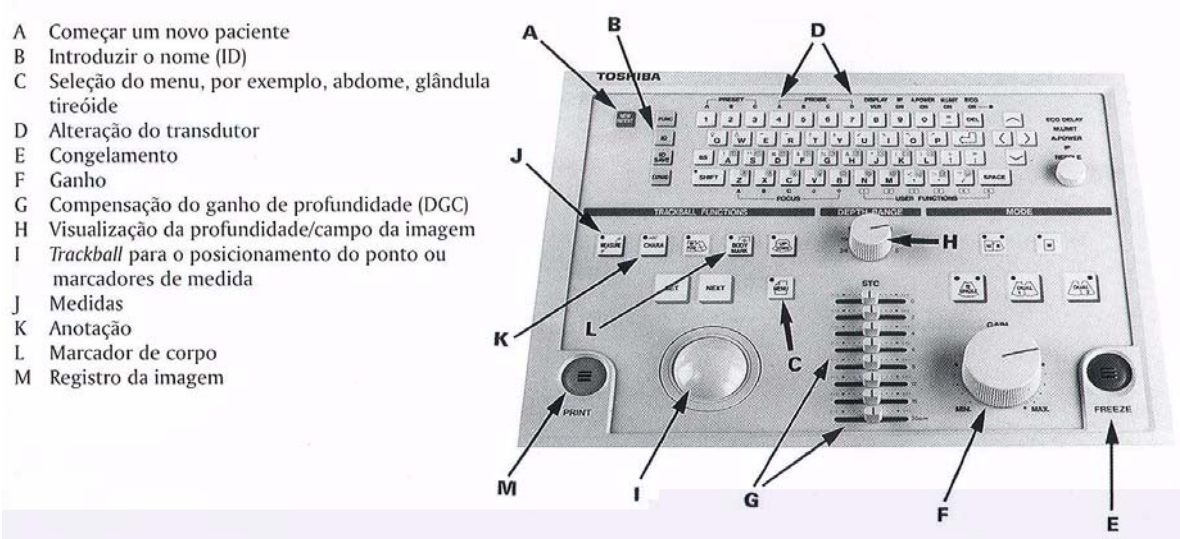


Figura 2.7 – Painel de controle de um equipamento de ultra-som. Fonte: Hofer (2003).

Inicialmente, o nome do paciente deve ser introduzido (A e B) para a identificação apropriada por meio do teclado alfa-numérico no alto do painel de controle. Passa-se à seleção do programa ou modo de operação (C) e do transdutor a ser utilizado (D). O botão de congelamento (E) impede a alteração das imagens em tempo real, permitindo ao operador efetuar uma medição, anotação ou impressão da imagem. A amplificação global dos ecos recebidos é controlada por um botão de ganho (F). Um conjunto de potenciômetros corrediços (G) controla seletivamente a intensidade dos ecos recebidos em diferentes profundidades, controle chamado de Compensação de Ganho de Profundidade. O campo de visão pode ser ampliado ou diminuído movendo-se o controle de profundidade da imagem (H) para cima ou para baixo. Uma *trackball* (I) posiciona o cursor ou marcadores de medida (calibradores) em qualquer local do vídeo. Em geral, antes de realizar esses procedimentos deve-se ativar o modo de medição (J) ou de anotação (K). Para facilitar a revisão por outras pessoas, um marcador de corpo (L) deve ser selecionado e a posição do transdutor marcada por meio da *trackball*, antes da imagem ser impressa (M) (HOFER, 2003).

A unidade de transmissão aplica voltagem de alta amplitude precisamente cronometrada sobre o transdutor, o qual gerará o ultra-som que será emitido em direção ao corpo do paciente. A voltagem máxima que pode ser aplicada ao transdutor é limitada por regulamentação federal americana, que restringe a emissão acústica dos equipamentos, com vista à proteção do paciente. Em geral, o equipamento possui um controle que permite atenuar

a emissão e a voltagem, de forma que o operador possa utilizar a menor emissão compatível com o protocolo do exame realizado.

O transmissor, também, controla a taxa de pulsos emitidos pelo transdutor ou Freqüência de Repetição de Pulso – FRP. A FRP determina o intervalo de tempo entre dois pulsos sucessivos e é importante para a definição da profundidade com que é possível obter dados inconfundíveis. O pulso seguinte deve ser emitido após um determinado período, que permita o retorno ao transdutor dos ecos decorrentes do pulso inicial. Em geral, usa-se uma FRP de 1 a 10 KHz, resultando em um intervalo de tempo de 0,1 a 1 ms entre os pulsos. Assim, uma FRP de 5 KHz permite que a onda vá e volte a uma profundidade de 15,4 cm, antes que um novo pulso seja emitido (RUMACK, 1999).

A unidade receptora detecta e amplifica os sinais recebidos pelos transdutores advindos dos ecos de ultra-som nos tecidos. As ondas de ultra-som e seus ecos de retorno sofrem atenuação durante a passagem através dos tecidos. Para que a imagem tenha um aspecto homogêneo, os ecos mais profundos, que sofrem maior efeito da atenuação, devem ser amplificados, ou os ecos mais superficiais, seletivamente, suprimidos. Esse controle é chamado de Compensação do Ganho de Tempo – CGT ou Compensação de Ganho de Profundidade - CGP e é um dos controles, a cargo do operador do equipamento, mais importantes para a qualidade da imagem fornecida para interpretação médica (RUMACK, 1999).

A **Figura 2.8** ilustra o efeito da CGT sobre a imagem. O diagrama “A” e o desenho “B” apresentam o efeito de ganho da posição dos potenciômetros corrediços de controle, com menor ganho até 1 cm abaixo do nível da pele, ganho crescente até 3 cm do nível da pele e ganho máximo após essa profundidade. A imagem “C” foi realizada com muita ênfase nos ecos do campo mediano, a imagem “D” com pouquíssima ênfase nos ecos do campo mediano e a imagem “E” com ajuste correto da curva de CGP.

Em geral, um equipamento de ultra-som possui o modo de compensação de ganho automático, no qual um processador digital elabora uma análise da distribuição dos níveis de cinza em cada parte da imagem e ajusta o tom de cinza de cada pixel, otimizando o contraste local (HARVEY, 2002).

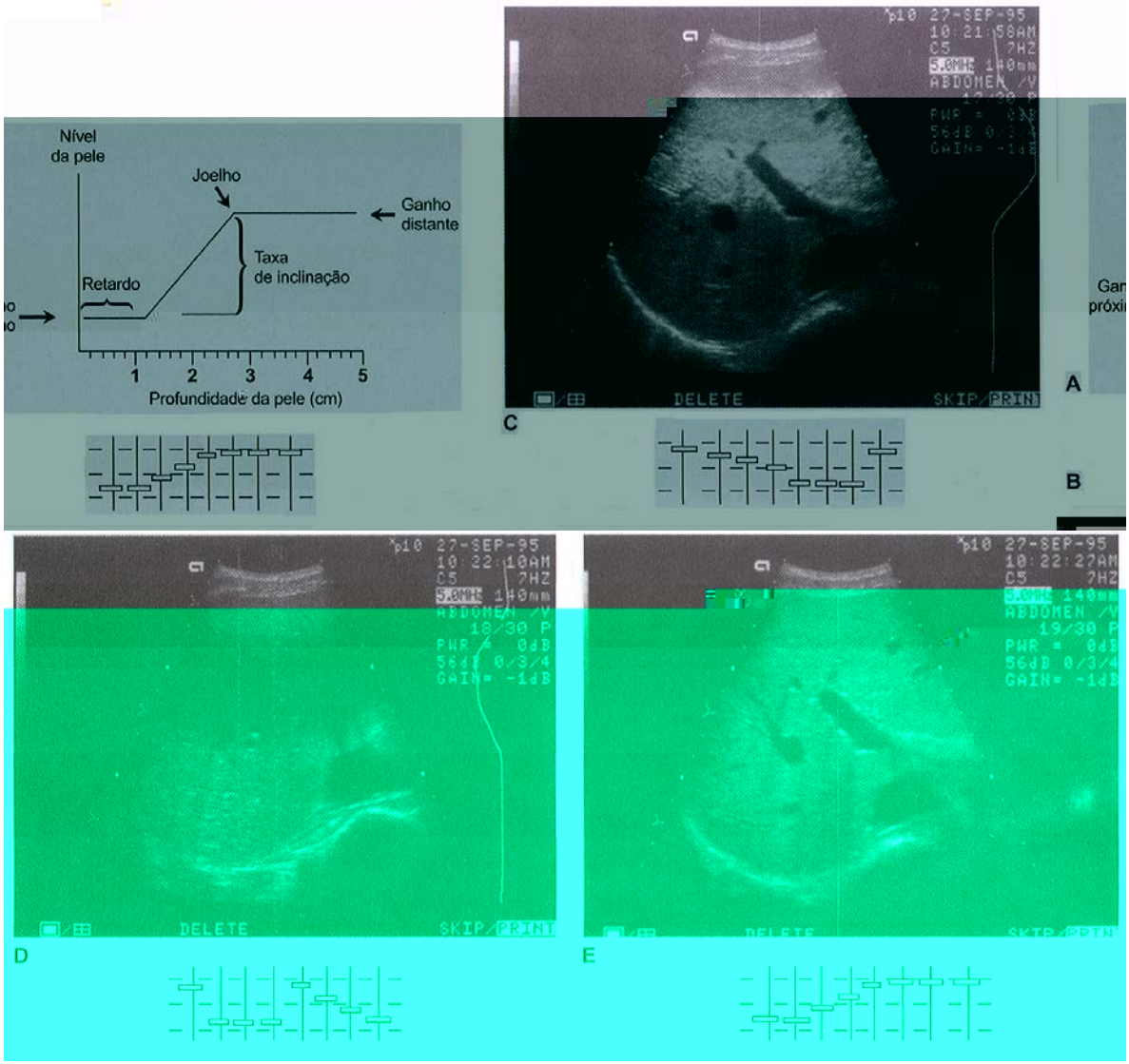


Figura 2.8 – Controle de Ganho de Profundidade e seu efeito sobre a imagem. Fonte: Sanders (2004).

O operador, em geral, pode controlar o ganho de uma forma global, alterando a amplificação do eco ou o brilho da imagem. A **Figura 2.9** ilustra ajustes no ganho global, na qual a imagem "A" apresenta muito ganho global, a imagem "B" pouco ganho global e a imagem "C" ajuste correto do ganho (SANDERS, 2004).

Outro controle importante do receptor é a Variação Dinâmica. Em uma aplicação clínica, a variação das amplitudes dos ecos, que chegam ao transdutor, pode ocorrer em um fator tão alto como $1{:}10^{12}$, resultando em uma variação dinâmica superior a 120 dB. Todavia, a exibição em escala de cinza nos monitores limita-se a uma faixa de até no máximo 35 a 40 dB. Dessa forma, a compressão e o remapeamento dos dados são necessários para adaptar a variação dinâmica da intensidade do sinal, que retorna dos tecidos, para uma faixa compatível com sua exibição no monitor. Controles de pós-processamento permitem ao operador mapear

seletivamente o sinal, afetando o brilho de níveis diferentes de eco na imagem e, portanto, alterando o contraste da imagem. (RUMACK, 1999).

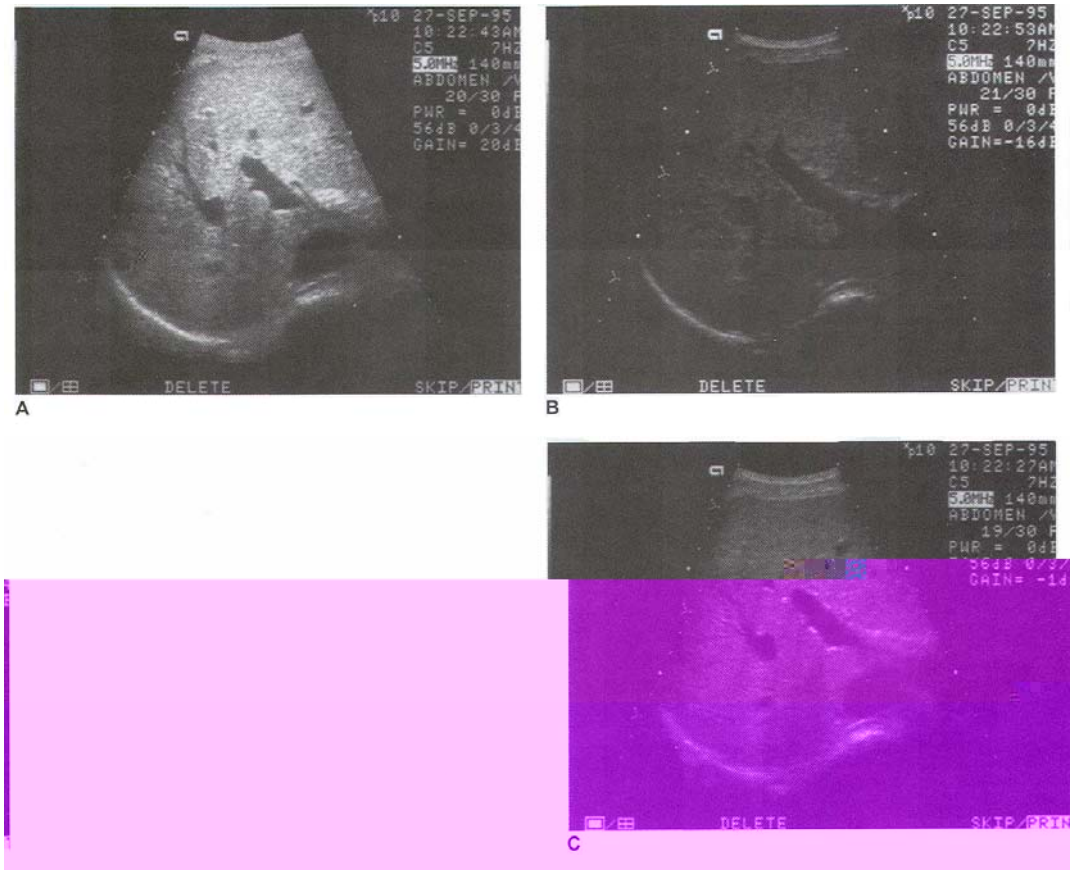


Figura 2.9 – Ajuste de ganho global: A) imagem com muito ganho global, B) imagem com pouco ganho global e C) ajuste correto de ganho. Fonte Sanders (2004).

A Variação Dinâmica, faixa dinâmica ou compressão logarítmica pode ser usada para remover artefatos de reverberação de estruturas císticas ou melhorar a exibição de ecos de nível baixo, como os dos sedimentos da vesícula biliar ou do tecido mole. A **Figura 2.10** ilustra uma imagem, A, com uma compressão logarítmica de 37 dB apresentando mais contraste que uma imagem com alta compressão 60dB (SANDERS, 2004).

O Controle de Pré-processamento altera os pixels das margens das estruturas na imagem para acentuar a transição entre as áreas de diferentes ecogenicidades. Ele pode tornar as margens mais nítidas, facilitando a realização de medições.

O Controle de Pós-processamento altera a estética da imagem, dando mais ou menos ênfase em intensidades de ecos específicas, sendo a única função que pode ser alterada na imagem congelada. Ele auxilia o operador na avaliação de patologias ou de pacientes tecnicamente difíceis.

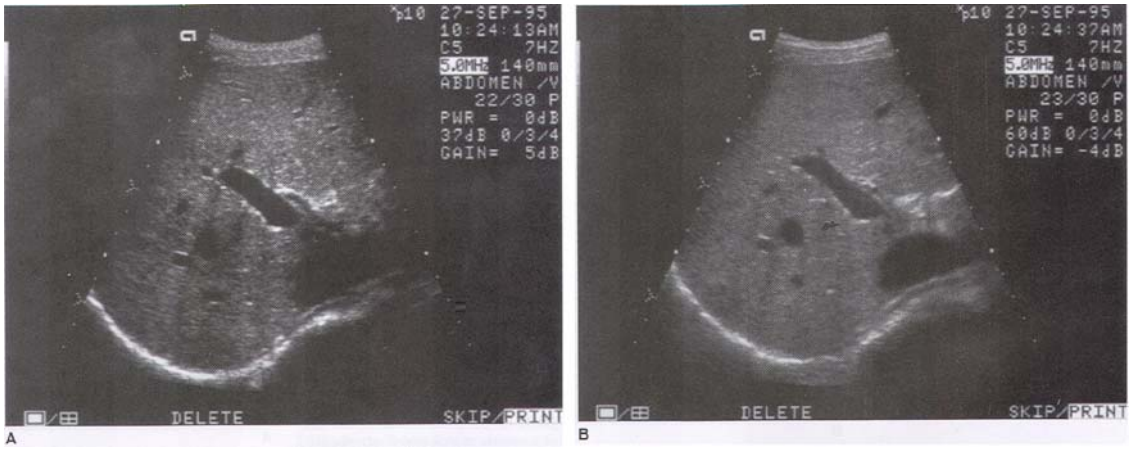


Figura 2.10 – Efeito da compressão logarítmica sobre a imagem. A) baixa compressão logarítmica de 37 dB apresentando mais contraste do que B) alta compressão logarítmica de 60 dB. Fonte: Sanders (2004).

O controle de Zoom permite a ampliação da imagem pelo aumento do tamanho do pixel, porém com degradação da qualidade da imagem.

A opção de Inversão de Vídeo possibilita a seleção de uma imagem positiva ou negativa, isto é, um segundo plano branco ou preto. A polaridade negativa, com fundo preto, é a mais usada por permitir uma melhor detecção de anormalidades sutis na textura.

Os Calibradores são usados para medir distâncias. Esse recurso pode ser sofisticado em alguns equipamentos pela criação de uma linha pontilhada no contorno de uma estrutura para o cálculo da circunferência ou área.

A função de *Cine Loop* acumula na memória uma série de quadros a imagens de um exame em tempo real e permite ao operador rever diversas vezes até a seleção do melhor quadro ou imagem congelada para ser impressa (SANDERS, 2004).

A tecnologia digital revolucionou o sistema de ultra-som nos últimos anos. Um dos principais avanços foi o uso de Circuitos Integrados de Aplicação Específica - *ASIC* (A*pplication Specific Integrated Circuits*), que, contendo *superchips* específicos no lugar de várias placas eletrônicas, aumentou o poder, a confiabilidade e a velocidade de processamento e reduziu seu tamanho, custo relativo e consumo de energia. Essa inovação permitiu a produção de equipamentos portáteis com praticamente todos os recursos técnicos e de imagem dos aparelhos de maior porte.

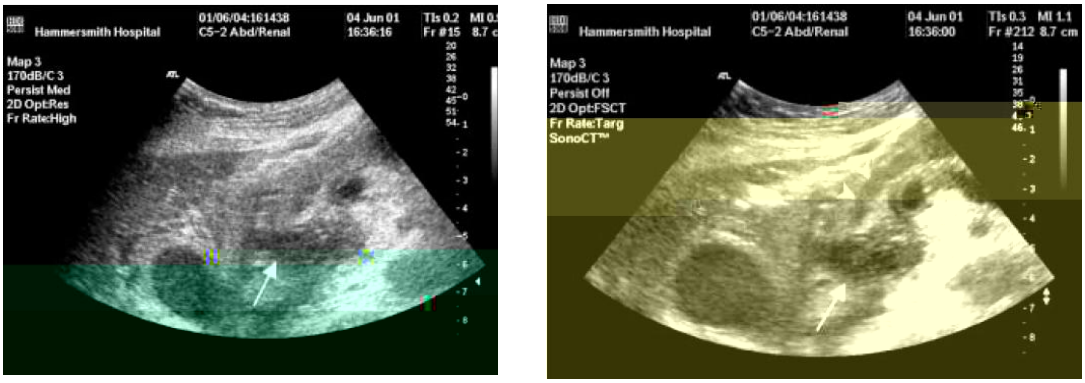
Essa tecnologia permitiu, também, a formação digital da onda, substituindo a unidade de conversão A/D (analógica para digital), a qual tinha potencial de introduzir ruídos no sinal. Os transdutores mais modernos, que possuem circuito integrado montado diretamente sobre o transdutor, já enviam o sinal digitalizado para a unidade receptora. A formação de onda digital possibilitou o desenvolvimento de técnicas de defasagem de tempo entre unidades ou

grupo de unidades transdutoras, que permitem melhoria na qualidade da imagem, no tamanho do campo de visão e na taxa de varredura. Também, permite o controle eletrônico de variações dinâmicas tanto no foco, quanto na abertura da imagem de forma sincronizada entre o emissor e receptor, o que resulta em uma maior resolução espacial, redução de artefatos e melhoria no contraste da imagem (HARVEY, 2002).

Uma tecnologia usada para melhoria da qualidade de imagem, principalmente, pela redução de *speckles* (salpicados), é a Composição Espacial da Imagem. *Speckle* é um artefato introduzido pelas interferências construtivas e destrutivas das pequenas ondas de ultra-som, que formam a frente de onda dos ecos que retornam dos tecidos. A Composição Espacial consiste na aquisição simultânea de vários cortes em diferentes ângulos de insonação através da abertura de um transdutor do tipo eletrônico e *phased array*, na prática, até 9 cortes simultâneos. A Composição Espacial resulta em uma imagem composta em tempo real montada pela média desses vários cortes independentes em diferentes ângulos. Há uma melhora significativa na detecção de lesões com baixo contraste, quando comparado com imagens convencionais, obtendo-se bons resultados na avaliação de tumores de mama (FORSBERG, 2004). A **Figura 2.11** ilustra a melhora comparada dessa técnica na avaliação de massa na cabeça do pâncreas. A imagem convencional mostra uma lesão pouco definida na cabeça do pâncreas, enquanto a imagem composta apresenta, claramente, uma massa (seta) com obstrução associada do ducto pancreático (pontas de seta).

A imagem composta encontra aplicações, também, em vasos periféricos e sistema músculo esquelético e pode ser combinada com outros modos de imagem, como imagem harmônica de tecido, campo estendido de visão e ultra-sonografia tridimensional (HARVEY, 2002).

A Imagem Codificada é uma outra tecnologia que melhora a qualidade da imagem, principalmente, por melhorar a Relação Sinal-Ruído – *SNR* (*Signal to Noise Ratio*), sem a necessidade de aumentar as amplitudes de pressão de pico das ondas dos transdutores. Existe uma relação inversa entre resolução de imagem e poder de penetração. Quanto maior a freqüência da onda, maior sua resolução, por outro lado, menor sua penetração nos tecidos, pelo aumento da atenuação. A excitação codificada do transdutor permite aliviar essa relação, conseguindo produzir uma maior penetração com uma freqüência de onda menor, sem perda significativa da resolução (NOWICKI, 2006).

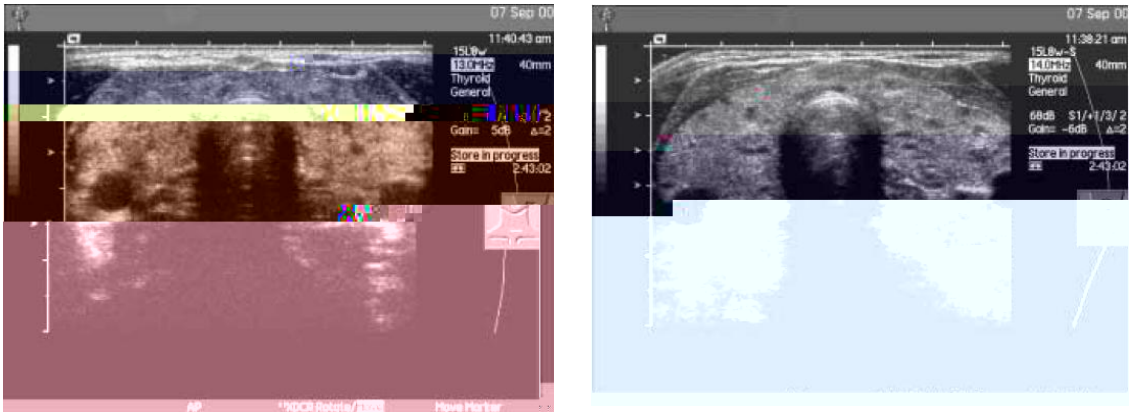


a) b)

Figura 2.11 – Composição espacial de imagem: a) imagem convencional mostrando lesão pouco definida na cabeça do pâncreas; b) imagem composta mostrando massa com mais precisão (seta maior) e obstrução no ducto pancreático (pontas de setas). Fonte Harvey (2002).

As frentes de ondas são codificadas digitalmente em pulsos maiores codificados que melhoram a relação sinal ruído e a profundidade de penetração. O sinal recebido dos tecidos é decodificado por filtros cruzados específicos, retomando a perda na resolução espacial e reduzindo os artefatos de lobos laterais, porventura introduzidos pelos pulsos maiores Diversos tipos de código podem ser usados, dependendo do fabricante. Como resultado, há uma melhoria estatisticamente significativa na qualidade geral da imagem e um aumento na penetração da ordem de 2 cm, quando comparado com imagens convencionais de ultra-som (FORSBEG, 2004).

Dependendo do algoritmo usado, podem-se produzir duas classes de formas de ondas codificadas denominadas de amplitude modulada ou de fase modulada. Como efeito desses algoritmos, pode-se destacar a redução de lobos laterais ocasionada pelos códigos Modulação de Freqüência Linear - LFM (*Linear Frequency Modulation*), Baker e Golay (NOWICKI, 2006).



a) b)

Figura 2.12 – Imagem codificada de tireóide, “b”, mostrando melhor resolução espacial e contraste nas regiões mais profundas (base da imagem) do que a imagem convencional, “a”. Fonte: Harvey (2002).

A **Figura 2.12** ilustra a melhoria da qualidade da imagem com a codificação da excitação. O corte “a”, imagem em modo B (13 MHz) mostra nódulos tireoidianos múltiplos mal definidos, enquanto o corte “b”, imagem codificada com freqüência mais alta (14 MHz) apresenta melhoria na resolução espacial e no contraste nas regiões mais profundas, parte inferior da imagem, revelando o padrão multinodular, também, nessa área (HARVEY, 2002).

2.3.3 – Exibição da Imagem

As informações adquiridas pelos transdutores devem ser convertidas para o formato de TV para que possam ser exibidas no monitor. Essa conversão é, essencialmente, uma matriz memorizada que contém muitos pontos (pixels) de imagem individual. Os pixels são diminutos blocos de imagem representando um tom de cinza que, no conjunto, formam a imagem global no monitor. Quanto menor o tamanho do pixel, mais agradável a imagem ao olho humano. A imagem deve ser atualizada a uma freqüência maior que 30Hz/s para que o olho humano não perceba a imagem como tremida ou desagradável à visão (MEALAHA, 2000).

Equipamentos antigos usavam conversor analógico de imagens. Atualmente, os equipamentos possuem um conversor digital de varredura, que usa a memória do computador para digitalizar a imagem e transferi-la para o monitor ou tubo de raios catódicos. Nesse, um acelerador de elétrons é usado para excitar os elétrons em uma rede que acumula as cargas e então, exibe a informação (imagem) no tubo de raios catódicos (SANDERS, 2004).

Normalmente, o monitor apresenta uma quantidade maior de pixels que a imagem original, por isso há a interpolação por meio de algoritmo para preencher, com tons cinzentos adequados, os pixels entre os pontos originais da imagem do transdutor. Normalmente a imagem é exibida em 256 tons de cinza, apesar de a visão humana poder reconhecer apenas 64 tons diferentes de cinza. O processador da imagem requer muita memória e velocidade, principalmente quando da exibição de imagens tridimensionais.

Além da imagem capturada pelo transdutor, o processador de imagem lança na tela dados inseridos na imagem pelo operador, como nome do paciente e data. O congelamento da imagem permite que o programa execute cálculos diversos como área, perímetro e distâncias de zonas de interesse (MEALAHA, 2000).

O fator isolado que mais afeta a qualidade da imagem na prática, provavelmente, seja o ajuste incorreto do monitor de vídeo e a falta de percepção por parte do operador da relação dos ajustes de vídeo com o aspecto de uma reprodução consistente (RUMACK, 1999).

Existem várias técnicas de obtenção de imagem, que serão abordadas em títulos específicos a seguir.

2.3.4 – Arquivamento e Documentação

Os equipamentos permitem o armazenamento das imagens, em algum meio como disco rígido, unidade óptica, videocassete, gravadores de DVD ou CD, ou outras mídias, a serem processados posteriormente ou a serem impressas utilizando-se impressoras, *videoprinter* em tons de cinza, *color printer*, ou registradas em filme de câmara multiformato (BRASIL, 2002).

A evolução da informática e de redes de comunicação de dados permitiu que fosse disseminado o Sistema de Arquivamento e Comunicação de Imagem – PACS *(Picture Archiving and Communication System*), **Figura 2.13**. Esse sistema possibilitou o armazenamento e a transmissão das imagens geradas pelos equipamentos médico-hospitalares, permitindo um acesso rápido e eficaz da informação.

Como em geral, os sistemas *PACS* são montados com equipamentos de diversos fabricantes, foi necessária a criação de um padrão de transferência dessas informações. o padrão adotado mundialmente é o *DICOM – Digital Imaging and Communication in Medicine*, que procura suprir as necessidades de integração dos equipamentos médicos, permitindo ao médico: a visualização da imagem em qualquer ponto que faça parte do *PACS*, a possibilidade de diagnóstico à distância, o processamento digital da imagem e o rápido acesso à informação armazenada (SANTOS, 2003). Esse padrão foi criado pela *National Electrical Manufacturers Association*, sendo usado, atualmente, o DICOM 3.0 (ECRI, 2005).

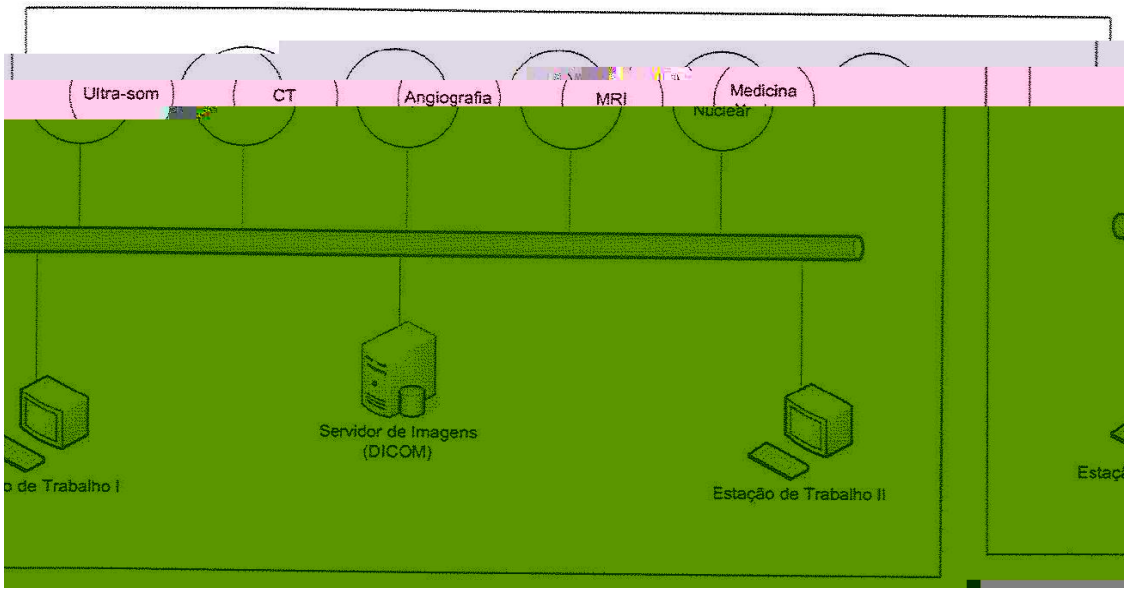


Figura 2.13 – Esquema simplificado de um *PACS*. Fonte: Santos (2003).

2.4 – Modos de Imagem

São diversos os modos de imagem disponíveis para ultra-sonografia, podendo ser realizados isoladamente ou concomitantemente com outros modos, resultando em melhoria na informação diagnóstica complementar obtida. A disponibilidade de tais recursos dependerá do modelo do equipamento utilizado, o qual poderá permitir a apresentação simultânea de diversos modos em uma mesma imagem. Em geral, quanto mais recursos técnicos estão disponíveis, mais caro é o equipamento.

2.4.1 – Modo A

O modo A ou exibição modulada pela amplitude era muito comum nos primórdios da ultra-sonografia, sendo hoje pouco usada. Os ecos capturados por dispersão retrógrada pelo transdutor são apresentados como uma deflexão vertical na tela de um osciloscópio. Nesse modo, a altura da deflexão vertical apresentada na tela representa a força ou amplitude do som que retorna, como ilustrado pela **Figura 2.14**. O eixo horizontal da imagem é calibrado para representar a distância das interfaces refletoras até o transdutor. Dessa forma, o modo A exprime apenas a posição e a força das estruturas refletoras (RUMACK, 1999).

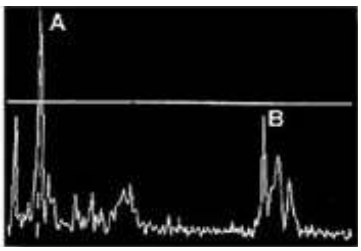


Figura 2.14 – Exemplo de imagem no modo A mostrando dois picos, “A” e “B”, correspondentes a dois alvos com diferentes consistências e dureza. O eixo horizontal reflete a profundidade e o eixo vertical a amplitude da onda. Fonte: Youmaran (2005).

2.4.2 – Modo B

O modo B ou exibição modulada por brilho é um método de apresentação em duas dimensões, no qual a amplitude do eco é representada pelo brilho na imagem em uma escala de cinza e a posição dos objetos na imagem corresponde à localização anatômica real no órgão alvo dos ecos refletidos e capturados pelo transdutor a partir de suas linhas de varredura. Os equipamentos mais comuns, atualmente, armazenam em memória digital os dados da varredura em uma matriz 512 x 512 pixels, ou maior (BRASIL, 2002).

Cada pixel da imagem representa um eco, com intensidade representada em tons de cinza, originário de posição correspondente no paciente. Os pixels mais brilhantes, tendendo

ao branco, representam estruturas que refletem mais a energia sonora de volta ao transdutor e os pixels pretos representam estruturas anecóicas, que refletem muito pouco ou nada da energia sonora. As qualidades refletivas intermediárias são representadas em tons de cinza.

A atualização integral da imagem no monitor de 30 a 60 vezes por segundo, dá a impressão de imagem dinâmica, em tempo real. O modo B em tempo real é, atualmente, o principal e mais comum método de obtenção de imagens do corpo humano. O ultra-som em tempo real permite avaliar tanto a anatomia quanto o movimento do órgão examinado (MEALHA, 2000). Diversas figuras mostradas anteriormente representam imagens em modo B, entre elas a **Figura 2.10** e a **Figura 2.11**.

2.4.3 – Modo M

O modo M ou modo de movimento/tempo exibe a amplitude do eco em tons de cinza e mostra a posição de estruturas refletoras em movimento. Em geral, a imagem no modo M apresenta uma pequena imagem em modo B no canto superior esquerdo, representando a posição anatômica da imagem avaliada, bem como o corte utilizado para a análise do movimento das estruturas ao longo do tempo.

Os ecos da linha de secção, selecionada na pequena imagem em modo B, são mostrados no modo A apenas em uma dimensão no eixo vertical, representando a posição das estruturas refletoras selecionadas. Essa linha de corte é atualizada seqüencialmente no eixo horizontal, que representa o tempo, em intervalos lentos como a cada 2 a 3 segundos. Assim é possível acompanhar e medir o deslocamento espacial das estruturas anatômicas em centímetros no eixo vertical e o tempo em segundos no eixo horizontal e, consequentemente sua velocidade de movimentação em cm/s.

A atualização do eixo temporal, horizontal, é propositadamente lenta para permitir a visualização de vários ciclos de movimento, como a abertura e fechamento das câmaras cardíacas (BRASIL, 2002).

A **Figura 2.15** ilustra uma imagem em modo M. A pequena imagem em modo B do canto superior direito representa a posição anatômica do corte realizado com a linha de corte ou varredura selecionada. Nela as letras A, B e C foram colocadas para facilitar a correspondência com a imagem no modo A. No canto superior direito, observa-se o posicionamento de toda a linha de corte, eixo vertical, ao longo do tempo, eixo horizontal.

O gráfico na parte inferior apresenta propriamente a imagem em modo M de trecho selecionado e ampliado da imagem anteriormente descrita. Nessa imagem em modo M, podem-se visualizar diversos ciclos cardíacos do coração fetal, apresentando o movimento de

três estruturas destacadas: A) parede ventricular proximal; B) septo interventricular e C) parede ventricular distal (RUMACK, 1999).

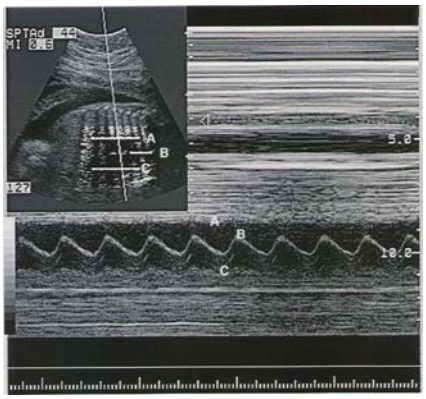


Figura 2.15 – Imagem em Modo M – apresentando: A) parede ventricular proximal, B) septo interventricular e C) parede ventricular distal de coração fetal. Fonte: Rumack (1999).

A principal aplicação do modo M é a avaliação do movimento rápido de válvulas cardíacas, câmaras cardíacas e das paredes ventriculares (RUMACK, 1999).

2.4.4 – Imagem em Três Dimensões

A evolução dos transdutores com arranjo dos elementos em matriz bidimensional permitiu a montagem da imagem em três dimensões (3D) e em tempo real, também chamada de 4D, como a face fetal ilustrada na **Figura 2.16** (FOSBERG, 2004).

Figura 2.16 – Imagem tridimensional de uma face fetal. Fonte: Forsberg (2004).

Essa técnica pode ser usada em combinação com diversas outras como, por exemplo, a Imagem Harmônica de Tecido, Imagem Codificada e o Doppler. Ela já mostrou ser de valor para o planejamento das dificuldades cirúrgicas no período pré-operatório e tem como áreas promissoras de utilização as imagens cardíacas e vasculares, sobretudo das carótidas e veias dos membros inferiores. Ela permite identificar diversos tipos de anormalidades funcionais, como doenças congênitas em feto, assim como, na distribuição vascular em tumores (LEWIN, 2004).

2.4.5 – Doppler com Onda Contínua

A imagem é criada pela emissão e recepção contínua de ondas de ultra-som por um transdutor com elementos receptores e transmissores separados. É um sistema mais simples do que o Doppler com Onda Pulsada e permite a avaliação de vasos superficiais, porém não consegue discriminar os movimentos em diversas profundidades.

Em geral, é solicitado pelos cirurgiões vasculares para checar a presença de fluxo nos vasos superficiais. Também, é usado para monitorar o fluxo na artéria umbilical, uma vez que o cordão umbilical situa-se no líquido amniótico, sem nenhum outro vaso nas proximidades que possa interferir no raio ultra-sônico (SANDERS, 2004).

Apresenta uma imagem espectral do fluxo sanguíneo no vaso ao longo do ciclo cardíaco, como ilustrado pela **Figura 2.17**.

Figura 2.17 – Imagem de Doppler Contínuo do fluxo aórtico em pós-operatório de estenose de valva aórtica. Fonte: Croti (2006).

2.4.6 – Doppler com Onda Pulsada

O transdutor que gera a onda de Doppler pulsátil possui apenas um elemento pizoelétrico que funciona como emissor e receptor, intercalando as essas atividades. O intervalo entre a emissão e a recepção é usado para calcular a profundidade em que surge o desvio. Assim, o operador pode selecionar a profundidade e o volume da área que deseja avaliar.

O fluxo na direção do transdutor é observado na análise espectral acima da linha base e o fluxo que se afasta do transdutor é visto abaixo da linha base, ao longo do ciclo cardíaco, como mostrado na **Figura 2.18 – A**. Em geral, o equipamento médico pode realizar a conversão automática da imagem espectral para uma imagem colorida sobreposta a uma

imagem padrão no modo B, como ilustrado pela **Figura 2.19**. Isso ocorre tanto para o Doppler de onda contínua, quanto para o Doppler de onda pulsada (SANDERS, 2004).

Sua indicação clínica é para a avaliação do fluxo sanguíneo em um vaso selecionado, quando há vários outros vasos no interior do raio ultra-sônico.

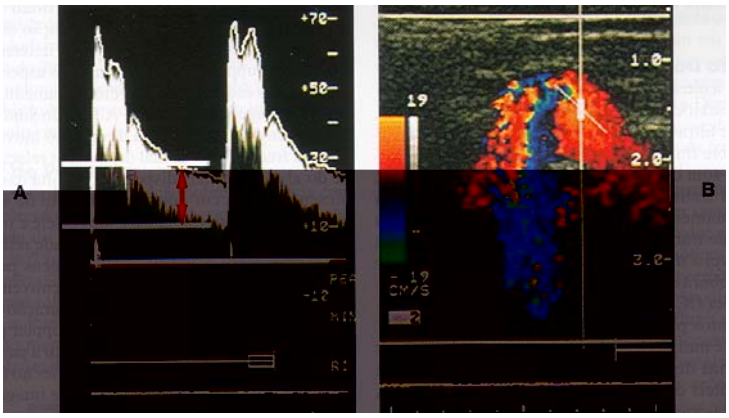


Figura 2.18 – Doppler de Onda Pulsada: apresentada de forma espectral em “A”, ou traduzida em forma de fluxo de cores e apresentada sobreposta ao modo B, em “B”. Fonte: Rumack (1999).

A avaliação concomitante por mais de um modo de imagem é comum na prática clínica, o que complementa a avaliação realizada quanto a diversos outros parâmetros. Porém, essa prática gerou diversas denominações não oficiais para esses exames que combinam os modos de imagem com a obtenção de fluxos pelo método Doppler, como: eco Doppler colorido, eco Doppler com mapeamento de fluxo a cores, duplex scan e triplex scan, entre outros. A SBC – Sociedade Brasileira de Cardiologia, para fins de simplificação, padronizou a adoção do termo “duplex scan colorido” como o exame completo, englobando imagem bidimensional, Doppler espectral pulsado e mapeamento de fluxo a cores (SBC, 2004), como ilustrado pela **Figura 2.19**.

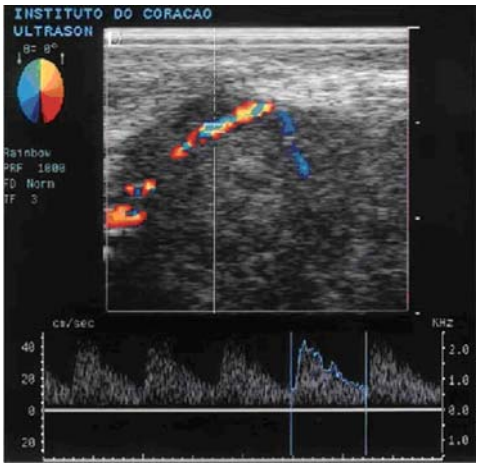


Figura 2.19 – Doppler pulsado avaliando tumor de mama: em geral o Doppler de onda pulsada é avaliado em sua forma espectral, abaixo, conjuntamente com o fluxo em cores sobre o modo B, acima. Fonte: Borges (2004).

2.4.7 – *Color* Doppler

O *color* Doppler ou imagem de fluxo Doppler colorido é a forma de ultra-som Doppler mais usada na prática. A informação sobre o fluxo determinada a partir das medições de Doppler pulsátil é exibida como um aspecto da própria imagem em tempo real (RUMACK, 1999).

Na maioria dos equipamentos, o fluxo em direção do transdutor é representado pela cor vermelha e o fluxo se distanciando do mesmo, pela cor azul. A velocidade do fluxo é exibida em cores mais claras para as velocidades mais rápidas e em cores mais escuras para as velocidades mais lentas, como ilustra a **Figura 2.20**. A velocidade mais rápida pode ser exibida em amarelo ou branco e um fluxo turbulento é apresentado como uma mistura de cores. Os alvos estacionários são exibidos em tons de cinza (SANDERS, 2004).

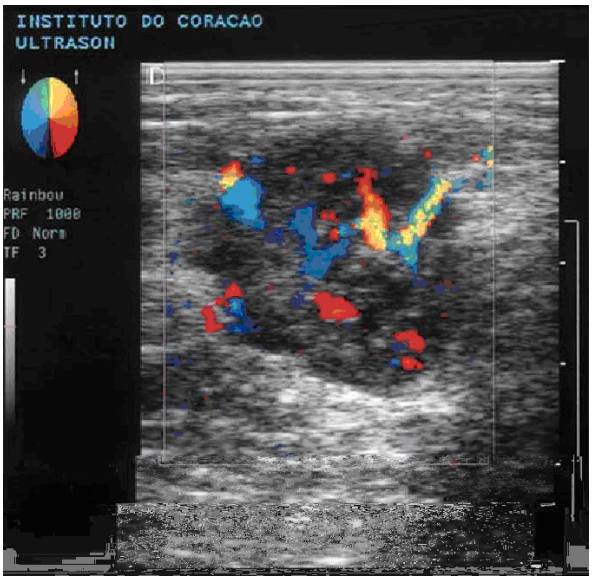
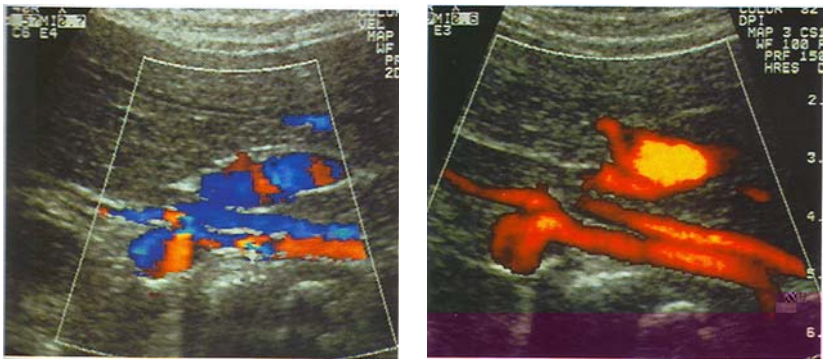


Figura 2.20 – Ultra-sonografia de mama (Modo B com estudo Doppler colorido) demonstrando a vascularização de um tumor em toda a sua extensão. Fonte: Borges (2004).

2.4.8 – *Power* Doppler

Outra forma de exibir a informação sobre as freqüências com o fluxo Doppler colorido é utilizar um mapa de cores que mostre a potência integrada do sinal Doppler, ao invés do desvio médio da freqüência, como no caso do *color* Doppler.

Assim, a imagem do *power* Doppler ou modo Doppler de Potência não exibirá informação sobre a direção e a velocidade do fluxo, porém o ruído é reduzido, permitindo maior ganho do sinal e melhor sensibilidade na detecção de fluxos, como exemplificado na **Figura 2.21**.



A B

Figura 2.21 – *Power* Doppler e fluxo colorido: A) modo *color* Doppler: imagem obtida pela detecção de desvios de freqüência em alvos móveis, apresentando maior ruído e menor sensibilidade; B) modo *power* Doppler: usa o mapa colorido para mostrar a distribuição da potência ou amplitude do sinal Doppler, apresentando menor ruído e maior sensibilidade para a detecção de fluxo, porém sem indicar sua direção. Fonte: Rumack (1999).

2.4.9 – Imagem Harmônica de Tecido

A Imagem Harmônica de Tecido – THI (*Tissue Harmonic Imaging)*, ou ainda, Segunda Harmônica é uma técnica de imagem em escala de cinza que usa informação de sinais harmônicos gerados pela propagação não linear das ondas sonoras quando passam pelos tecidos. A transmissão não linear ocorre, porque o ultra-som viaja mais rápido através de tecidos comprimidos do que em tecidos relaxados. Isso resulta em distorção da onda incidente com produção de componentes de freqüências mais altas, os quais são múltiplos (harmônicos) da freqüência fundamental emitida.

No modo Imagem Harmônica de Tecido são usados filtros para separar as ondas de ultra-som recebidas com a freqüência fundamental das ondas da segunda harmônica, sendo montada a imagem com estas (HARVEY, 2002).

A Segunda Harmônica melhora a qualidade e o contraste da imagem, quando comparada à imagem convencional, adicionando informação diagnóstica ao exame (SHAPIRO, 2005), como ilustra a **Figura 2.22**.

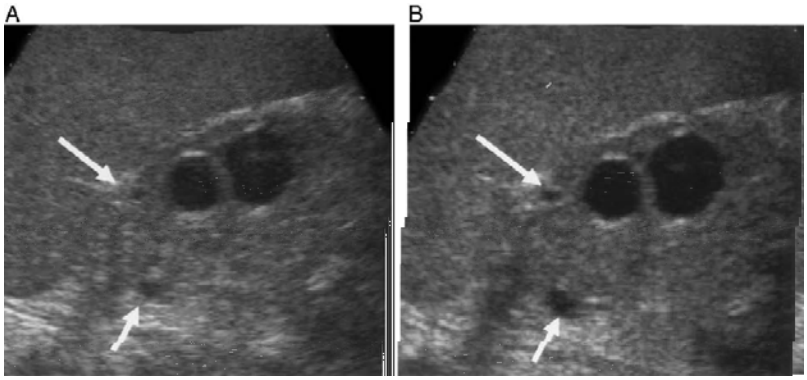


Figura 2.22 – Imagem Harmônica de Tecido em “B” delineando melhor as bordas dos cistos do que o modo B convencional em “A”, em um rim policístico. Fonte: Riccabona (2006).

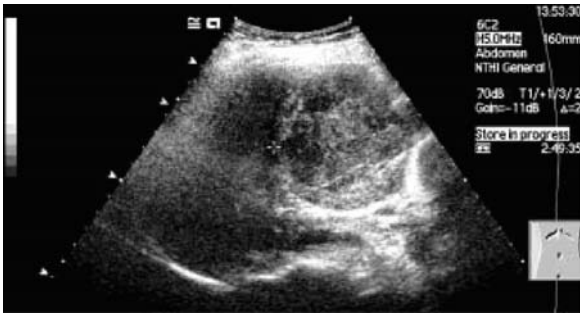
Essa técnica é aplicada rotineiramente no diagnóstico de patologias do pâncreas, sistema biliar e retroperitônio (LEWIN, 2004), além de lesões hepáticas e cistos renais (HARVEY, 2002).

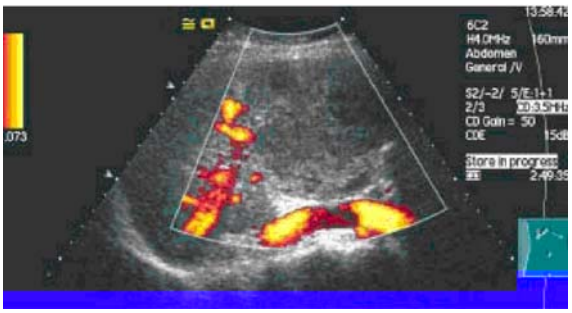
2.4.10 – Imagem com Agente de Contraste

Dois tipos de agentes são usados, mais comumente, em ultra-sonografia como contraste intravenoso: microbolhas encapsuladas e partículas sólidas. Eles permitem uma melhor visualização do fluxo sanguíneo na área de interesse por aumentar os ecos de dispersão retrógrada. As microbolhas estabilizadas podem estourar quando expostas a ondas de ultra-som de alta energia e as partículas sólidas possuem natureza transitória em solução. Por isso, tem sido usada, também, a combinação das partículas com estabilizadores (WEINSTEIN, 2006).

As microbolhas consistem de um gás, ar ou perfluorocarbono estabilizado em uma cápsula de albumina desnaturada, fosfolipídio, surfactante ou cianoacrilato. Elas produzem marcado aumento no sinal ultra-sonográfico por vários minutos, de 15 a 20 minutos, após a infusão intravenosa, com melhoria na escala de cinza e na intensidade dos sinais de Doppler de até 25dB (HARVEY, 2002). Isso se traduz em uma melhoria na qualidade diagnóstica da imagem, como ilustrado pela **Figura 2.23**.

A





B

C

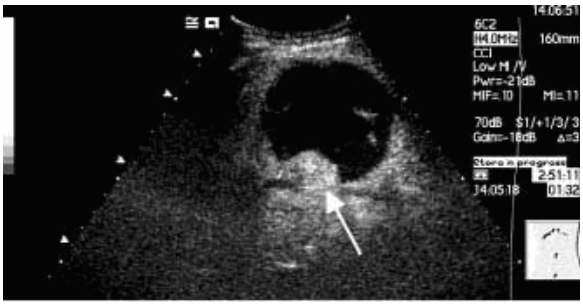


Figura 2.23 – Imagem com agente de contraste do tipo microbolha (Sonavue) em “C” mostrando uma lesão periférica recorrente, seta, em um carcinoma hepatocelular tratado com embolização química. Em “A”, o modo B convencional mostrou área de necrose e, em “B”, o modo *power* Doppler não mostrou evidência de tumor recorrente. Fonte: Harvey (2002).

2.4.11 – Imagem Ultra-sonográfica Expandida

A Imagem Ultra-sonográfica Expandida - EFOV *(Extended Field of View Imaging*) é obtida de estruturas superficiais usando-se transdutores com arranjo linear ou em estudos intra-abdominais e pélvicos com uma sonda curvilínea, ilustrada pela **Figura 2.24**. Ela é mais útil para estruturas superficiais como as o pescoço, escroto, mama e sistema músculo-esquelético. Os pontos positivos dessa técnica são (HARVEY, 2002):

a) mostra lesões e suas relações anatômicas que podem ser facilmente descritas pelo médico;
b) ela é uma excelente técnica auxiliar para ensino;
c) permite que sejam realizadas medidas em estruturas largas, que não cabem no campo de visão dos outros modos de imagem;
d) serve como uma documentação útil para o acompanhamento do paciente.

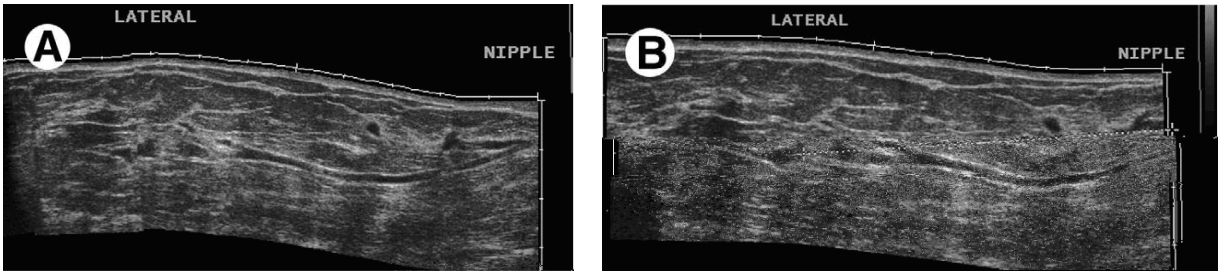


Figura 2.24 – Imagem Ultra-sonográfica Expandida de mama: revela um ducto dilatado com massa intraductal em “A”; em “B”, permite visualizar todo o trajeto do ducto distendido e medir sua distância até o mamilo. Fonte: Weinstein (2006).

2.4.12 – Outros Modos de Imagens e Utilizações de Ultra-som

Diversos outros modos de imagem estão sendo desenvolvidos, em graus diferentes de aceitação e utilização na prática clínica, entre elas podemos citar: a Imagem Composta (**Figura 2.11**) e a Imagem Codificada (**Figura 2.12**), vistas anteriormente, a Imagem Fotópica (FORSBERG, 2004) e a Elastografia (LEWIN, 2004).

As imagens ultra-sonográficas em tempo real podem servir como auxiliares para a punção biópsia de lesões maciças, para biópsia aspirativa e para biópsia vácuo-assistida. Ela tem vantagens de melhor resultado estético, menor custo e menor risco de anestesia sobre as biópsias cirúrgicas. Contudo, sua eficácia diagnóstica depende da quantidade e da localização do material obtido da lesão (SHULMAN, 2006).

As biópsias percutâneas são realizadas, tradicionalmente, por meio da fixação de guias de agulha no transdutor. Todavia, esse dispositivo-guia limita a mobilidade da agulha para apenas a direção do encaixe da agulha, impedindo sua angulação e podendo dificultar a

correta punção do alvo, uma vez que o tecido desloca-se durante o procedimento. Sendo assim, muitos médicos optam por realizar o procedimento à mão livre, com o auxílio da imagem ultra-sonográfica. Alguns traçadores de trajeto eletrônicos têm sido desenvolvidos para a solução desse problema. Contudo, as guias de biópsia, ainda, são os dispositivos auxiliares mais usados devido ao seu baixo custo (CHAN, 2005). A **Figura 2.25** ilustra uma biópsia aspirativa percutânea:

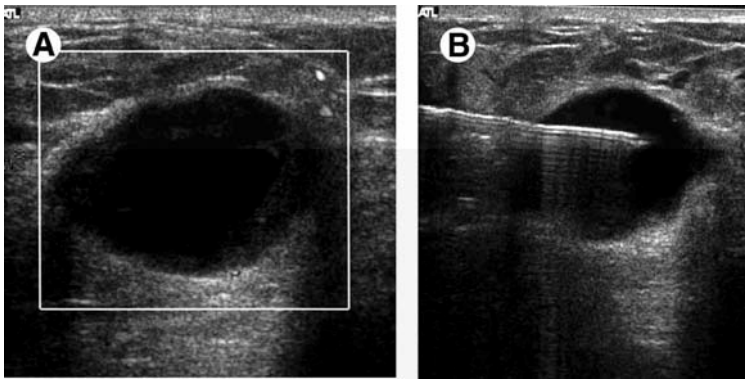


Figura 2.25 – Biópsia aspirativa percutânea guiada por ultra-sonografia em "B", mostrando o trajeto da agulha, de uma lesão cística mostrada em "A". Fonte: adaptado de Shulman (2006).

Alguns usos terapêuticos, que não são alvo desse trabalho, têm sido desenvolvidos, como o Ultra-som Focado de Alta Intensidade - HIFU *(High Intensity Focused Ultrasound)* que destrói um volume definido de massa tumoral pelo aumento da temperatura local a mais de 50 °C e a Liberação Ultra-sônica de Gene e Drogas (HARVEY, 2002)

2.5 – Fundamentos sobre Avaliação de Pacotes de Softwares

Não foram encontrados, na literatura, artigos versando exclusivamente sobre controle de qualidade de programas de equipamentos de ultra-sonografia.

Funcionalidade:	Evidencia que o conjunto de funções atendem às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o produto.
Confiabilidade:	Evidencia que o desempenho se mantém ao longo do tempo e em condições estabelecidas.
Usabilidade:	Evidencia a facilidade para a utilização do software.
Eficiência:	Evidencia que os recursos e os tempos envolvidos são compatíveis com o nível de desempenho requerido para o produto.
Manutenibilidade	[illegible]

Figura 2.26 – Características da Qualidade de Software segundo a ISSO/IEC 9126. Fonte: Colombo (2004).

Todavia, Colombo (2004) realizou um grande levantamento bibliográfico e pesquisa da legislação nacional, definindo as principais características (**Figura 2.26**) e subcaracterísticas (**Figura 2.27**) que devem ser abordadas em uma avaliação de pacote de software fechado, como é o caso do software nativo no equipamento de ultra-sonografia diagnóstica.

Funcionalidade	Adequação	Presença de conjunto de funções e sua apropriação para as tarefas
	Acurácia	Geração de resultados ou efeitos corretos
	Interoperabildade	Capacidade de interagir com outros sistemas
	Conformidade	Estar de acordo com normas, convenções, regulamentações
	Segurança de Acesso	Capacidade de evitar acesso não autorizado a programas e dados
	Maturidade	Freq[illegible]
Tolerância a Falhas	Manter nível de desempenho em caso de falha	Confiabilidade
Recuperabilidade	Capacidade de se restabelecer e restaurar dados após falha	
Inteligibilidade	Facilidade de entendimento dos conceitos utilizados	Usabilidade
Apreensibilidade	Facilidade de aprendizado.	
Operacionalidade	Facilidade de operar e controlar a operação	
Comportamento em rel. Tempo	Tempo de resposta, de processamento	Eficiência
Comportamento em rel. recursos	Quantidade de recursos utilizados	
Analisabilidade	Facilidade de diagnosticar deficiências e causas de falhas	
Modificabilidade	Facilidade de modificação e [illegible]ção de defeitos	Manutenibilid[illegible]
Estabilidade	Ausência de riscos de efeitos inesperados	
Testabilidade	Facilidade de ser testado	
Adaptabilidade	Capacidade de ser adaptado a ambientes diferentes	
Capacidade p[illegible] a ser	Facilidade de insta[illegible]	Portabilidade / Instalado / Conformida[illegible] / Capacidade
	Acordo com padrões ou convenções de portabilidade	
	Substituir bem o software	

Figura 2.27 – Subcaracterísticas da Qualidade de Software segundo a ISSO/IEC 9126. Fonte: Colombo (2004).

2.6 – Ergonomia de Sondas de Ultra-sonografia

Paschoarelli (2003) realizou um extenso estudo sobre a ergonomia dos transdutores de equipamentos de ultra-sonografia, tendo em vista o alto grau de esforço e mobilidade, principalmente dos antebraços, punhos e mãos, a que o operador do equipamento está submetido durante sua jornada de trabalho. Como as articulações dos punhos e mãos possuem

limites de movimentação, ilustrados na **Figura 2.17**, seu estudo concluiu pela necessidade de um desenho industrial dos transdutores que privilegie a ergonomia.

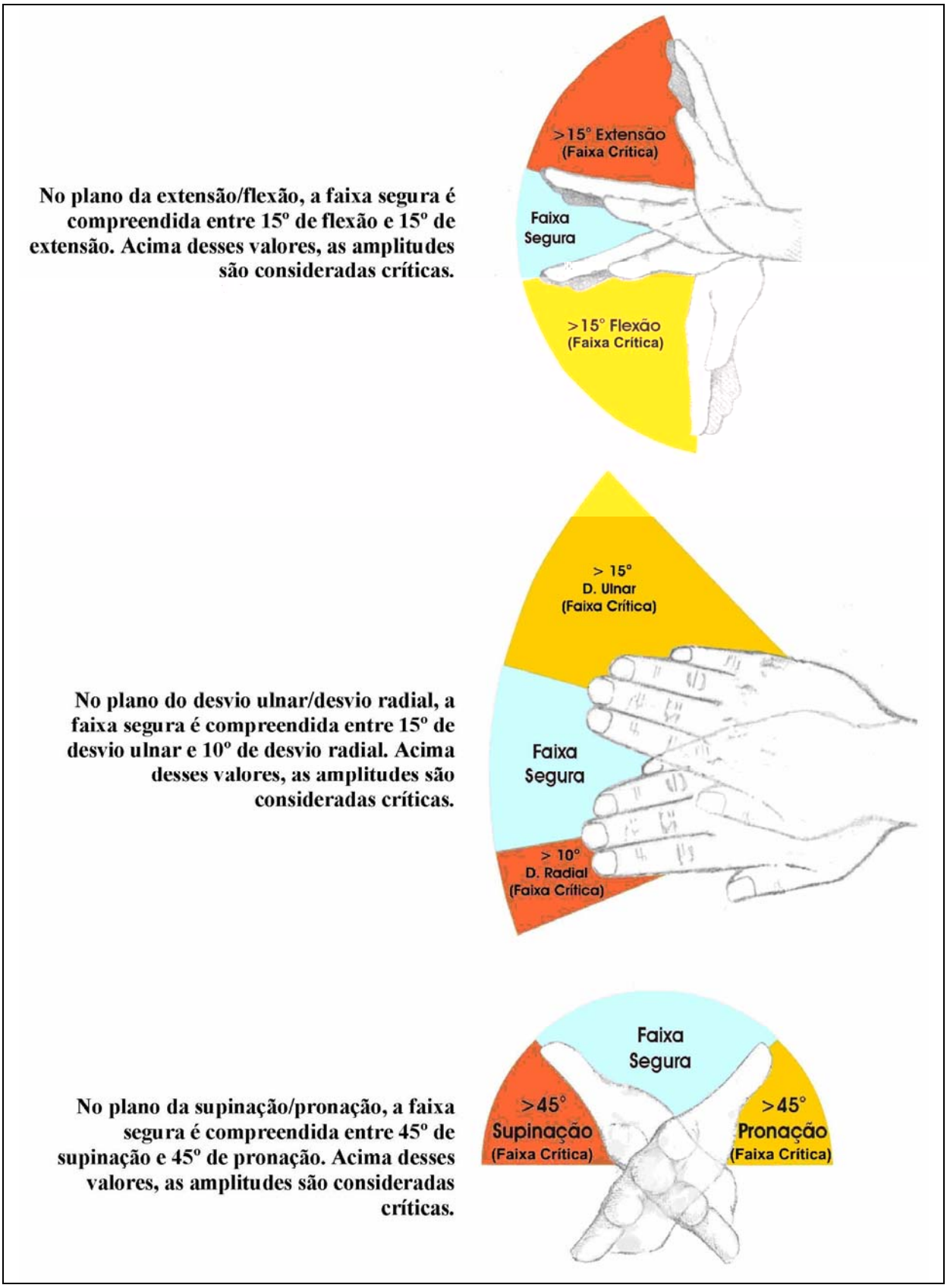


Figura 2.28 – Representação gráfica das faixas de amplitude segura e crítica para movimentos e posturas do punho e antebraço. Fonte: Paschoarelli (2003).

Schoenfeld (1999) descreve a síndrome do usuário de transdutor, uma doença ocupacional que pode causar entre outros problemas síndrome do túnel do carpo, instabilidade do punho, tendinite, dor no pescoço, dor nas costas, dor no ombro, dormência nas extremidades, fraqueza e restrições de movimentos em operadores de equipamentos de ultra-sonografia.

2.7 – Considerações Finais

A revisão bibliográfica nesse capítulo mostrou um painel do grande número de variáveis técnicas e atributos dos equipamentos, os quais interferem na qualidade da imagem diagnóstica, e que devem ser considerados em um processo de aquisição de um equipamento de ultra-sonografia diagnóstica.

A maior amplitude da revisão bibliográfica desse tema ilustra as múltiplas variáveis envolvidas na seleção de um equipamento de ultra-sonografia, o que caracteriza a escolha de um equipamento em um processo de compra como uma decisão complexa, a qual pode beneficiar-se de um método de apoio à tomada de decisão.

A política de marketing dos fornecedores é um complicador a mais nessa avaliação, pois, com freqüência, esses dão denominações próprias para o mesmo atributo comum aos equipamentos dos concorrentes. Também, há a prática de se utilizar de unidades de medida diferentes dos concorrentes para a mesma funcionalidade. Literatura comparativa dos equipamentos, como a apresentada por ECRI (2005), permite uma comparação mais adequada dos equipamentos.

O segundo questionamento básico nessa dissertação, apresentado nas considerações finais da introdução foi abordado nesse capítulo:

Por que a escolha do aparelho de ultra-sonografia?

Porque:

a) o exame de ultra-sonografia é o método de diagnóstico por imagem mais usado na prática clínica, respondendo por cerca de 25% de todos os estudos de imagens realizados no mundo (FORSBEG, 2004);
b) o operador possui um papel decisivo na qualidade do resultado, pois muitas das variáveis estão sob comando direto do médico (RUMACK, 1999). Isso inclui variáveis subjetivas ao grande número de funcionalidades do equipamento envolvidos no processo de avaliação, caracterizando-o como uma decisão complexa;

c) os aparelhos mais modernos de ultra-sonografia são capazes de produzir imagens com qualidade diagnóstica muito semelhante às obtidas com ressonância magnética (LEWIN, 2004);

d) é uma das modalidades de obtenção de imagem que mais rapidamente cresce em número de exames realizados no mundo todo, devido a (RUMACK, 1990):

   1. baixo custo do exame;
   2. interações em tempo real;
   3. aparente falta de bioefeitos adversos.

CAPÍTULO 3

3 – PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

3.1 – Considerações Iniciais

O capítulo anterior iniciou a revisão bibliográfica dos grandes temas que permeiam esse trabalho, apresentando os recursos básicos e principais funcionalidades dos equipamentos.

Esse capítulo propõe-se a montar um painel sobre o processo de aquisição de equipamentos médico-hospitalares, servindo de transição entre o capítulo anterior (equipamento de ultra-sonografia) e o capítulo subseqüente (AHP), temas centrais para aplicação da metodologia nessa dissertação.

Apesar da literatura sobre processo de compra de equipamento médico-hospitalar não ser tão vasta quanto a do capítulo anterior, o tema proposto é importante, pois permitirá encaixar o AHP de uma forma mais ampla no processo de compra, permitindo que se extraia o máximo de benefícios com a aplicação dessa ferramenta.

3.2 – O Processo de Aquisição de Equipamentos Médico-Hospitalares

A ANVISA (2004) define como equipamento médico-hospitalar qualquer equipamento de diagnóstico, terapia e de apoio médico-hospitalar, definido pela Portaria n°. 2.043/94, do Ministério da Saúde.

Essa Portaria regulamenta a Lei n°. 5.991/73 que dispôs sobre o controle sanitário do comércio de drogas, medicamentos, insumos farmacêuticos e correlatos. O inciso quarto de seu artigo quarto define que correlato é toda a substância, produto, aparelho ou acessório não enquadrado nos conceitos anteriores (droga, medicamento e insumo farmacêutico), cujo uso ou aplicação esteja ligado à defesa e proteção da saúde individual ou coletiva, à higiene

pessoal ou de ambientes, ou a fins diagnósticos e analíticos, os cosméticos e perfumes, e, ainda, os produtos dietéticos, óticos, de acústica médica, odontológicos e veterinários. Assim, a legislação sanitária brasileira considera o equipamento médico-hospitalar como um tipo de correlato.

Nessa linha os seguintes conceitos são definidos:

a) Equipamento de diagnóstico: equipamento, aparelho ou instrumento de uso médico, odontológico ou laboratorial, destinado à detecção de informações do organismo humano para auxílio a procedimento clínico.
b) Equipamento de terapia: equipamento, aparelho ou instrumento de uso médico ou odontológico, destinado a tratamento de patologias, incluindo a substituição ou modificação da anatomia ou processo fisiológico do organismo humano.
c) Equipamento de apoio médico-hospitalar: equipamento, aparelho ou instrumento de uso médico, odontológico ou laboratorial, destinado a fornecer suporte a procedimentos diagnósticos, terapêuticos ou cirúrgicos.

A ABIMO define que equipamento médico-hospitalar compreende mobiliário, eletromédicos, instrumental cirúrgico, equipamentos fisioterápicos e para hotelaria, utilizados em hospitais e clínicas médicas, cujos principais elementos são (GUTIERREZ, 2004):

a) mobiliário: camas, carros, mesas, estantes, poltronas, armários etc.;
b) eletromédicos: mesas cirúrgicas, camas de parto, bisturis elétricos, incubadoras para bebês, aparelhos de anestesia, ventiladores, monitores, eletrocardiógrafos, lâmpadas cirúrgicas, bombas de infusão, equipamentos para hemodiálise, endoscópios, aparelhos para tomografia computadorizada e para diagnóstico por ressonância magnética etc.;
c) instrumental cirúrgico: pinças, tesouras, fórceps, afastadores, etc.;
d) equipamentos fisioterápicos: barras, andadores, aparelhos de ultra-som e de ondas

A avaliação técnica diz respeito às características técnicas do equipamento: variáveis elétricas e ambientais do desempenho do sistema e a construção física do aparelho. Três critérios principais de avaliação são sugeridos: confiabilidade, facilidade de manutenção e fatores humanos (facilidade de efetuar manutenção, facilidade de acesso aos controles, ergonomia e qualidade do treinamento) (BRASIL, 2002).

A avaliação clínica mede a satisfação dos futuros usuários com o uso do equipamento, testado em ambiente clínico, sendo sugeridos três critérios principais de avaliação: treinamento adequado do usuário, desempenho clínico e fatores humanos (conforto do usuário, facilidade de uso e facilidade de preparação do equipamento).

Por último, a avaliação do custo preconiza a estimativa dos custos globais (peças de reposição, contrato de manutenção, transporte, instalações, etc.) e não somente o preço de venda do equipamento.

A ANVISA (2004) estabeleceu um padrão de Boas Práticas de Aquisição de Equipamentos Médico-hospitalares com o propósito de assegurar que os equipamentos médico-hospitalares adquiridos pelas instituições:

a) sejam adequados ao uso pretendido;
b) sejam compreendidos por seus operadores;
c) estejam em condições seguras de uso;
d) atendam a normas e regulamentos técnicos que dispõem sobre a segurança, desempenho, instalação e uso destes equipamentos.

Esse material expõe uma série de itens que devem ser levados em conta na montagem do processo de compra, como a criação da equipe técnica para a aquisição do equipamento, elaboração do edital de licitação, procedimentos de recebimento e aceitação, procedimentos de uso e manutenção, documentação e pontos importantes a serem considerados no edital de licitação pública e na elaboração do contrato de fornecimento, entre outros.

O manual de Boas Práticas de Aquisição de Equipamentos Médico-hospitalares define, também, o conceito de Avaliação Técnica, utilizado nessa dissertação, como: conjunto de testes realizados em equipamento médico-hospitalar para verificação da conformidade de suas características técnicas frente às especificações exigidas no edital (ANVISA, 2004).

Seu uso abrange instituições públicas e privadas que utilizem procedimentos de licitação. O manual não contém disposições para identificar a solução tecnológica ou os equipamentos mais apropriados e dimensionados para atender a necessidade ou demanda da instituição, ao mesmo tempo em que determina a necessidade de auditoria que possibilite a verificação do cumprimento das prescrições estabelecidas no próprio manual.

Sendo assim, o manual de Boas Práticas de Aquisição de Equipamentos Médico-hospitalares da ANVISA permite a utilização integrada de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, como o AHP.

Complementarmente, a ANVISA publicou um manual de orientação para a elaboração de edital de licitação pública para aquisição de produtos e serviços de saúde sujeitos ao regime de vigilância sanitária (ANVISA, 2003).

A literatura sobre processo de aquisição de equipamento médico não é tão vasta quanto a literatura sobre métodos de ultra-sonografia diagnóstica ou sobre AHP. No Brasil, alguns autores como Galeano (1999) e Müller Jr. (2000) desenvolveram softwares de apoio à tomada de decisão para aquisição de equipamento médico-hospitalar, sendo o segundo voltado para a avaliação de serviços de saúde e especificação de equipamentos.

Todavia, tais programas são baseados em ferramentas computacionais, nas quais o usuário deve inserir informações previamente definidas no sistema sobre o equipamento, havendo pouca autonomia para usuários menos experientes alterarem os critérios (RAMIREZ, 2005).

Ramirez (2005) aplicou Inteligência Artificial na seleção de equipamentos, realizando um extenso levantamento de artigos, dissertações e teses sobre processo de compra de equipamento médico-hospitalar. Apesar de não haver um consenso na terminologia utilizada pelos diversos autores, os processos de aquisição sugeridos apontam para uma seqüência lógica e similar de atividades, que pode ser resumida nas seguintes atividades básicas:

a) Planejamento estratégico para definir quais e quantos equipamentos a instituição de saúde deseja comprar ou substituir;
b) Elaboração e refinamento das especificações técnicas detalhadas do equipamento, que se deseja adquirir com base em informações obtidas através de pesquisas de mercado, literatura e consulta aos futuros usuários do equipamento;
c) Obtenção de propostas de fornecimento dos equipamentos médicos desejados, a partir de algum tipo de consulta ao mercado (pode ser através de outras licitações anteriores no caso de hospital público, ou de um pedido de orçamentos no caso de hospital privado);
d) Elaboração de uma metodologia para avaliação de propostas de aquisição de equipamentos médicos, levando em conta diversos fatores, aos quais serão atribuídos pesos. Isto permite a obtenção da nota final através de uma síntese matemática dos fatores escolhidos;
e) Avaliação das propostas recebidas, por parte de uma comissão formada por

representantes dos diversos setores envolvidos na aquisição e na operação do equipamento;

f) Formalização da compra do equipamento desejado através de um contrato (no caso de alguma das propostas recebidas ter sido aceita), ou interrupção do processo de aquisição para fazer a reformulação das especificações técnicas (retorno ao item b);

g) Recebimento do equipamento desejado, que consiste em verificar se o equipamento entregue está em conformidade com a proposta aceita durante a entrega e instalação do equipamento (por exemplo: inspeções visuais, teste de aceitação e treinamento dos operadores), sendo este incorporado definitivamente ao parque tecnológico do hospital.

Seu estudo revelou, também, a necessidade da formação de uma equipe multidisciplinar para a condução do processo de aquisição do equipamento médico-hospitalar, sem consenso no número e qualificações dos participantes na literatura levantada. O autor sugere a participação de pelos menos um assessor da alta administração do hospital, um representante do setor de compras, um profissional da área de saúde que conheça o equipamento desejado, o qual será o responsável pela sua utilização, e um profissional do setor técnico (engenheiro, tecnólogo ou técnico de manutenção) que possua experiência na instalação e manutenção do equipamento em questão.

Katz (1998), estudando metodologias econômicas e multiparamétricas aplicadas à decisão de substituição de equipamentos médicos, define esse tipo de decisão como uma decisão complexa devido ao grande número de fatores que podem influenciar a decisão, o que qualifica o uso de métodos multicriteriais de apoio à tomada de decisão, como o AHP.

No extenso levantamento bibliográfico de seu trabalho, encontra-se uma série de fatores que geram a necessidade de substituição do equipamento:

a) Deterioração: desgaste natural com o tempo de uso do aparelho, conduzindo a falhas de funcionamento do equipamento;

b) Evolução tecnológica: melhorias técnicas oferecidas em novos equipamentos que podem refletir na melhoria da qualidade do serviço e do atendimento ao cliente, padrões de segurança e custos;

c) Ambiente de operação: ou o contexto físico no qual o equipamento está inserido, englobando fatores como a missão do hospital, a concorrência externa, a legislação local, a formação do corpo clínico, o número de equipamentos iguais, a disponibilidade de recursos e a localização geográfica que pode alterar a expectativa de desempenho do aparelho;

d) Dados de custo e receita: as falhas do equipamento com o tempo de uso implicam em aumento dos custos de manutenção e redução da recita pela parada do equipamento;
e) Fatores adicionais que podem gerar necessidade de substituição de forma indireta: ergonomia, condição de manutenção, calibração, conectividade, padronização, marketing e oportunidades comerciais.

3.3 – Considerações Finais

Esse capítulo apresentou um resumo da literatura referente a processo de aquisição de equipamento médico-hospitalar, bem como as definições legais dos termos.

O capítulo seguinte dará continuidade à revisão da literatura apresentando o AHP – Método de Análise Hierárquica.

CAPÍTULO 4

4 – O MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA – AHP

4.1 – Considerações Iniciais

Os dois capítulos anteriores apresentaram o levantamento bibliográfico dos dois grandes temas, equipamento de ultra-sonografia com suas principais funcionalidades e processo de compra de equipamento médico-hospitalar, os quais se interagem com o tema desse capítulo (o AHP – Método de Análise Hierárquica, propriamente dito) para permitir a aplicação da ferramenta com segurança em um hospital privado, objeto desse trabalho.

4.2 – Um Breve Histórico do AHP

O Método de Análise Hierárquica – AHP (*Analytic Hierarchy Process*) desenvolvido pelo matemático Thomas Lorie Saaty é o método de tomada de decisão multicritério mais usado devido, provavelmente, à facilidade de execução. (TROTTA, 1998).

Saaty (1987a) comenta que a teoria do AHP foi desenvolvida, em 1972, para solucionar um problema específico de planejamento de contingência e, posteriormente em 1977, uma aplicação de maior visibilidade foi a projeção de futuros alternativos para um país em desenvolvimento, o Sudão. Desde então, as idéias desenvolveram-se progressivamente através de suas aplicações em vários outros projetos.

O AHP ganhou notoriedade na comunidade científica através do livro *The Analytic Hierarchy Process* publicado pela MacGraw-Hill em 1980. (MORITA, 1998).

Desde a publicação do método original descrito para o AHP (SAATY, 1977), houve um intenso debate na literatura científica sobre algumas questões conceituais. Kumar e Ganesh (1996) ilustram alguns desses debates relacionando os principais críticos do AHP, especialmente, Schenkerman (1994), Murphy (1993), Dyer (1990a, 1990b), Belton (1986) e Belton e Gear (1983). Destacam, também, que muitas dessas críticas foram respondidas por

Saaty (1986, 1987b, 1990a, 1990b), Harker e Vargas (1987, 1990) e Vargas (1994), além de diversos outros artigos como Millet (2000).

O grande número de aplicações do AHP descritas na literatura científica propiciou a sugestão por diversos autores de procedimentos para abordar temas específicos como, por exemplo, a incorporação de números negativos (SAATY e OZDEMIR, 2003; MILLET e SCHONER, 2005), a abordagem de alternativas não conhecidas sob a denominação “outras” tos s de alterna(LIBERATORE SAAT4(2000).

R r

bases foram lançadas no livro *Decision Making with Dependence and Feedback*, RWS Publications em 1996 (FORMAN, 2001b).

Atualmente, existem alguns programas de computador comerciais que permitem ao operador aplicar o AHP, entre eles o Expert Choice, o Criterium Decision Plus e o Logical Decision, além de diversos programas distribuídos gratuitamente na internet como o WinPre, o INPRE e o HIPRE 3+. Um programa que utiliza o ANP, chamado Super Decisions, vem sendo desenvolvido desde o final da década de 90 e encontra-se na internet para download, em versão de desenvolvimento (ver Anexo E).

O AHP tem sido usado em aplicações por órgãos governamentais e por empresas privadas, alguns dos quais institucionalizaram seu uso, como os Departamentos de Defesa e Energia dos EUA e a Xerox Corporation (SAATY, 1994).

4.3 – Caracterização do AHP

O AHP é um método de Apoio à Decisão Multicritério para decisor individual ou em grupo baseado na quebra da complexidade do problema pela decomposição hierárquica em partes menores, ou variáveis, homogeneamente agrupadas (objetivo, critérios, subcritérios e alternativas); seguida da mensuração qualitativa (julgamento subjetivo) ou quantitativa da importância relativa dessas variáveis, em cada nível da hierarquia, por meio de comparações pareadas, transportadas para valores numéricos de uma escala de razão em matrizes recíprocas positivas; a partir das quais, o problema sofre um processo de síntese matemática pela derivação de vetores de prioridade normalizados, os quais, de forma aditiva no sentido inverso da decomposição hierárquica, expressam a ordem das alternativas frente ao objetivo.

A aplicação do método segue três princípios: decomposição hierárquica, julgamentos comparativos e síntese das prioridades ou composição hierárquica. O princípio da decomposição é aplicado para estruturar um problema complexo em uma hierarquia de grupos e subgrupos. O princípio dos julgamentos comparativos é aplicado para construir comparações pareadas de todas as combinações de elementos em cada grupo hierárquico. As comparações pareadas são usadas para gerar prioridades locais dos elementos no nível do grupo com referência ao elemento pai do grupo ou hierarquicamente e imediatamente superior. O princípio da síntese é aplicado para multiplicar as prioridades locais dos elementos do grupo pela prioridade do elemento pai, produzindo uma rede de prioridades por toda a hierarquia e, então, por adição chegar-se às prioridades dos elementos dos níveis mais baixos, as alternativas (FORMAN, 2001a).

O AHP utiliza-se de vários conceitos e técnicas existentes antes de sua concepção como a estruturação hierárquica da complexidade, comparações pareadas, julgamentos redundantes, um método de autovetor para derivar pesos e considerações de consistência, os quais foram combinados sinergicamente por Saaty produzindo um processo, cujo poder é muito maior que a soma das partes usadas isoladamente (FORMAN, 2001b).

Morera (1998) destaca o princípio de "dividir para conquistar" presente no AHP, no qual problemas complexos de decisão devem ser decompostos em partes menores e mais manejáveis e, posteriormente, essas partes menores devem ser agregadas logicamente para derivar um valor geral a partir de cada alternativa.

De acordo com Fisher (1977), o processo de decomposição:

1) auxilia na definição do problema de decisão;
2) assegura a consideração de um maior número de atributos que o decisor pode fazer holisticamente;
3) pode ser defendida e atacada, de modo a promover a comunicação de conflitos de valores;
4) permite a análise de sensibilidade.

Morera (1998) acredita que além do aumento esperado da confiança e validade, o processo de decomposição é útil por reduzir a complexidade do processo de decisão e aliviar o decisor da necessidade de agregar suas avaliações através dos múltiplos atributos. Assim, um importante corolário do princípio de "dividir para conquistar" é que ele seria mais benéfico, na medida em que a complexidade do processo de decisão aumenta.

Para Saaty (2001) o AHP é útil por simplificar e agilizar o processo natural de tomada de decisão pelo ser humano. Ele fornece uma estrutura efetiva para a tomada de decisão em grupo, por impor uma disciplina para o processo de pensamento do grupo. A necessidade de determinar um valor numérico para cada variável do problema ajuda os decisores a manter padrões coesivos de pensamento e a obter uma conclusão.

A teoria que embasa o AHP reproduz o processo fundamental da percepção humana: decomposição e síntese. Assim, quando se identifica alguma coisa, o ser humano decompõe a complexidade encontrada e quando descobre relações, sintetiza. Isso o torna um método intuitivo e relativamente simples de ser aplicado na tomada de decisões complexas (SAATY, 1987a).

A metodologia baseia-se no princípio de que para a tomada de decisão, a experiência e o conhecimento das pessoas são pelo menos tão valiosos, quanto os dados concretos utilizados. (VARGAS, 1990; SCHIMIDT, 1995).

A fase de julgamentos pareados com base em uma escala de razão permite ao decisor usar considerações objetivas (dados concretos e conhecimento) e subjetivas (intuição, criatividade, experiência pessoal e *insight*) em um caminho lógico. A utilização de uma escala de razão possibilita a análise de variáveis tangíveis e intangíveis. Por outro lado, essa fase incorpora redundância de julgamentos de um elemento em relação ao outro e vice-versa, que por sua vez reduz o risco de erros de medição ou julgamento e permite a produção de uma medida da consistência dos julgamentos. O método suporta certo nível de inconsistência nos julgamentos elaborados pelo decisor, como é próprio do ser humano. Todavia, fornece uma medida da consistência dos julgamentos, e um limite a partir do qual os mesmos devem ser revistos (FORMAN, 2001b).

Forman (2001b) explica a denominação do método (em inglês) da seguinte maneira:

b) Análise: significa separar entidades materiais ou abstratas em seus elementos constituintes. Ela é o oposto da síntese, que envolve combinar ou colocar junto às partes em um todo. Em essência, o AHP auxilia o decisor na mensuração e síntese dos diversos fatores envolvidos em decisões complexas. Assim, o método deveria ser, verdadeiramente, chamado de *Synthesis Hyerarchy Process*.
c) Hierarquia: é o mais poderoso método de classificação que a mente humana utiliza para ordenar experiências, observações, entidades e informações. A hierarquia é a forma adaptativa que a inteligência finita assume em face à complexidade.
d) Processo: é uma série de ações, transformações ou funções que levam a um fim ou resultado. O AHP não é uma fórmula mágica ou modelo para encontrar a resposta correta. Pelo contrário, é um processo que ajuda o decisor a encontrar a melhor resposta.

Resumidamente, Morita (1998) descreve as seguintes características básicas do método:

a) a abordagem é do tipo “dividir para conquistar”;
b) usa julgamentos dos fatores de decisão por comparações aos pares;
c) o resultado final permite definir uma seqüência com graduação (nota, pontuação ou medida) da importância dos critérios e alternativas;
d) é aplicável a questões complexas ou que envolvam julgamentos subjetivos;
e) é capaz de lidar e absorver julgamentos inconsistentes;
f) o resultado não extrapola os limites do conjunto de alternativas pré-estabelecidas;
g) não obriga que os fatores sejam, necessariamente, representados em termos de valores econômico-financeiros, técnicos ou físicos;

h) sua aplicação prática é baseada em cálculos relativamente simples.

Goodwin (2004), por sua vez, apresenta os principais pontos fortes do AHP:

a) estruturação formal do problema;
b) simplicidade das comparações pareadas;
c) redundância, permitindo que a consistência seja checada;
d) versatilidade, pois pode ser usado com outras metodologias e para uma ampla gama de problemas.

4.4 – Axiomas

A teoria é baseada em poucos e simples axiomas. Originariamente, o AHP foi baseado em três axiomas, um quarto foi adicionado posteriormente. (FORMAN, 2001b).

4.4.1 – Axioma 1: Comparação Recíproca

O tomador de decisão deve ser capaz de fazer comparações e manifestar a força de suas preferências. A intensidade dessas preferências deve satisfazer a condição de reciprocidade: se **A** é **X** vezes mais preferível que **B**, logo, **B** é **1/X** vezes mais preferível que **A** (VARGAS, 1990).

O relaxamento desse axioma indica que a questão usada para elucidar os julgamentos ou comparações pareadas não está clara ou corretamente estabelecida.

4.4.2 – Axioma 2: Homogeneidade

As preferências são representadas pelo princípio de uma escala limitada.

Caso este axioma não seja satisfeito, então os elementos que estão sendo comparados não são homogêneos e pode haver necessidade de serem formados grupos de elementos homogêneos (VARGAS, 1990).

Para Forman (2001b) esse axioma determina que os elementos que estão sendo comparados não devem diferir muito entre si, senão haverá tendência para erros maiores no julgamento. Quando da construção da hierarquia de critérios, deve-se atentar para arranjar os elementos em grupamentos de forma que eles não difiram por mais que uma ordem de magnitude ou estejam dentro da mesma amplitude de uma faixa da escala verbal do AHP de 1 a 9. Julgamentos além de uma ordem de magnitude, geralmente, resultam em uma diminuição da acurácia e aumento na inconsistência.

4.4.3 – Axioma 3: Independência

Quando as preferências são expressas, assume-se que os critérios são independentes das propriedades das alternativas.

Este axioma implica em que os pesos dos critérios devem ser independentes das alternativas consideradas. Um modo de determinar a violação deste axioma é usar uma generalização do AHP, conhecida como a abordagem da supermatriz ou ANP.

Forman (2001b) comenta que esse axioma é necessário para a aplicação do princípio da composição hierárquica. Ele requer um exame cuidadoso, pois não é incomum de ser violado. Enquanto a preferência para as alternativas é quase sempre dependente dos elementos dos níveis mais altos (objetivos), a importância dos objetivos pode ou não ser dependente dos elementos dos níveis mais baixos (alternativas).

Ilustrando esse fato, na escolha de um notebook, a importância relativa do critério velocidade versus o critério peso do notebook pode depender das alternativas específicas consideradas para a seleção. Se as alternativas possuem o mesmo peso, mas diferem enormemente na velocidade, por conta de uma alternativa possuir um processador mais moderno e muito mais rápido, então, o critério velocidade será muito mais importante que o critério peso. Nesse caso, há feedback das alternativas para os objetivos.

4.4.4 – Axioma 4: Expectativa

Para a proposta de tomar uma decisão, supõe-se que a estrutura hierárquica seja completa.

Se este axioma não é satisfeito, por conseguinte o decisor não está usando todos os critérios e/ou todas as alternativas disponíveis ou necessárias para satisfazer suas expectativas racionais, e assim a decisão é incompleta.

Forman (2001b) relata que esse axioma foi introduzido por Saaty, posteriormente aos demais e diz que indivíduos, que tenham fundamento para suas crenças, devem certificar-se de que suas idéias estejam adequadamente representadas, para que o resultado seja compatível com suas expectativas. Apesar de soar vago, ele é importante, pois o AHP pode ser aplicado em uma série de diferentes modos e a aderência a esse axioma previne a aplicação do AHP em modos inapropriados.

4.5 – Etapas

Não há homogeneidade na literatura sobre um número de passos para a aplicação do

AHP, não obstante os autores referirem-se à mesma metodologia, cada autor enfatiza uma funcionalidade do método mais crítica para sua aplicação. O número de etapas pode ser tão pequeno como 3 (ALMEIDA, 2002), ser de tamanho intermediário como 6 passos, porém diferentes entre os autores (MORITA, 1998; MACHADO, 2003; LIU, 2005; IŞIKLAR, 2007) ou mesmo chegar a 18 passos (ROMERO, 2006).

Saaty (1999b) faz uma explanação muito didática ao definir os sete pilares do AHP:

a) **Escala de razão, proporcionalidade e escala de razão normalizada** são centrais para a geração e síntese de prioridades;
b) **Comparações pareadas recíprocas** são usadas para expressar julgamentos, ligando-os semanticamente a uma escala fundamental numérica, da qual o autovetor principal das prioridades é derivado;
c) A **sensibilidade do vetor principal direito** a perturbações nos julgamentos limita o número de elementos em cada conjunto de comparações a um pequeno número e requer que eles sejam homogêneos;
d) **Homogeneidade e estrutura em grupos** são usadas para estender a escala fundamental de um grupamento para outro adjacente, podendo expandir a capacidade de comparação da escala fundamental de 1 a 9 para até o infinito. A estruturação em grupos ou nódulos permite a comparação de elementos homogêneos em um nível, com elementos não homogêneos a eles em um nível adjacente;
e) **Síntese**, que pode ser estendida para dependência e feedback, é aplicada às escalas de razão derivadas, criando uma escala de razão unidimensional para representar o resultado global;
f) **Possibilidade de *rank* reverso ou preservação da ordenação** dependendo da necessidade do problema;
g) **Possibilidade de julgamentos em grupo**.

Para facilitar o entendimento, serão descritos cinco passos básicos para a aplicação do AHP:

1) Decomposição hierárquica do problema;
2) Comparação pareada entre os elementos da hierarquia;
3) Determinação da prioridade relativa de cada critério;
4) Avaliação da consistência das prioridades relativas;
5) Obtenção da prioridade composta para as alternativas.

4.5.1 – Decomposição Hierárquica do Problema

O primeiro passo no AHP é a decomposição do problema em uma árvore hierárquica composta no mínimo de três níveis: um objetivo, critérios (com ou sem subcritérios) e alternativas (MACHADO, 2003), como ilustrado na **Figura 4.1**.

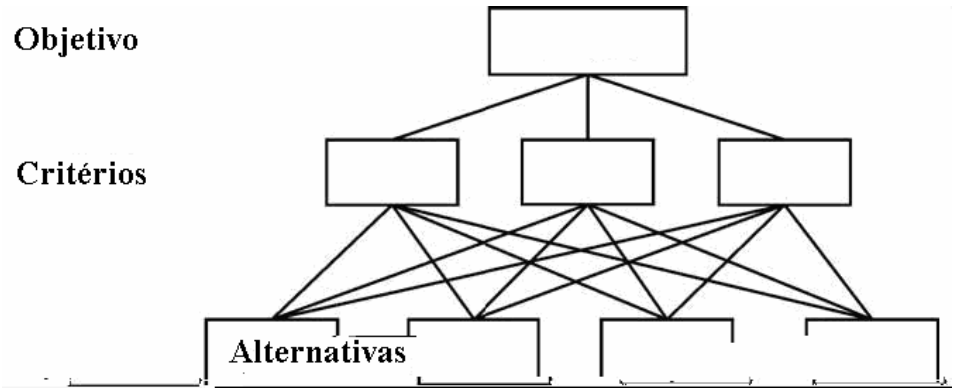


Figura 4.1 – Estrutura hierárquica de um problema de tomada de decisão. Fonte: adaptada de Işiklar (2007).

Uma hierarquia é uma maneira conveniente de decompor em partes um problema complexo, na busca da representação de causa e efeito (GOMES, 2004).

O grupamento de subcritérios abaixo de um critério pai é uma maneira de homogeneizar os elementos dentro de cada grupo, permitindo uma comparação de elementos de características e dimensões parecidas (SAATY, 1999b).

A estruturação de uma hierarquia requer experiência e conhecimento da área relacionada ao problema. Dois decisores, separadamente, podem construir duas hierarquias diferentes para o mesmo problema. Assim, o consenso deve ser a base da construção da hierarquia, quando estruturada por um grupo de decisores. Nessa situação, a contribuição de diferentes pontos de vista favorece a uma melhor representatividade do problema, homogeneidade dos grupamentos de critérios e redução de redundâncias e critérios irrelevantes.

Para facilitar a comparação pareada que será realizada nos passos seguintes, recomenda-se que os grupamentos não tenham mais que 9 subcritérios (SAATY, 1987a).

4.5.2 – Comparação Pareada entre os Elementos da Hierarquia

Essa etapa consiste em estabelecer prioridades entre os elementos para cada nível da hierarquia, por meio de uma matriz de comparação (MACHADO, 2003).

A comparação é feita aos pares, isto é, confrontando-se a importância dos elementos

do mesmo nível hierárquico, dois a dois, frente ao elemento pai de seu grupamento. A escala de razão utilizada no modelo clássico do AHP usada para pontuar as preferências do decisor é a escala fundamental de Saaty, cujos valores vão de 1 a 9 de acordo com o **Quadro 4.1** (MORITA, 1998).

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra: sua dominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade *i* recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade *j*, então *j* tem o valor recíproco quando compara com *i*	Uma designação razoável
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, para completar a matriz.

Quadro 4.1 – Escala Fundamental de Saaty. Fonte: Saaty (1987a).

Há uma equivalência semântica para cada valor da escala, como demonstrado pelo **Quadro 4.1**. Cada par é comparado sob o ponto de vista de um determinado critério do nível hierárquico superior (critério pai de seu grupamento). Assim, hipoteticamente, seria dito que um subcritério C_1 é 5 vezes mais importante do que um subcritério C_2 em relação ao critério pai *t*, ou que o subcritério C_1 tem importância grande frente ao subcritério C_2 em relação ao critério pai *t*.

Como a comparação é pareada, será montada uma matriz de comparação quadrada recíproca, onde no caso hipotético anterior, o subcritério C_2 seria 1/5 de vez mais importante do que um subcritério C_1 em relação ao critério pai *t*.

A diagonal principal da matriz quadrada é preenchida com valores unitários, pois cada

elemento comparado consigo mesmo tem igual importância (MORITA, 1998), como visto na **Tabela 4.1**.

Critérios	*C1*	*C2*	*C3*	*C4*
C1	1	5	3	2
C2	1/5	1	1/2	1/4
C3	1/3	2	1	1/2
C4	1/2	4	2	1

Tabela 4.1 – Matriz de Comparação Quadrada. Fonte: adaptada de Machado (2003).

As matrizes quadradas formadas (equação 4.1) devem satisfazer:

Regra 1: Se $a_{ij} = \alpha$ então $a_{ji} = 1/\alpha$, $\alpha \neq 0$ (Reciprocidade).

Regra 2: $n = m$, pois se trata de uma matriz quadrada (n x n).

Regra 3: $a_{ij} > 0$, todos os elementos são positivos.

Regra 3: se C_i é julgado como de igual importância relativa ao par C_j, então $a_{ij} = 1$ e $a_{ji} = 1$ em particular, $a_{ii} = 1$, para todo i, pois se trata da diagonal principal.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{12} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

O número de comparações requeridas para a composição de cada matriz é dado por $n(n-1)/2$, onde n é o número de critérios, coincidente com o número de linhas e de colunas da matriz (ALMEIDA, 2002).

4.5.3 – Determinação da Prioridade Relativa de cada Critério

A terceira etapa consistente no cálculo das prioridades relativas dos pesos de cada matriz de julgamento. A prioridade relativa calculada para cada elemento deve ser um valor entre 0 e 1. A soma total dos pesos para cada grupo de valor, em cada nível da hierarquia, deve ser igual a 1, o que é conseguido pela normalização. O AHP usa o método do autovetor para determinar os pesos dos elementos de um grupo (MORITA, 1998).

Considerando que a matriz quadrada recíproca A = (a_{ij}), na qual todos os juízos fossem perfeitos em todas as comparações, seria possível verificar que a_{ij} x a_{jk} = a_{ik}, para

qualquer *i, j, k*. Nesse caso a matriz seria consistente e $\lambda_{max} = n$ e $a_{ij} = w_1/w_2$, onde λ_{max} é o autovetor da matriz *A* e *w* é o vetor próprio correspondente ou o vetor de prioridades.

Contudo, quase sempre se verifica alguma inconsistência nos juízos, fato que é admitido no AHP. Essa inconsistência pode ser medida da seguinte forma: quanto mais próximo estiver o valor do autovetor λ_{max} de *n*, maior será a consistência dos juízos. Assim, $\lambda_{max} - n$ é um indicador de consistência (GOMES, 2004).

4.5.4 – Avaliação da Consistência das Prioridades Relativas

Saaty (1987b) demonstrou que, sendo *A* a matriz de valores, deverá ser encontrado o vetor que satisfaça a equação 4.2:

$$A.w = \lambda_{max}.w \tag{4.2}$$

Para se obter o autovetor a partir da equação anterior, tem-se que:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} v_i \frac{(Aw)_i}{w_i} \tag{4.3}$$

Pequenas variações em a_{ij} implicam em pequenas variações do autovetor λ_{max}, onde o desvio do autovetor em relação a *n* é considerado uma medida de consistência. Logo, é possível afirmar que λ_{max}, permite avaliar a proximidade da escala fundamental de Saaty com a escala de razões ou quocientes que seria usada se a matriz *A* fosse totalmente consistente. Isso pode ser feito por meio de um Índice de Consistência – IC (GOMES, 2004).

Saaty propõe o cálculo da Razão de Consistência – RC, obtida pela fórmula: RC = IC/IR, onde IC é o Índice de Consistência calculado pela fórmula: IC = $(\lambda_{max} - n) / (n-1)$, que usa um autovetor λ_{max} obtido por meio da multiplicação do autovetor direito pela matriz original. Esse cálculo fornece como resultado um novo vetor, no qual cada elemento é dividido pelo elemento correspondente no autovetor, os resultados são somados, tirando-se em seguida a média. Por outro lado, o Índice Randômico – IR é um índice aleatório, calculado por iterações para matrizes quadradas de ordem *n* pelo Laboratório Nacional de *Oak Ridge* (GOMES, 2004).

Alguns valores aproximados para o IR podem ser vistos na **Tabela 4.2**.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IR	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49	1,51	1,48

Tabela 4.2 – Índices Randômicos. Fonte: Saaty (2004).

Como uma regra básica, para $n > 4$ uma inconsistência aceitável seria RC $\leq$ 0,10 (GOMES, 2004).

4.5.5 – Obtenção da Prioridade Composta para as Alternativas

Uma vez definidos os pesos para cada critério e subcritérios, utilizando-se de procedimento parecido com o anteriormente descrito, deve-se calcular o vetor de prioridade para as alternativas e multiplicá-lo pelas prioridades relativas dos critérios, obtendo-se a ordenação final (GOMES, 2004).

4.6 – Principais Críticas ao Método

Goodwin (2004) resume as principais críticas ao AHP:

a) Conversão de escala verbal para numérica pode apresentar imprecisão;
b) Inconsistências com a escala de 1 a 9: se A é 3x mais dominante que B, e B é 5x mais que C, então A é 15x mais dominante que C, extrapolando a escala até 9;
c) Decisores podem ter interpretações diferentes ao utilizarem a escala verbal;
d) Novas alternativas podem levar à reversão de ordem das alternativas existentes;
e) Número de comparações requeridas pode ser longo;
f) Os axiomas do AHP não são passíveis de teste.

Tais argumentações foram contrapostas por diversos autores na literatura e podem ser avaliadas em diversos trabalhos do próprio inventor da ferramenta, como em Saaty 1986, 1987b, 1994, 2004 e 2006.

Tallarico (1990) faz um extenso estudo sobre a reversão de ordem (*rank* reverso) em alguns métodos multicriteriais de apoio à decisão, chegando à conclusão de que o fenômeno não ocorre apenas no AHP, mas, sim, é comum a vários outros métodos multicriteriais de apoio à tomada de decisão.

Saaty (2004) defende que a possibilidade de ocorrer a reversão de ordem no modo distributivo de síntese no AHP e a possibilidade de impedir o fenômeno ao se utilizar o modo ideal de síntese dá flexibilidade à ferramenta, pois pode ser usada para resolver problemas que se beneficiem ou não da reversão de ordem. Assim, a possibilidade de reversão de ordem torna-se um ponto positivo para o AHP.

Por que usar o AHP apesar de tanta controvérsia na literatura?

Essa pergunta foi respondida por Machado (2003):

> "Mesmo sendo um método de apoio multicritério à decisão tecnicamente controvertido, é inegável o valor do AHP como ferramenta para construir-se um modelo, requisito básico para um problema decisório, através do estabelecimento de uma estrutura hierárquica de critérios. Nesta medida, é perfeitamente justificável o uso do método AHP, desde que se tenha em mente suas potenciais limitações."

g) os critérios podem necessitar de escalas de mensuração diferentes (cardinal, verbal ou ordinal).

Há um grande número de aplicações do AHP com ou sem outras técnicas integradas (programação linear, lógica Fuzzy, QFD, etc.) na literatura, inclusive na área de saúde, em diversos campos como: planejamento, seleção da melhor alternativa, alocação de recursos, solução de conflitos, análise de custo-benefício, entre outras (VAIDYA, 2006; FORMAN, 2001a; VARGAS, 1990).

Na mesma linha dessa dissertação, Sloane (2003) aplicou o AHP na avaliação microeconômica para a possível aquisição de 24 ventiladores neonatais para a ampliação do centro de tratamento intensivo neonatal de um tradicional hospital americano. Uma equipe multidisciplinar definiu os critérios de seleção. O item custo foi incluído entre os critérios escolhidos, sendo dado um peso menor em relação aos demais (segurança, fatores clínicos e engenharia biomédica). Dentro do critério custo, o item custo do ciclo de vida do equipamento recebeu o menor peso entre os demais subcritérios (política de reparo de partes, programa de consignação de partes, programa de treinamento, contratos de serviço e disponibilidade de aluguel de suplementos).

Isso demonstra uma predisposição para uma seleção pautada na melhor tecnologia em detrimento do critério custo do equipamento.

O objetivo era escolher o melhor equipamento. Assim foram avaliadas as três alternativas consideradas: a versão mais nova dos atuais ventiladores neonatais já em uso no hospital (alternativa 1), um ventilador de outro fabricante possuindo o estado-da-arte em tecnologia (alternativa 2), e a manutenção do mesmo padrão de equipamento atual, fora de linha de produção, mas remanufaturado e proveniente de outros hospitais (alternativa 3).

Assim, como era de se esperar, o ventilador mais moderno, no estado-da-arte (alternativa 2), obteve a melhor posição no *rank*ing final apesar de seu preço (não declarado no artigo), possivelmente, ter sido o maior, o que pode ter sido minimizado pelo baixo peso dado ao subcritério custo do ciclo de vida do equipamento para o proprietário.

O estudo mostra-se um exemplo ilustrativo de aplicação do AHP na avaliação de aquisição de equipamento médico enquanto aplicação da ferramenta, todavia, a escolha das alternativas não foi a mais feliz, na visão do autor, pois a inclusão da alternativa 2 com o estado-da-arte em tecnologia, frente à alternativa 3 (um equipamento remanufaturado com tecnologia ultrapassada) gerou um viés, no qual a característica tecnologia, intrínseca às alternativas, influencia a nota dada a praticamente todos os critérios. Segundo Saaty (1999; 2004) quando há dependência ou feedback entre os critérios e alternativas o problema é mais

bem abordado pelo uso do ANP – *Analytic Network Process* ou Método de Análise em Rede, ao invés do AHP. Por outro lado, a escolha do melhor equipamento, entre alternativas com patamares tecnológicos tão distintos, torna-se por demais óbvia, não sendo necessária a aplicação de qualquer metodologia, que envolva tantas horas de trabalho de profissionais para constatar o que já é esperado.

4.8 – Considerações Finais

Esse capítulo encerra a revisão bibliográfica que embasará a aplicação da metodologia, que será apresentada no próximo capítulo.

A maior extensão da revisão da literatura, sobretudo sobre o tema equipamento de ultra-sonografia, permitirá uma melhor compreensão dos critérios e subcritérios usados para a avaliação das alternativas quando da aplicação da ferramenta de apoio à tomada de decisão, descrita nos capítulos seguintes.

O Anexo D apresenta um exemplo numérico hipotético para uma melhor compreensão dos passos a serem seguidos para a aplicação do AHP.

O terceiro questionamento básico, como apresentado nas considerações finais da introdução foi abordado nesse capítulo:

Por que a escolha do AHP?

Essa pergunta pode ser respondida com base nos pontos fortes do AHP levantados por Goodwin (2004):

a) capacidade de estruturação formal do problema;
b) simplicidade das comparações pareadas;
c) redundância de julgamentos permite que a consistência seja checada e;
d) versatilidade: pode ser usado com outras metodologias e para uma ampla gama de problemas.
e) acrescentando-se a disponibilidade de ferramentas computacionais no mercado.

CAPÍTULO 5

5 – APLICAÇÃO DO MÉTODO

5.1 – Considerações Iniciais

Os capítulos anteriores apresentaram os objetivos e justificativas desse trabalho, bem como a revisão bibliográfica dos grandes temas que embasam a aplicação da metodologia proposta.

A partir desse capítulo entraremos na pesquisa de campo propriamente dita, apresentando a instituição na qual foi aplicada a ferramenta, descrevendo a seqüência dos passos percorridos, a escolha das alternativas e os julgamentos realizados.

5.2 – Apresentação da Instituição

A Fundação Mário Penna – FMP, sediada em Belo Horizonte, é a mantenedora do maior serviço de quimioterapia e radioterapia do Estado de Minas Gerais e um dos 10 maiores centros oncológicos do Brasil. A FMP, com 246 leitos, destina um pouco mais de 60% de seus atendimentos ao SUS – Sistema Único de Saúde.

Sua estrutura organizacional, apresentada na **Figura 3.1**, é encabeçada pelo Conselho Curador, órgão deliberativo (instância decisora), que cuida das questões estratégicas, sendo dirigido pelo Deputado Federal Osmânio Pereira de Oliveira e pelo Deputado Estadual José Miguel Martini. A Presidência, exercida pelo Dr. Cássio Eduardo Rosa Resende, é a responsável por garantir a execução das deliberações do Conselho Curador. A Superintendência, coordenada pelo Superintendente Geral Paulo Afonso de Miranda, é o órgão executivo, propriamente dito, responsável pela gestão e aplicação das ações na organização.

A FMP mantém, em Belo Horizonte, duas unidades hospitalares, o Hospital Mário Penna e o Hospital Luxemburgo, além de duas unidades de apoio aos pacientes e seus familiares, voltadas para a assistência social, o Lar Célia Janotti, para pacientes adultos e seus familiares e o Lar Januário Carneiro, para pacientes pediátricos e seus familiares (FMP,

2004). A área administrativa da FMP, que inclui o Conselho Curador, Presidência, Superintendência, Gerências Administrativas (compras, informática, financeira e contábil, pessoal, marketing, recursos humanos e de relacionamento com empresas conveniadas) e assessorias (financeira, de imprensa, jurídica e para captação de recursos) está situada na sede, em endereço distinto das unidades operacionais e assistenciais.

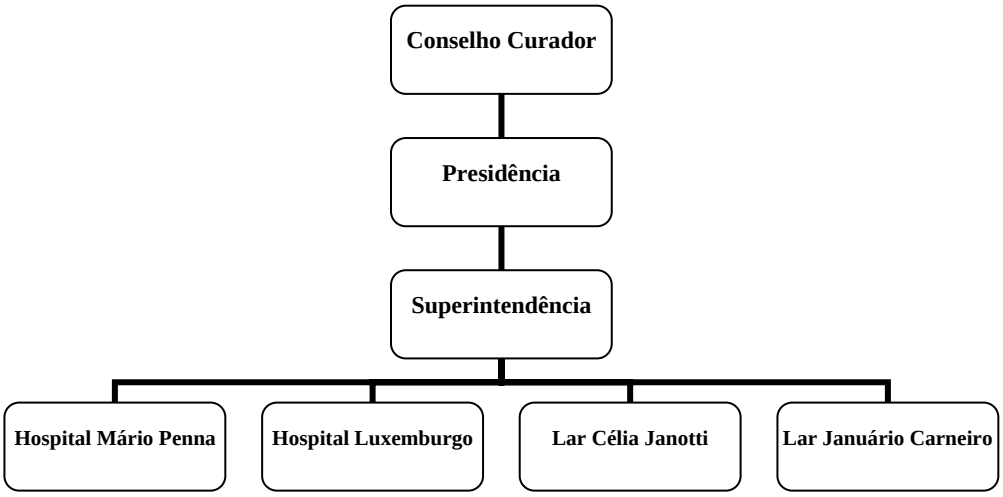


Figura 5.1 – Organograma da FMP – Fundação Mário Penna.

O Hospital Mário Penna possui 56 leitos com uma produção anual de cerca de 2,6 mil cirurgias e 34 mil atendimentos ambulatoriais. Conta com 3 salas cirúrgicas e serviços básicos de apoio de diagnóstico e tratamento (serviço de radiologia e laboratório de análises clínicas), serviço de quimioterapia e ambulatório em diversas especialidades médicas, fisioterapia, terapia ocupacional e psicologia. A totalidade de seus atendimentos é destinada ao SUS – Serviço Único de Saúde, sendo a Oncologia o seu foco principal.

O Hospital Luxemburgo possui 190 leitos, dos quais 20 leitos de UTI – Unidade de Tratamento Intensivo, 6 salas cirúrgicas, o maior serviço de Radioterapia de Minas Gerais, com 2 Aceleradores Lineares, 1 Bomba de Cobalto, 1 Simulador de Dose e sistema informatizado de planejamento de dose, 1 equipamento de Tomografia Computadorizada, 1 equipamento de Medicina Nuclear (Gama-câmara), 1 equipamento de Ultra-sonografia, 1 Mamógrafo, 3 salas de Radiologia Convencional, 1 equipamento de Hemodinâmica, 2 equipamentos de Ecocardiografia (propriedade da equipe médica), 2 equipamentos de Endoscopia, além de um dos maiores serviços de quimioterapia de Minas Gerais e diversos outros serviços clínicos, como: Unidade de Pronto Atendimento, Laboratório de Análises Clínicas, Laboratório de Anatomia Patológica, Serviço de Nutrição Clínica e Terapia Nutricional, Serviço de Psicologia, entre outros. Sua produção anual é da ordem de 12 mil

internações, 5,3 mil cirurgias, 18 mil sessões de quimioterapia, 90 mil sessões de radioterapia e 290 mil exames laboratoriais (FMP, 2004).

O Hospital Luxemburgo é um hospital geral de alta complexidade, com foco em quatro áreas: Oncologia e suas especialidades médicas de apoio, Cardiologia, Hemodinâmica e Neurocirurgia. Além da maioria absoluta dos atendimentos ambulatoriais realizados para o SUS, destina cerca de metade das internações às diversas operadoras de planos de saúde (convênios), bem como, da maioria dos atendimentos de Cardiologia e Hemodinâmica, como fonte de recursos para se atingir o equilíbrio financeiro da instituição.

A FMP foi instituída em 2000 pela AAHMP - Associação Amigos do Hospital Mário Penna pela transferência de seu patrimônio. A FMP foi criada com o objetivo de profissionalizar a administração e garantir a qualidade do atendimento prestado, até então, pela AAHMP (FMP, 2004). A FMP foi criada para ser a sucessora da AAHMP, sendo previsto que em 2007 possa ser feita a assunção, também, dos funcionários, contratos e serviços, ainda em nome da segunda instituição. A FMP aguarda a decisão do Conselho Nacional de Assistência Social, para que possa assimilar as atividades da AAHMP, sem descontinuidade dos benefícios tributários, fundamentais para o seu equilíbrio financeiro.

A história da Instituição é um exemplo de como a sociedade civil organizada pode mobilizar-se para auxiliar a atividade do Estado e solucionar os problemas e necessidades assistenciais e de saúde da comunidade.

A AAHMP - Associação Amigos do Hospital Mário Penna foi criada, em 1971, para prover recursos necessários para a subsistência e manutenção do então Hospital Mário Penna, um hospital público ocupando um espaço precário e improvisado, que o governo do Estado destinava aos pacientes terminais de câncer, também, chamado na época de “depósito”, porque, ali, os pacientes oncológicos sem esperança terapêutica aguardavam a morte.

Em 1974, o médico e professor João Baptista Resende Alves, um dos maiores expoentes da Oncologia brasileira, se coloca à disposição da instituição e inicia uma ação médica permanente no local. Em 1975, o Estado de Minas Gerais doa à AAHMP o imóvel onde hoje se localiza o Hospital Mário Penna e com o dinheiro arrecadado de um festival de chopp, são obtidos recursos para a construção do primeiro bloco cirúrgico. Em 1986, é inaugurado o Hospital Luxemburgo, nome final dado ao projeto de construção do Instituto Mineiro de Oncologia, iniciado em 1980, que contou com a doação de terreno e alguns equipamentos por parte do Estado de Minas Gerais e da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, financiamento pelo BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social e um monumental esforço e empreendedorismo da AAHMP (FMP, 2004).

Os nomes da FMP e da AAHMP são homenagens a seu patrono, o professor de Medicina, mineiro, Dr. Mário Goulart Penna, introdutor da técnica de aplicação *radium* no Brasil (FMP, 2004).

A história administrativa da AAHMP foi marcada por graves crises financeiras, o que levou o Ministério Público do Estado de Minas Gerais a recomendar a criação e a transferência do patrimônio e de suas atividades para uma fundação. A instituição enquanto fundação está legalmente sujeita à fiscalização direta do Ministério Público, gozando de maior credibilidade pública do que uma associação. Isso seria um passo importante para o saneamento administrativo e financeiro da instituição.

O ápice da crise financeira ocorreu no final de 2002, quando as dívidas da instituição alcançavam a cifra de 30 milhões de reais, das quais R$ 14 milhões de empréstimos contraídos junto ao BNDES, R$ 12 milhões resultantes de uma grande compra de equipamentos médicos de um fabricante multinacional, há cerca de 5 anos antes e sob disputa judicial, e R$ 4 milhões em dívidas trabalhistas e dissídios coletivos não pagos (FMP, 2004).

A partir de um diagnóstico de calamidade institucional, insolvência financeira e risco de descontinuidade das atividades, realizado por uma auditoria externa, o Conselho Curador convidou o Procurador do Ministério Público do Estado de Minas Gerais Dr. Cássio Eduardo Rosa Resende, responsável pela Curadoria de Fundações de Belo Horizonte, então recentemente aposentado, a assumir o desafio de recuperação da Instituição, com a função de Presidente da FMP em 2003, para mandato de 4 anos.

A Presidência passou a implantar uma série de medidas gerenciais de urgência, saneantes, estruturantes e moralizantes, como a assunção da gestão da instituição, até então terceirizada, redução do número de funcionários, redução de cargos de confiança e com salários acima do mercado, cancelamento ou renegociação de contratos que causavam prejuízos, profissionalização dos quadros funcionais da Instituição, contenção de gastos para os estritamente necessários, reorganização da estrutura de arrecadação de doações junto à comunidade e implantação de um programa de desenvolvimento gerencial e institucional (FMP, 2004).

O acerto nas ações emergenciais implantadas pode ser constatado pelo resultado contábil positivo apresentado ainda no ano de 2003, mesmo que pequeno, quando já prognosticado e esperado a completa insolvência da Instituição. No ano seguinte, 2004, o resultado foi muito melhor, puxado por uma grande melhoria do volume de receitas advindas de doações da comunidade, que passaram a representar cerca de 30% da arrecadação da Instituição e uma redução significativa dos gastos das unidades operacionais, Hospital

Luxemburgo e Hospital Mário Penna, ainda que estes não tivessem alcançado o equilíbrio econômico e financeiro. A FMP conseguiu excelentes renegociações das dívidas trabalhistas e da dívida junto ao BNDES e fez um grande esforço de caixa para conseguir um acordo extrajudicial com a empresa multinacional de equipamentos médicos, que oferecera um significativo desconto para pagamento à vista.

O planejamento estratégico, elaborado pelo Conselho Curador, projetava que a instituição deveria atingir a excelência em serviços de saúde nos próximos 7 anos.

No início de 2005, a FMP conseguiu juntar cerca de R$ 3,5 milhões em caixa e intencionava aplicá-los na liquidação parcial da dívida com a empresa multinacional de equipamentos médicos e na implantação de melhorias das unidades assistenciais, delineadas pelas seguintes ações de planejamento institucional:

a) plano diretor de informática que previa a implantação de um sistema integrado único para as áreas assistenciais e administrativas;
b) plano diretor de equipamentos médicos que previa a restauração dos equipamentos existentes e a aquisição de novos equipamentos necessários, entre eles: um novo tomógrafo helicoidal, um novo acelerador linear que permitisse a execução de radiocirurgia e a adequação da quantidade e qualidade dos equipamentos do bloco cirúrgico, UTI, áreas de internação e laboratório de patologia clínica, entre outras ações. Apresentou como subprojeto um plano emergencial de manutenção dos equipamentos médico-hospitalares, contemplando a solução de problemas emergenciais e pontuais.
c) plano diretor de obras que previa a adequação física geral das instalações e crescimento do número de leitos de UTI e salas cirúrgicas. Também, definiu-se um plano emergencial de adequação de alguns serviços que se encontravam em condições piores de uso.
d) adesão ao programa de acreditação hospitalar da ONA – Organização Nacional de Acreditação, instituição privada encarregada de coordenar e gerenciar o sistema de acreditação hospitalar junto ao Ministério da Saúde.

O planejamento estratégico da instituição preconizava, também, a auto-sustentação, isto é, que o resultado financeiro dos 40% de atendimentos destinados às operadoras de planos de saúde e pacientes particulares, permitidos pela legislação, suprissem o prejuízo ocasionado pela destinação legal de 60% de sua produção para o SUS. Sendo assim, o grande montante de arrecadação com doações da comunidade, cerca de 30% da receita da Instituição, poderia ser direcionado para implantação de novos serviços e aprimoramento dos existentes.

A última obrigação financeira que impedia a Instituição de obter todos os certificados legais e certidões negativas necessárias para seu funcionamento adequado era a dívida com a empresa multinacional de equipamentos médicos. Essa decorreu de uma grande compra de equipamentos (um aparelho de Hemodinâmica, substituição de uma Gama-câmara, substituição de um equipamento de radiologia convencional, substituição de um aparelho de tomografia, entre outros), a qual a FMP / AAHM não conseguiu honrar com os compromissos financeiros assumidos, seja por falta de planejamento financeiro da compra, seja pela desvalorização cambial do início de 1999, que praticamente dobrou as dívidas assumidas em dólares. Assim, a FMP / AAHM buscou a via judicial, tentando manter os valores da dívida assumidos em moeda nacional. O processo judicial arrastou-se durante os anos, continuando sem decisão final, e a FMP teve que arcar com um relacionamento desgastado com a multinacional, que entre os compromissos assumidos, manteve a prestação dos serviços de manutenção dos equipamentos adquiridos.

Foi realizado um acordo de refinanciamento dessa dívida em 2005, que pôs fim ao dissídio judicial. Junto com a renegociação, houve a substituição do tomógrafo, cujo modelo comprado anteriormente mostrou-se não ter equilíbrio financeiro, pois havia consumido um tubo de cerca de US$ 70 mil por ano de funcionamento, além de causar grande insatisfação junto aos médicos do corpo clínico do hospital, pois com freqüência havia a necessidade de transportar os pacientes internados para a realização de exame em outro hospital, muitas vezes sem condições clínicas de transporte seguro, pois o serviço de tomografia estava parado, aguardando conserto do equipamento ou importação e troca do tubo.

A mudança na filosofia de trabalho da direção da Instituição mostrou-se correta e, em agosto de 2005, o Hospital Luxemburgo estava com quase 100% de ocupação, ultrapassando o equilíbrio econômico-financeiro e propiciando segurança para o investimento na ampliação e modernização do Bloco Cirúrgico, UTI, Laboratório de Patologia Clínica e outros serviços como o de Ultra-sonografia.

5.3 – O Problema e sua Contextualização na Instituição

A necessidade da compra do equipamento de ultra-sonografia tem duas vertentes principais. Primeiramente, decorre do esforço da FMP na busca da excelência em seus serviços, definido no planejamento estratégico da Instituição, e no cumprimento das exigências legais pertinentes às suas atividades. Em um segundo momento, a compra de um novo equipamento de ultra-sonografia diagnóstica dentro do padrão médio de mercado, foi

compromissada com a equipe médica contratada para executar os serviços de ultra-sonografia em maio de 2005, visando ao equilíbrio financeiro do serviço, por meio do aumento do número de atendimentos aos pacientes das operadoras de planos de saúde.

Por força da legislação vigente na época, a Portaria nº. 3.535/98 (BRASIL, 1998), havia a necessidade de um equipamento de ultra-sonografia com Doppler colorido e transdutores transvaginais e transretais, para que a instituição pudesse ser mantida na categoria de Centro de Alta Complexidade de nível II.

A FMP possuía um equipamento de ultra-sonografia Siemens, modelo Sonoline Prima, sem recursos de Doppler colorido e sem recursos mais modernos como a harmônica de tecido, com cerca de 8 anos de uso, que não atendia às exigências legais e estava abaixo do padrão de mercado, em relação à qualidade diagnóstica oferecida pelos melhores serviços de diagnóstico em ultra-sonografia de Belo Horizonte. Pela experiência profissional dos médicos da Sonar Ultra-Sonografia Ltda., equipe médica contratada para assumir a execução dos serviços de ultra-sonografia no Hospital Luxemburgo, os quais trabalham em diversos outros serviços, o mercado de ultra-sonografia de Belo Horizonte oferecia aparelhos de médio porte com imagem harmônica de tecido, Doppler e qualidade de imagem superior ao conseguido com o equipamento do Hospital Luxemburgo / FMP.

Dessa forma, o equipamento de ultra-sonografia da FMP, não apresentava competitividade em relação aos serviços de ultra-sonografia do mercado em Belo Horizonte para atendimento às operadoras de plano de saúde, fatia rentável do mercado, muito embora estivesse dentro dos parâmetros de mercado para atendimento a pacientes do SUS. Isso, em parte, justifica o pequeno movimento de convênios no Serviço de Ultra-sonografia do Hospital Luxemburgo da FMP, frente à maioria absoluta do movimento destinado ao SUS, cerca de 95% da produção do serviço. Assim, grande parte dos exames ultra-sonográficos solicitados para pacientes de convênios pelos médicos do corpo clínico do Hospital Luxemburgo, em seus consultórios particulares ou no ambulatório do próprio Hospital, eram encaminhados para serviços externos com melhor qualidade diagnóstica.

Isso contribuía para a inviabilidade financeira do Serviço de Ultra-sonografia, tendo em vista que o SUS remunera, em média, R$ 12,50 por um exame de ultra-sonografia geral, muito abaixo do valor médio de cerca de R$ 80,00 de remuneração por uma operadora de plano de saúde, para o mesmo exame. O valor pago pelo SUS está abaixo, inclusive, do valor médio pago para o médico executante do exame, R$ 25,00 por exame realizado, apurado em pesquisa de mercado realizada pela FMP, em fevereiro de 2005, quando do estudo da reconstituição do serviço próprio de ultra-sonografia.

A partir de agosto de 2005, iniciou-se a avaliação para a aquisição do novo equipamento de ultra-sonografia.

O autor, então, propôs à Superintendência da FMP uma estruturação diferente do processo de compra, em relação ao modelo vigente na Instituição, com a aplicação do AHP – Método de Análise Hierárquica para a avaliação e ordenação técnica dos equipamentos apresentados na concorrência, o que foi aceito de imediato, na linha de ação de implantação de melhorias gerenciais.

A finalidade era de se evitar a experiência anterior da Instituição, descrita acima, de aquisição acrítica de equipamentos médico-hospitalares, o que contribuiu para a quase insolvência financeira da Instituição, dando transparência e trilha de auditoria ao processo.

5.4 – Estruturação do Processo de Compra e sua Cronologia

A necessidade da compra de um novo equipamento de ultra-sonografia para cumprimento das exigências legais e do compromisso assumido quando da contratação da equipe médica, como explicados anteriormente, possibilitou a aplicação do AHP no processo de avaliação técnica, tendo em vista que tal equipamento possui um grande número de características técnicas que devem ser avaliadas e, que segundo o ECRI (2004), as alternativas de marcas e modelos oferecidas pelos principais fabricantes estão muito próximas uma das outras, em relação à qualidade e desempenho, resguardado a mesma faixa de mercado dos equipamentos comparados.

A Avaliação Técnica foi estruturada como um subprojeto dentro do Processo de Aquisição do Equipamento de Ultra-sonografia, didaticamente separada em seis subprojetos:

1 – Avaliação de Mercado:

a) Avaliação do Mercado Interno à Instituição: abordando a necessidade técnica do equipamento, qualificação médica para a operação do equipamento, demanda interna de serviço, clínicas e serviços beneficiados com a aquisição, benefício global para a Instituição, inserção dentro de projetos institucionais previamente definidos, entre outros critérios;

b) Avaliação do Mercado Externo à Instituição: número de equipamentos similares instalados na região, benefício financeiro ou benefício para imagem institucional trazido pela aquisição do equipamento, tendência de futuro para o

equipamento ou clínica envolvida, demanda atual e potencial de pacientes, valores pagos pelas operadoras de planos de saúde e SUS, entre outros critérios;

2 – Avaliação de Engenharia Clínica: abordando a melhor localização do serviço dentro da Instituição, as necessidades de projetos arquitetônicos, hidráulicos e elétricos, exigências legais para a implantação e funcionamento do serviço, necessidades de equipamentos adicionais de infra-estrutura ou apoio, entre outros critérios.

3 – Avaliação Financeira: com base em pesquisa de mercado junto às operadoras de plano de saúde e concorrentes e com base nos dados de custos internos da Instituição, foi elaborado um estudo de análise de viabilidade financeira baseado no Valor Presente e Custo do Ciclo de Vida do Equipamento, conforme preconizado pelo ECRI (2004). Nesse estudo foram estipulados: o ponto de equilíbrio econômico e financeiro do projeto, o volume mínimo de atendimentos mensais, a meta de atendimentos por dia a ser atingida, valores máximos de aquisição do equipamento, peças e contrato de manutenção para se conseguir o resultado financeiro esperado e manter a viabilidade econômica do projeto.

4 - Avaliação Técnica: destinada a produzir uma ordenação técnica dos equipamentos avaliados de maneira clara, definindo os pontos fortes e fracos de cada equipamento, que porventura possam ser melhorados ou compensados, se a decisão final não favorecer à melhor alternativa da ordenação técnica.

5 – Avaliação Comercial: balizada pela avaliação financeira, buscando determinar a ordenação comercial das alternativas, de uma maneira clara, definindo os pontos fortes e fracos de cada alternativa, quanto ao preço e condições de pagamento e financiamento do equipamento, peças, contrato de manutenção e garantia, inclusive demonstrando os pontos que possam ser melhorados ou compensados, se a decisão final não favorecer a melhor alternativa da ordenação comercial.

6 – Avaliação Final: definição pela instância competente na Instituição (Conselho Curador e Presidência) da alternativa a ser comprada, ou não, cruzando-se os dados da ordenação técnica com os dados da ordenação comercial, objetivando comprar a melhor alternativa técnica dentro das condições financeiras da Instituição (seleção por melhor técnica e preço).

A Avaliação de Mercado, a cargo do Diretor Técnico e do Conselho Técnico do Hospital Luxemburgo, foi facilitada em decorrência da necessidade legal e do acordo, quando da contratação da equipe médica, como previamente descrito.

A Avaliação da Engenharia Clínica foi, igualmente, facilitada em decorrência do serviço já estar em funcionamento, dentro das exigências arquitetônicas legais estipuladas pela Resolução RDC n° 50/2002 (ANVISA, 2002).

A Avaliação Financeira foi conduzida pela Diretoria Geral do Hospital Luxemburgo, e não mostrou viabilidade financeira para o projeto do Serviço de Ultra-sonografia, em decorrência dos baixos valores pagos pelo SUS. Todavia, a decisão de compra foi estratégica e não financeira, em decorrência da exigência legal e acordo prévio com a equipe médica e visando à melhoria na qualidade e na complexidade diagnóstica da Instituição como um todo. O teto aceitável de investimento no equipamento em questão, dentro do orçamento anual da Instituição seria no máximo US$ 40 mil, em termos de preço de venda do equipamento.

A Avaliação Técnica ficou a cargo da equipe médica do Serviço de Ultra-sonografia do Hospital Luxemburgo e foi alvo da aplicação do AHP, e será descrita nos tópicos seguintes.

A Avaliação Comercial foi conduzida pela Gerência de Compras da FMP e apesar de não ser alvo desse estudo, não mostrou grande variação nos preços para importação direta, sendo que três empresas apresentaram um preço *FOB – Free on Board* de cerca de US$ 38 mil dólares americanos e uma empresa ofertou seu equipamento de cerca US$ 34,5 mil dólares americanos *FOB*, quando equiparados os recursos técnicos oferecidos.

A Avaliação Final, a cargo da Presidência da FMP, com o suporte da Superintendência e o referendo do Conselho Curador, está aguardando a finalização do plano de investimento, contendo os dados do plano diretor de obras, do plano de aquisição de novos equipamentos e do plano emergencial de manutenção predial e de equipamentos, para que seja incluída entre as prioridades institucionais no início de 2007, com previsão de instalação no primeiro quadrimestre do ano.

5.5 – O Papel do Autor e os Agentes no Processo de Tomada de Decisão da Avaliação Técnica

O autor auxiliou o Superintendente Geral da FMP na gestão do Hospital Luxemburgo de fevereiro a agosto de 2005, especialmente na estruturação dos planos diretores de obras, de equipamentos e de informática, aguardando a oportunidade de desencadeamento de um processo de compra de um equipamento médico de maior complexidade, que justificasse a

mudança no processo de compra com a aplicação do AHP – Método de Análise Hierárquica na avaliação e ordenação técnica dos equipamentos oferecidos na concorrência.

A partir de então, o autor afastou-se de toda e qualquer atividade de gestão, passando a atuar como facilitador no processo de tomada de decisão.

O Processo de Avaliação Técnica teve os seguintes papéis e agentes:

a) Decisores: responsáveis por ratificar a decisão técnica e assumir suas conseqüências (GOMES, 2002). No trabalho prático o papel foi exercido por dois médicos representantes da equipe médica do Serviço de Ultra-sonografia do Hospital Luxemburgo, exercida pela empresa médica Sonar. A quantidade de decisores e a escolha dos mesmos ficaram a cargo da Sonar, respeitando-se as cláusulas contratuais assumidas junto à FMP e se pautaram pela experiência profissional, grau de responsabilidade assumida junto ao Hospital Luxemburgo e disponibilidade de tempo. Os decisores foram:
    1. Dr. Henrique de Carvalho, médico radiologista com especialização em Ultra-sonografia, com 14 anos de formado e Diretor Técnico da empresa Sonar Ultra-Sonografia Ltda.
    2. Dr. Marco Lazzeri P. Ferreira, médico radiologista com especialização em Ultra-sonografia, com 9 anos de formado e Responsável Técnico pelo Serviço de Ultra-sonografia do Hospital Luxemburgo.
b) Facilitador: responsável por esclarecer e modelar o processo de avaliação conducente à tomada de decisão, focando a solução do problema, coordenando o ponto de vista dos decisores, mantendo-os motivados e destacando o aprendizado no processo de decisão. Deve ter experiência no processo de decisão e manter uma postura neutra para não intervir nos julgamentos dos decisores (GOMES, 2002). O papel foi exercido pelo mestrando, autor dessa dissertação, Italo Freire Guimarães, médico com Residência Médica em Medicina Social e Administração de Serviços de Saúde, com 13 anos de formado e Pós-graduação em Engenharia de Produção..
c) Analista: responsável pelo auxílio aos decisores e ao facilitador na estruturação do problema e na identificação de fatores que influenciam na evolução, solução e configuração do problema. Esse papel foi exercido por:
    1. Gelcimar Dias Santana, Gerente de Compras da FMP, que conduziu o contato com as empresas participantes da concorrência e sugeriu critérios quanto às questões comerciais ligadas à garantia, ao prazo de entrega, aos preços, aos contratos de manutenção, etc.

2. Verônica Beatriz Silva, Engenheira Clínica da FMP, que sugeriu critérios sobre instalação, contrato de manutenção, garantia, etc.

A Avaliação Comercial e a Avaliação Técnica da aquisição do equipamento de ultra-sonografia diagnóstica foram formalmente desencadeadas, em 26 de agosto de 2005, a partir da solicitação interna, dentro dos trâmites normais de compra vigentes na FMP (ANEXO A).

No mesmo dia, foi realizada uma reunião de cerca de uma hora entre os representantes médicos do Serviço de Ultra-sonografia do Hospital Luxemburgo e o Facilitador do Processo e por consenso chegou-se a um padrão de configuração mínima para o equipamento. Foi, então, esboçado um planejamento das ações necessárias à condução do processo de Avaliação Técnica. O padrão escolhido foi a ratificação da solicitação inicial de um equipamento de ultra-sonografia diagnóstica de uso geral com porte e preço intermediário na linha oferecida pelos fabricantes, com Doppler colorido com uma sonda endocavitária, em cumprimento às exigências legais e pelo menos imagem harmônica de tecido como melhoria na qualidade diagnóstica, dentro dos parâmetros definidos na literatura como ECRI (2004) e Kolzer (2002).

Em benefício da racionalização do tempo da equipe médica e dos Analistas, envolvidos em diversos projetos institucionais simultâneos, e da economia de esforços, optou-se por restringir o processo para os 4 maiores fabricantes de equipamentos médicos que possuíssem estrutura de manutenção local, em Belo Horizonte. Assim foram qualificadas as empresas, em ordem alfabética, GE – General Eletric, Philips, Siemens e Toshiba como participantes do processo de compra do equipamento de ultra-sonografia diagnóstica da FMP.

O próximo passo foi uma avaliação do mercado de equipamentos, desencadeada pelo Analista do processo, o Gerente de Compras da FMP, por meio da atualização das propostas comerciais de equipamentos de ultra-sonografia, que vários representantes comerciais já haviam oferecido ao Hospital, desde o início do ano de 2005.

Ao mesmo tempo, a checagem e a confirmação do padrão de equipamentos utilizados pelos serviços de ultra-sonografia de Belo Horizonte ficaram a cargo dos Decisores, médicos do Serviço de Ultra-sonografia.

Na semana seguinte, em decorrência da dificuldade de agenda dos Decisores e Analistas do processo, o Facilitador apresentou a metodologia do AHP, individualmente para cada um, em reuniões que demandaram cerca de 1,5 horas. Foi deixada a tarefa para cada um, dentro de suas atribuições no processo, de estruturarem os critérios para uma hierarquia inicial para o processo de Avaliação Técnica.

Uma semana mais tarde, foi realizada a primeira reunião de consenso para definir a hierarquia da decisão, com duração de cerca de 2,5 horas. Com base em critérios sugeridos na

literatura, levantados pelo Facilitador e da contribuição inicial dos Decisores e Analistas, montou-se uma grande hierarquia, que em benefício da racionalização foi reduzida a uma árvore hierárquica menor, como descrita mais adiante.

No dia seguinte, a partir dos critérios da árvore hierárquica obtida por consenso, o Analista, Gerente de Compras da FMP, elaborou com o auxílio do Facilitador uma minuta do edital de convocação das empresas convidadas para participar da concorrência, denominada de Tomada de Preço, dentro do procedimento operacional da FMP. Definiu-se pela solicitação em separado de uma Proposta Técnica e de uma Proposta Comercial, para que os Decisores pudessem levar a Proposta Técnica nas visitas aos serviços que possuíam o equipamento ofertado em funcionamento, sem causar constrangimentos, principalmente, quanto a valores e benefícios acordados e os praticados comercialmente na atualidade. Do mesmo modo, optou-se pela solicitação de apresentação do valor individual de cada item ofertado, para facilitar a Avaliação Comercial, e para ter-se uma estimativa de valor a adicionar na comparação entre as propostas, caso uma empresa não oferecesse certo recurso técnico que a outra tenha oferecido.

Esse esboço da Tomada de Preço foi levado pelo Gerente de Compras para a apreciação dos médicos Decisores e originou o edital de Tomada de Preço (ANEXO B), encaminhada, via fax, para as quatro empresas selecionadas no dia 12 de setembro de 2005.

Apesar de apenas duas empresas terem conseguido entregar a proposta na data estipulada no edital, 22 de setembro de 2005 e de nenhuma ter cumprido totalmente as exigências formais de apresentação da proposta, como separação da proposta técnica da proposta comercial, especificação individual dos itens, etc., a Gerência de Compras optou por implementar nenhuma punição administrativa para as empresas, mesmo porque se tratava de um processo novo, diferente do relacionamento habitual da FMP com tais empresas de equipamentos médicos.

Seguiu-se uma fase longa, além do esperado, para a avaliação técnica dos aparelhos colocados em demonstração no Hospital Luxemburgo e para a visita aos serviços de ultra-sonografia em Belo Horizonte, que possuíam o equipamento ofertado. Tal demora em parte foi ocasionada pelas empresas de equipamentos médicos e em parte pelos próprios representantes da FMP.

Pelo lado da FMP, o Gerente de Compras e a Engenheira Clínica estavam sobrecarregados com o adicional de serviço de elaboração de orçamentos e processos de compras trazidos pelo plano diretor de obras, o plano emergencial de manutenção predial e de equipamentos e o plano de aquisição de novos equipamentos e serviços. Os Decisores

médicos estavam com a agenda tomada pelo trabalho em diversos serviços de ultra-sonografia e pela concomitância de congressos e cursos de radiologia e ultra-sonografia, no Brasil e no exterior que eles participariam.

Dois fabricantes, com dificuldades de agenda para a demonstração do equipamento no Hospital Luxemburgo, após algumas tentativas de cumprimento da determinação, foram dispensadas da exigência do edital, tendo em vista que os Decisores médicos usavam equipamentos idênticos aos ofertados, em outros serviços de ultra-sonografia nos quais trabalhavam. Uma das empresas, que fizera a demonstração inicial de seu equipamento, solicitou um prazo para a atualização da proposta, pois estava entrando em linha comercial um novo modelo de equipamento que substituiria o modelo apresentado. Todavia, não existia nenhum serviço no Brasil que possuía tal modelo em atividade. Dessa forma, aguardou-se o término do Congresso Brasileiro de Radiologia, e o aparelho apresentado nesse evento, ficou por três dias em demonstração no Hospital Luxemburgo.

Em decorrência do não casamento de agenda no período, os dois médicos Decisores fizeram as visitas aos equipamentos instalados em outros serviços de ultra-sonografia em Belo Horizonte em horários distintos.

Durante esse período, o Gerente de Compras dirimiu as dúvidas relativas às Propostas Técnicas levantadas pelos Decisores frente aos fabricantes dos equipamentos médicos.

Passada a fase da avaliação dos equipamentos pelos médicos Decisores e com base nas propostas apresentadas, foi realizada em 24 de novembro de 2005, uma reunião, fora do horário comercial, na qual foram ratificados os critérios e pesos, e foram lançados os julgamentos no software Expert Choice versão 11. Nessa reunião, foi ratificada a decisão prévia e ficou acordado que os julgamentos seriam realizados em consenso, tendo em vista que um dos dois médicos Decisores não realizava exames com Doppler de rotina, preferindo, por isso, não realizar julgamentos em separado. A harmonia do grupo permitiu que os julgamentos fossem lançados no software, conferidos e fosse efetuada a análise de sensibilidade em apenas 2 horas de reunião. Os próprios médicos efetuaram parte dos lançamentos diretamente no software, tendo contato com suas funcionalidades e interface gráfica.

O Gerente de Compras conseguiu marcar a apresentação do processo de Avaliação Técnica para o Superintendente da FMP no dia 02 de dezembro de 2005, encerrando-se formalmente a parte prática desse trabalho.

5.6 – A Construção da Hierarquia

Um esboço de hierarquia inicial foi montado com base em dados da literatura, trazidos pelo facilitador (ECRI, 2004; KOLZER, 2002), e sugestões livres dos especialistas e analistas.

O primeiro nível da hierarquia de decisão, abaixo da meta, foi extraído da sugestão do ECRI (2004), expurgando-se o item custo, por não ser alvo da Avaliação Técnica, mas sim da Avaliação Comercial. Foram aproveitados os critérios: características e funções, facilidade de uso, arquivo e documentação de imagem, suporte ao cliente e possibilidade de *upgrade*.

Os critérios para avaliação do software (segunda harmônica, color e *power* Doppler, Doppler pulsado e modo B) foram aproveitados por analogia de Colombo (2004) e Sergio (2004). Assim foram consideradas as seguintes características do software: funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade.

Os testes de parâmetros para a avaliação das sondas foram obtidos de IEC (1996): resolução (axial, lateral, contraste-detalhe, detectabilidade de vazio esférico), zona morta, espessura de corte, profundidade de penetração, faixa dinâmica exibida, erros exibidos e gravados, acurácia do sistema de medidas e amplitude de freqüência.

O critério de ergonomia e usabilidade para os transdutores foi aceito como descrito por Paschoarelli (2003).

Critérios sobre suporte ao cliente foram extraídos de Brasil (2002), além de sugestões dos participantes do grupo.

Todavia, a quantidade de critérios ficou muito grande, perfazendo-se 115 itens a serem avaliados posteriormente de forma pareada, como relacionado a seguir:

a) Meta: ordenação técnica dos equipamentos de Ultra-sonografia
b) Critério 1: características técnicas dos equipamentos
    1.1. transdutores
        1.1.1. sonda convexa
            1.1.1.1. robustez e durabilidade
            1.1.1.2. ergonomia e usabilidade
            1.1.1.3. teste de parâmetros
            1.1.1.3.1. resolução
            1.1.1.3.1.1. resolução axial
            1.1.1.3.1.2. resolução lateral
            1.1.1.3.1.3. resolução contraste-detalhe
            1.1.1.3.1.4. detectabilidade de vazio esférico
            1.1.1.3.2. zona morta
            1.1.1.3.3. espessura do corte
            1.1.1.3.4. profundidade de penetração
            1.1.1.3.5. faixa dinâmica exibida
            1.1.1.3.6. erros exibidos e gravados

1.1.1.3.7. acurácia do sistema de medida
1.1.1.3.8. amplitude de freqüência de trabalho acústico
1.1.2. sonda linear
1.1.2.1. amplitude de freqüência
1.1.2.2. robustez / durabilidade
1.1.2.3. ergonomia e usabilidade
1.1.2.4. teste de parâmetros
1.1.2.4.1. resolução
1.1.2.4.1.1. resolução axial
1.1.2.4.1.2. resolução lateral
1.1.2.4.1.3. resolução contraste-detalhe
1.1.2.4.1.4. detectabilidade de vazio esférico
1.1.2.4.2. zona morta
1.1.2.4.3. espessura do corte
1.1.2.4.4. profundidade de penetração
1.1.2.4.5. faixa dinâmica exibida
1.1.2.4.6. erros exibidos e gravados
1.1.2.4.7. acurácia do sistema de medida
1.1.2.4.8. amplitude de freqüência de trabalho acústico
1.1.3. sonda endocavitária
1.1.3.1. amplitude de freqüência
1.1.3.2. robustez / durabilidade
1.1.3.3. ergonomia e usabilidade
1.1.3.4. teste de parâmetros
1.1.3.4.1. resolução
1.1.3.4.1.1. resolução axial
1.1.3.4.1.2. resolução lateral
1.1.3.4.1.3. resolução contraste-detalhe
1.1.3.4.1.4. detectabilidade de vazio esférico
1.1.3.4.2. zona morta
1.1.3.4.3. espessura do corte
1.1.3.4.4. profundidade de penetração
1.1.3.4.5. faixa dinâmica exibida
1.1.3.4.6. erros exibidos e gravados
1.1.3.4.7. acurácia do sistema de medida
1.1.3.4.8. amplitude de freqüência de trabalho acústico
1.2. software
1.2.1. segunda harmônica
1.2.1.1. funcionalidade
1.2.1.2. confiabilidade
1.2.1.3. usabilidade
1.2.1.4. eficiência
1.2.1.5. manutenibilidade
1.2.1.6. portabilidade
1.2.2. Doppler pulsado
1.2.2.1. funcionalidade
1.2.2.2. confiabilidade
1.2.2.3. usabilidade
1.2.2.4. eficiência
1.2.2.5. manutenibilidade

1.2.2.6. portabilidade
1.2.3. color e power Doppler
1.2.3.1. funcionalidade
1.2.3.2. confiabilidade
1.2.3.3. usabilidade
1.2.3.4. eficiência
1.2.3.5. manutenibilidade
1.2.3.6. portabilidade
1.2.4. modo B
1.2.4.1. funcionalidade
1.2.4.2. confiabilidade
1.2.4.3. usabilidade
1.2.4.4. eficiência
1.2.4.5. manutenibilidade
1.2.4.6. portabilidade
1.3. acessórios
1.3.1. monitor
1.3.1.1. marca e modelo
1.3.1.2. tipo
1.3.1.3. tamanho da tela
1.3.1.4. ajustes disponíveis
1.3.1.5. amplitude de contraste
1.3.1.6. amplitude de brilho
1.3.2. acessório para biópsia
1.4. unidade de processamento
1.4.1. tipo de processador
1.4.1.1. desempenho e velocidade do processamento
1.4.1.2. marca e modelo
1.4.2. memória
1.4.2.1. tipo de memória
1.4.2.2. velocidade de processamento
1.4.2.3. quantidade de memória
1.4.3. matriz de varredura
1.4.4. quantidade de tons de cinza
b) Critério 2: facilidade de uso
2.1. ergonomia e teclado
2.2. auto-texto
2.3. presets e tabelas de G.O.
2.4. interface amigável
2.5. cine review
2.6. facilidade de higienização
c) Critério 3: arquivo e documentação de imagens
3.1. conjunto de interfaces para conexão
3.2. armazenamento no HD
3.2.1. tipo do dispositivo
3.2.2. espaço em disco
3.2.3. velocidade de gravação
3.3. mídia removível
3.3.1. tipo de dispositivo (DVD-RW, CD-RW, Disco Óptico)
3.3.2. tipos de disco aceitos (-R, +R, -RW, +RW, RAM)

3.3.3. velocidade máxima de gravação
3.4. amplitude da compatibilidade com impressoras laser e jato de tinta
3.5. padrão DICOM 3
d) Critério 4: suporte e manutenção
4.1. no Brasil
4.1.1. existência de Depósito Especial Alfandegário
4.1.2. disponibilidade de peças de maior desgaste em estoque
4.1.3. controle estatístico de problemas e das peças de maior desgaste
4.1.4. política da empresa para auxílio ao cliente sob condições adversas
4.1.5. condições do contrato de manutenção
4.1.6. disponibilidade de recursos de diagnóstico remoto de problemas no equipamento do cliente
4.2. em Belo Horizonte
4.2.1. estrutura física local
4.2.2. qualificação profissional
4.2.3. tempo de chegada no cliente após solicitação
4.2.4. tempo para diagnosticar o problema
4.2.5. tempo de solução do problema
4.2.6. rotina de manutenção
4.2.6.1. disponibilidade de *phantoms* de calibração
4.2.6.2. relatórios técnicos de visita
4.2.6.3. programação de visitas de manutenção preventiva e preditiva
4.3. condições de garantia
4.3.1. cobertura das peças
4.3.2. tempo de garantia
4.3.3. tempo de substituição das peças defeituosas
4.3.4. condições do contrato de manutenção futuro
4.4. treinamento
4.4.1. qualificação do aplicador
4.4.2. tempo da aplicação
4.4.3. disponibilidade de pós-aplicação
4.4.4. disponibilidade de educação continuada
4.5. empresa
4.5.1. credibilidade
4.5.2. certificação
4.6. manuais do equipamento
4.6.1. tipos disponíveis
4.6.2. linguagem
4.6.3. conteúdo
4.6.4. didática
e) Critério 5: possibilidade de *upgrade*
5.1. amplitude de recursos que podem ser acrescidos
5.2. vida útil do equipamento
5.3. tempo previsto para a manutenção do modelo oferecido em linha de produção

Por meio de consenso, foi realizado um esforço para a redução do número de critérios, em benefício de se evitar critérios pouco expressivos e redundantes, facilitar a elaboração dos

pesos e julgamentos, facilitar a elaboração do edital e posterior inspeção dos critérios nos equipamentos.

A experiência profissional dos médicos decisores apontava no mesmo sentido do ECRI (2004): não existem diferenças gritantes nos modelos similares dos fabricantes.

Por outro lado, ficou decido que a análise seria qualitativa, tendo em vista que o Hospital Luxemburgo e as empresas de equipamentos médicos não dispunham de *phantoms* para a verificação quantitativa dos parâmetros de qualidade dos transdutores. O principal critério seria a avaliação do desempenho dos transdutores, em cada modalidade de imagem, no sentido de produzir uma imagem com qualidade diagnóstica sob o ponto de vista do médico operador do equipamento. Dessa forma, poderia ser avaliado um critério mais global, agrupando-se alguns dos critérios definidos inicialmente, ao mesmo tempo em que se valorizariam as diferenças entre os equipamentos (os pontos fortes de um equipamento sobre os outros) e evitar-se-ia a comparação de muitos subcritérios irrelevantes que, possivelmente teriam julgamentos iguais.

Concomitantemente, foram expurgados os critérios que sabidamente não teriam a possibilidade de serem corretamente aferidos, como tempo para a solução do problema e o tempo de chegada no cliente após a solicitação por parte do suporte local do fabricante, entre outros, tendo em vista, que os serviços que possivelmente seriam visitados, não faziam um controle sistemático e histórico desses parâmetros de manutenção em suas área de engenharia clínica.

O esforço de racionalização resultou em uma estrutura hierárquica com 35 critérios e subcritérios abaixo da meta. Dentre esses, 27 critérios serão alvo de comparação direta entre as alternativas, considerados mais relevantes e com menor probabilidade de serem redundantes e terem o mesmo peso ou valor de julgamento, quando da comparação pareada das alternativas de equipamentos disponíveis no mercado.

Assim, a estrutura hierárquica de decisão foi concentrada como mostrado na **Figura 5.2**, gerada pelo tratamento dos dados no programa Expert Choice versão 11.

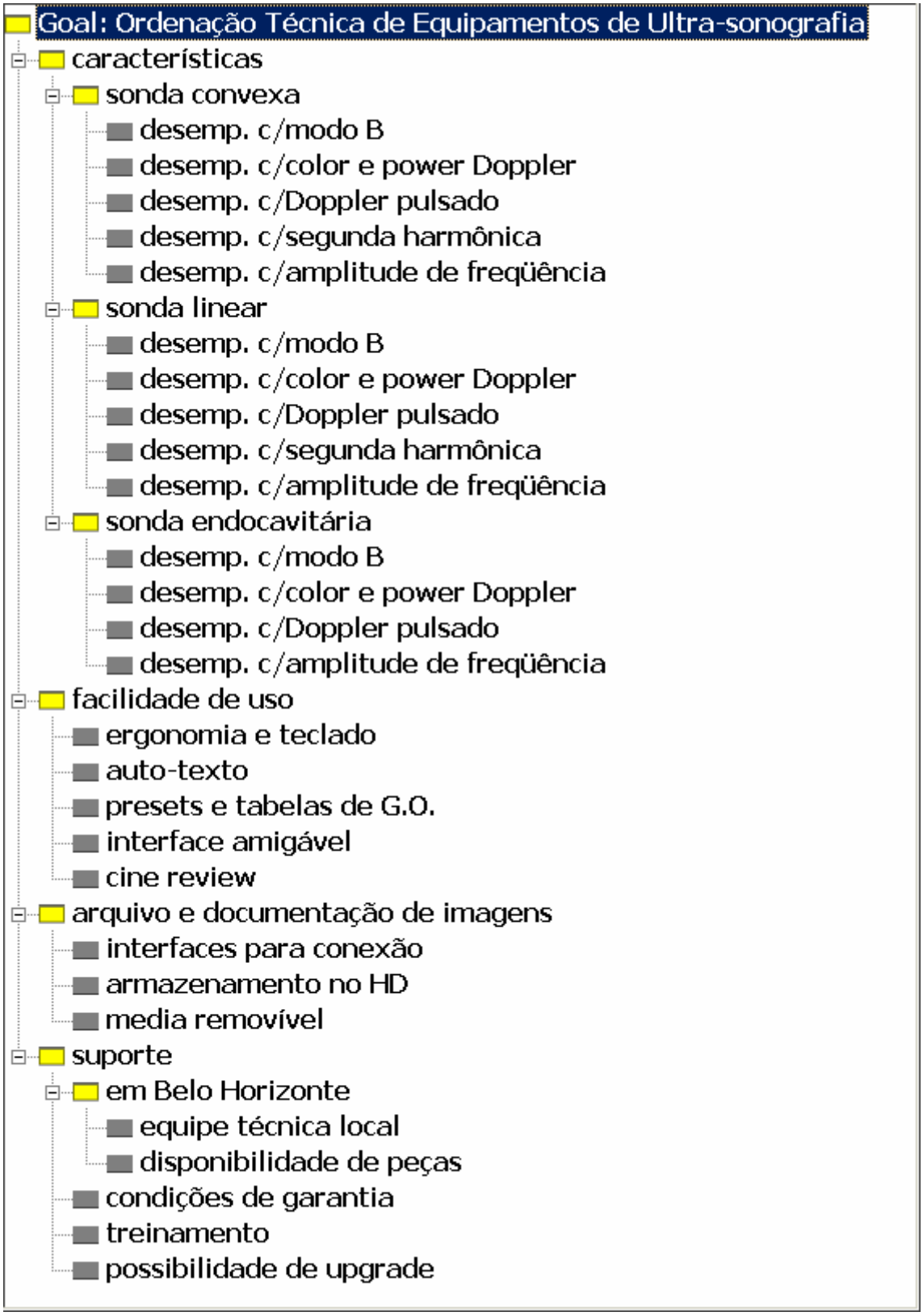


Figura 5.2 – Hierarquia de decisão proposta para a aquisição do equipamento de ultra-som.

Esses critérios embasaram a elaboração do edital de concorrência e foram os itens avaliados nas visitas e demonstrações dos aparelhos.

A seguir, os médicos decisores fizeram a definição dos pesos locais, grupo a grupo de critérios, como mostrado na **Figura 5.3**, gerada pelo lançamento dos dados no programa Expert Choice versão 11.

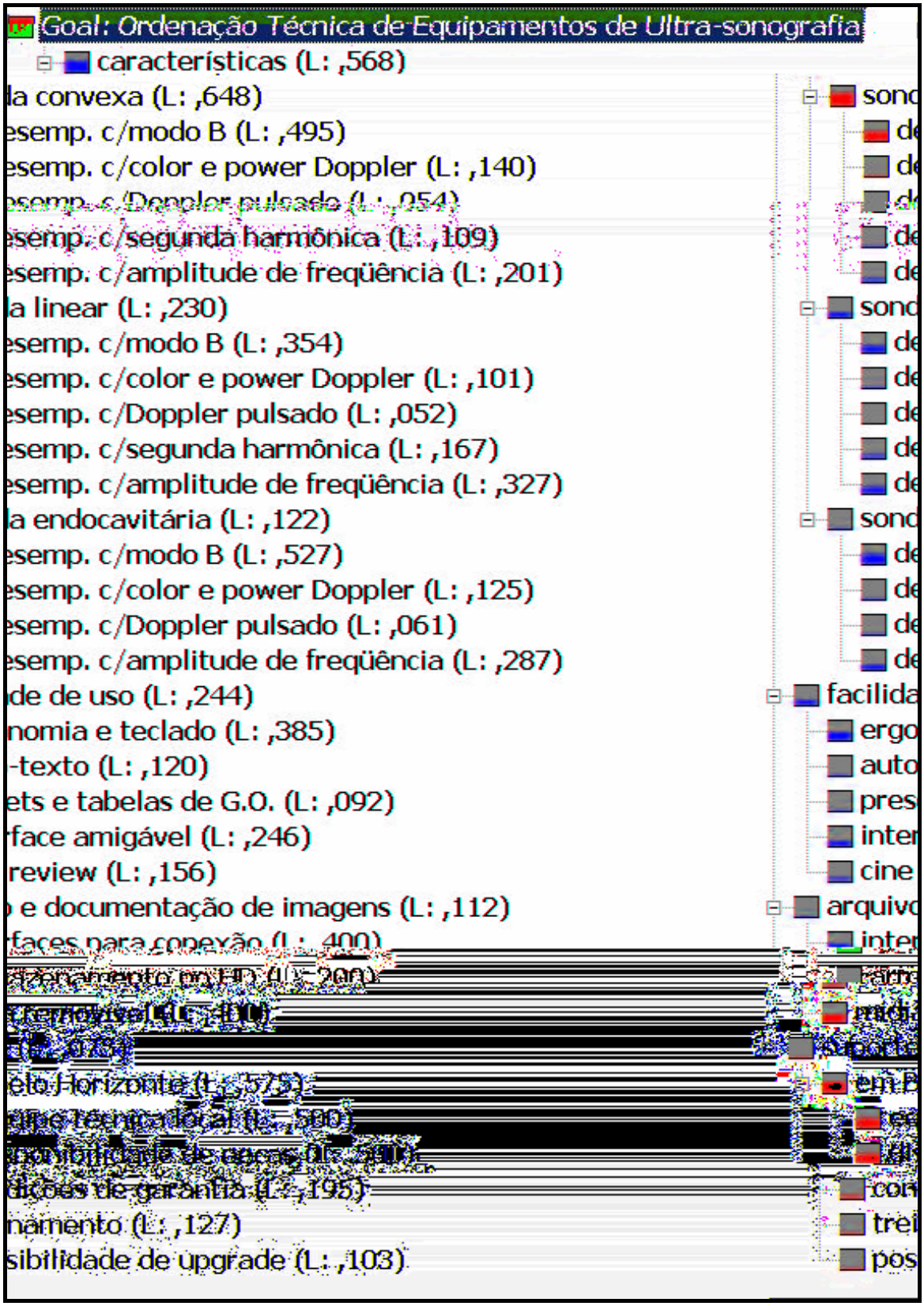


Figura 5.3 – Peso local do subcritérios em relação a seu nódulo.

No primeiro nível o item que, isoladamente, obteve maior peso foi o critério "características e funções" com 0,568, sendo considerado mais importante que os demais critérios juntos (facilidade de uso, arquivo e documentação e suporte). Isso se deveu a três entendimentos por parte dos decisores:

a) que o equipamento de ultra-sonografia, em geral, costuma dar poucos problemas de manutenção e os fabricantes, no Brasil, não costumam realizar manutenções com calibradores externos, *phantoms* ou programas de qualidade de imagem comparada com outros serviços, como comum em alguns países (THIJSSEN, 2002; WIJK, 2002; DUDLEY, 2001).
b) os médicos decisores usam diversos modelos de equipamentos, pois já trabalham em vários serviços de ultra-sonografia, não sendo um obstáculo o aprendizado de mais uma funcionalidade ou interface do programa do novo equipamento;
c) o arquivamento é um processo final, não contribuindo diretamente com o resultado diagnóstico.

No nódulo "características", o subcritério com maior peso foi a "sonda convexa" com 0,648, recurso mais utilizado na prática geral no Hospital Luxemburgo, seguido da "sonda linear" e da "sonda endocavitária".

Para cada sonda, critério de segundo nível, o subcritério mais importante foi "desempenho com o modo B", modalidade de imagem mais utilizada na prática, seguido do subcritério "amplitude de freqüência", indicativo da resolução axial e profundidade de campo alcançável com a sonda. Os recursos imagem no modo "color e *power* Doppler" e "segunda harmônica" são menos utilizados no dia-a-dia, sendo aplicados a uma fatia menor de pacientes.

Em relação ao critério "facilidade de uso", o subcritério mais valorizado foi a "ergonomia e teclado" com 0,385, refletindo a preocupação com o arranjo do comando no console e sua facilidade de posicionamento, adaptando-se à altura dos diferentes médicos que irão utilizar o equipamento, na longa jornada de trabalho. O segundo subcritério mais valorizado foi a "interface amigável" com 0,246, referindo-se à usabilidade do software, o terceiro subcritério foi o "cine review" com 0,156, recurso utilizado, principalmente, para a escolha da melhor imagem para a documentação. Os outros subcritérios como auto-texto (recurso que aumenta a produtividade pelo preenchimento de textos pré-selecionados) e "*presets* e tabelas de Ginecologia e Obstetrícia", definidos pela existência de pré-configurações e cálculos disponíveis para vários tipos de exames, foram, nessa ordem, menos valorizados.

Para o grupo do primeiro nível “arquivo e documentação de imagens”, o subcritério mais valorizado foi a “mídia removível” com 0,400, meio de gravação para arquivamento definitivo dos exames, juntamente com as “interfaces de conexão” com 0,400, especificando as modalidades disponíveis para impressão, exibição ou gravação da imagem (conexão com *videoprinter*, impressoras, vídeo cassete e sistema de imagem informatizado). O subcritério menos valorizado foi o “armazenamento em *Hard Disk*”, tendo em vista que os equipamentos vistos na pesquisa inicial de mercado, possuem no mínimo 40 GB de espaço em disco, mais que suficiente para o armazenamento diário das imagens, até a passagem para o arquivamento definitivo em mídia removível (DVD ou CD regravável).

O critério “suporte” teve o subcritério “em Belo Horizonte” com 0,575, como o mais importante, refletindo a valorização da proximidade da assistência técnica para a rápida solução dos problemas . Os subcritérios “condições de garantia” e “treinamento” ficaram em segundo e terceiro lugares em importância com 0,195 e 0,127 de peso respectivamente. O subcritério menos valorizado no grupo foi a “possibilidade de *upgrade*” com 0,103, tendo em vista que, mantendo-se a demanda do Serviço de Ultra-sonografia do Hospital Luxemburgo com as mesmas características, não haverá a necessidade de agregar outros recursos e, por outro lado, em se mantendo a evolução esperada da informática e de novos recursos em ultra-sonografia, principalmente os transdutores microfrabicados do tipo cMUT *(Capacitive micromachined ultrasonic transducer)*, daqui a alguns anos tornar-se-á inviável um *upgrade* de *hardware* no equipamento adquirido que acompanhe as maiores necessidades de processamento, pois o padrão de memória, HD e outros dispositivos de informática se renovam com grande freqüência, possivelmente estando fora de linha na época.

Com relação ao critério suporte “em Belo Horizonte”, houve um empate, em 0,500, entre os subcritério “equipe técnica local”, refletindo a importância dada à estrutura e à qualificação local do pessoal de manutenção, na esperança de um tempo menor de parada por uma primeira linha de manutenção mais eficiente e o subcritério “disponibilidade de peças”, em consideração ao estoque de placas e sondas no Brasil e em Belo Horizonte, bem como à política de auxílio ao cliente em casos de problemas, tendo em vista que a Instituição é filantrópica, sujeita a uma maior demora na importação das peças.

O peso global dos subcritérios em relação à meta pode ser visto na **Figura 5.4**, gerada pelo lançamento dos dados no pr

critérios do nível superior ao dele, que não o pai de seu nódulo. No terceiro nível, o subcritério "desempenho com o modo B" da sonda convexa foi o mais valorizado, isoladamente, com 0,182, refletindo o recurso mais usado na prática para a obtenção de imagens diagnósticas.

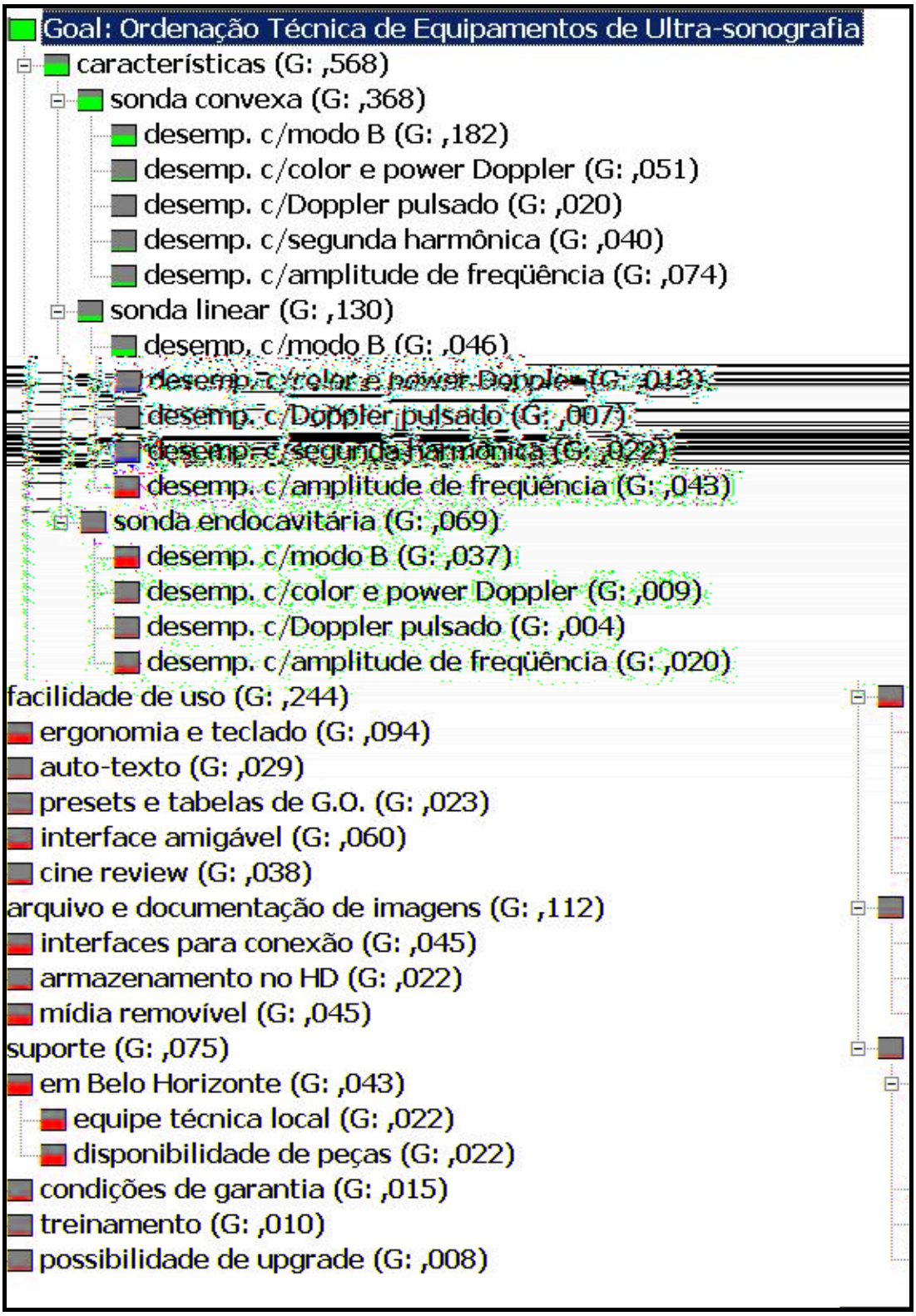


Figura 5.4 – Peso global dos critérios e subcritérios em relação à meta.

5.7 – Equipamentos Ofertados na Concorrência: As Alternativas

Em resposta ao edital enviado para as quatro empresas selecionadas para participarem da concorrência, foram oferecidos os seguintes equipamentos, na mesma faixa de preço e seguimento intermediário de mercado:

1) empresa Siemens: modelo G40;
2) empresa Toshiba: modelo Nemio SSA-550 A;
3) empresa GE: modelo Logic 5 Pro;
4) empresa Philips: modelo EnVisor SC.

A definição do melhor equipamento, pautada em medições quantitativas não é objeto desse estudo. Dessa forma, faremos a substituição das marcas e modelos ofertados na concorrência por letras de "A" a "D", sem relação com a seqüência acima.

A finalidade do trabalho é obter uma ordenação técnica dos equipamentos de ultra-sonografia, avaliados, sob o ponto de vista da realidade e necessidades do Hospital Luxemburgo, por meio de critérios qualitativos ligados à experiência profissional dos representantes dos médicos do serviço, sendo desnecessário declinar o resultado em si, mas havendo importância capital a descrição do processo de avaliação técnica e a definição dos critérios usados para o Hospital Luxemburgo.

As configurações dos equipamentos oferecidos pelas quatro empresas podem ser vistas no ANEXO C.

5.8 – Julgamento das Alternativas pelos Especialistas

Uma vez recebidas as propostas comerciais dos equipamentos selecionados, a equipe decisora avaliou cada um dos modelos apresentados, dentro dos critérios previamente definidos, seja em funcionamento em um outro serviço de ultra-sonografia, seja por um período de demonstração na Instituição.

Em uma quarta e última reunião, após as visitas e avaliações "in loco", as alternativas foram julgadas por meio de comparações pareadas para cada critério, usando-se a escala fundamental com valores de 1 a 9, como descrito por Saaty (2004), garantindo-se que o nível de inconsistência permanecesse dentro do permitido.

As tabelas contendo as notas dadas pela equipe decisora para cada um dos critérios e subcritérios estão destacadas no APÊNDICE A.

5.9 – Considerações Finais

Esse capítulo apresentou os critérios usados para o julgamento das alternativas.

Essa documentação, uma vez arquivada na instituição, permitirá a qualquer tempo que seja realizada uma auditoria, verificando-se a pertinência dos critérios escolhidos e os julgamentos realizados pelos profissionais membros da equipe decisora.

O quarto e último questionamento básico apresentado no item Considerações Finais da Introdução foi abordado nesse capítulo:

Por que a escolha do Hospital Luxemburgo?

A resposta a essa pergunta passa pelos seguintes argumentos:

a) a Fundação está passando pela implantação de um planejamento estratégico visando à recuperação financeira, técnica e da imagem institucional frente à sociedade;
b) foi levantada a necessidade de substituição de um equipamento de ultra-sonografia por outro com tecnologia mais moderna que permita à Instituição manter-se como primeira linha no diagnóstico em Oncologia;
c) a aquisição acrítica de um grande valor em equipamentos médico-hospitalares a cerca de 7 anos atrás contribuiu para a insolvência financeira da Fundação pelo acúmulo de uma enorme dívida em moeda estrangeira, situação que a atual administração quer evitar.

CAPÍTULO 6

6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 – Considerações Iniciais

O capítulo anterior apresentou a aplicação da ferramenta no processo de compra de um equipamento médico-hospitalar no Hospital Luxemburgo.

A análise dos resultados, aqui apresentada, demonstrará a pertinência do uso do AHP para o fim desejado.

6.2 – Resultados Obtidos

Após a síntese matemática, os vetores de prioridade para cada alternativa foram obtidos frente a cada critério, como ilustrado na **Tabelas 6.1**.

A síntese global apresenta o ranking das alternativas segundo o vetor de prioridades com relação à meta, como demonstrado na **Figura 6.1**:

a) primeira escolha: equipamento D;

b) segunda escolha: equipamento C;

c) terceira escolha: equipamento A; e

d) quarta escolha: equipamento B.

Todas as figuras apresentadas nesse capítulo foram geradas por meio do lançamento dos dados no programa Expert Choice versão11.

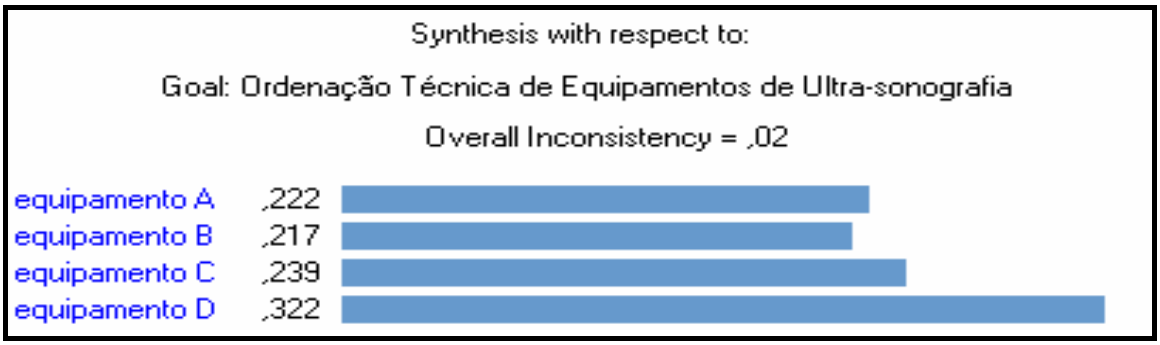


Figura 6.1 – Síntese das prioridades em relação à meta.

O resultado refletiu a expectativa da equipe decisora, apesar dos equipamentos terem recursos muito parecidos e obterem valores finais muito próximos. Isso valorizou a aplicação do AHP, pois o resultado final não era óbvio, por não haver grande discrepância ou dominância técnica de um equipamento sobre os demais.

Alternativas	equip. A	equip. B	equip. C	equip. D
Total	0,222	0,217	0,238	0,323
características / sonda convexa / desemp. c/modo B (G: ,182)	0,239	0,260	0,437	1,000
características / sonda convexa / desemp. c/color e *power* Doppler (G: ,051)	0,500	0,500	1,000	1,000
características / sonda convexa / desemp. c/Doppler pulsado (G: ,020)	0,500	0,500	1,000	1,000
características / sonda convexa / desemp. c/segunda harmônica (G: ,040)	0,367	0,367	0,817	1,000
características / sonda convexa / desemp. c/amplitude de freqüência (G: ,074)	1,000	1,000	1,000	1,000
características / sonda linear / desemp. c/modo B (G: ,046)	1,000	1,000	1,000	1,000
características / sonda linear / desemp. c/color e *power* Doppler (G: ,013)	0,413	0,413	0,704	1,000
características / sonda linear / desemp. c/Doppler pulsado (G: ,007)	1,000	1,000	1,000	1,000
características / sonda linear / desemp. c/segunda harmônica (G: ,022)	1,000	1,000	1,000	1,000
características / sonda linear / desemp. c/amplitude de freqüência (G: ,043)	0,500	0,500	0,250	1,000
características / sonda endocavitária / desemp. c/modo B (G: ,037)	1,000	1,000	1,000	1,000
características / sonda endocavitária / desemp. c/color e *power* Doppler (G: ,009)	1,000	1,000	1,000	1,000
características / sonda endocavitária / desemp. c/Doppler pulsado (G: ,004)	1,000	1,000	1,000	1,000
características / sonda endocavitária / desemp. c/amplitude de freqüência (G: ,020)	1,000	0,500	0,500	0,500
facilidade de uso / ergonomia e teclado (G: ,094)	1,000	1,000	1,000	1,000
facilidade de uso / auto-texto (G: ,029)	1,000	1,000	1,000	1,000
facilidade de uso / presets e tabelas de G.O. (G: ,023)	1,000	1,000	1,000	1,000
facilidade de uso / interface amigável (G: ,060)	1,000	1,000	1,000	0,500
facilidade de uso / cine review (G: ,038)	1,000	0,500	0,500	0,500
arquivo e documentação de imagens / interfaces para conexão (G: ,045)	1,000	1,000	1,000	1,000
arquivo e documentação de imagens / armazenamento no HD (G: ,022)	1,000	1,000	0,539	0,311
arquivo e documentação de imagens / media removível (G: ,045)	0,500	0,500	0,500	1,000
suporte / em Belo Horizonte / equipe técnica local (G: ,022)	0,309	0,577	0,309	1,000
suporte / em Belo Horizonte / disponibilidade de peças (G: ,022)	0,456	0,647	0,288	1,000
suporte / condições de garantia (G: ,015)	1,000	1,000	0,605	0,851
suporte / treinamento (G: ,010)	1,000	1,000	1,000	1,000
suporte / possibilidade de upgrade (G: ,008)	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabela 6.1 – Vetores de prioridades.

O grau de inconsistência pode ser apurado para cada ramo da árvore hierárquica, como ilustra a **Figura 6.2**.

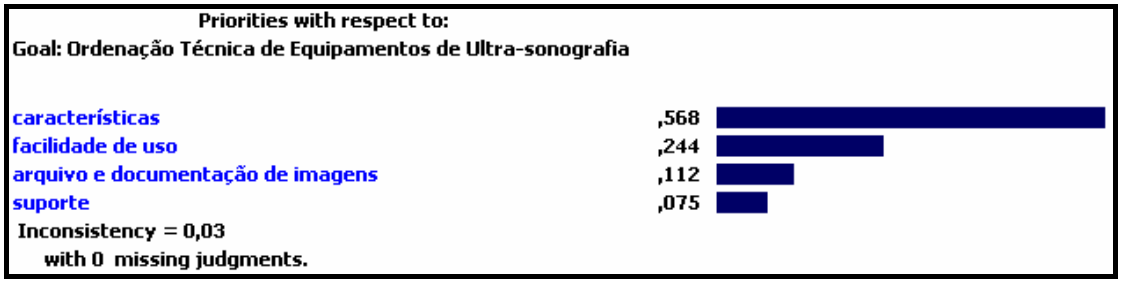


Figura 6.2 – Síntese das prioridades e inconsistência em relação à meta.

A **Tabela 6.2** apresenta a descrição do grau de inconsistência de cada critério e subcritério, não sendo ultrapassado o limite máximo em nenhum caso, o que mostra a consistência dos julgamentos realizados pelos decisores.

Nível	Critérios		Inconsistência
	Total		0,020
0 - Meta	Meta: Ordenação Técnica de Equipamentos de Ultra-sonografia		0,030
1 - critério	meta/	características (G: ,568)	0,004
2 - subcritério	características /	sonda convexa (G: ,368)	0,021
3 - subcritério	características / sonda convexa /	desemp. c/modo B (G: ,182)	0,017
3 - subcritério	características / sonda convexa /	desemp. c/color e *power* Doppler (G: ,051)	0,000
3 - subcritério	características / sonda convexa /	desemp. c/Doppler pulsado (G: ,020)	0,000
3 - subcritério	características / sonda convexa /	desemp. c/segunda harmônica (G: ,040)	0,008
3 - subcritério	características / sonda convexa /	desemp. c/amplitude de freqüência (G: ,074)	0,000
2 - subcritério	características /	sonda linear (G: ,130)	0,037
3 - subcritério	características / sonda linear /	desemp. c/modo B (G: ,046)	0,000
3 - subcritério	características / sonda linear /	desemp. c/color e *power* Doppler (G: ,013)	0,023
3 - subcritério	características / sonda linear /	desemp. c/Doppler pulsado (G: ,007)	0,000
3 - subcritério	características / sonda linear /	desemp. c/segunda harmônica (G: ,022)	0,000
3 - subcritério	características / sonda linear /	desemp. c/amplitude de freqüência (G: ,043)	0,000
2 - subcritério	características /	sonda endocavitária (G: ,069)	0,031
3 - subcritério	características / sonda endocavitária /	desemp. c/modo B (G: ,037)	0,000
3 - subcritério	características / sonda endocavitária /	desemp. c/color e *power* Doppler (G: ,009)	0,000
3 - subcritério	características / sonda endocavitária /	desemp. c/Doppler pulsado (G: ,004)	0,000
3 - subcritério	características / sonda endocavitária /	desemp. c/amplitude de freqüência (G: ,020)	0,000
1 - critério	meta/	facilidade de uso (G: ,244)	0,034
2 - subcritério	facilidade de uso /	ergonomia e teclado (G: ,094)	0,000
2 - subcritério	facilidade de uso /	auto-texto (G: ,029)	0,000
2 - subcritério	facilidade de uso /	presets e tabelas de G.O. (G: ,023)	0,000
2 - subcritério	facilidade de uso /	interface amigável (G: ,060)	0,000
2 - subcritério	facilidade de uso /	cine review (G: ,038)	0,000
1 - critério	meta/	arquivo e documentação de imagens (G: ,112)	0,000
2 - subcritério	arquivo e documentação de imagens /	interfaces para conexão (G: ,045)	0,000
2 - subcritério	arquivo e documentação de imagens /	armazenamento no HD (G: ,022)	0,004
2 - subcritério	arquivo e documentação de imagens /	media removível (G: ,045)	0,000
1 - critério	meta/	suporte (G: ,075)	0,036
2 - subcritério	suporte /	em Belo Horizonte (G: ,043)	0,000
3 - subcritério	suporte / em Belo Horizonte /	equipe técnica local (G: ,022)	0,004
3 - subcritério	suporte / em Belo Horizonte /	disponibilidade de peças (G: ,022)	0,027
2 - subcritério	suporte /	condições de garantia (G: ,015)	0,023
2 - subcritério	suporte /	treinamento (G: ,010)	0,000
2 - subcritério	suporte /	possibilidade de upgrade (G: ,008)	0,000

Tabela 6.2 – Síntese das prioridades dos critérios e subcritérios em relação à meta: critérios de primeiro nível em amarelo, subcritérios de segundo nível em verde e subcritérios de terceiro nível em azul.

6.3 – Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade, ilustrada pela **Figura 6.3**, mostrou-se uma ferramenta útil para equipe decisora ter a certeza que os pesos e as notas foram adequadamente alocados. Nenhum equipamento superou os demais em todos os critérios dentro de cada nódulo da estrutura hierárquica de decisão.

Em simulação pela equipe decisora, a análise de sensibilidade mostrou-se ser útil na fase seguinte do processo de aquisição: o fechamento comercial propriamente dito.

Assim, caso a melhor condição comercial não seja a relativa à primeira escolha técnica e a instituição resolva optar pela compra da segunda escolha técnica, por exemplo, a análise de sensibilidade permitirá ao departamento de compras verificar quais critérios esse fornecedor deverá reforçar em seu equipamento na proposta final, para se chegar o mais próximo possível do vetor de prioridade obtido pela primeira escolha técnica.

Tal análise foi facilitada pelas funcionalidades do programa usado para tratamento matemático, o Expert Choice versão 11, pois ele realiza o recálculo automático e redesenha o gráfico, caso o decisor decida alterar o peso de um critério, como, por exemplo, do critério "características" na **Figura 6.3**. Assim, pode-se verificar o impacto que essa alteração traria para a ordenação final.

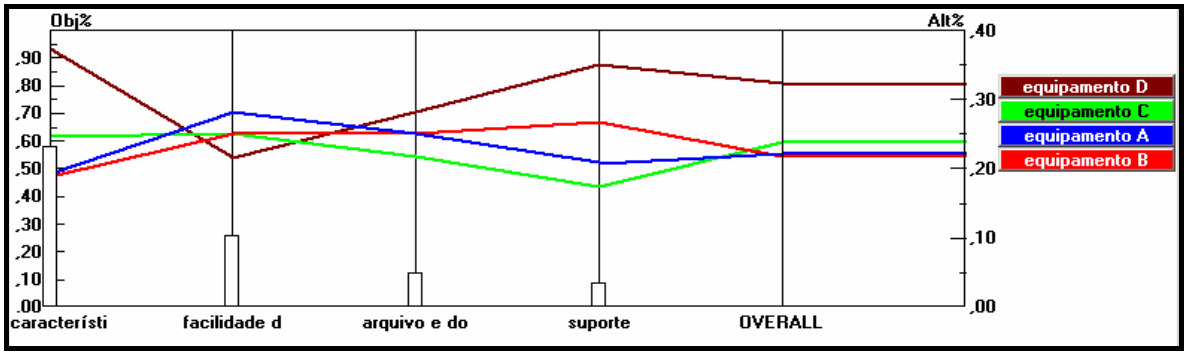


Figura 6.3 – Análise de Sensibilidade em relação à meta, segundo os critérios: "características", "facilidade de uso", "arquivo e documentação de imagens" e "suporte".

A **Figura 6.3** mostra, ainda, as prioridades em relação à meta para cada um dos critérios de segundo nível na hierarquia: características, facilidade de uso, arquivo e documentação de imagens e suporte. A alternativa vencedora, não conseguiu o melhor desempenho apenas no critério facilidade de uso, no qual obteve o pior desempenho entre as alternativas.

As figuras subseqüentes mostram a análise de sensibilidade para os principais critérios.

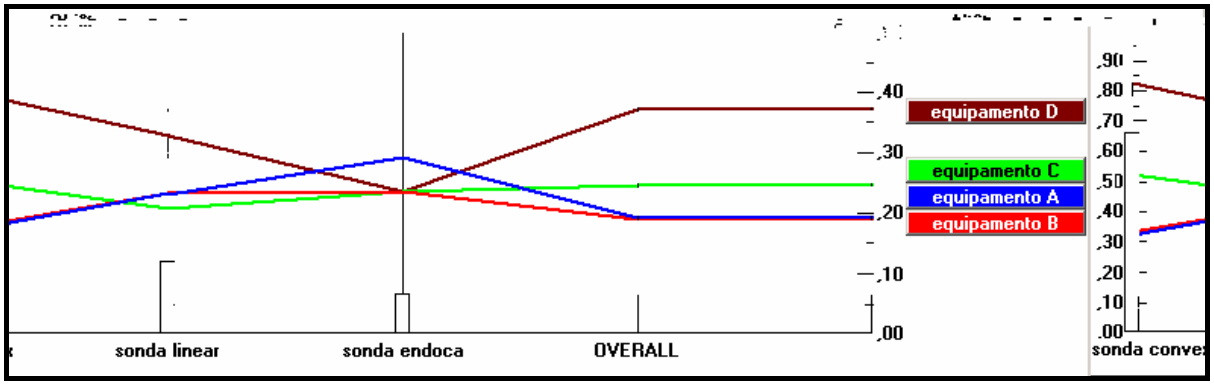


Figura 6.4 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "características", segundo os subcritérios: "sonda convexa", "sonda linear", e "sonda endocavitária".

A **Figura 6.4** apresenta as prioridades para os subcritérios ligados ao critério características: sonda convexa, sonda linear e sonda endocavitária, respectivamente. A alternativa vencedora, equipamento D, não obteve o melhor desempenho entre as alternativas apenas no subcritério sonda endocavitária, no qual obteve o pior resultado.

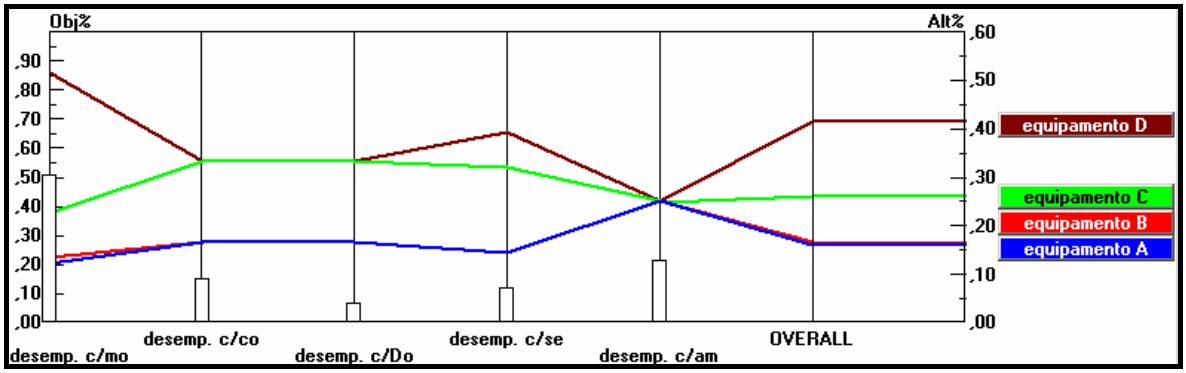


Figura 6.5 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "sonda convexa", segundo os subcritérios: "desempenho com modo B", "desempenho com *color* e *power* Doppler", "desempenho com Doppler pulsado", "desempenho com segunda harmônica" e "desempenho com amplitude de freqüência", respectivamente.

A **Figura 6.5** mostra o resultado para o nódulo da sonda convexa: desempenho com o modo B, desempenho com color e *power* Doppler, desempenho com Doppler pulsado, desempenho com segunda harmônica e desempenho da amplitude de freqüência, respectivamente. A alternativa vencedora, equipamento D, obteve desempenho similar à alternativa C para os subcritérios desempenho com color e *power* Doppler e desempenho com Doppler pulsado. Obteve ainda igual desempenho aos equipamentos no subcritério desempenho da amplitude de freqüência. Conseguiu, ainda, maior vetor de prioridades para os subcritérios desempenho no modo B e desempenho com Segunda Harmônica.

Destacando os dois subcritérios nos quais o equipamento vencedor obteve maior vantagem, **Figuras 6.6 e 6.7**, pode-se notar que sua superioridade no subcritério desempenho

com o modo B, recurso de imagem mais usado nos exames no dia-a-dia, garantiu sua superioridade frente ao critério pai do grupo (sonda convexa).

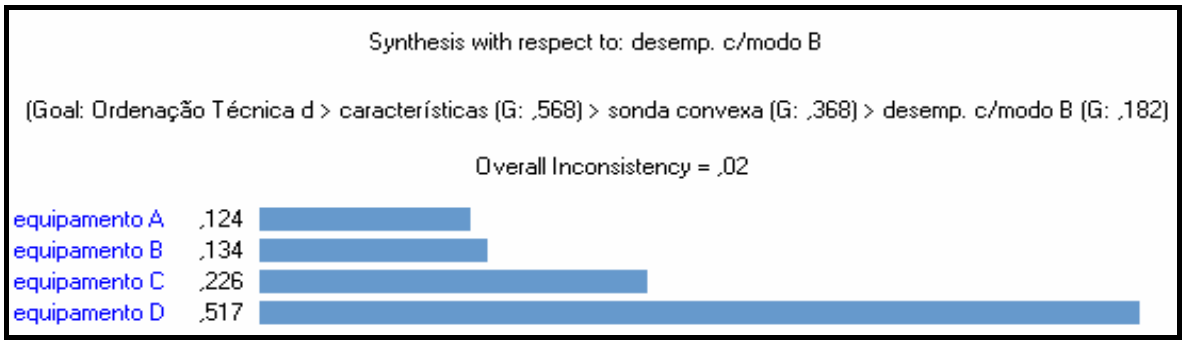


Figura 6.6 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "sonda convexa / desempenho com o modo B".

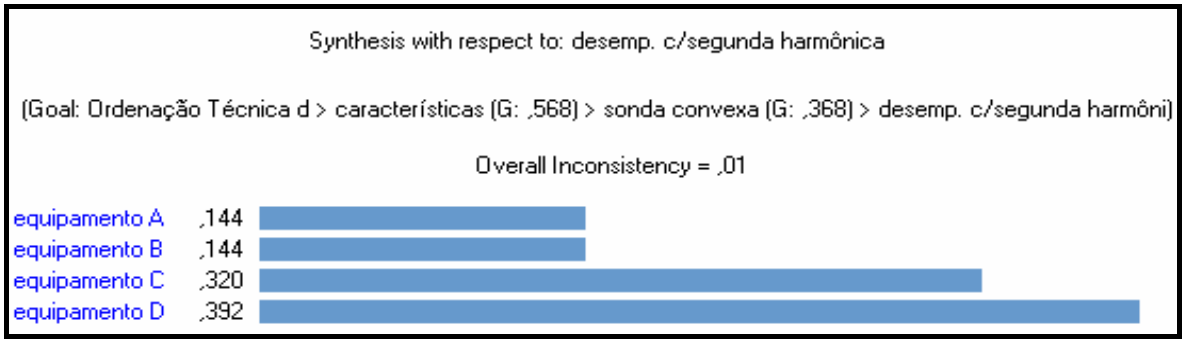


Figura 6.7 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "sonda convexa / desempenho com a segunda harmônica".

A **Figura 6.8** apresenta o comportamento das alternativas frente ao critério de terceiro nível "sonda linear", segundo seus subcritérios: desempenho com o modo B, desempenho com color e *power* Doppler, desempenho com Doppler pulsado, desempenho com segunda harmônica e desempenho da amplitude de freqüência, respectivamente.

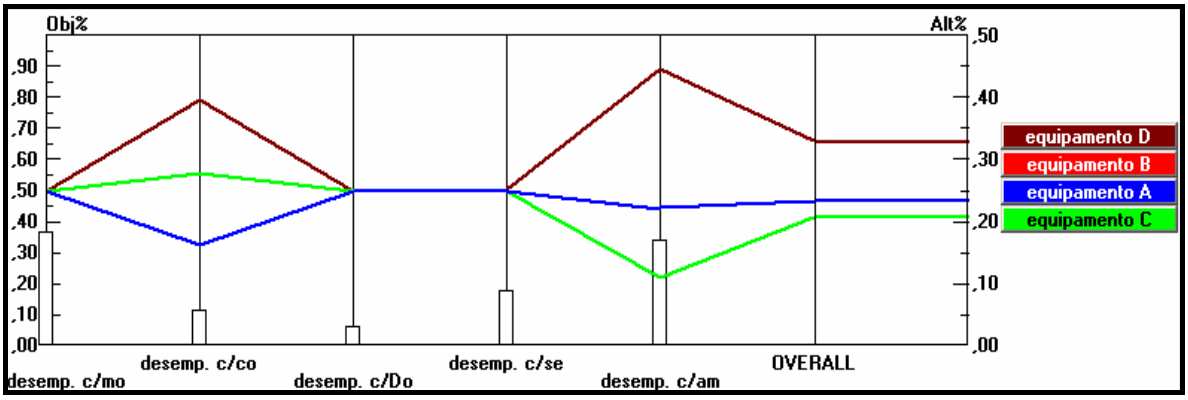


Figura 6.8 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "sonda linear", segundo os subcritérios: "desempenho com modo B", "desempenho com *color* e *power* Doppler", "desempenho com Doppler pulsado", "desempenho com segunda harmônica" e "desempenho com amplitude de freqüência", respectivamente.

Novamente, o equipamento D, alternativa vencedora, obteve desempenho idêntico às demais alternativas em três subcritérios, destacando-se das demais nos subcritérios desempenho com color e *power* Doppler e desempenho da amplitude de freqüência, cujos vetores de prioridade podem ser mais bem vistos nas **Figuras 6.9 e 6.10**.

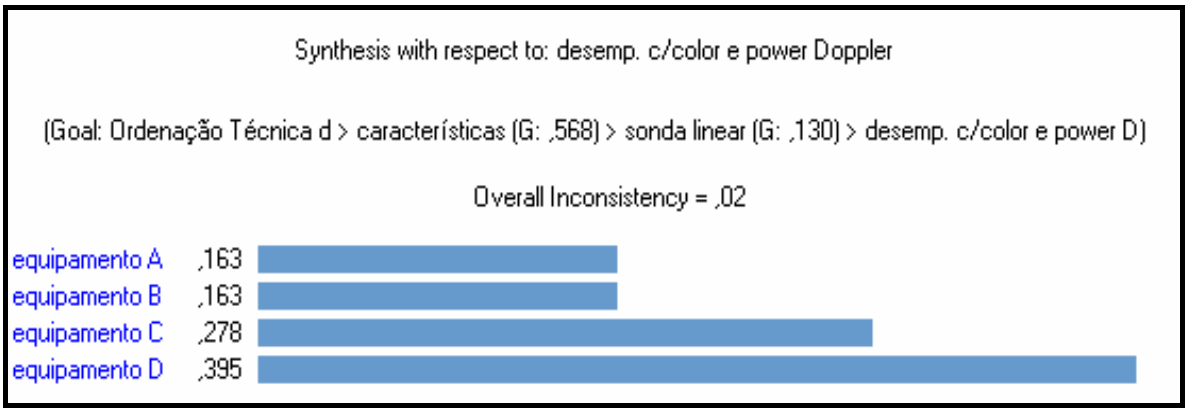


Figura 6.9 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "sonda linear / *color* e *power* Doppler".

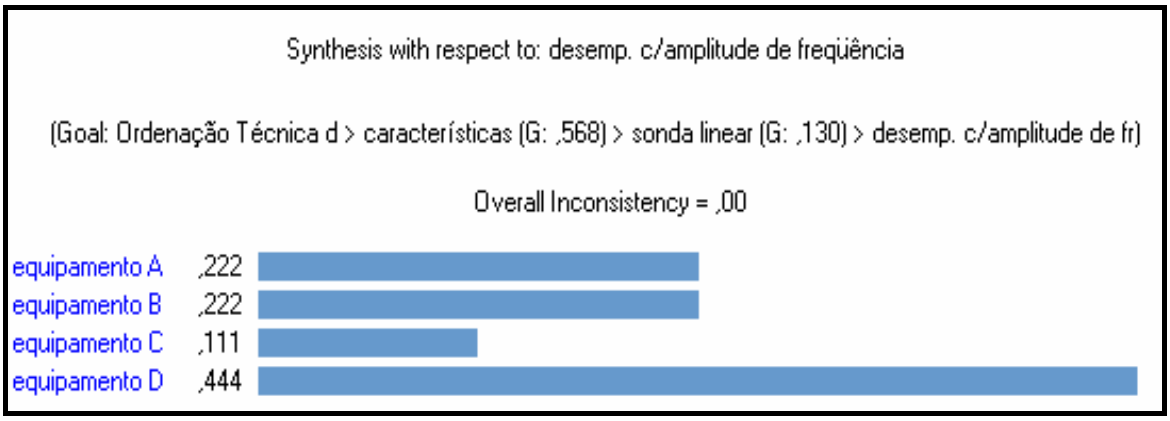


Figura 6.10 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "sonda linear / amplitude de freqüência".

A **Figura 6.11** mostra o desempenho das alternativas frente ao critério de terceiro nível da hierarquia "sonda endocavitária": desempenho com o modo B, desempenho com color e *power* Doppler, desempenho com Doppler pulsado e desempenho da amplitude de freqüência, respectivamente. A alternativa com o melhor desempenho foi o equipamento A, terceiro colocado na ordenação final, com destaque para o subcritério desempenho da amplitude de freqüência, destacado na **Figura 6.12**.

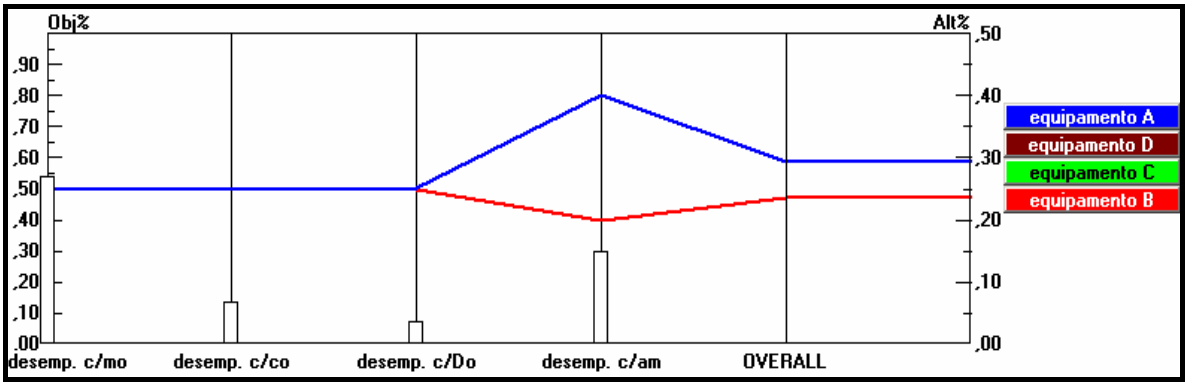


Figura 6.11 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "sonda endocavitária", segundo os subcritérios: "desempenho com modo B", "desempenho com *color* e *power* Doppler", "desempenho com Doppler pulsado" e "desempenho com amplitude de freqüência", respectivamente.

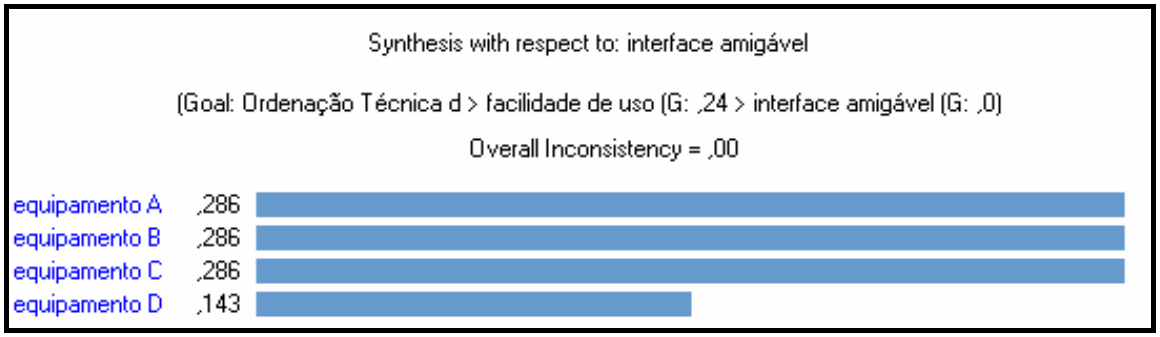


Figura 6.14 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "facilidade de uso / interface amigável", respectivamente.

A **Figura 6.15** apresenta o grupo do critério pai de segundo nível arquivo e documentação de imagens: interfaces para conexão, armazenamento no HD e mídia removível, respectivamente. Os equipamentos A e B tiveram desempenhos semelhantes para todos os subcritérios. O equipamento D obteve o maior vetor de prioridade do grupo, puxado pelo desempenho no subcritério mídia removível, **Figura 6.17,** apesar de seu fraco desempenho no subcritério armazenamento em HD, que possui menor peso que o subcritério anterior, pois apresentava o menor espaço em disco, **Figura 6.16**.

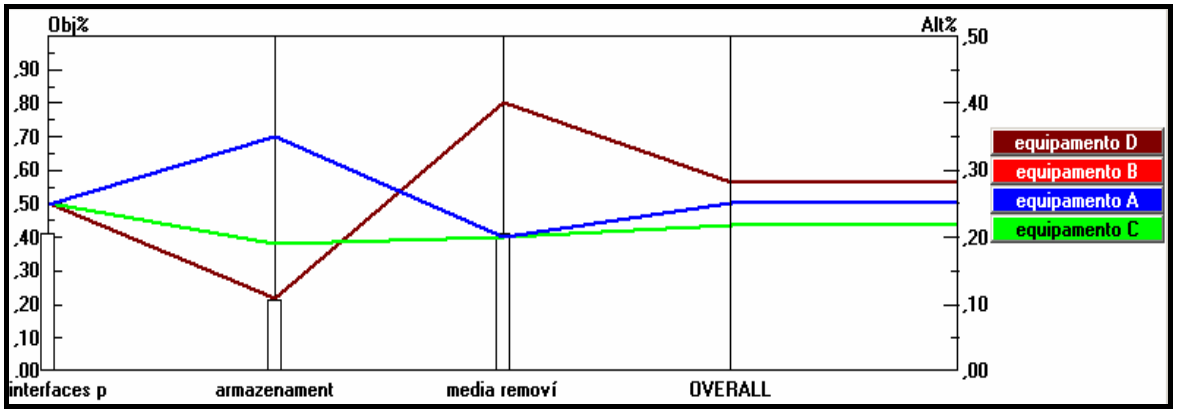


Figura 6.15 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "arquivo e documentação de imagens", segundo os subcritérios: "interfaces para conexão" e "armazenamento no HD", "mídia removível", respectivamente.

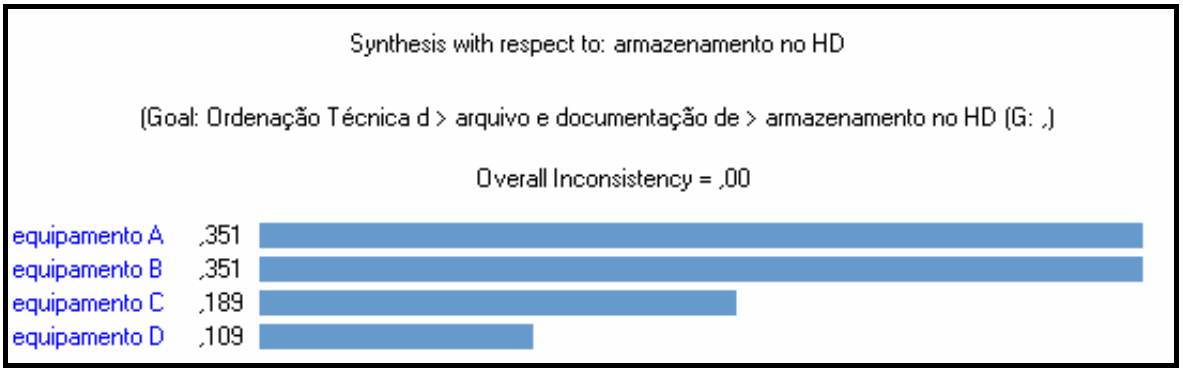


Figura 6.16 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "arquivo e documentação de imagens / armazenamento no HD".

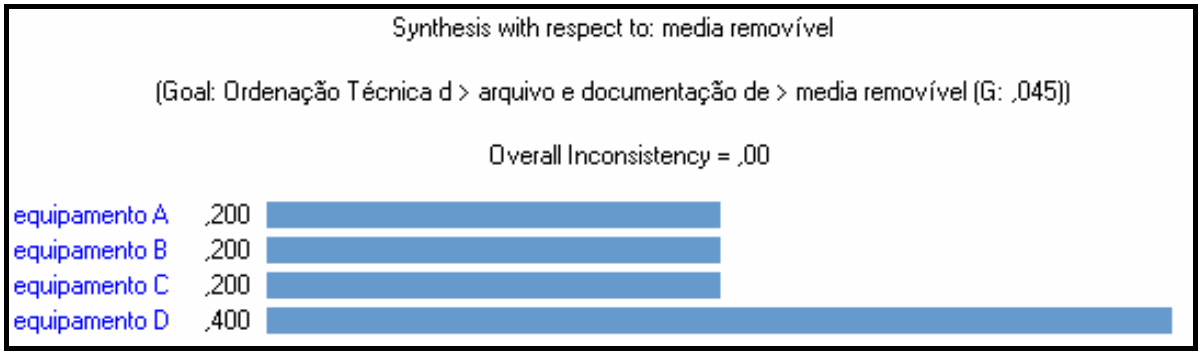


Figura 6.17 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "arquivo e documentação de imagens / mídia removível".

A **Figura 6.18** ilustra o grupo do critério pai de segundo nível suporte: suporte em Belo Horizonte, condições de garantia, treinamento e possibilidade de upgrade, respectivamente. O equipamento com o melhor desempenho foi o equipamento D, principalmente, em decorrência do seu melhor desempenho no subcritério suporte em Belo Horizonte, **Figuras 6.19**, **6.20** e **6.21**.

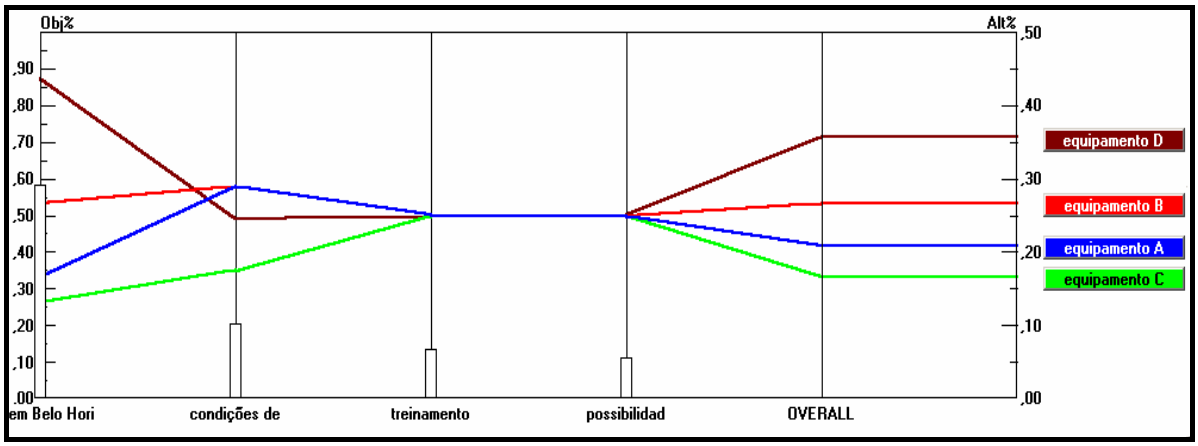


Figura 6.18 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "suporte", segundo os subcritérios: "suporte em Belo Horizonte", "condições de garantia", "treinamento" e "possibilidade de *upgrade*", respectivamente.

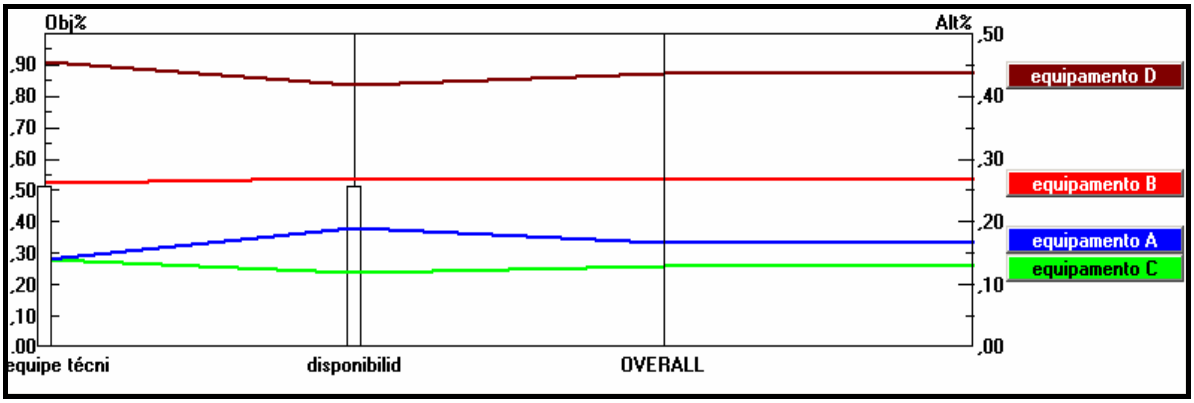


Figura 6.19 – Análise de Sensibilidade em relação ao critério "suporte / em Belo Horizonte", segundo os subcritérios: "equipe técnica local" e "disponibilidade de peças", respectivamente.

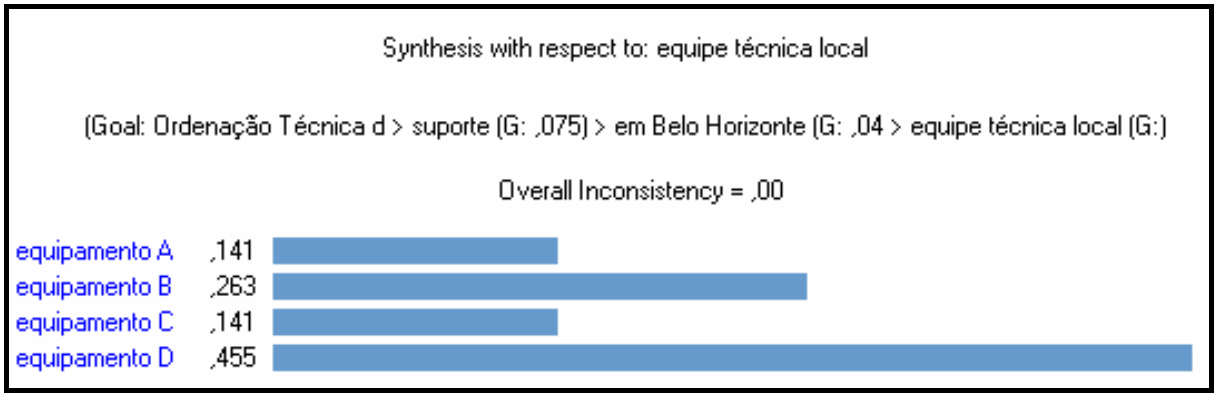


Figura 6.20 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "suporte / em Belo Horizonte / equipe técnica local".

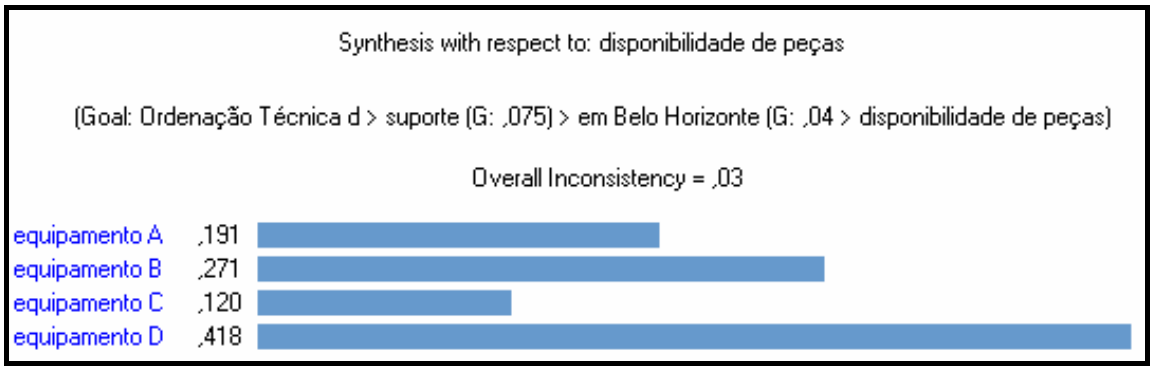


Figura 6.21 – Síntese das prioridades em relação ao subcritério "suporte / em Belo Horizonte / disponibilidade de peças".

6.4 – Considerações Finais

A análise final dos resultados mostrou estar alinhada ao sentimento da equipe decisora, expressando em números a expectativa dos decisores.

O resultado pode ser expresso e decomposto para cada critério e subcritério, permitindo que os dados sejam auditados a qualquer tempo.

A análise de sensibilidade mostrou-se útil para que a equipe decisora checasse a pertinência dos julgamentos, bem como, para poder dar subsídio para a avaliação comercial futura.

CAPÍTULO 7

7 – CONCLUSÃO

7.1 – Considerações Iniciais

A aplicação do AHP na avaliação técnica do processo de aquisição de um equipamento de ultra-sonografia diagnóstica de uso geral em um hospital privado mostrou que essa ferramenta é de grande auxílio ao processo de tomada de decisão, não só por sua síntese matemática, mas também por sua fase inicial de definição da hierarquia decisória obtida por consenso.

7.2 – Conclusão e Contribuição do Trabalho

A aplicação do AHP obteve êxito na sistematização do processo proposto de avaliação técnica e na geração de um modelo de árvore hierárquica com sugestão de critérios para avaliação técnica de aquisição de um equipamento de ultra-sonografia diagnóstica de uso geral. A adesão e o entendimento do método por parte dos decisores médicos e dos analistas (engenheiro clínico e gestor de suprimentos) foi muito facilitado pela utilização do programa Expert Choice, que possui uma interface de utilização fácil e, de certa forma, intuitiva. Os decisores médicos, apesar do pouco e recente contato com a ferramenta chegaram até a manipular o programa lançando seus julgamentos e implementando alterações nos pesos, na funcionalidade de análise de sensibilidade.

Como foram selecionadas quatro alternativas (equipamentos de diferentes fabricantes) para participarem do processo de compra, o número de comparações pareadas necessárias para a avaliação de cada critério final foi de 6, dado pela equação $n(n\text{-}1)/2$, vista anteriormente. Sendo assim, foi necessário um total de 162 comparações pareadas (6 x 27), uma vez que foram definidos 27 critérios técnicos de comparação direta, quando da construção da árvore hierárquica pelos decisores.

despendeu apenas cerca de duas horas e não foi relatado como desgastante ou cansativo pelos decisores.

O Método de Análise Hierárquica – AHP mostrou-se ser uma ferramenta útil na avaliação técnica do processo de aquisição do equipamento médico-hospitalar abordado devido a:

a) a decomposição da complexidade do problema em uma árvore hierárquica, que permitiu a definição prévia e clara dos critérios a serem avaliados e foi fundamental como guia para a elaboração do edital de concorrência, bem como do roteiro para as visitas de avaliação dos equipamentos participantes do processo de compra.
b) o julgamento por meio dos pesos e notas, que forneceu um mapa auditável dos critérios e valores usados pela equipe decisora, o que pode coibir possíveis ganhos indiretos de membros da mesma. A documentação gerada funciona como uma trilha de auditoria que permite checar quais os critérios, os pesos dos critérios e os valores de julgamento conferidos pelos decisores para cada alternativa frente a cada critério. Isso concede transparência ao processo de avaliação técnica dos equipamentos, o que pode coibir deslizes éticos que os decisores possam cometer.
c) o resultado, que pôde ser expresso de uma forma numérica, clara e sistematizada para uma avaliação extremamente complexa de ser realizada pelo grande número de variáveis existentes e atributos técnicos dos equipamentos. Assim, é gerado um ranking técnico das alternativas avaliadas, que pode ser comparado com o ranking gerado pela avaliação comercial, realizada em paralelo. Essa comparação de critérios claros e definidos permite que a decisão final sobre a compra do equipamento seja tomada pelo decisor principal da instituição, mesmo que ele não seja da área médica, da área técnica (engenharia clínica) ou da área comercial.
d) a Análise de Sensibilidade, que mostrou ser de grande utilidade para a instância decisora da questão comercial, não médica, por suprir as informações das necessidades técnicas caso a escolha comercial não seja a primeira escolha técnica. Assim, o decisor final poderá exigir que o fornecedor que cotou o menor preço complemente tecnicamente seu equipamento, até chegar a uma configuração próxima do equipamento com melhor colocação na ordenação técnica, obviamente, para os critérios que possam ser compensados, por exemplo, com o fornecimento de um HD com mais espaço em disco, de um processador mais veloz ou com a substituição do transdutor por um mais moderno, entre outras possibilidades. Isso garante à instituição conseguir o melhor preço para uma alternativa técnica mais adequada possível, em

uma concorrência por técnica e preço.

e) a flexibilidade, que permite sua aplicação somente para a avaliação técnica, com critérios qualitativos ou quantitativos, conforme o processo modelado para a instituição em questão ou até mesmo sua aplicação para uma análise conjunta da questão técnica e da comercial, como relatado na literatura (SLOANE, 2003).

7.3 – Recomendações para Futuros Trabalhos

Estudos futuros poderiam ser de grande valor para auxiliar a uma melhor alocação de recursos públicos na saúde, inclusive dos equipamentos médico-hospitalares, e à redução de desperdícios com melhoria no impacto final sobre a qualidade da assistência médica prestada à população, versando sobre:

a) a aplicabilidade do AHP e seu enquadramento dentro das regras legais de concorrência pública, mesmo enquanto ferramenta auxiliar para a definição dos critérios a serem usados no edital, não servindo para a avaliação final, propriamente dita, da licitação pública;

b) e sua aplicabilidade no planejamento e alocação de recursos em saúde e avaliação de tecnologias de saúde, tanto na esfera pública quanto privada.

7.4 – Considerações Finais

O AHP – Método de Análise Hierárquica por sua relativa simplicidade metodológica e por existirem ferramentas computacionais que tornam todo o embasamento matemático do método transparente para o usuário final, mostrou-se ter grande potencial de aplicação na seleção de alternativas técnicas em processo de compra de equipamento médico-hospitalar e, por analogia, para outros recursos de saúde.

Por sua sistematização, o AHP apontou para a possibilidade de ser usado, também, no serviço público, o que deve ser alvo de novos estudos, possibilitando a redução de desperdícios, comuns na área de saúde no Brasil, apontados nos capítulos iniciais.

APÊNDICE A

JULGAMENTO DAS ALTERNATIVAS PELOS ESPECIALISTAS

As tabelas seguintes, geradas no programa Expert Choice versão 11, apresentam as notas dadas pela equipe decisora para cada comparação pareada no nível de cada critério e subcritério.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	2,0	4,0
equipamento B			2,0	3,0
equipamento C				3,0
equipamento D	Incon: 0,02			

Tabela A.1 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / modo B.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	2,0	2,0
equipamento B			2,0	2,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.2 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / *color* e *power* Doppler.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	2,0	2,0
equipamento B			2,0	2,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.3 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / Doppler pulsado.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	2,0	3,0
equipamento B			2,0	3,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,01			

Tabela A.4 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / segunda harmônica.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0		
equipamento B			1,0	
equipamento C				
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.5 – Julgamentos das alternativas para sonda convexa / amplitude de freqüência.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
[illegible]				
equipamento B			1,0	
[illegible]				
equipamento I:		Incon: 0,00		

Tabela A.6 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / modo B.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	2,0	2,0
equipamento B			2,0	2,0
equipamento C				2,0
equipamento D	Incon: 0,02			

Tabela A.7 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / *color* e *power* Doppler.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.8 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / Doppler pulsado.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.9 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / segunda harmônica.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	2,0	2,0
equipamento B			2,0	2,0
equipamento C				4,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.10 – Julgamentos das alternativas para sonda linear / amplitude de freqüência.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.11 – Julgamentos das alternativas para sonda endocavitária / modo B.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.12 – Julgamentos das alternativas para sonda endocavitária / *color* e *power* Doppler.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Tabela A.13 – Julgamentos das alternativas para sonda endocavitária / Doppler pulsado.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		2,0	2,0	2,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.14 – Julgamentos das alternativas para sonda endocavitária / amplitude de freqüência.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.15 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / ergonomia e teclado.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.16 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / auto-texto.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.17 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / *presets* e tabelas de Ginecologia e Obstetrícia.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	2,0
equipamento B			1,0	2,0
equipamento C				2,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.18 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / interface amigável.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		2,0	2,0	2,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.19 – Julgamentos das alternativas para facilidade de uso / *cine review*.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.20 – Julgamentos das alternativas para arquivo e documentação de imagens / interfaces para conexão.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	2,0	3,0
equipamento B			2,0	3,0
equipamento C				2,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.21 – Julgamentos das alternativas para arquivo e documentação de imagens / armazenamento no *HD*.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	2,0
equipamento B			1,0	2,0
equipamento C				2,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.22 – Julgamentos das alternativas para arquivo e documentação de imagens / mídia removível.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		2,0	1,0	3,0
equipamento B			2,0	2,0
equipamento C				3,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.23 – Julgamentos das alternativas para suporte / em Belo Horizonte / equipe técnica local.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		2,0	2,0	2,0
equipamento B			2,0	2,0
equipamento C				3,0
equipamento D	Incon: 0,03			

Tabela A.24 – Julgamentos das alternativas para suporte / em Belo Horizonte / disponibilidade de peças.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	2,0	1,0
equipamento B			2,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,02			

Tabela A.25 – Julgamentos das alternativas para suporte / condições de garantia.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.26 – Julgamentos das alternativas para suporte / treinamento.

	equipamento A	equipamento B	equipamento C	equipamento D
equipamento A		1,0	1,0	1,0
equipamento B			1,0	1,0
equipamento C				1,0
equipamento D	Incon: 0,00			

Tabela A.27 – Julgamentos das alternativas para suporte / possibilidade de *upgrade*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ARTIGOS E EQUIPAMENTOS MÉDICOS, ODONTOLÓGICOS, HOSPITALARES E DE LABORATÓRIO. A importação geral do setor cresce 24,7% em 2006. **Informativo ABIMO / SINAEMO,** n. 4, p. 1, 2007. Disponível em: www.abimo.org.br/noticias/index_noticias.asp. Acesso em 15/02/2007.

ALMEIDA, Paulo Pereira de. **Aplicação do Método AHP – Processo Analítico Hierárquico – à Seleção de Helicópteros para Apoio Logístico à Exploração e Produção de Petróleo "Offshore"**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2002.

ANDREASSI, Maria Garcia; VENNERI, Lucia; PICANO, Eugenio. Cardiac imaging: The effects of disgnostic cardiac ultrasound. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 93, p. 399 - 410, 2007.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução Federal DDC n° 50 de 21 de fevereiro de 2002**.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Vigilância Sanitária e Licitação Pública.** Brasília, jun, 2003.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Boletim Informativo de Tecnovigilância**, n. 1, p. 1-11, 2004.

BELTON, Valerie. A comparison of the analytic hierarchy process and a simple multi-attribute value function. **European Journal of Operational Research**, n. 26, p. 7 - 21, 1986.

BELTON, Valerie; GEAR, Tony. On a Short-coming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies. **Omega,** v. 11, n. 3, p. 28 – 30, 1983.

BORGES, João Bosco Ramos; SORIANO, Paula Germiniani; ZECCHI, Nestor de Barros Aurélio. Avaliação por Doppler colorido do carcinoma da mama: correlação com dados clínicos e histopatológicos. **Radiologia Brasileira,** v. 37, n. 5, p. 323 – 328, 2004.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **Repensando a pesquisa participante**. 8 ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1999.

BRASIL. **Lei Ordinária nº. 5.991, de 17 de dezembro de 1973.**

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria Federal do Ministério da Saúde nº. 2.043, de 12 de dezembro de 1994.**

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria Federal do Ministério da Saúde nº. 3.535, de 2 de setembro de 1998.**

BRASIL, Ministério da Saúde. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção: capacitação à distância**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria Federal do Ministério da Saúde GM nº. 2.480, de 13 de outubro de 2006a.**

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria Federal do Ministério da Saúde nº. 3.323, de 27 de dezembro de 2006b.**

BRYMAN, Alan. **Research Methods and organization studies**. 3 Reimpressão. New York: Routledge, 1995.

CHAN, Candice; LAM, Felix; ROHLING, Robert. A needle tracking device for ultrasound guided percutaneous procedures. **Ultrasound in Med & Biol.**, *v.* 31, n. 11, p. 1469 – 1483, 2005.

COLLINS, Jannette. Professionalism and physician interactions with industry. **Journal of the American College of Radiology**, v. 3, n. 5, p. 325 - 332, 2006.

COLOMBO, Regina Maria Thienne. **Processo de Avaliação da Qualidade de Pacotes de Software**. 2004. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Mecânica) - Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

COYLE, Susan L. **Physician–Industry Relations. Part 1: Organizational Issues. Annals of Internal Medicine**, v. 136, n. 5, p. 396 – 402. March, 2002.

CROTI, Ulisses Alexandre; BRAILE, Domingo Marcolino; DIAZ, Gustavo Eduardo Suarez; PINTO JÙNIOR, Valdester Cavalcante. The Ross operation in the treatment of calcified bicuspid aortic valves. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 21, n. 4, p. 480 – 481, 2006.

DECIT - Departamento de Ciência e Tecnologia. Avaliação de Tecnologia em Saúde: institucionalização das ações no Ministério da Saúde. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 4, p. 743 - 747, 2006.

DEMO, Pedro. **Metodologia científica em ciências sociais.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 1995.

DUDLEY, N. J.; GRIFFITH, K.; HOULDSWORTH, G.; HOLLOWAY, M.; DUNN, M. A. A review of two alternative ultrasound quality assurance programmes. **European Journal of Ultrasound**, v. 12, p. 233 - 245, 2001.

DYER, James S. Remarks on the Analytic Hierarchy Process. **Management Science**. n. 36, v. 3, p. 249 - 258, Mar 1990a.

DYER, James S. A clarification of "remarks on the analytic hierarchy process". **Management Science**, n. 36, v. n. 3, p. 274 - 275, Mar 1990b.

ECRI - Emergency Care Research Institute. **Health Care product comparison system (HPCS). Scanning systems, ultrasonic, general-purpose**. PA, EUA: ECRI Press, 2004.

ECRI - Emergency Care Research Institute. **Health Care product comparison system (HPCS). Scanning systems, ultrasonic, general-purpose**. PA, EUA: ECRI Press, 2005.

EDLER, Inge; LINDSTRÖM, Kjell. The History of Echocardiography. **Ultrasound in Med. & Biol.**, v. 30, n. 12, p. 1565 – 1644, 2004.

EHRLICH, Pierre J. Modelagem e ética no apoio às decisões. **RAE Light,** v. 6, n. 2, p. 11 - 13, 1999.

FISCHER, G. W. Convergent validation of decomposed multi-attribute utility assessment procedures for risky and riskless decisions. **Organizational Behavior and Human Performance**, v. 18, p. 295 – 315, 1977.

FMP – FUNDAÇÃO MÁRIO PENNA. **Jornal da Fundação Mário Penna**, n° 1, agosto, 2004.

FORMAN, Ernest H.; GASS, Saul I. The Analytic Hierarchy Process - An exposition. **Operations Research**, v. 49, n. 4, p. 469 – 624, Jul/Aug 2001.

FORMAN, Ernest H.; SELLY, Mary Ann. **Decision by Objectives: How to convince others that you are right**. New Jersey: World Scientific, 2001.

FORSBEG, F. Ultrasonic biomedical technology: marketing versus clinical reality. **Ultrasonics**, v. 42, p. 17 – 27, 2004.

GALEANO, Julio César Vergara. **Procedimentos de aquisição de equipamentos médico-assistenciais: Uma ferramenta computadorizada**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1999.

GOODWIN, Paul; WRIGHT, George. **Decision Analysis for Management Judgment**. 3 ed. England: John Wiley & Sons, 2004.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Tomada de Decisão Gerencial – Enfoque Multicritério**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; ARAYA, Marcela Cecília González; CARIGNANO, Cláudia. **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GUTIERREZ, Regina Maria Vinhais; ALEXANDRE, Patrícia Vieira Machado. Complexo Industrial da Saúde: uma introdução ao setor de insumos e equipamentos de uso médico. **BNDES Setorial**, n. 19, p. 119-155, mar, 2004.

HALPERIN, Edward C.; HUTCHINSON, Paul; BARRIER, Robert C. A population-based study of the prevalence and influence of gifts to radiation oncologists from pharmaceutical companies and medical equipment manufactures. **International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics**, v. 59, n. 5, p. 1477 – 1483, 2004.

HARKER, Patrick T.; VARGAS, Luis G. The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process. **Management Science**, *v.* 33, n. 11, p. 1383 – 1403, Nov 1987.

HARKER, Patrick T.; VARGAS, Luis G. Reply to "Remarks on the Analytic Hierarchy Process" by J. S. Dyer. **Management Science**, v. 36, n. 3, p. 269 – 273, Mar 1990.

HARVEY, Chitopher J.; PILCHER, James M.; ECKERSLEY, Robert J.; BLOMLEY, Martin J. K.; COSGROVE, David O. Advances in Ultrasound. **Clinical Radiology**, v. 57, p. 157 – 177, 2002.

HOFER, Mathias; REIHS, Tatjana. **Ultra-sonografia: Manual Prático de Ensino – Princípios básicos de execução e interpretação**. Rio de Janeiro: Revinter, 2003.

IEC – INTERNACIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 1390: 1996**: Ultrasonics – Real Time Pulse-echo Systems – Test Procedures to Determine Performance Specifications, Geneve, 1996.

IŞIKLAR, Gülfem; Büyüközkan, Gülçin. Using a multi-criteria decision making approach to evaluate mobile phone alternatives. **Computer Satandards & Interfaces**, n. 29, p. 265 – 274, 2007.

KATZ, Zeev. **Estudo de metodologias econômicas e multiparamétricas aplicadas à decisão de substituição de equipamentos médicos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1998.

KOLZER, José Fábio; VIEGAS, Fernando; ROCCO, Erlon de; OJEDA, Renato Garcia. Aquisição de Equipamentos de Ultra-sonografia Diagnóstica. In: **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica.** São José dos Campos, SP: set., 2002.

KUMAR, N. Vinod; GANESH, L. S. A simulation-based evaluation of the approximate and the exact eigenvector methods employed in AHP. **European Journal of Operational Research**, n. 95, p. 656 - 662, 1996.

LEWIN, Peter A. Quo vadis medical ultrasound? **Ultrasonics**, v. 42, p.1 – 7, 2004.

LIBERATORE, Matthew J.; NYDICK, Robert L. Wash criteria and the analytic hierarchy process. **Computers & Operations Research**, v. 31, p. 889 – 892, 2004.

LIU, Fuh-Hwa Franklin; HAI, Hui Lin. The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. **Int. J. Production Economics**, v.97, n. 3, p. 308 - 317, 2005.

MACHADO, Eduardo Pitombo; GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro; CHAUVEL, Marie Agnes. Avaliação de estratégias de marketing: de serviços: Um enfoque multicritério. **Revista de Administração Mackenzie**. v. 4, n. 2, p. 61 - 85, 2003.

MEALHA, J. Conceição. **Física e tecnologia dos equipamentos de diagnóstico e de radioterapia**. Lisboa: Universitária Editora, 2000.

MENDES, Eugênio Vilaça. **Uma agenda para a saúde**. 2 ed. São Paulo: Editora Hucitec, 2006.

MILLET, Ido; SAATY, Thomas L. On the relativity of relative measures - Accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP. **European Journal of Operational Research.** v. 121, n. 1, p. 205 - 212, Feb, 2000.

MILLET, Ido; SCHONER, Bertram. Incorporating negative values into the Analytic Hierarchy Process. **Computers & Operations Research**, v.32, n. 12, p. 3163 – 3173, 2005.

MORERA, Osvaldo F.; BUDESCU, David V. A Psychometric Analysis of the "Divide and Conquer" Principle in Multicriteria Decision Making**. Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 75, n. 3, p. 187–206, Sep. 1998.

MORITA, Hideyuki. **Revisão do Método de Análise Hierárquica AHP (AHP – Analytic Hierarchy Process)**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1998.

MÜLLER JUNIOR, Ergon Luiz. **Sistema de Apoio ao Planejamento de Serviços**

Hospitalares e Especificação de Equipamentos Médicos. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2000.

MURPHY, C. K. Limits on the Analytic Hierarchy Process from its consistency index. **European Journal of Operational Research**, n. 65, p. 138 – 139, 1993.

NEPP – Núcleo de Estudos de Políticas Públicas. **O Setor Saúde e o Complexo de Saúde no Brasil**. Campinas, SP: UNICAMP, 2000.

NOWICKI, A.; KLIMONDA, Z.; LEWANDOWISCKI, M.; LEWIN, P. A.; TROTA, I. Comparison of sound fields generated by excitations: Experimental results. **Ultrasonics**, v. 44, p. 121 – 129, 2006.

OZDEMIR, Müjgan S.; SAATY, Thomas L. The unknown in decision making: What to do about it. **European Journal of Operational Research,** v. 174, n. 1, p. 349 - 359, 2006.

PANERAI, Rooney Bernardes; MOHR, Jorge Peña. **Evaluation de Tecnologias en Salud. Metodologia para paises en desarrollo**. Washington: Organizacion Panamericana de la Salud, 1990.

PARAGUASSU, Fernanda. **Potência emergente. Revista CNI – Indústria Brasileira**, v. 52, p. 34 – 37, 2005.

PASCHOARELLI, Luiz Carlos. **Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de Ultra-sonografia: Uma proposta metodologia para avaliação e análise do produto**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2003.

PEREGRINO, Fernando et al. **IDH, Bússola: Estabelecendo prioridades em políticas públicas através de indicadores de desenvolvimento humano: longevidade, educação, renda, infância, habitação**. Rio de Janeiro: Litteris Editora, 2001.

RAMIREZ, Ernesto Fernando Ferreyra. **Modelo conexionista para avaliação de propostas para aquisição de equipamentos médico-hospitalares.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

RICCABONA, Michael. , Modern pediatric ultrasound: potential applications and clinical significance: A review. **Journal of Clinical Imaging**, v. 30, p. 77 - 86, 2006.

ROMERO, Bianca de Cássia. **Análise da Localização de Plataformas Logísticas: aplicação ao caso do ETSP – Entreposto Terminal São Paulo – da CEAGESP**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2006.

RUMACK, Carol M.; WILSON, Stephanie R.; CHARBONEAU, J. William. **Tratado de Ultra-Sonografia Diagnóstica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1999.

SAATY, Thomas L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, p. 234 - 281, 1977.

SAATY, Thomas L. Axiomatic foundations of the Analytic Hierarchy Process. **Management Science**, v. 20, p. 355 – 360, 1986.

SAATY, Thomas L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987a.

SAATY, Thomas L. Rank generation, preservation and reversal in the analytic hierarchy decision process. **Decision sciences**, v. 18, p. 157- 177, 1987b.

SAATY, Thomas L.; HARKER, Patrick T.; VARGAS, Luis G. Remarks on the Analytic Hierarchy Process. **Management Science**. n. 36, v. 3, p. 269 - 273, Mar 1990a.

SAATY, Thomas L. Eigenvector and Logarithmic Least Squares. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 156 – 160, Sep 1990b.

SAATY, Thomas L. Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 74, n. 3, p. 426 - 447, May 1994.

SAATY, Thomas Lorie. **Fundamentals of the Analytic Network Process** in: ISAHP1999 – INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, 1999. Kobe, Japão: Universidade de Kobe: Proceedings of the ISAHP1999, 1999a.

SAATY, Thomas Lorie. **The seven pillars of the Analytic Hierarchy Process.** in: ISAHP1999 – INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, 1999. Kobe, Japão: Universidade de Kobe: Proceedings of the ISAHP1999, 1999b.

SAATY, Thomas L. **Decision Making for Leaders – Vol. II AHP Series**, New edition. Pittsburgh: RWS Publications, 2001.

SAATY, Thomas L.; OZDEMIR, M. Negative Priorities in the Analytic Hierarchy Process. **Mathematical and Computer Modelling**, v.37, p.1063 - 1075, 2003.

SAATY, Thomas L. Decision making **– The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 1, p. 1 - 34, March, 2004.

SAATY, Thomas L. **Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy / network processes.** European Journal of Operational Research, v. 168 n. 2, p. 557 – 570, 2006.

SANDERS, Roger C. **Ultra-sonografia: Guia Prático**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2004.

SANTOS, Diego Pereira dos. **Interface DICOM para captura e transmissão de imagens médicas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003

SBC – SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Normatização dos equipamentos e das técnicas para a realização de exames de ultra-sonografia vascular. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 82, suplemento IV, p. 1 - 11, 2004.

SCHENKERMAN, Stan. Avoiding rank reversal in AHP decision-support models. **European Journal of Operational Research**, n. 74, p. 407 - 419, 1994.

SCHIMIDT, Angela Maria Atherino. **Processo de apoio à tomada de decisão. Abordagens: AHP e MACBETH**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de

Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1995.

SCHOENFELD, Alex; GOVERMAN, Jeremy; WEIS, Debra M.; MEIZNER, Israel. Transducer user syndrome: an occupational hazard of the ultrasonographer. **European Journal of Ultrasound**, v. 10, p. 41 - 45, 1999.

SCHONER, Bertram; WEDLEY, William C. Ambiguous Criteria Weights In AHP: Consequences And Solutions. **Decision Sciences**, v. 20, n. 3, p. 462 - 475, Summer 1989.

SERGIO, Marbilia Passagnolo. **Processo de Avaliação de Produto Final de Software para Aquisição**. 2004. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) – Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

SHAPIRO, Robert S.; STANCATO-PASIK, Ágata; SIMS, Stephanie E. **Computers in Biology and Medicine**, v. 35**,** p. 725 - 733, 2005.

SHULMAN, Suzanne G., MARCH, David E. Ultrasound-guded breast interventions: accuracy of biopsy techniques and applications in patiente management. **Seminars in Ultrasound, CT and MRI**, v. 27**,** p. 298 – 307, 2006.

SLOANE, Elliot B.; LIBERATORE, Matthew J.; NYDICK, Robert L.; LUO, Wenhong; CHUNG, Q.B. **Using the analytic hierarchy process as a clinical engineering tool to facilitate an iterative, multidisciplinary, microeconomic health technology assessment.** Computers & Operations Research, v. 30, p. 1447 – 1465, 2003.

TALLARICO, Mário Cláudio da Fontoura. **Reversão de ordem em alguns métodos multicriteriais de decisão**. 1990. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia Industrial da Pontifícia Universidade Católica do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 1990.

TELLES, Luciana Oliveira. **Clusters e a 1ndústria ligada à área da saúde em Ribeirão Preto**. 2002. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2002.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação.** 11 ed. São Paulo: Cortez, 2002.

THIJSSEN, J.M.; WIJK, M.C. van; CUYPERS, M. H. M. Performance testing of medical ultrasound echo/Doppler equipment. **European Journal of Ultrasound**, v. 15, p. 151 - 164, 2002.

TROTTA, Lílian Terezinha Ferreira. **Estabelecimento de prioridades em saúde: Uma abordagem Multicritério**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 1998.

VAIDYA, Omkarprasad S.; KUMAR, Sushil. **Analytic hierarchy process: An overview of applications**. European Journal of Operational Research, v. 169, n. 1, p. 1 - 29, 2006.

VARGAS, Luis G. An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. **European Journal of Operational Research**, n. 48, 2 - 8, 1990.

VARGAS, L. G. Reply to Schenkerman's avoiding rank reversal in AHP decision-support models. **European Journal of Operational Research**, n. 74, p. 420 – 425, 1994.

WEINSTEIN, Susan P.; CONANT, Emily F.; SEHGAL, Chadra. Technical Advances in Breast Ultrasound Imaging. **Seminars in Ultrasound CT and MRI**, v. 27, p. 273 - 283, 2006.

WIJK, M.C. van; THIJSSEN, J.M. Performance testing of medical ultrasound equipment: fundamental vs. harmonic mode. **Ultrasonics**, v. 40, p. 585 – 591, 2002.

YOUMARAN, Richard. **Automatic measurement of features in ultrasound images of the eye**. 2005. Thesis (Master of Applied Science degree in Electrical Engineering) – Faculty of Graduate and Postdoctoral Studies of School of Information Technology and Engineering – University of Ottawa, Ottawa, Canada, 2005.

ZEQIRI, Bajram. Metrology for ultrasonic applications. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 93, p. 138 - 152, 2007.

ANEXO A

SOLICITAÇÃO DE COMPRA (MODELO PRÓPRIO DA FMP)

ANEXO B

EDITAL PARA A COMPRA DO EQUIPAMENTO DE ULTRA-SONOGRAFIA DIAGNÓSTICA PELA FMP

FUNDAÇÃO MÁRIO PENNA

TOMADA DE PREÇOS Nº 249.05

Vimos solicitar uma proposta técnica e uma proposta comercial para aquisição de um aparelho de ultrassonografia [illegible] uso em clínica geral, com foco em oncologia, em nome da Fundação Mário Penna, instituição filantrópica, para instalação no Hospital Luxemburgo situado à Rua Gentios, 1.350, Bairro Luxemburgo, Belo Horizonte.

Descrição do equipamento

a) Sondas:
- 1 Sonda linear com freqüência máxima maior ou igual a 10 MHz;
- 1 sonda convexa com banda mínima de freqüência entre 3,5 e 5 MHz;
- 1 sonda endocavitária com freqüência máxima maior ou igual a 9 MHZ;
- mínimo de 3 interfaces para as sondas;

b) Doppler: power, color e pulsado;
c) Segunda harmônica ou tissue harmonic;
d) Cine review com no mínimo 100 imagens;
e) Presets para: abdômen, ginecologia e obstetrícia, músculo-esquelético, partes moles, próstata e programáveis pelo usuário;
f) Monitor maior ou igual a 15 polegadas com tela plana e SVGA ou superior;
g) Maior ou igual a 256 canais não interpolados;
h) Zona multifocal múltipla
i) Autotexto;
h) Armazenagem mínima:
- gravador de cd multissessão;
- disquete de 3,5 polegadas;
- HD de no mínimo 30 Gb;

i) Saídas [illegible] no mínimo para:
- videocassete;
- video printer preto e branco;
- video printer color;
- monitor SVGA;
- impressora laser ou jato de tinta.

j) Acessórios de biópsia para sonda endocavitária;
k) Garantia mínima de 1 ano;
l) Treinamento "in loco" (applic[illegible]ation) para 5 médicos;
m) Interface DICOM 3;
n) Manuais do usuário e de manu[illegible]tenção e circuitos do equipamento.

Descrever:
a) possibilidade de upgrades fut[illegible]
b) estrutura física e de profissionais em Belo Horizonte para manutenção;
c) estrutura e logística para reposição de peças e estoque no país e em Belo Horizonte;
d) peças de maior desgaste, com tempo de vida estimado, garantia e valores para reposição;
e) valor e condições gerais do contrato de manutenção;
f) prazo de entrega;
g) condições de treinamento e reciclagem para instalação.

Orçar opcionalmente em separado:
a) *software para captura de imagem e elaboração de laudos;*
b) equipamento com 512 canais de dados não interpolados

PÁGINA: 1

Luxemburgo - Belo Horizonte - MG, no Departamento de Compras ou pelo e-mail:
gelcimar@mariopenna.org.br
ou pelo Tel/fax: 3299-9950//9313
Favor citar o número desta Tomada de Preços em sua proposta.
Belo Horizonte, 12 de setembro de 2005
Gelcimar Dias Santana DEPTO DE COMPRAS

ANEXO C

RESUMO COMPARATIVO DOS EQUIPAMENTOS OFERECIDOS NA CONCORRÊNCIA

	Marca/Modelo	A	B	C	D

	D
eis	sim (descartável)
em)	sim (até 28 x em tempo real)
	sim
	sim
	sim
	sim
	sim
	sim
	sim
	sim (inclusive para 3D 4D e eco = opcional)
ós	

ANEXO D

APLICAÇÃO DO AHP – UM EXEMPLO NUMÉRICO

O AHP pode ser inicialmente definido como um método utilizado nas situações de decisão que envolvem multicritérios, nas quais o problema de decisão é decomposto em níveis hierárquicos, facilitando assim o seu entendimento e a evolução da própria estrutura, conforme a complexidade da situação analisada.

A seguir, são apresentadas as principais etapas do método AHP, assim como sua estrutura, elementos e conceitos fundamentais, a partir de um exemplo numérico, presente na literatura, hipotético, simplificado e ilustrativo. O conteúdo desse Anexo D foi retirado e adaptado de Machado (2003).

Será utilizado o exemplo de hierarquia da **Figura D.2** para ilustrar a aplicação do método.

D.1) Construção da hierarquia de decisão.

A primeira etapa do método AHP consiste na decomposição do problema/decisão em uma hierarquia, composta, no mínimo, de um objetivo, critérios e alternativas. A **Figura D.1** mostra a estrutura hierárquica de um problema de decisão de uma estratégia de marketing de serviço.

A parte superior da estrutura apresenta o enunciado do objetivo geral de decisão, neste caso, “qual a estratégia mais adequada para a prestação do serviço?”. A seguir, mais especificamente abaixo do objetivo geral, são listados os critérios associados ao problema de decisão. No exemplo hipotético contido nesse anexo, podem ser observados os critérios de Qualidade, Concorrência, Gestão Operacional e Custo Operacional. Esses critérios podem também ser quebrados em maiores detalhes, dependendo da complexidade do problema. Por exemplo, o atributo de Qualidade está subdividido em Tempo de Atendimento ao Cliente, Suporte Remoto, Suporte Logístico e Suporte Web. Essa hierarquia é decomposta quantas vezes forem necessárias, sendo adicionadas, à sua estrutura, as alternativas disponíveis e mais adequadas.

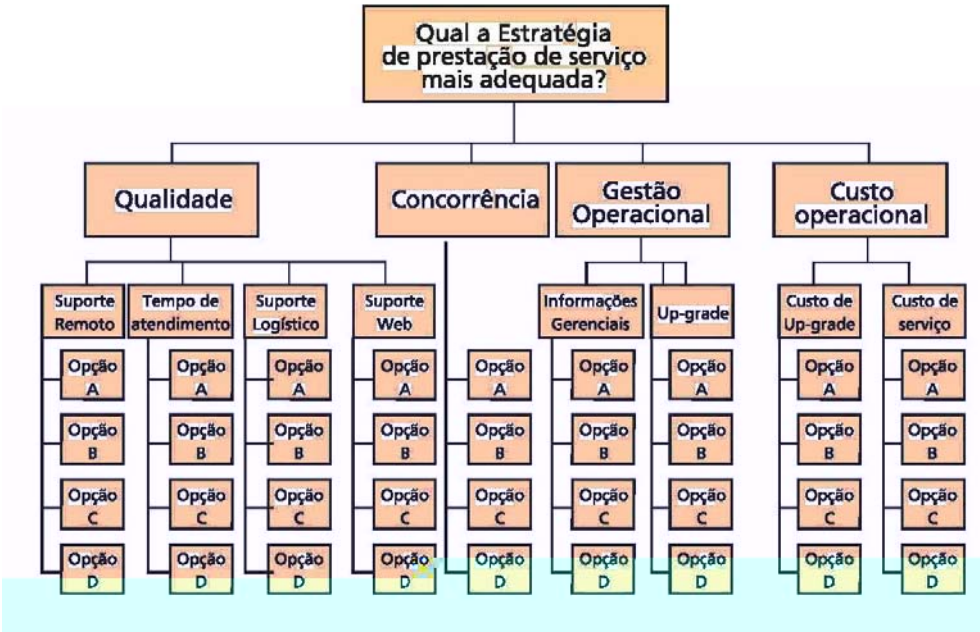


Figura D.1 – Exemplo de Hierarquia para Aplicação do Método AHP. Fonte: Machado (2003).

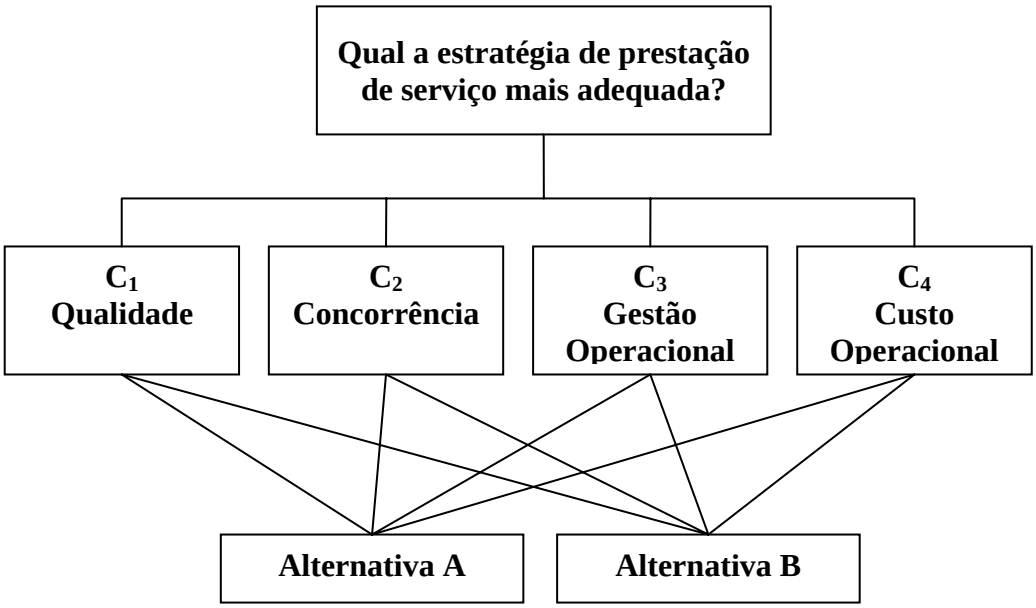


Figura D.2 – Hierarquia simplificada para Aplicação do Método AHP em um exemplo numérico. Fonte: adaptado de Machado (2003).

D.2) Comparação entre os elementos da hierarquia.

A segunda etapa consiste em estabelecer prioridades entre os elementos para cada nível da hierarquia, por meio de uma matriz de comparação.

O primeiro ponto a ser considerado é a determinação de uma escala de valores para comparação, que não deve exceder um total de nove fatores, a fim de se manter a matriz consistente. No nosso exemplo, são considerados sete fatores, de acordo com o **Quadro D.1**:

Escala de Valor numérica	**Verbal**
1	Igualmente Preferível
2	Moderadamente preferível
3	Moderadamente para fortemente preferível
4	Fortemente preferível
5	Muito fortemente preferível
6	Muito fortemente para extremamente preferível
7	Extremamente preferível

Quadro D.1 – Escala de valores criada para a comparação. Fonte: Machado (2003).

Considerando os 4 critérios da estrutura hierárquica, mostrada na **Figura D.2**, é desenvolvida a matriz de comparação quadrada da **Tabela D.1**, sendo *Aij*, *i* = 1, 2, ..., *n* e *j* = 1, 2, ..., *n*.

Critérios	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**
C1 - Qualidade	1	5	3	2
C2 - Concorrência	1/5	1	1/2	1/4
C3 - Gestão Operacional	1/3	2	1	1/2
C4 - Custo Operacional	1/2	4	2	1
Total	2,03	12	6,5	3,75

Tabela D.1 – Matriz de Comparação Quadrada. Fonte: Machado (2003).

De acordo com a tabela construída, observa-se que o fator Qualidade (C1) é muito fortemente preferível ao fator Concorrência (C2), identificado pelo número 5 na primeira linha e segunda coluna. Da mesma maneira, o fator Custo Operacional (C4) é moderadamente preferível ao fator Gestão Operacional (C3), identificado pelo número 2 na quarta linha e terceira coluna.

Essa análise deve ser feita para cada nível da hierarquia, ou seja, os subcritérios existentes para cada um dos critérios considerados, também, devem passar pela mesma forma de comparação, com a mesma escala de valores. Para fins de aprendizado, os subcritérios da estrutura hierárquica constante da **Figura D.1** não serão considerados.

D.3) Prioridade relativa de cada critério.

A normalização dos valores obtidos na matriz tem por objetivo igualar todos os critérios a uma mesma unidade, sendo feita em seguida a média aritmética dos valores de cada

linha, a fim de identificar a ordem de importância de cada critério. Cada valor obtido na tabela anterior é dividido pelo total de sua respectiva coluna, obtendo assim o quadro da **Tabela D.2**:

Critérios	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**Prioridade Relativa**
C1 - Qualidade	0,492	0,417	0,461	0,533	0,475
C2 - Concorrência	0,098	0,083	0,077	0,067	0,082
C3 - Gestão Operacional	0,164	0,167	0,154	0,133	0,155
C4 - Custo Operacional	0,246	0,333	0,308	0,267	0,289
Total	1	1	1	1	1

Tabela D.2 – Obtenção da prioridade relativa de cada um dos critérios. Fonte: adaptado de Machado (2003).

A partir dos resultados obtidos, o critério C_1 – Qualidade aparece em primeiro lugar em termos de prioridade relativa, seguido de C_4 – Concorrência, C_3 – Gestão Operacional e, por último, C_2 – Custo Operacional.

D.4) Avaliar a consistência das prioridades relativas.

Considerando que *Aij* são os elementos resultantes da comparação par a par, podemos designar por *A* a matriz formada por esses elementos, em que $A=(A_{ij})$. Se as nossas avaliações fossem perfeitas em todas as comparações, teríamos $A_{ij} \, x \, A_{jk} = A_{ik}$, para quaisquer valores de *i*, *j* e *k*. Neste caso, a matriz seria considerada consistente.

A seguir, será descrito o procedimento para o cálculo de λ_{max}, o autovetor de *A*, e conseqüentemente o valor de CR – Razão de Consistência.

D.4.1) Obter o vetor de pesos.

Para a determinação do vetor dos pesos, é necessário multiplicar a prioridade relativa obtida anteriormente por cada um dos pesos da matriz quadrada de comparações, chegando-se ao seguinte valor pela **equação D.1**:

$$\begin{vmatrix} 0{,}475 + 0{,}410 + 0{,}465 + 0{,}578 \\ 0{,}095 + 0{,}082 + 0{,}078 + 0{,}072 \\ 0{,}158 + 0{,}164 + 0{,}155 + 0{,}145 \\ 0{,}238 + 0{,}328 + 0{,}310 + 0{,}289 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1{,}928 \\ 0{,}327 \\ 0{,}622 \\ 1{,}165 \end{vmatrix} = (1{,}928 \; 0{,}327 \; 0{,}622 \; 1{,}165) \qquad (D.1)$$

D.4.2) Obter o vetor de consistência.

O vetor de consistência é determinado a partir da divisão de cada peso pela sua respectiva prioridade, como visto na **equação D.2**:

$$\begin{vmatrix} 1{,}928 / 0{,}475 \\ 0{,}327 / 0{,}082 \\ 0{,}622 / 0{,}155 \\ 1{,}165 / 0{,}289 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4{,}059 \\ 3{,}988 \\ 4{,}013 \\ 4{,}031 \end{vmatrix} = (4{,}059\ 3{,}988\ 4{,}013\ 4{,}031) \qquad \text{(D.2)}$$

D.4.3) Obter o valor λ_{max} e o Índice de Consistência.

A partir da média aritmética dos valores do vetor de consistência, obtemos a estimativa do maior autovalor λ_{max}, ilustrada pela **equação D.4:**

$$\lambda_{max} = (4{,}059 + 3{,}988 + 4{,}013 + 4{,}031) / 4 = 4{,}023 \qquad \text{(D.3)}$$

O índice de consistência é determinado de acordo com a fórmula abaixo, na qual *n* é o número de critérios (**equação D.3**):

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1) = 0{,}00767 \qquad \text{(D.4)}$$

É importante ressaltar que a inconsistência pode ser inerente ao comportamento humano e deve servir, em uma matriz de decisão, muito mais como um fator de alerta para o decisor do que como um erro não desejado.

D.4.3) Obter a razão de consistência CR.

A razão CR é obtida pela fórmula CR = CI / ACI, na qual ACI é o índice de consistência referente a um grande número de comparações par a par efetuadas. Este é um índice aleatório calculado para matrizes quadradas de ordem *n* pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos EUA. A **Tabela D.3** define os valores de ACI em função do número de critérios:

n	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ACI - Índice de Consistência Aleatório	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41

Tabela D.3 – Índice Aleatório de Consistência. Fonte: adaptado de Machado (2003).

Considerando *n* = 4, teremos que CR = 0,00767 / 0,90 = 0,00852.

Saaty (1987a) sugere que o valor de CR ≤ 0,10. Observa-se, então, que os valores das prioridades relativas do exemplo utilizado estão consistentes.

D.5) Construção da Matriz de Comparação Pareada para cada critério, considerando cada uma das alternativas selecionadas.

Todos os procedimentos para a construção da matriz de comparação e para a determinação da prioridade relativa de cada critério devem ser feitos novamente, observando agora a importância relativa de cada uma das alternativas que compõem a estrutura hierárquica do problema em questão. Aqui também, como forma de simplificação e para uma maior compreensão do método, serão utilizadas apenas duas alternativas (**Figura D.2**), descartando-se assim a necessidade de testar a inconsistência das matrizes formadas.

Para o Critério C_1 – Qualidade os procedimentos são mostrados nas **Tabelas D.4** e **D.5**:

C_1	Alternativa A	Alternativa B
Alternativa A	1	3
Alternativa B	1/3	1

Tabela D.4 – Matriz de comparação do critério "C1 - Qualidade". Fonte: Machado (2003).

Normalizando os valores, temos:

C_1	Alternativa A	Alternativa B	Prioridades
Alternativa A	0,75	0,75	0,75
Alternativa B	0,25	0,25	0,25
Totais	1	1	1

Tabela D.5 – Normalização dos valores do critério "C_1 - Qualidade". Fonte: Machado (2003).

Para o Critério C_2 – Concorrência, os procedimentos são mostrados nas **Tabelas D.6** e **D.7**:

C_2	Alternativa A	Alternativa B
Alternativa A	1	1/4
Alternativa B	4	1

Tabela D.6 – Matriz de comparação do critério "C_2 - Concorrência". Fonte: Machado (2003).

Normalizando os valores, temos:

C_2	Alternativa A	Alternativa B	Prioridades
Alternativa A	0,20	0,20	0,20
Alternativa B	0,80	0,80	0,80
Totais	1	1	1

Tabela D.7 – Normalização dos valores do critério "C_2 - Concorrência". Fonte: Machado (2003).

Para o Critério C_3 – Gestão Operacional os procedimentos são mostrados nas **Tabelas D.8** e **D.9**:

C_3	Alternativa A	Alternativa B
Alternativa A	1	1/6
Alternativa B	6	1

Tabela D.8 – Matriz de comparação do critério "C_3 – Gestão Operacional". Fonte: Machado (2003).

Normalizando os valores, temos:

C_3	Alternativa A	Alternativa B	Prioridades
Alternativa A	0,1429	0,1429	0,1429
Alternativa B	0,8571	0,8571	0,8571
Totais	1	1	1

Tabela D.9 – Normalização dos valores do critério "C_3 – Gestão Operacional". Fonte: Machado (2003).

E, finalmente, para o Critério C_4 – Custo Operacional os procedimentos são mostrados nas **Tabelas D.10** e **D.11**:

C_4	Alternativa A	Alternativa B
Alternativa A	1	1/3
Alternativa B	3	1

Tabela D.10 – Matriz de comparação do critério "C_4 – Custo Operacional". Fonte: Machado (2003).

Normalizando os valores, temos:

C_4	Alternativa A	Alternativa B	Prioridades
Alternativa A	0,1429	0,1429	0,1429
Alternativa B	0,8571	0,8571	0,8571
Totais	1	1	1

Tabela D.11 – Normalização dos valores do critério "C_4 - Custo Operacional". Fonte: Machado (2003).

Deve-se enfatizar, novamente, que essa análise está simplificada pelo fato de estarem sendo usados apenas os critérios relacionados diretamente com o grande objetivo do problema a resolver, não sendo considerados os subcritérios que aparecem na estrutura inicial, bem como por estarem relacionadas apenas duas alternativas, em vez de quatro, como aparecem nessa mesma estrutura, constante da **Figura D.1**.

D.5) Construção da Matriz de Comparação Pareada para cada critério, considerando cada uma das alternativas selecionadas.

Nesta última etapa, obtemos as prioridades compostas das alternativas, multiplicando os valores anteriores e os das prioridades relativas, obtidos no início do método, ou seja:

$$\begin{array}{r} \\ \text{Alternativa A} \\ \text{Alternativa B} \\ \\ \\ \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \text{C1} & \text{C2} & \text{C3} & \text{C4} \end{array} \\ \left| \begin{array}{cccc} 0{,}75 & 0{,}20 & 0{,}1429 & 0{,}75 \\ 0{,}25 & 0{,}80 & 0{,}8571 & 0{,}25 \\ & & & \\ & & & \end{array} \right| \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Prioridade} \\ \text{Relativa} \\ \left| \begin{array}{c} 0{,}475 \\ 0{,}082 \\ 0{,}155 \\ 0{,}289 \end{array} \right| \end{array} = \begin{array}{c} \text{Prioridade} \\ \text{Composta} \\ \left| \begin{array}{c} 0{,}6115 \\ 0{,}3885 \end{array} \right| \end{array} \qquad \text{(D.5)}$$

A Alternativa A aparece como a mais indicada para ser implementada, em função dos critérios definidos e das suas respectivas importâncias.

ANEXO E

ENDEREÇOS DE INTERESSE NA INTERNET

Endereços de Programas sobre AHP na Internet. Acessados em 01 de fevereiro de 2007.

http://www.logicaldecisions.com/ (software comercial)

http://www.expertchoice.com/ (software comercial)

http://www.infoharvest.com/ihroot/infoharv/products.asp (software comercial)

http://www.superdecisions.com/ (software comercial - ANP)

http://www.decisionlens.com/ (software comercial - ANP)

http://www.sal.hut.fi/Downloadables/inpre.html (software livre)

http://www.sal.hut.fi/Downloadables/hipre3.html (software livre)

http://www.sal.hut.fi/Downloadables/winpre.html (software livre)

Endereço da International Society of the Analytic Hierarchy Process. Acessado em 01 de fevereiro de 2007.

http://www.isahp.org

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo