

**LÉO JANNER CARTANA ALBORNOZ**

**DETERMINAÇÃO DO CICLO DE VIDA ÚTIL DE  
EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS**

**FLORIANÓPOLIS  
2000**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA**

**DETERMINAÇÃO DO CICLO DE VIDA ÚTIL DE  
EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS**

Dissertação submetida à  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

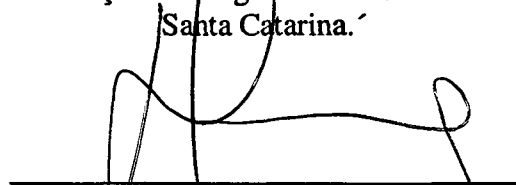
**LÉO JANNER CARTANA ALBORNOZ**

Florianópolis, Junho de 2000.

# DETERMINAÇÃO DO CICLO DE VIDA ÚTIL DE EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS

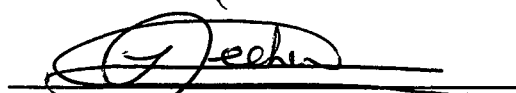
Léo Janner Cartana Albornoz

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Engenharia Biomédica, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.



---

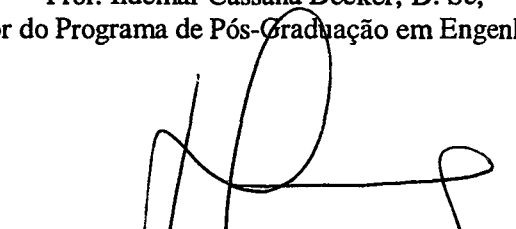
Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr.  
Orientador



---


Prof. Ildemar Cassana Decker, D. Sc,  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:



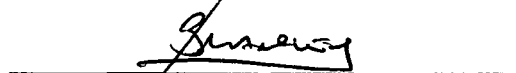
---

Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr.  
Presidente



---

Prof. Fernando Mendes de Azevedo, Dr.



---

Prof. Jefferson Luiz Brum Marques, Ph.D.

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais e minha irmã,  
pelo amor e exemplo de humanidade.**

**Aos demais familiares,  
pelo carinho e apoio constante.**

**A minha esposa e filho,  
pelo amor e apoio irrestrito.**

**Aos meus amigos,  
pelas críticas e idéias.**

*Ao plano superior...*

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, por iluminar meus pensamentos.

Ao ESPÍRITO GUIA, Pela proteção e orientação.

Á MINHA FAMÍLIA, pela dedicação e doação.

Á MINHA ESPOSA E FILHO, pelo amor e calor de um lar.

AOS AMIGOS, sempre presentes física e espiritualmente.

AOS SERES HUMANOS ABAIXO RELACIONADOS, pelo amor e carinho que  
sempre dedicaram, de uma forma ou de outra...

*Wayne*, pelo "irmão" que sempre foi, meu afeto e admiração.

*Cinara*, companheira de momentos singulares e eternos.

*Luis Antônio*, pelo companheirismo de longas jornadas.

Aos irmãos "gpebeanos": Renato, Marcos, Erlon, Ana, Leticia e demais colegas, que colaboraram para a concretização deste trabalho, que nada mais é do que o reflexo do trabalho desenvolvido por todos nós.

Ao professor *Renato Garcia*, pela orientação e confiança.

Aos demais professores do GPEB, que contribuíram para a minha formação como pesquisador.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro, essencial à elaboração deste trabalho.

A VOCÊ por dedicar seu tempo à leitura desta obra.

Resumo da Dissertação apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

## **DETERMINAÇÃO DO CICLO DE VIDA ÚTIL DE EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS**

**Léo Janner Cartana Albornoz**

Maio/2000

Orientador: Prof. Renato Garcia Ojeda Dr.

Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Palavras-chave: Equipamentos Eletromédicos, Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar, Engenharia Clínica, Ciclo de Vida, Ciclo de Vida Útil e Índice de Vida.

Número de Páginas: 117

A garantia da prestação da assistência médica, está cada vez mais ligada a confiabilidade e segurança dos Equipamentos Médico-Hospitalares (EMH), principalmente em se tratando dos Equipamentos Eletromédicos (EEM). Para uma gestão apropriada dessa Tecnologia Médico-Hospitalar (TMH), é necessário conhecer e acompanhar as condições funcionais dos EEM, que podem ser evidenciadas através da Análise da Vida Útil. A aplicação dessa análise envolve o conhecimento de fatores técnicos, clínicos, administrativos, econômicos e políticos, que podem influenciar as decisões relacionadas a substituição e/ou manutenção desse tipo de equipamento. O estudo desenvolvido fornece como resultado um instrumento de avaliação e de planejamento para os Estabelecimentos de Assistência à Saúde (EAS), apresentando uma metodologia objetiva, baseada na rotina de seis hospitais públicos da Grande Florianópolis, para determinação da vida útil de EEM, através da definição de um indicador denominado Índice de Vida (IV).

Abstract of Dissertation presented to UFSC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering.

## **DETERMINATION OF THE USEFUL LIFE CYCLE OF ELETROMEDICAL EQUIPMENTS**

**Léo Janner Cartana Albornoz**

May/2000

Advisor: Prof. Renato Garcia Ojeda Dr.

Area of Concentration: Biomedical Engineering.

Keywords: Medical Electrical Equipments, Medical Technology Management, Clinical Engineering, useful life and Index of life.

Number of Pages: 117

The assurance of medical care delivery is tied up to the reliability and safety of the medical equipments in hospitals, mainly in the case of medical electrical equipments (MEE). For the management of Hospital Medical Technology (HMT), it is necessary to know and to follow the functional conditions of MEE, that can be evidenced through the Analysis of the Useful Life. The application of this analysis involves the knowledge of technical, clinical, administrative, economic and political factors, that may influence the decisions related to the substitution and maintenance of that equipment type. The present study supplies as a result an evaluation and planning instrument for the Health-Care Establishments (HCE), providing an objective methodology, based on the routine of six public hospitals in Florianópolis city, for the determination of the useful life of MEE, through the definition of an indicator denominated Index of Life (IL).

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO DO TRABALHO .....	3
1.1.1 Objetivos Gerais .....	3
1.1.2 Objetivos Específicos .....	3
1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO .....	4
1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA .....	7
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	9
<b>2. A TECNOLOGIA NA ÁREA DA SAÚDE .....</b>	<b>11</b>
2.1 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA .....	13
2.2 TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR .....	14
2.2.1 Definição de Equipamento Médico-Hospitalar (EMH) .....	16
2.2.2 Classificação dos EMH .....	16
2.3 GERENCIAMENTO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR .....	23
2.3.1 Metodologia de GTMH .....	25
2.3.1.1 Processo de Aquisição.....	27
2.3.1.2 Ciclo Operacional de GTMH.....	29
2.4 A QUALIDADE NO GTMH .....	34
2.4.1 Manutenibilidade.....	37
2.4.2 Confiabilidade.....	38
<b>3. CICLO DE VIDA DE UM EMH .....</b>	<b>40</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	40



3.2 FASES DO CICLO DE VIDA DE UM EMH .....	42
3.2.1 Visão do Provedor/Fabricante .....	43
3.2.2 Visão do Usuário .....	45
3.3 A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA NO GTMH .....	50
3.4 O CUSTEIO DO CICLO DE VIDA .....	51
3.4.1 Significado do Custeio do Ciclo de Vida.....	52
3.4.2 Análise do Custeio do Ciclo de Vida.....	54
<b>4. PROPOSTA DE METODOLOGIA DE DETERMINAÇÃO DO CICLO DE VIDA ÚTIL DE EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS .....</b>	<b>58</b>
4.1 METODOLOGIA ADOTADA .....	60
4.2 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VIDA .....	62
4.2.1 Levantamento dos dados .....	63
4.2.2 Ponderação dos dados levantados .....	71
4.3 DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL EM FUNÇÃO DO ÍNDICE DE VIDA ( <i>IV</i> ) .....	73
4.4. ESTUDO DE CASO .....	75
4.4.1 Introdução .....	75
4.4.2 Desenvolvimento do Estudo .....	76
4.4.3 Resultados Obtidos .....	79
<b>5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES .....</b>	<b>86</b>
5.1 DISCUSSÃO .....	86
5.2 CONCLUSÕES .....	89
5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	91
<b>ANEXOS .....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>112</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Estrutura de GTMH, projetada pelo GPEB (ZANIBONI, 2000) .....	25
Figura 2.2	Sistema de Gerenciamento do Ciclo de Vida de EMH, a ser desenvolvido pela EC (BESKOW, 1999).....	26
Figura 2.3	Fluxograma representativo do Ciclo Operacional de GTMH no EAS .....	30
Figura 3.1	Curva representativa das fases do Ciclo de Vida de um EMH (ALBORNOZ, 1999) .....	45
Figura 4.1	Situação dos EEM em 1998.....	83
Figura 4.2	Situação dos EEM em 1999.....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Caracterização dos EMH, quanto as suas especificidades (MS, 1994) .....	18
Tabela 2.2	A evolução da Filosofia da Qualidade (MIRSHAWKA, 1989) .....	35
Tabela 2.3	A evolução do GTMH com a introdução da Qualidade. ....	36
Tabela 4.1	Representação dos dados e valor final do Índice de Vida do EEM .....	73
Tabela 4.2	Representação do Ciclo de Vida Útil de um EEM .....	74
Tabela 4.3	Representação dos Índices de Vida para EEM, no ano de 1998 .....	79
Tabela 4.4	Representação dos Índices de Vida para EEM, no ano de 1999 .....	80
Tabela A2	Anexo 2 — Relação da vida útil de EMH .....	101
Tabela A3	Anexo 3 — Parâmetros necessários à determinação do índice de vida de EEM .....	106

## LISTA DE ABREVIATURAS

ASQC	American Society for Quality Control
AT	Avaliação Tecnológica
CC	Centro Cirúrgico
CELEC	Centro Local de Engenharia Clínica
CV	Ciclo de Vida
EAS	Estabelecimento de Assistência à Saúde
EC	Engenharia Clínica
ECRI	Emergency Care Research Institute
EEM	Equipamentos Eletromédicos
EMA	Equipamentos Médico-Assistenciais
EMH	Equipamentos Médico-Hospitalares
GPEB	Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica
GTMH	Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar
HGCR	Hospital Governador Celso Ramos
HIJG	Hospital Infantil Joana de Gusmão
HNR	Hospital Nereu Ramos
HRSJ	Hospital Regional de São José
IBRACON	Instituto Brasileiro de Contabilidade
INCA	Instituto de Cardiologia
MCD	Maternidade Carmela Dutra
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial de Saúde
OTHA	Office of Technology Assessment in Healthcare

RH	Recursos Humanos
SC	Santa Catarina
SES	Secretaria de Estado da Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

## 1. INTRODUÇÃO

A carta de intenções da Primeira Conferência Internacional sobre Promoção da Saúde, realizada no Canadá em 1986, denominada CARTA DE OTTAWA, assim define a promoção da saúde: “ ... o processo de capacitação da comunidade para atuar na melhoria da sua qualidade de vida e saúde, incluindo maior participação no controle desse processo. Para atingir um estado de completo bem-estar físico, mental e social, os indivíduos e grupos devem saber identificar as operações, satisfazer necessidades e modificar favoravelmente o meio ambiente ... Assim, a promoção da saúde não é responsabilidade exclusiva do setor da saúde ...” (BRASIL - MS/ 1996).

Essa definição aponta para a complexidade do tema, e a reflexão mais aprofundada sobre seu significado nos leva a considerar a necessidade de ações intersectoriais e interdisciplinares no sentido de criar condições de vida saudáveis (TANCREDI, *et al.*, 1998).

Através dessas considerações, verifica-se a necessidade de esforços múltiplos, distintos, porém convergentes à um só objetivo, a qualificação da promoção da saúde. Mas, é necessário ter em mente que o mundo moderno é regido por processos intensos de transformações, seja pela ação direta do homem ou pela ação de sistemas criados e usados por ele, em busca do maior bem-estar. Essas transformações de ordem social, econômica e/ou tecnológica exigem grande habilidade dos gestores para acompanhá-las e evitar problemas decorrentes da má administração dos produtos e serviços, como por exemplo a sobrecarga dos custos

e obsolescência dos produtos. Portanto, é imprescindível manter um olhar crítico e constante sobre o que foi projetado inicialmente e propor as estratégias adequadas para a conservação ou implementação de um produto ou sistema na rotina de um Estabelecimento de Assistência à Saúde - EAS.

Um hospital ou qualquer outro EAS, tem por objetivo a prestação de serviços na área da saúde, e deve oferecê-los com qualidade, eficácia e segurança (DOBES, 1997). Nesses estabelecimentos, o diagnóstico, a terapia e, como consequência, a recuperação dos pacientes está diretamente vinculada à funcionalidade e segurança dos Equipamentos Médico-Hospitalares - EMH (ALBORNOZ, 1999). Por conseguinte, os aspectos funcionais e de segurança direta ou indireta, relacionados à aquisição, instalação, utilização e ao próprio equipamento devem ser garantidos para que os benefícios de sua utilização sejam obtidos, reduzindo-se a probabilidade de acidentes e minimizando-se os problemas de diagnóstico e terapia ocasionados por equipamentos em más condições de operação, principalmente no que se refere a Equipamentos Eletromédicos - EEM (PANERAI *et al.*, 1990).

Segundo CALIL *et al.* (1998), é necessário conhecer a história do equipamento dentro do EAS, a que grupo ou família de equipamentos pertence, a sua vida útil, seu nível de obsolescência, suas características de construção, a possibilidade de substituição devido a manutenções sucessivas; enfim, tudo o que se refira ao ciclo de vida do equipamento e que possa influir no seu funcionamento. Por este fato, destaca-se a Vida Útil de um EEM como um dos

principais parâmetros a serem analisados, quando se deseja quantificar a disponibilidade e confiabilidade de EMH necessários à promoção da saúde.

Neste contexto, realizou-se um estudo baseado no ciclo de vida de EMH, para determinar o ciclo de vida útil de EEM, através de uma metodologia objetiva e prática, voltada à rotina dos EAS.

## **1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO**

Este trabalho apresenta uma contribuição ao Processo de Gerenciamento da Tecnologia Médico-hospitalar, através da sistematização de procedimentos de análise do Ciclo de Vida (CV) de Equipamentos Eletromédicos.

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver uma metodologia que permita determinar o Ciclo de Vida Útil dos EEM alocados em Estabelecimentos de Assistência à Saúde, mediante utilização de um indicador representativo da verificação de certas condições, a partir de dados práticos coletados em hospitais da Grande Florianópolis.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Objetiva-se com este trabalho:

1. Estudar as fases que compõem o ciclo de vida dos EMH;



2. Evidenciar a importância da análise do CV dos EMH, no Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar (GTMH);
3. Sistematizar a análise do ciclo de vida dos EMH, a partir de fatores presentes nos EAS, bem como de fatores internos ou externos às instituições, que alteram as fases constituintes do CV.
4. Direcionar o enfoque do estudo para os Equipamentos Eletromédicos, por serem estes os principais equipamentos utilizados na Assistência à Saúde;
5. Discutir o custeio dos EEM, através de um comparativo entre os gastos com manutenções corretivas e investimentos para aquisição de um novo equipamento, frente à Administração dos EAS;
6. Elaborar uma metodologia para auxiliar o processo de Avaliação Tecnológica (AT), através da aplicação de um método que possibilite verificar a eficácia funcional de um Equipamento Eletromédico, mediante determinação da vida útil;
7. Implementar esta metodologia, em um estudo de caso, nos EAS da Grande Florianópolis.

## **1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO**

Há aproximadamente 50 anos, a indústria de EMH iniciou um processo de modernização de seus produtos e serviços, impulsionada pela "Revolução Industrial" Pós-Segunda Guerra Mundial (KARMAN, 1994).

A inserção de componentes e circuitos eletrônicos, aliada a implementação da informática, ocasionou uma transformação, no parque tecnológico mundial voltado à assistência à saúde, que gerou a difusão acelerada de EMA de alta complexidade.

A introdução desses equipamentos, nos EAS, contribuiu para a modernização e qualificação dos procedimentos médico-hospitalares de diagnose e terapia; em contrapartida, aumentou, por exemplo, a complexidade dos conhecimentos necessários aos operadores desses equipamentos, a fim de se obter uma utilização adequada.

A utilização, direta ou indireta, da tecnologia nos procedimentos de assistência à saúde pode ser melhor caracterizada na afirmação de BESKOW (1997), a seguir:

*“Em diversas rotinas terapêuticas, os equipamentos acompanham a avaliação da eficácia do método empregado, auxiliando a tomada de decisão, podendo ainda, o próprio equipamento ser a base do tratamento aplicado. Em situações extremas, o equipamento serve como elemento de sustentação à vida humana.”*

Neste contexto, fica evidenciada a necessária confiabilidade dos procedimentos médico-hospitalares, mediante o funcionamento adequado e contínuo dos EMA.

A fim de se garantir a disponibilidade funcional dos EMA, é necessário que o EAS possua um processo ativo de gerenciamento dessa tecnologia. O que pode ser conseguido através de uma estrutura de Engenharia Clínica (EC) que,

conjuntamente à equipe técnica do hospital, auxiliem os usuários, além de promoverem a manutenção funcional dos equipamentos.

Em muitos casos, a equipe técnica do EAS depara-se com situações que exigem um conhecimento técnico-científico apurado, como por exemplo os limites dos erros de operação permitidos a um Desfibrilador, segundo a Norma específica; ou ainda, situações que indiquem desconformidade às condições ideais de operação de um EEM. Cabe, portanto, a Engenharia Clínica identificar e apresentar à estrutura gerencial do EAS, ações preventivas e/ou corretivas que previnam ou revertam essas situações. Toda sistemática, adotada pela estrutura de EC, segue uma metodologia definida por um processo de Gerenciamento de Tecnologia Médico-Hospitalar.

O processo de GTMH é composto por várias atividades que visam manter os equipamentos disponíveis à operação, em condições confiáveis a um custo-benefício adequado ao EAS. Para tanto, há uma crescente necessidade de quantificar e analisar o custo total do ciclo de vida, incluindo não só os custos de aquisição, mas também os custos de instalação, operação, manutenção e descarte desses equipamentos.

Entretanto, a grande maioria dos administradores de EAS desconhecem a necessidade desse processo de GTMH ou acreditam não possuírem condições financeiras para implementá-lo, por desconhecer que sua implementação implicará em redução de custos com manutenções desnecessárias, que freqüentemente ocorrem por falta de gerenciamento tecnológico.

Justifica-se portanto o desenvolvimento deste trabalho, visto que pretende-se com ele, sistematizar informações sobre EEM que permitam implementar metodologias gerenciais, baseadas no CV útil dos EMA, bem como quantificar os custos relativos ao ciclo de vida dos equipamentos, desde seu projeto até seu descarte, que são repassados aos EAS, no momento de sua aquisição. Obtendo-se assim, uma importante ferramenta, a mais, para o processo de GTMH.

Acredita-se que a aplicação deste trabalho, contribuirá para a qualificação das atividades realizadas pelo Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica (GPEB), principalmente, no que se refere a modernização das estruturas de engenharia clínica implementadas no Projeto de Gerenciamento de Tecnologia Médico-Hospitalar, em andamento, firmado entre a UFSC/GPEB e a Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina (SES/SC).

### 1.3 METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia adotada para a realização deste trabalho, baseou-se, fundamentalmente, nas etapas descritas a seguir.

Inicialmente foi realizada a fundamentação teórica, a partir da verificação e análise de estudos convergentes ao tema selecionado. Esta etapa, também denominada de estudos bibliográficos, teve seu foco centrado em trabalhos científicos desenvolvidos, tanto no GPEB/UFSC como também em outras instituições de pesquisa; normas referentes a EMH; artigos publicados em eventos nacionais e internacionais e livros publicados por autores de renomes, como por exemplo BRONZINO (1992) e TAVARES (1996).

Em um segundo momento, direcionou-se o trabalho para o contexto real dos EAS brasileiros, ou seja, a rotina de seis hospitais públicos da Grande Florianópolis. Para tanto, procurou-se participar do Projeto de Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar, desenvolvido pelo GPEB/UFSC, durante oito meses. Nesse período acompanhou-se a rotina funcional dos EEM, a fim de se identificar os parâmetros necessários a determinação da vida útil dos mesmos. Estes parâmetros foram obtidos através da elaboração de um formulário padrão, cujo conteúdo reunia as principais informações de cada EMH, como por exemplo: características nominais (marca, modelo, fabricante e nº de série), tempo de operação desde sua aquisição, até um histórico das manutenções preventivas e/ou corretivas realizadas no equipamento.

Por último, realizou-se a análise dos dados obtidos no período supracitado e constatou-se a necessidade de elaborar formulários adicionais que relatassem com exatidão o tempo de cada manutenção e o tempo total de indisponibilidade de cada equipamento. Logo a seguir, conforme estudo bibliográfico, estruturou-se uma avaliação que resultou na determinação de um Índice de Vida, representativo da Vida útil do equipamento. Com isso, foi possível esboçar a situação real da condição funcional de cada EEM, com base em dados de sua vida funcional; ou seja, determinou-se o Ciclo de Vida Útil do equipamento, com dados oriundos da rotina de cada EAS.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos, sendo que no Capítulo Um são apresentados os objetivos geral e específicos, bem como a justificativa do mesmo. Além disso, inclui-se os itens referente a metodologia e este próprio.

O Capítulo 2 apresenta, de forma objetiva, a relação entre tecnologia, equipamento e avaliação, no contexto da assistência à saúde. Para tanto, são apresentadas as definições e classificações dos equipamentos utilizados nos EAS, bem como, a busca pela qualidade na promoção da saúde, através de um processo GTMH.

O Capítulo 3 apresenta, de forma genérica, o Ciclo de Vida de um EMH com base no Ciclo de Vida de uma Tecnologia. Entenda-se, neste momento, tecnologia a nível de procedimentos clínicos dependentes de equipamentos, ditos EMH. Posteriormente, apresenta-se a importância do conhecimento dessas fases para o sucesso do GTMH. No final, discute-se, resumidamente, o custeio deste Ciclo de Vida.

O Capítulo 4 resgata os conceitos e considerações abordadas nos capítulos anteriores e apresenta a essência deste trabalho, ou seja, a determinação do ciclo de vida útil de um EEM.

Para finalizar este capítulo, apresenta-se um estudo de caso, representando a utilização prática do método, através da análise real da situação de EEM utilizados

em seis hospitais públicos de Santa Catarina. Com ele pretende-se provar a validade da metodologia proposta.

O Capítulo 5 conclui esta Dissertação através de uma breve discussão e expõe alguns aspectos que poderiam ser abordados em trabalhos futuros.

Por fim, encontram-se os Anexos e as Referências Bibliográficas utilizadas na realização deste trabalho.

## 2 A TECNOLOGIA NA ÁREA DA SAÚDE

O desenvolvimento das tecnologias médicas modernas iniciou com os descobrimentos científicos realizados nas Ciências Físicas e Biológicas durante o século XVII. Contudo, só depois da 2ª Guerra Mundial teve lugar, nas nações industrializadas do hemisfério norte, um processo quase explosivo de inovação e difusão de tecnologias médicas modernas (PANERAI *et al.*, 1990), (MARTINELLI, 1990).

Percebeu-se mais tarde, na década de 70, que o cenário internacional revelava uma “corrida tecnológica”, na qual as principais nações industrializadas buscavam desenvolver novas tecnologias. Esta “corrida” provocou avanços tecnológicos que impulsionaram o surgimento da microeletrônica e informática, como novas tecnologias. A inclusão destas novas tecnologias, na área da saúde, gerou uma transformação nos equipamentos, e procedimentos médicos, o que exigiu investimentos financeiros vultuosos, por parte dessas nações.

Nestes três últimos decênios, diante do aumento dos custos de atendimento e a preocupação com a segurança dos pacientes, provocada pelo número crescente de inovações tecnológicas aplicadas nos procedimentos médicos, os países desenvolvidos têm sentido cada vez mais a necessidade de avaliar as novas e custosas tecnologias médicas, principalmente no que se refere a equipamentos médico-assistenciais.

No contexto da prestação de assistência à saúde, o *Office of Technology Assessment in Health Care* (OTHA), instituição ligada ao Congresso Norte-



Americano, define tecnologia em saúde, nos seguintes termos: “O conjunto de técnicas, equipamentos, medicamentos e procedimentos utilizados por profissionais de saúde no oferecimento de cuidados médicos aos indivíduos, assim como os sistemas organizacionais e de apoio, utilizados em saúde”.

Complementando a definição acima, cita-se MARQUES (1991), que considera: *“Tecnologia é essencialmente informação incorporada em elementos tão tangíveis como são os instrumentos, equipamentos, medicamentos e outros insumos materiais; em procedimentos e práticas que configuram atividade em saúde; em instrumentos normativos que prescrevem condutas e comportamentos, em habilidades e desempenho do pessoal e em bases de dados e outras formas de conservação e difusão de informação”*.

Além disso, o referido autor afirma que o moderno paradigma tecnológico, baseado na ciência e na informação estabelece novos condicionantes econômicos, sociais, políticos, culturais, diplomáticos e que estão determinando a orientação geral seguida pelo processo de desenvolvimento científico e tecnológico dos países, a nível mundial.

Este processo está diretamente vinculado ao investimento contínuo de recursos. Tal fato exige que os administradores de EAS procurem uma melhor relação custo-benefício. Para tanto, sugere-se uma seqüência lógica de introdução da tecnologia na área da saúde, dada por:

INVESTIMENTO EM PESQUISA	⇒	EQUIPAMENTOS NOVOS	⇒	TECNOLOGIA DE PONTA COM CUSTO BAIXO	⇒	ASSISTÊNCIA Á SAÚDE (Qualidade, Rapidez, Eficiência)
-----------------------------	---	-----------------------	---	--	---	---

Entretanto, conforme PANERAI *et al.* (1990), os problemas que afrontam os países em desenvolvimento no emprego e avaliação das tecnologias de saúde não são iguais aos das nações desenvolvidas e, em consequência, exigem um enfoque que responda à suas singularidades.

A fim de se evidenciar estas singularidades e, por conseguinte, desenvolver um acompanhamento técnico-financeiro do CV dos EMA, é necessária a implementação de um sistema de avaliação. Esta avaliação denominada Avaliação Tecnológica, voltada ao enfoque desse estudo, é apresentada na seqüência do trabalho.

## 2.1 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA

A garantia da eficácia e da modernidade dos procedimentos médicos, está diretamente vinculada à avaliação constante de toda e quaisquer atividades ou ações promotoras do bem-estar de um indivíduo, em EAS.

Quanto à tecnologia implementada nestas ações, não poderia ser diferente. Quanto mais complexa a tecnologia, maior o grau de confiabilidade esperado, no resultado de sua utilização. Para tanto, evidencia-se a necessidade de avaliar a fundo essa tecnologia, não só quanto aos seus benefícios e custos imediatos, mas também quanto às suas consequências a médio e longo prazo, sobre o meio onde se insere.

A preocupação pela tecnologia em saúde, incluindo os equipamentos e as técnicas de planejamento, implementação e gerência dos serviços de saúde vêm

crescendo entre os profissionais da área médica, principalmente entre os administradores de hospitais e clínicas.

Da preocupação exclusiva pela segurança, a ênfase se derivou para a avaliação da eficácia, efetividade e custos. Por fim, estendeu-se para os macro efeitos de ordem social, econômica, política e ética.

A diferença entre a avaliação de uma tecnologia e a avaliação tecnológica em saúde é que a primeira considera os três elementos: efetividade, segurança e custo; ao passo que a segunda, além deles, considera os demais impactos da tecnologia médica: sociais, legais, éticas, ambientais e culturais (MARQUES, 1991).

## 2.2 TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR

Em geral, a missão de um EAS é aplicar todas as formas de conhecimento técnico-científico para a solução dos problemas de saúde da população.

Todo EAS, seja ele um posto de saúde, uma clínica especializada ou um hospital, necessita de três elementos fundamentais: *recursos humanos, tecnologia e infra-estrutura*.

O elemento Recursos Humanos (RH) corresponde a todos os profissionais envolvidos, direta ou indiretamente, na assistência à saúde. Dele fazem parte: médicos, enfermeiros, fisioterapeutas, administradores, técnicos, funcionários da limpeza, seguranças, motoristas, etc. Enfim, todos aqueles profissionais necessários em um ambiente médico-assistencial.

Além da disponibilidade de RH, a utilização efetiva de uma tecnologia em saúde requer uma infra-estrutura apropriada, representada por: edificação, instalações (elétrica, hidráulica, ambiental), serviço de transporte, serviço de comunicação, etc. De um modo geral, caracteriza-se a infra-estrutura como toda tecnologia de suporte ao serviço de saúde, como por exemplo o sistema de condicionamento de ar.

Para o sucesso da missão, é inevitável que o “tripé” (RH, tecnologia e infra-estrutura) permaneça equilibrado; caso contrário, a qualidade e efetividade dos serviços de saúde reduz-se drasticamente (PANERAI *et al.*, 1990).

O engenheiro clínico cumpre papel importante para a estabilidade desse tripé, pois é responsável pela interação e troca de informações entre os diferentes profissionais presentes na rotina dos EAS.

Na grande maioria dos casos, onde o estabelecimento não possui um estrutura de Engenharia Clínica, para gerenciar a tecnologia, existe uma tendência de operação com informações incompletas. Neste cenário, o engenheiro clínico entra como agente organizador e catalizador dessas informações, conseguindo assim, evidenciar e sanar problemas de fluxo de informações, necessárias ao bom funcionamento de um EAS, principalmente em hospitais.

Dentre os EAS, o hospital é aquele que concentra o maior número de equipamentos médico-hospitalares. É nele, também, que evidencia-se a maior necessidade de transferência de conhecimentos técnico-científicos, visto que a maioria dos usuários de EMH, muitas vezes, não possuem tais conhecimentos, ou ficam mascarados pela rotina funcional do setor.

Dentro deste contexto, cabe salientar que os EMH dividem-se em vários tipos, cada qual pertencente a uma determinada classificação e função. Por isso, é importante conhecer não só a definição, mas também a classificação desses equipamentos, presentes nos EAS.

### 2.2.1 DEFINIÇÃO DE EQUIPAMENTO MÉDICO-HOSPITALAR - EMH

Define-se EMH como o conjunto de aparelhos, máquinas e acessórios que compõem uma unidade assistencial, onde são desenvolvidas ações de diagnose e terapia, atividades de apoio, infra-estrutura e gerais (BRASIL-MS, 1994).

A conceituação de EMH existente atualmente é muito abrangente, em função da diversificação de equipamentos existentes no mercado. Em consequência, as instituições de assistência à saúde acompanham essa evolução e adquirem inúmeros equipamentos, que por sua vez, formam um complexo "parque tecnológico", principalmente nos hospitais que incorporam alta tecnologia.

### 2.2.2 CLASSIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Existem várias maneiras de classificar os EMH, no entanto, destaca-se um estudo recente, realizado por SANTOS (1998), que apresenta uma classificação condizente com a rotina de um EAS.

Nesse estudo os EMH são classificados da seguinte maneira:

- ❖ quanto as suas especificidades fins;
- ❖ quanto aos riscos aos usuários;
- ❖ quanto a sua complexidade tecnológica.

a) Classificação quanto à especificidade fim:

De acordo com suas especificidades fins, os EMH são classificados em quatro classes:

- ✓ Equipamentos médico-assistenciais - EMA;
- ✓ Equipamentos de apoio;
- ✓ Equipamentos de infra-estrutura;
- ✓ Equipamentos gerais.

Cada classe refere-se a uma série de atividades a serem realizadas, direta ou indiretamente, por esses equipamentos.

Sendo assim, estruturou-se a Tabela 2.1, que apresenta, de forma compacta, a definição das classes, bem como os setores de atuação da tecnologia em questão.

Embora sejam orientações do Ministério da Saúde, essa classificação e conceituação não são definitivas e absolutas. Alterações podem e devem ser efetuadas, sempre que necessário, em função de inovações tecnológicas nos EMH.

Dentre os EMH mais importantes para o foco deste trabalho, destaca-se o Equipamento Eletromédico, em função da sua própria definição.

Tabela 2.1 - Caracterização dos EMH, quanto as suas especificidades.

Fonte: BRASIL. MS, 2ª edição, 1994.

EQUIPAMENTO	DEFINIÇÃO	SETOR/DE ATUAÇÃO*
Equipamento Médico Assistencial	Equipamentos utilizados nas ações de diagnose e terapia em ações de promoção de saúde dos pacientes.	Anestesiologia, Clínica geral, Cardiologia, Medicina nuclear, Radioterapia, Clínica médica, Endoscopia, Oftalmologia, etc.
Equipamento De Apoio	Conjunto de máquinas e aparelhos que compõem uma unidade de processamento, com características de apoio à área assistencial.	Central de esterilização, Serviço de manipulação da farmácia, Serviço de lactário, Lavanderia, Serviço de nutrição, etc.
Equipamentos De Infra-estrutura	Equipamentos e sistemas destinados a dar suporte ao funcionamento adequado às unidades assistenciais e aos setores de apoio.	Central de gases, Central de vácuo, Central de ar comprimido, Central de ar condicionado, Incineradores, Gerador e subestação, Transportes verticais e horizontais e Tratamento de lixo e esgoto.
Equipamentos Gerais	Conjunto de móveis e utensílios com características de uso geral, e não específico, do ambiente hospitalar.	Mobiliário, Equipamento para escritório, Sistema de telefonia, Sistema de processamento de dados e Sistema de prevenção contra incêndio.

#### a1) Equipamento Eletromédico - EEM:

Por definição normativa, EEM "é o equipamento elétrico dotado de não mais que um recurso de conexão a uma determinada rede de alimentação elétrica e destinado ao diagnóstico, tratamento ou monitoração do paciente, sob acompanhamento médico, que estabelece contato físico ou elétrico com o paciente, e/ou fornece a energia para o paciente, ou recebe a que dele provém, e/ou detecta esta transferência de energia" (ABNT, 1996).

De acordo com esta definição, verifica-se que os EMH oferecem grande risco aos usuários, pois necessitam de alimentação direta (via rede elétrica) ou indireta (via baterias). Qualquer falha pode causar choque elétrico no paciente ou operador. Por esse motivo, adota-se a classificação indicada pela norma NBR IEC 601-1, para a generalização os EEM, no que tange a segurança elétrica.

## b) Classificação quanto à riscos aos usuários

Todo estabelecimento voltado à assistência médica, depara-se com um fator denominado *Risco de Vida* ao usuário (paciente ou operador), que pode ser causado por *falha profissional* ou *falha tecnológica*.

A **Falha Profissional** é um fator presente nos EAS, pois todo ser humano está sujeito a cometer erros, mesmo que pequenos e involuntários. Esta falha constitui-se em um risco, não previsível, em situação normal de trabalho; portanto, sem ações técnicas preventivas.

A **Falha Tecnológica** refere-se a falha de algum componente do sistema ou equipamento pertencente ao parque tecnológico do EAS. Esta falha está presente em maior número e gravidade que a falha profissional. Os riscos são variáveis, devido a diversidade de equipamentos; entretanto, os maiores riscos decorrem dos EMA, principalmente dos Equipamentos Eletromédicos. Este tipo de falha constitui-se em um risco previsível e susceptível a ações técnicas preventivas, que possibilitem a redução do Risco de Vida dos usuários.

De acordo com a Norma NBR IEC 601-1, do ponto de vista de segurança elétrica, os equipamentos devem ser classificados nos seguintes aspectos:

### b1) De acordo com o tipo de proteção contra choque elétricos:

#### b1.1) Equipamento energizado por uma fonte externa:

**Equipamento de Classe I**  $\Rightarrow$  é aquele no qual a proteção não se fundamenta apenas na isolação básica, mas incorpora ainda *uma precaução* de segurança adicional, consistindo em um recurso de conexão do



equipamento ao condutor de aterramento, para proteção pertencente à fiação fixa da instalação.

**Equipamento de Classe II**  $\Rightarrow$  é aquele no qual a proteção não se fundamenta apenas na isolação básica, mas incorpora ainda *precauções* de segurança adicionais, como isolação dupla ou isolação reforçada, não comportando recursos de aterramento para proteção, nem dependendo das condições de instalação.

**b1.2) Equipamento energizado internamente:**

Incorpora uma fonte interna responsável pela alimentação do mesmo.

**b2) De acordo com o grau de proteção contra choques elétricos:**

Antes de classificarmos o equipamento quanto ao grau de proteção, é importante conhecer a classificação quanto a parte aplicada de tipo F: a parte aplicada, separada eletricamente de todas as outras partes do equipamento, isto é, eletricamente flutuante, a um grau tal, que não seja ultrapassado o valor admissível da corrente de fuga através do paciente em condição anormal sob uma só falha, quando se aplica 1,1 vez o maior valor declarado da tensão de rede a parte aplicada e o terra.

Posta esta definição, classificam-se os equipamentos quanto ao grau de proteção como:

**Equipamento do tipo B:** é aquele que proporciona um grau de proteção especial contra o choque elétrico, particularmente quanto à: corrente de

fuga admissível e confiabilidade da conexão de aterramento para proteção(se existente). Este tipo de equipamento pertence às classes I e II, e é adequado para aplicações intencionais interna e externa ao paciente, excluindo aplicações cardíacas diretas. Exemplo deste tipo de equipamento, são equipamentos geradores de radiações ultravioleta ou infravermelha (DOBES, 1997).

**Equipamento do tipo BF:** é um equipamento tipo B com uma parte aplicada tipo F (NBR IEC 601-1, 1996). Este tipo de equipamento pertence às classes I e II e temos, como exemplo, equipamentos com ou sem conexão intencional ao paciente, mesas de raio-X, cadeiras odontológicas, estimuladores, bisturis elétricos e eletrocardiógrafos para aplicação externa (DOBES, 1997).

**Equipamento do tipo CF:** é aquele que proporciona um grau de proteção superior ao do equipamento de tipo BF contra choque elétrico, particularmente no que se refere às correntes de fuga admissíveis, e que possui uma parte aplicada tipo F (NBR IEC 601-1, 1996). Este tipo de equipamento pertence as classes I e II e é destinado à aplicação cardíaca direta, e caracteriza-se por apresentar um elevadíssimo grau de proteção, reduzindo consideravelmente os valores das correntes de fuga. Exemplos de equipamentos tipo CF são os monitores para medir pressão sangüínea com transdutores intracardíacos, marcapassos e eletrocardiógrafos com aplicação interna (DOBES, 1997).

### c) Classificação quanto a complexidade tecnológica

Uma outra classificação dos EMH aborda a complexidade tecnológica, que pode ser entendida tanto do ponto de vista das condições de execução de suas manutenções, como em função da tecnologia empregada no desenvolvimento dos circuitos que formam esses equipamentos.

A literatura vigente, no âmbito acadêmico, não aborda claramente esta classificação, por isso apresenta-se uma classificação resultante da interpretação de vários autores ( COULIER apud SANTOS, 1998 e CALIL et al., 1998).

Neste sentido, de acordo com a Complexidade Tecnológica, os EMH podem ser de baixa, média ou alta complexidade, conforme:

#### **Equipamentos de Baixa Complexidade:**

São equipamentos que empregam sistemas simples, de natureza mecânica ou elétrica e/ou circuitos eletrônicos discretos com diodos, transistores e circuitos digitais de baixa escala de integração, não incluindo microprocessadores. Por isso, não apresentando dificuldade de manutenção. Os recursos humanos não precisam ser especializados em EMH e o treinamento que demandam é bastante simples.

Exemplos: banho-maria, berço aquecido, estufa, esfigmomanômetro, balança mecânica, ar-condicionado, cadeira de roda, etc.

**Equipamentos de Média Complexidade:**

São equipamentos que empregam, além dos circuitos anteriores, sistemas ópticos, eletro-mecânicos, pneumáticos, elétricos controlados e/ou eletrônicos microprocessados. Esses EMH exigem pessoal com formação básica e treinamento mais adequado para execução do reparo.

Exemplo: incubadora, ventilador simples, monitor cardíaco, eletrocardiógrafo, eletroencefalógrafo, equipamento para hemodiálise, etc.

**Equipamentos de Alta Complexidade:**

São equipamentos que apresentam circuitos de mecânica fina, ótica de exatidão (laser), processamento digital de sinal e de imagem, microprocessados e/ou microcomputadorizados. Por isso, esses equipamentos demandam técnicos qualificados, inclusive com formação de nível superior e com treinamento bastante especializado a nível internacional.

Exemplo: ressonância nuclear magnética, tomógrafo computadorizado, analisadores químicos de última geração, gama câmara, acelerador linear, ultra-som (diagnóstico por imagem), etc.

**2.3 GERENCIAMENTO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR**

A inserção da tecnologia nos procedimentos de atendimento à saúde, através de equipamentos eletro-eletrônicos, ocasionou uma revolução na área

médico-assistencial. Verificou-se, com isto, o surgimento de novos procedimentos que, até então, eram considerados “impraticáveis” devido a restrita capacidade manual de médicos e enfermeiros.

Embora qualificando e modernizando os procedimentos de atendimento à saúde, a aplicação maciça da tecnologia ocasionou problemas quanto a manutenibilidade dos EMH.

Com isso, constatou-se a necessidade de avaliar e coordenar essa tecnologia, de forma que, a qualquer instante, fosse possível determinar a situação funcional do equipamento e verificar a real necessidade de manutenção preventiva ou corretiva. Este procedimento de acompanhamento da rotina do equipamento, denominado GTMH, visa atender com qualidade a demanda do atendimento à saúde, mediante equipamentos seguros e com uma relação custo-benefício eficaz (ALBORNOZ, 1999).

O GTMH deve ser realizado por profissionais, com conhecimento multidisciplinar nas áreas de saúde e tecnologia, denominados engenheiros clínicos. Tal gerenciamento é realizado através de uma estrutura de Engenharia Clínica, como a implementada pelo Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica da UFSC, conforme figura 2.1 (ZANIBONI, 2000).

Além do acompanhamento da rotina do EMA, o GTMH exige que o engenheiro clínico conheça e, principalmente, participe dos momentos de decisão, no que tange a especificação e aquisição de equipamentos. Frente a essa situação, cabe ao engenheiro a função de interfacear a comunicação entre o EAS e o mercado de provedores de EMA (fabricantes e/ou fornecedores).

Sob este prisma os EMH podem ser considerados como um *produto de consumo*. Sendo assim, é interessante conhecer alguns conceitos, complementares ao gerenciamento dessa tecnologia, tais como: conceito de *produto*, *produto tangível*, *produto central*, *produto expandido*, e *linha de produtos* de uma empresa. Todos esses conceitos estão devidamente definidos no anexo 1.

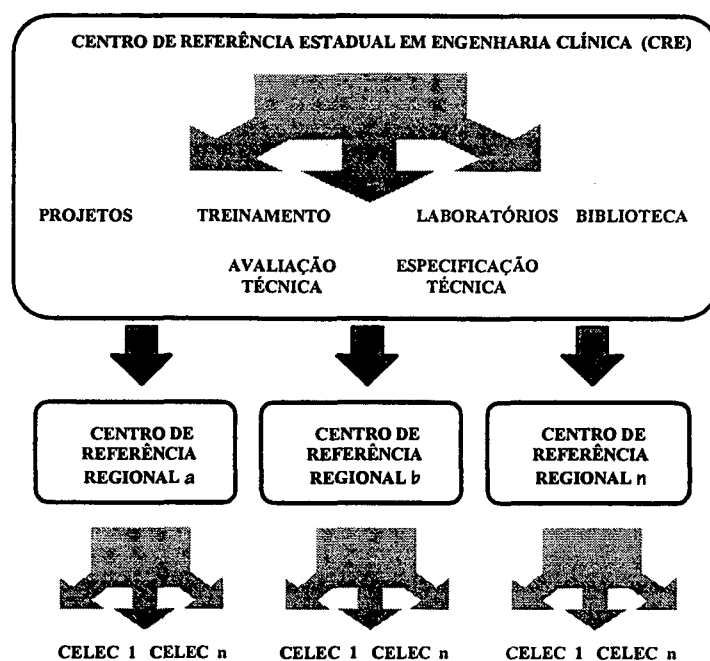


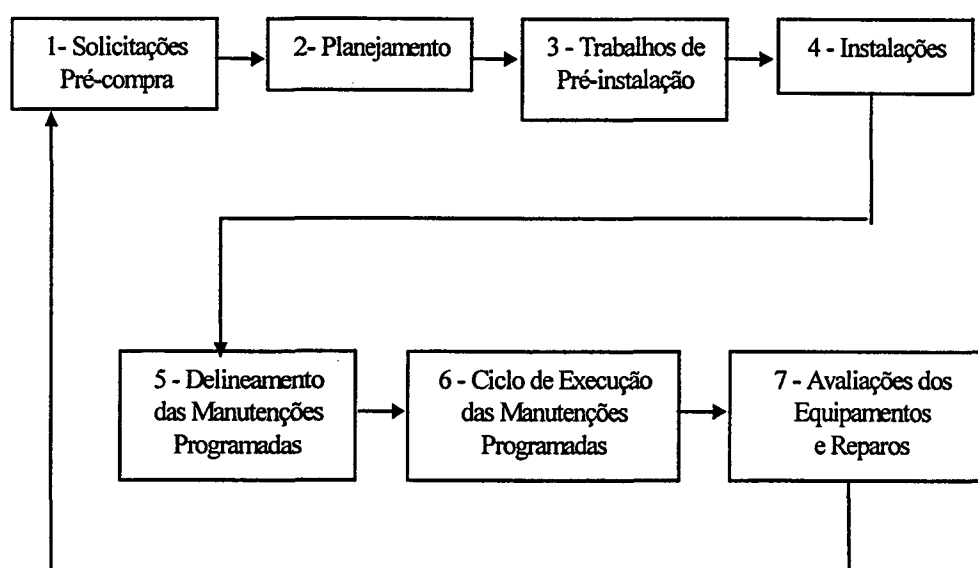
Figura 2.1: Estrutura de GTMH projetada pelo GPEB/UFSC (ZANIBONI,2000).

### 2.3.1 METODOLOGIA DE GTMH

A funcionalidade de um equipamento está intimamente vinculada a um gerenciamento eficiente e qualificado.

No caso de um EMH, o gerenciamento deve ser dividido em etapas, que representem as atividades necessárias à manutenibilidade funcional do mesmo. A implementação dessas etapas constituem a metodologia de GTMH, indicada neste capítulo, para um Estabelecimento de Assistência à Saúde (EAS).

Segundo BESKOW (1999), o processo de GTMH, em termos funcionais ou operacionais, pode ser visto como um *SISTEMA* que cobre o ciclo de vida completo do EMH, ficando a cargo da equipe de Engenharia Clínica (engenheiro e técnicos especializados) seu desenvolvimento. Para tanto, o referido autor representou esse sistema por um conjunto de atividades definidas conforme a figura 2.2, a seguir.



**Figura 2.2:** Sistema de gerenciamento do ciclo de vida de EMH, a ser desenvolvido pela EC.  
 Fonte: modificado de Gullikson (BESKOW, 1999)

De acordo com a figura 2.2, verifica-se que o gerenciamento pode ser distribuído em várias etapas, cada qual com sua significância e importância, tanto para o fornecedor do equipamento quanto para o usuário deste.

Nesse sentido, considerando a utilização do EMH no EAS, é possível dividir este sistema fechado em duas fases, que representam os dois principais momentos da vida de um equipamento, ou seja: o período de aquisição e o período de utilização em um EAS.

Esse dois momentos, ou períodos da vida de um equipamento, devem ser conhecidos a fim de se desenvolver um correto gerenciamento. Sendo assim, apresenta-se, a seguir, a caracterização desses períodos, como:

**a) O período de aquisição:**

Período no qual o equipamento está sendo avaliado para uma possível compra, segundo um processo específico denominado *Processo de Aquisição*. No caso da figura 2.2, ele abrange as etapas 1, 2, 3 e 4.

**b) O período de utilização (ou período operacional):**

Representa o tempo de vida funcional ou de operação do equipamento em um EAS. No caso da figura 2.2, corresponde as etapas 5, 6 e 7. Nesse período, o gerenciamento pode ser definido como um Gerenciamento Operacional do Ciclo de Vida do EMH.

### 2.3.1.1 Processo de Aquisição

A aquisição de EMH, observando critérios de qualidade, segurança e custo, é o início de todo o processo de gerenciamento a ser realizado por uma estrutura de Engenharia Clínica. Os fatores observados durante o processo de aquisição desses equipamentos exigem conhecimentos das técnicas e das tecnologias relacionadas ao seu funcionamento, operação e instalação (ESPERANÇA apud GALEANO, 1999).



O processo de aquisição se inicia a partir de uma necessidade clínica ou por motivos técnicos, conforme identificação do setor de Engenharia Clínica responsável pelo gerenciamento da tecnologia.

Seja qual for a justificativa, o processo deve ser planejado e, por conseguinte, estruturado em uma seqüência de atividades. Essas atividades, evidenciadas por GALEANO (1999), são definidas como:

- Determinação da necessidade de aquisição;
- Definição dos requisitos clínicos;
- Definição dos requisitos técnicos;
- Levantamento do mercado;
- Análise do impacto financeiro;
- Preparação de um conjunto de especificações;
- Solicitação de propostas aos fornecedores de EMH;
- Avaliação das propostas e dos equipamentos;
- Seleção das propostas finalistas;
- Assinatura do contrato e/ou da ordem de compra;
- Recebimento e aceitação do equipamento:

O processo de aquisição de um EMH constitui-se no passo fundamental para a sua longevidade. As demais etapas da sua vida serão diretamente influenciadas por esse processo inicial, que visa garantir as mínimas condições de custo-benefício da tecnologia.

### 2.3.1.2 Ciclo Operacional deGTMH

O segundo e último período, abrange todas as fases do ciclo de vida de um EMH a partir de sua aquisição e instalação, para utilização em um EAS. É neste período, portanto, que deve ser desenvolvido o GTMH, a fim de se garantir a qualificação da assistência médica aos clientes do EAS.

Esse gerenciamento, por sua vez, pode ser sistematizado de modo que se consiga avaliar e coordenar a rotina funcional do equipamento, não só quando em operação, mas também quando em manutenção.

O sistema, representado na figura 2.3, apresenta as várias etapas constituintes das atividades (específicas e ordenadas), executadas durante a utilização do equipamento no EAS; formando assim, um ciclo fechado denominado de CICLO OPERACIONAL DE GTMH.

Este ciclo de GTMH inicia-se com o acompanhamento da unidade gerenciada (CC, UTI, berçário, raio-X, ambulatório, etc.), que por sua vez, possibilita a identificação das necessidades do setor, bem como problemas que inviabilizam a utilização adequada dos EMH.

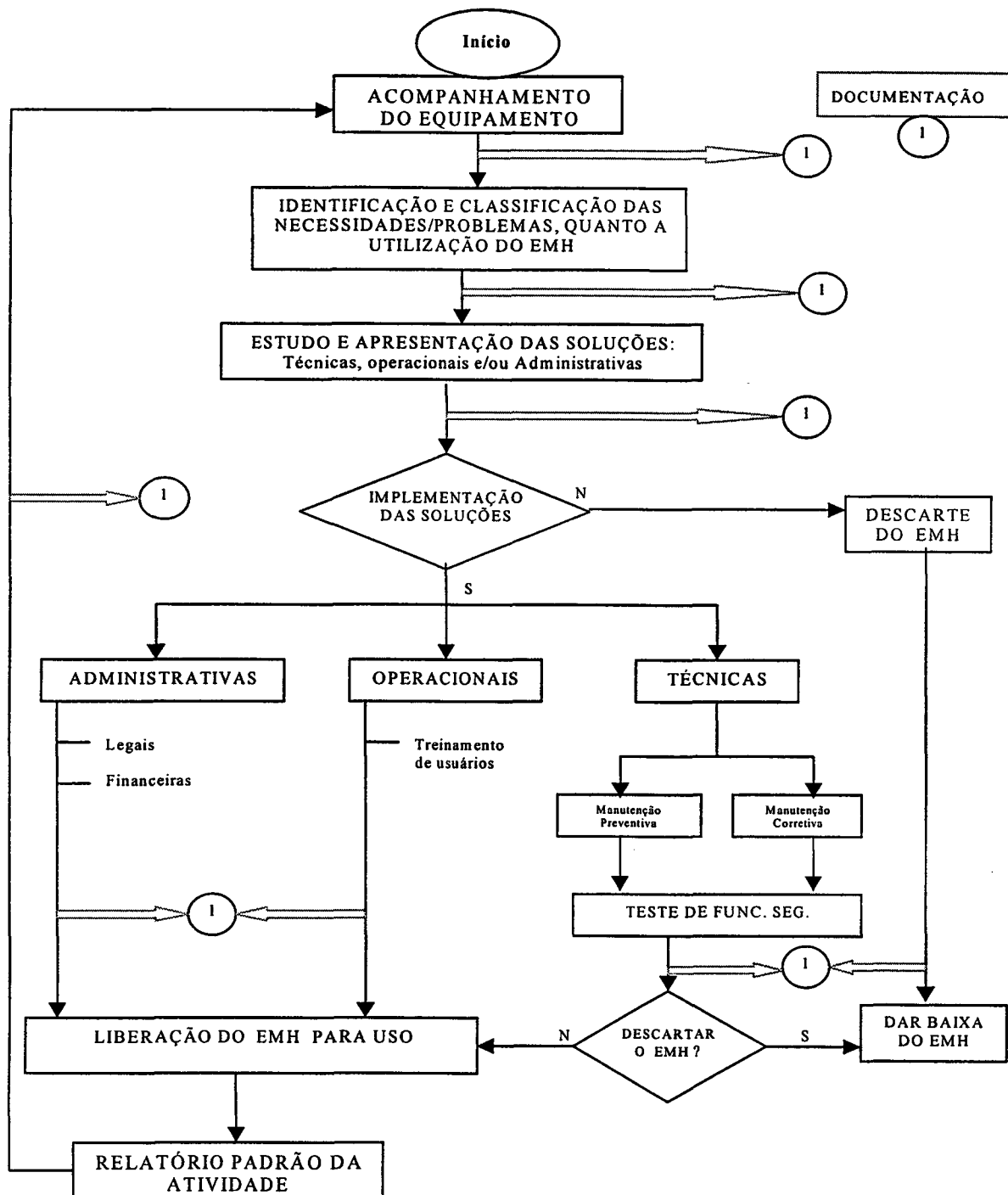


Figura 2.3: Fluxograma representativo do Ciclo Operacional de GTMH no EAS.

O passo seguinte refere-se a classificação do(s) problema(s), através de uma avaliação técnica do equipamento. Cabe salientar que essa avaliação pode ser

realizada na própria unidade, quando possível; mas, também, realizada no laboratório do setor de Engenharia Clínica.

Concluída a avaliação da situação, passa-se ao momento de decisão, o qual determinará qual solução será implementada. Em alguns casos, é necessária a aprovação, complementar, do chefe da unidade gerenciada ou da administração da instituição, principalmente, em situações que alterem a rotina da unidade em questão.

Pode-se classificar as possíveis soluções em três tipos:

- Solução Administrativa;
- Solução Operacional;
- Solução Técnica.

#### **Solução Administrativa:**

Envolve procedimentos de ordem legal e/ou financeira, que dependem da administração da instituição e/ou órgão mantenedor da mesma.

Dentre os procedimentos destacam-se a cobrança de cumprimentos contratuais, referentes as empresas prestadoras de serviço (manutenção de EMA); e, substituição da tecnologia, mediante descarte de um EMA, que atingiu o final de sua vida útil, para aquisição de um novo.

### **Solução Operacional:**

Envolve procedimentos de treinamento e qualificação dos usuários de EMA, mediante palestras, cursos ou seminários, que forneçam informações complementares à formação dos profissionais supracitados.

Na maioria das vezes, a própria equipe de Engenharia Clínica realiza o treinamento; caso contrário, terceiriza-se a atividade, mediante indicação e supervisão do engenheiro clínico responsável.

### **Solução Técnica:**

Envolve procedimentos de manutenção (preventiva, preditiva e corretiva). A planificação e coordenação da manutenção são funções do engenheiro clínico que, auxiliado pelo corpo técnico, identifica a viabilidade da execução do serviço.

Existem situações em que é necessária, ou vantajosa, a execução da atividade por uma empresa externa a instituição, via contrato ou empenho de nota fiscal. Nesses casos, o setor de Engenharia Clínica é responsável pelo gerenciamento da atividade, desde o contato inicial com a empresa até a avaliação do serviço, após sua conclusão.

A avaliação do serviço (manutenção interna ou externa) é realizada mediante testes funcionais e/ou ensaios, que indicarão se o equipamento encontra-se, novamente, em condições de retornar a unidade de origem.

Independentemente da solução implementada para sanar as necessidades das unidades gerenciadas, deve-se documentar as atividades realizadas, conforme identificado na figura 2.3. Somente através da documentação das atividades

poder-se-á acompanhar a real situação do parque tecnológico, pertencente a instituição, sob responsabilidade do setor de Engenharia Clínica.

O processo de GTMH deve ser qualificadamente planejado(a), executado(a) e, principalmente avaliado(a). Por conseguinte, são necessários relatórios periódicos, embasados na documentação referente a execução de cada tarefa desenvolvida e identificada no ciclo de gerenciamento.

O relatório deve descrever as atividades realizadas no período (semanal, quinzenal, mensal, etc.), no que tange ao gerenciamento das unidades, mediante quadros comparativos de pendências, relação das empresas prestadoras de serviço de manutenção externa (sob contrato ou não), índice de satisfação dos clientes (usuários dos equipamentos) e demais informações, exigidas pela instituição ou órgão mantenedor.

Uma das atividades, presentes no GTMH, que mais justificam a existência de um setor de Engenharia Clínica, em um EAS, refere-se a aquisição de um EEM, causada por obsolescência ou necessidade de atualização tecnológica.

Em algum momento, o engenheiro clínico evidenciará a obsolescência do equipamento e solicitará o descarte do mesmo. Nesse instante, deve-se iniciar o processo de aquisição de um novo EEM.

Este processo merece atenção especial, pois trata-se, na verdade, de um conjunto de atividades que devem ser adequadamente previstas e implementadas. Fato esse que evidencia a participação decisiva do engenheiro clínico, na tomada de decisão.

Embora toda essa discussão pareça redundante, para um profissional especializado em GTMH, deve ser reavaliada periodicamente, pois as empresas fornecedoras dessas tecnologias estão em pleno processo de evolução, graças aos modernos procedimentos baseados no conceito de Qualidade. Por isso, cabe ao profissional, responsável pelo GTMH, acompanhar essa evolução e planejar suas atividades em conformidade com essa evolução tecnológica.

#### 2.4 A QUALIDADE NO GTMH

Para a ASQC — *American Society for Quality Control* (Sociedade Americana para o Controle da Qualidade) — *QUALIDADE* é a totalidade de características de um produto ou serviço, que determinam sua capacidade de satisfazer certas necessidades ou especificações aplicáveis, visando a adequação ao uso (MEZZOMO, 1995).

De acordo com MIRSHAWKA (1989), os especialistas em Qualidade entendem Qualidade sob um conceito bem mais amplo e moderno, que engloba o de *Confiabilidade*. Por isso, o autor montou um quadro comparativo que apresenta a evolução na Filosofia da Qualidade. Esse comparativo, ilustrado na Tabela 2.2, relata que a filosofia das empresas, no que tange a Qualidade, vêm mudando nos últimos anos.

Por esse comparativo, verifica-se que:

Antigamente, acreditava-se, equivocadamente, que a qualidade era um processo caro, complexo e facultativo. No entanto, o mercado competitivo obrigou as empresas a mudarem essa concepção.

Tabela 2.2: A evolução da filosofia da Qualidade (MIRSHAWKA, 1989).

ANTIGA	NOVA
Qualidade: fator secundário.	Qualidade: fator vital e primeiro.
Atividades de inspeção e seleção.	Atividades de prevenção.
Responsabilidade do Departamento de Controle da Qualidade.	A Qualidade é responsabilidade e tarefa de todos os setores da empresa.
Os erros são inevitáveis.	Os erros podem ser eliminados.
A melhoria da Qualidade gera maior custo e menor produtividade.	A melhoria contínua da Qualidade aumenta a produtividade e diminui o custo.

Atualmente, as empresas defendem que a Qualidade é um processo de redução de custos e de aumento da produtividade; tornando-se, portanto, indispensável às suas existências.

Análise similar pode ser realizada para os EAS, no que tange a produtos e serviços, desde que os EMH sejam considerados como produto; e o atendimento ao paciente, como serviço (TABLADILLO, 1996).

Nessa análise deve-se considerar que a tecnologia, empregada no atendimento à saúde, provém de uma empresa "x", é utilizado em um ambiente "y", por um usuário "z", em um cliente/paciente "k". Cabe ainda salientar que todo esse processo, desde sua concepção, passando pela aquisição e chegando a utilização, teve um gasto de tempo e gerou um custo. Portanto, têm-se variáveis similares ao comparativo de MIRSHAWKA, ou seja, *produtividade e custo*.

Posto isso, apresenta-se a seguir, na Tabela 2.3, um demonstrativo que relaciona a tendência do GTMH à luz da Qualidade.



Tabela 2.3: A evolução do GTMH com a introdução da Qualidade.

Década de 90	Anos 2000
Qualidade: fator secundário	Qualidade: prioridade
Assistência Médica: corretiva e limitada	Assistência Médica: preventiva, corretiva e ilimitada
Custos: elevados, crescentes e desordenados	Custos: reduzidos e controláveis
Erros: freqüentes e inevitáveis	Erros: mínimos e evitáveis
Disponibilidade dos EEM: imprevisível	Disponibilidade dos EEM: previsível e cte.
Qualidade = tempo perdido + custo elevado	Qualidade = eficiência + confiabilidade + custo controlado
Manutenção: corretiva (90%) e preventiva (10%)	Manutenção: corretiva (20%) e pró-ativa* (80%)
EAS: assistência satisfatória; administração técnica complexa; manutenção deficiente; recursos limitados; investimentos com recursos próprios inexistentes.	EAS: atendimento moderno e eficaz; administração planejada e qualificada; possibilidades de investimentos, devido a adequação dos recursos oriundos da redução dos custos.

\* pró-ativa = preventiva + preditiva

Com o decorrer dos últimos anos e a inserção dos engenheiros clínicos, os EAS começaram a sentir a necessidade de reavaliar seus padrões de funcionamento, com o intuito de qualificar seus serviços e garantir um atendimento confiável a um custo-benefício coerente às suas condições financeiras.

Por esse motivo, acredita-se que a qualificação dos serviços prestados nos EAS está diretamente ligada a qualificação do gerenciamento do parque tecnológico, bem como à conscientização dos agentes envolvidos com essa tecnologia, principalmente no momento da aquisição e utilização dos EMA.

Após todo esse levantamento, conclui-se que, no âmbito desta dissertação, é possível identificar a necessidade de garantir a eficácia clínica dos EAS, à partir da inclusão da Qualidade nos procedimentos de GTMH.

Todo esse processo de gerenciamento qualificado exige a implementação de inúmeras atividades que, em muitos casos, alteram a rotina dos EAS, devido ao desconhecimento involuntário por parte dos administradores desses

estabelecimentos. Por isso é fundamental a presença de um engenheiro clínico, a fim de esclarecer e introduzir as mudanças na rotina do EAS.

É claro que este profissional deve aplicar uma metodologia eficaz, segura, robusta; porém, objetiva e voltada estrategicamente aos profissionais desses estabelecimentos. Dessa forma, é importante salientar quais os principais parâmetros que devem estar contidos nessa metodologia.

Em suma, pode-se concatenar todas essas atividades em duas grandes análises envolvendo a *Mantenabilidade* e a *Confiabilidade* dos EEM.

#### 2.4.1 MANTENABILIDADE

A ABNT define *manutenabilidade* como “ a probabilidade de uma dada ação de manutenção efetiva, para um item sob dadas condições de uso, poder ser efetuada dentro de um intervalo de tempo determinado, quando a manutenção é feita sob condições estabelecidas e usando procedimentos e recursos prescritos” (ABNT, 1994).

Quanto aos EEM, a garantia da *manutenabilidade* passa pela avaliação de alguns parâmetros decorrentes do acompanhamento da rotina dos EAS, como por exemplo:

- Capacitação do corpo técnico;
- Infra-estrutura disponível;
- Análise das atividades de manutenção;
- Estudo dos custos de manutenção;
- Treinamento dos usuários de EEM.

Enfim, a manutenibilidade deve ser interpretada como o somatório de ações desenvolvidas e avaliadas na rotina dos EAS.

#### 2.4.2 CONFIABILIDADE

De uma forma simples, porém realista, pode-se dizer que Confiabilidade representa a capacidade de um item atender às exigências funcionais, durante um determinado intervalo de tempo.

A ausência da confiabilidade constitui-se em um problema, que pode ser considerado como um problema de qualidade; e, com vista à variabilidade inerente a esta, é necessário definir confiabilidade em termos de probabilidade.

Para tanto, utiliza-se a definição citada por MIRSHAWKA (1989), que diz: *“Confiabilidade é a probabilidade que um sistema ou componente funcione de acordo com as especificações, durante um dado intervalo de tempo, e em determinadas condições de operação”*.

O referido autor salienta ainda que a Teoria da Confiabilidade está centrada, basicamente, em dois aspectos fundamentais: a *predição* e a *avaliação* da Confiabilidade.

Para se predizer a Confiabilidade de um sistema é necessário criar modelos matemáticos. Já a avaliação, consiste no uso de técnicas que possibilitem: quantificar os valores reais de confiabilidade; verificar as predições efetuadas com base nos modelos matemáticos; controlar a manutenção de um nível suposto de confiabilidade e planejar estratégias de correção dos métodos, quando necessário.

Após toda essa análise é possível afirmar que, nos tempos atuais, onde a tecnologia evolui diariamente, aquele EAS que não preocupar-se com o correto gerenciamento do seu parque tecnológico, estará obsoleto. Além disso, não conseguirá reagir devido a desconhecimento dos meios para qualificar seus procedimentos médico-assistenciais.

Portanto, somente através de um gerenciamento adequado, baseado no acompanhamento do ciclo de vida de cada EMH, aliado aos conceitos de manutenibilidade e confiabilidade, poder-se-á qualificar os EAS, principalmente no que se refere a disponibilidade de EEM seguros aos usuários.

### 3. CICLO DE VIDA DE UM EMH

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Um dos mais importantes instrumentos de análise e avaliação tecnológica é o conceito de ciclo de vida, aplicável a produtos e serviços.

A idéia básica do conceito de Ciclo de Vida (CV) é de que um produto ou mesmo um ramo inteiro de atividades, bem como tecnologias associadas, nascem, crescem, alcançam um nível de maturidade, tendendo para a saturação e desaparecimento. Por conseguinte, as tecnologias ultrapassadas tendem a ser substituídas por novas tecnologias (TORRES, 1995).

No que se refere a EMA, o conceito de ciclo de vida assume importância ainda maior, pois representa a trajetória de um equipamento responsável direta e/ou indiretamente pela vida de um Ser.

O importante papel desempenhado pelo EMA, na assistência à saúde, impulsionou o surgimento de novos procedimentos que possibilitaram a cura de muitas enfermidades que, até poucos anos atrás, eram consideradas letais ou de difícil tratamento.

Iniciou-se, a partir de então, um processo cíclico e contínuo de qualificação dos procedimentos médicos, em função da modernização dos EEM.

Esse processo, embora contribuindo satisfatoriamente na ampliação das condições de vida da população, apresenta uma desvantagem

considerável. Toda essa evolução tecnológica gerou uma gama de equipamentos complexos e caros, que exigem constantes avaliações especializadas. Tal fato, exige investimentos consideráveis, porém necessários à *manutenibilidade* dos EEM, ou seja, *capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos* (ABNT, 1994). Evidencia-se, portanto, a necessidade de um gerenciamento adequado, desses equipamentos, a fim de se garantir um custo-benefício condizente às possibilidades de investimento, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil.

Nesses países, o setor de tecnologia médico-hospitalar está a demandar uma revisão do seu "*Modus Operandi*" voltada à racionalização de recursos financeiros e à qualificação dos procedimentos médico-assistenciais, presentes, principalmente, nos hospitais públicos. Essa revisão somente poderá ser realizada por intermédio de um trabalho cooperativo e conjunto entre todos os agentes da prestação à saúde, ou seja, Prestadores do Serviço (médicos, enfermeiros, operadores de EMH), Pesquisadores Técnico-científicos (engenheiros clínicos) e Provedores Tecnológicos (fabricantes / fornecedores de EMH).

Acredita-se que o entendimento do ciclo de vida dos EMH, por parte desses agentes, possa contribuir para o sucesso dessa revisão.

De posse de todas essas informações, é possível afirmar que o sucesso dessa revisão está diretamente vinculado ao entendimento do ciclo de vida dos EMH, por parte desses agentes. Para isso, é necessário que sejam

conhecidas as visões, tanto dos fabricantes quanto dos usuários, no que se refere as etapas desse ciclo de vida.

### 3.2 FASES DO CICLO DE VIDA DE UM EMH

O ciclo de vida de um EMH é representado por fases que descrevem a vida completa do equipamento desde sua concepção até seu descarte.

Conforme apresentado no Capítulo 2, os EMH podem ser classificados, quanto as suas especificidades, em 4 (quatro) classes: equipamentos médico-assistenciais, equipamentos de apoio, equipamentos de infra-estrutura e equipamentos gerais. No entanto, independente da classificação, todos passam pelas mesmas etapas do ciclo de vida.

Sob o ponto de vista da assistência à saúde, a vida de um EMA inicia-se no instante de sua instalação na EAS. Entretanto, cabe salientar que, anterior a essa etapa, tem-se o período que o mesmo encontrava-se como “produto à venda”, em uma empresa provedora de tecnologia médica.

Por isso, a fim de se ter um estudo completo do ciclo de vida de um EMA, deve-se considerar ambos os momentos. Para tanto, apresenta-se, a seguir, as fases do ciclo de vida segundo a visão do fabricante e, posteriormente, a visão do usuário do EMA.

### 3.2.1 VISÃO DO PROVEDOR OU FABRICANTE

Administrativamente, toda organização empresarial gera um produto e/ou serviço, os quais são vendidos a um cliente. Por isso, a empresa considera um EMH como um produto que deve ser comercializado dentro de um mercado específico, porém genericamente capitalista.

Neste contexto, o conceito de ciclo de vida do produto (EMH), sob a visão empresarial, afirma que existem quatro estágios distintos na história de um produto. Esses estágios são conhecidos como *Fases do Ciclo de Vida do Produto*.

Estas fases são definidas como: *Introdução, Crescimento, Maturidade e Declínio*.

#### Introdução

Durante a introdução, o mercado se encontra totalmente não conscientizado quanto ao produto (EMH). Este período caracteriza-se por um lento crescimento nas vendas, em comparação aos altos custos de lançamento do produto, no mercado.

Os investimentos exigidos são elevados, normalmente aí a empresa tem de conviver com "prejuízo".

#### Crescimento

Período de rápida aceitação do produto no mercado. Reflete uma melhoria substancial do lucro e uma pequena redução dos custos de



marketing. À medida que o crescimento se cristaliza, as receitas passam a ser maiores que os custos, principalmente porque, em geral, é possível praticar preços elevados, já que a concorrência ainda é pequena.

Quanto ao produto, é facilmente encontrado no mercado, pois a empresa luta para dominar o mercado, com sua tecnologia.

### Maturidade

A fase de maturidade é a mais longa, pois o mercado está completamente familiarizado com o produto.

A diferença entre receita e custos aumenta ainda mais, porque os volumes de vendas crescem rapidamente, proporcionando economias de escala, sem uma redução acentuada nos preços de venda. Já na etapa de maturidade avançada, a concorrência acirrada provoca a queda dos preços, reduzindo as margens de lucro. Mesmo assim, os lucros são significativos, em virtude da lealdade dos clientes às marcas consagradas.

### Declínio

Segundo as empresas, esta é a última fase, economicamente viável do produto, pois evidencia-se forte queda das vendas e desaparecimento dos lucros. Nesta fase, o produto torna-se escasso em função de sua retirada do mercado em prol da introdução de um novo produto, que representa nova fonte de renda para a empresa provedora da tecnologia. Em geral, o declínio ocorre por obsolescência tecnológica ou de uso, com forças tão poderosas que

se torna improdutiva a tentativa de se manter o produto lucrativamente (TORRES, 1995).

Outro fator determinante da retirada do equipamento obsoleto é o crescente custo com manutenções corretivas e peças de reposição, solicitadas à empresa, pelos usuários dos equipamentos.

### 3.2.2 VISÃO DO USUÁRIO

A visão do usuário, para a interpretação das fases do ciclo de vida dos EMH, pode ser representada pelas afirmações de PANERAI et al. (1990). Segundo esse autor, o ciclo de vida de uma tecnologia médico-hospitalar pode ser dividido em cinco etapas, denominadas de: *Inovação, Difusão, Incorporação, Utilização e Obsolescência*.

Através da figura 3.1, representa-se graficamente as fases do ciclo de vida dos EMH, baseada no estudo de PANERAI et al. (1990).

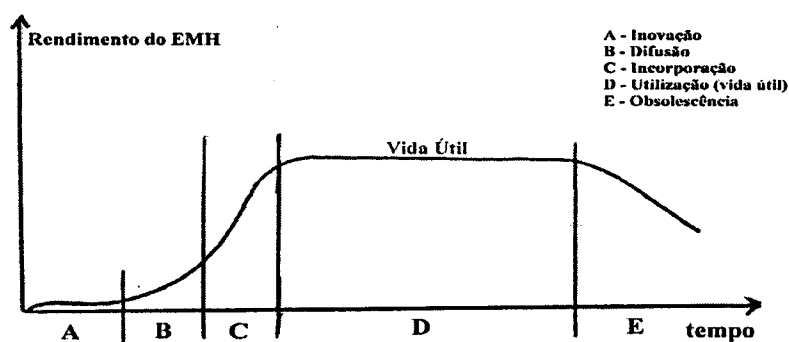


Figura 3.1: Curva representativa das fases do CV de EMH. (ALBORNOZ, 1999)

### **A - Inovação**

A fase de inovação inicia com a invenção de um novo produto (EMH), em função de uma necessidade, previamente identificado pelos agentes prestadores da atenção à saúde.

O processo de inovação compreende o período de projeto, incluindo elaboração de protótipo e finaliza-se no momento da primeira utilização prática.

### **B - Difusão**

Ao final da fase de inovação, tem-se o início da fase de Difusão, que se concretiza quando a referida tecnologia, já na forma de equipamento é lançada no mercado.

A difusão merece atenção especial por parte dos Administradores de EAS, pois as empresas de equipamentos médico-hospitalares, com o intuito de lançar seu produto no mercado, fazem o possível para convencê-los da aquisição de seus equipamentos.

No entanto, nesta fase, o EMH ainda pode sofrer alterações construtivas ou modificações superficiais, identificados somente após algum tempo de uso contínuo. Por isso, deve-se esclarecer os administradores, para que o ímpeto inovador não supere a qualificação ponderada do parque tecnológico da instituição.

### **C - Incorporação**

A fase de incorporação indica quando um EMH emergente começa a ser reconhecido, pelo usuário potencial e pelos provedores de assistência à saúde, como tecnologia estabelecida.

É o período indicado para aquisição de um EMH, visto que até sua instalação e treinamento dos usuários, estará iniciando a fase de maturidade do mesmo. Com isso, tanto o equipamento, como o usuário, estarão na plenitude de seu rendimento; evitando assim, possíveis falhas e indisponibilidades do atendimento.

### **D - Utilização**

Representa a utilização efetiva do equipamento, dentro de um EAS, ou seja, equivale a vida útil do mesmo.

A vida útil de um EMH, em termos de sua funcionalidade, é definida como o período no qual desempenha sua função com uma quantidade de falhas aceitável. Por isso, é possível avaliar a vida útil, através da análise da taxa de falhas em função do tempo, a qual representa a probabilidade de que um equipamento falhe.

Nessa fase, a tecnologia está totalmente consagrada e, se bem utilizada, não apresentará riscos aos usuários e pacientes. Por isso, o correto gerenciamento do equipamento propicia a ampliação do período que, por sua vez, representa o prolongamento da vida útil do EMH.

Entretanto, cabe salientar que, em um determinado momento, o equipamento perderá sua *eficácia clínica*, ou seja, obtenção da melhoria da saúde pela aplicação da ciência e da tecnologia, nas condições mais favoráveis. Tal fato pode ser devido a fatores como o desgaste físico do equipamento, por uso contínuo; ou ainda, pelo surgimento de uma nova tecnologia.

Nesse momento, evidencia-se o final da fase de utilização e início da fase de obsolescência.

### **E - Obsolescência**

A fase de obsolescência, também conhecida como fase de abandono ou descarte, representa o período no qual o EMH tende a ser retirado de operação definitivamente.

No que se refere a EEM, a obsolescência pode ser subdividida em duas classes, denominadas de *obsolescência tecnológica* e *obsolescência funcional*.

#### **E1 - Obsolescência Tecnológica**

Também chamada de Superação, representa a retirada de operação de um equipamento que foi superado por outro com possibilidades de execução das suas funções com modernidade e eficiência adicional. Sendo assim, temos a substituição de um equipamento por outro, ficando o primeiro com possibilidades de ser realocado em outro EAS, pois ainda é funcional para determinada necessidade.

## E2 - Obsolescência Funcional

Esse tipo de obsolescência caracteriza-se pela deterioração ou degradação física do equipamento, que altera sua capacidade funcional. Por conseguinte, o EEM é retirado de operação pois não desempenha mais, satisfatoriamente, suas funções, mesmo sofrendo a ação de manutenções preventivas e/ou corretivas.

Basicamente, todo EEM pode passar por ambas as classes de obsolescência; no entanto, em EAS públicos a obsolescência tecnológica é praticamente inexistente, pois não é permitido revender ou locar um patrimônio público.

Em resumo, nessa fase, evidencia-se um aumento acentuado das ocorrências de falhas técnicas, causando assim a indisponibilidade do mesmo e a redução da qualidade do serviço prestado ao paciente. Além disso, os custos para manter o EEM em funcionamento, são bem maiores que os benefícios, por ele ofertados.

A representação da “vida” de um EMH em fases distintas, facilita a interpretação do chamado Ciclo de Vida Útil de uma tecnologia. Mas, deve-se ter a consciência de que determinados fatores podem alterar essas fases, ao ponto de reduzir ou aumentar a vida útil desses equipamentos.

Dentre os fatores que influenciam a vida útil dos EMH, pode-se destacar, por exemplo: a infra-estrutura disponibilizada ao equipamento; a capacitação dos operadores; capacitação do corpo técnico, responsável pelas

manutenções; a função, para a qual foi adquirido o equipamento e o processo de aquisição do mesmo.

Embora essas afirmações valham para todos os EMH, é nos EEM que evidencia-se a maior variação da vida útil. Isto, porque sofrem influência de grandezas inexistentes nos demais EMH, como por exemplo: tensão, corrente elétrica, interferência eletromagnética, descargas elétricas involuntárias, falha de componentes eletrônicos, etc.

Independente do porte e/ou classificação dos EAS, esses fatores estão presentes em suas rotinas e, portanto, passam despercebidos pelos administradores. Para tanto, recomenda-se a implementação de um procedimento de GTMH que atuem, principalmente, em dois aspectos fundamentais definidos como: Análise do Ciclo de Vida e Custeio do Ciclo de Vida.

### **3.3 A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DO CV NO GTMH**

Um dos grandes problemas enfrentados pelos administradores, de alguns EAS, deve-se a inexistência ou desqualificação do gerenciamento de seus equipamentos, que afeta a eficiência do serviço assistencial. Nesses casos, evidencia-se a necessidade da implementação ou qualificação do GTMH.

A Análise do Ciclo de Vida dos EMH apresenta-se como uma ferramenta importante para a qualificação do gerenciamento. Essa análise propicia, ao administrador do EAS, conhecer seu parque tecnológico atual e

planejar sua ampliação. Além disso, é possível prever e acompanhar os custos reais de uma determinada tecnologia, bem como os custos que freqüentemente são ocultados ou ignorados e que podem, no futuro, implicar na inviabilidade de manter esta tecnologia em estado adequado de funcionamento.

Portanto, através do gerenciamento contínuo e qualificado, garante-se uma maior disponibilização de EMH seguros e eficazes à população.

### 3.4 O CUSTEIO DO CICLO DE VIDA

O Mercado Mundial vem passando, nos últimos 30 anos, por grandes revoluções, que afetam principalmente as Nações em desenvolvimento, como o Brasil (NIGEL, 1996).

A primeira revolução, chamada de Econômica, caracteriza-se pelo surgimento dos blocos econômicos, transferência de riquezas e a globalização dos mercados. A segunda, dita Tecnológica, possibilita o aumento da produtividade com um número menor de funcionários. A terceira, denominada de revolução Administrativa, procura, com novas ferramentas, a melhoria da qualidade e o aumento da produtividade (BAUMGARTNER, 1998).

Na verdade, todo esse processo contínuo de "revoluções globalizadas", deve ser interpretado como um processo de evolução, baseado em sistemas custo-efetivo. Porém, essa crescente ênfase denominada custo-efetividade, ou seja, custo de um sistema comparado com os benefícios obtidos com ele,



parece estar em conflito com a tradicional preocupação com a qualidade da assistência médica. Este aparente conflito se deve a uma concepção equivocada de contenção de custos que, em alguns EAS, provoca a redução dos índices de assistência à saúde devido ao uso incorreto dos recursos disponíveis.

A priori, a contenção de custos pode levar a uma maior disponibilidade de recursos para buscar os meios apropriados de qualificar a assistência, como por exemplo a planificação de investimentos em EMH.

#### 3.4.1 SIGNIFICADO DO CUSTEIO DO CICLO DE VIDA

O custeio do CV é um método de apuração do custo de um produto ou de um equipamento durante toda sua vida útil (SAKURAI, 1997).

Os custos do ciclo de vida de um produto pode ser enquadrado em duas categorias: custos de operação e custos do usuário. Na categoria dos custos de operação incluem-se todos os custos em que o fabricante incorre durante todo o CV do equipamento. Na categoria dos custos do usuário incluem-se todos os custos em que o usuário incorre para obter, usar e manter o equipamento. Com isso, fica claro que o custeio do CV é importante tanto para o fabricante como para o usuário de EMH (SAKURAI, 1997).

Tradicionalmente, os fabricantes preocupam-se com os custos de fabricação que ocorrem até o momento em que o EMH é transferido ao usuário. Por conseguinte, não demonstram preocupação com custos incorridos pelos usuários depois que o produto ou equipamento lhes foi

transferido. Entretanto, a intensa concorrência do mercado atual, aliada ao avanço da alta tecnologia, dá as empresas uma responsabilidade que não termina com a fabricação de um produto que obedece a determinadas características e especificações, mas prossegue durante a utilização do produto.

No caso de EEM, essa responsabilidade aumenta consideravelmente, mesmo porque eles são utilizados, geralmente, em situações de apoio direto à vida. Nesses casos, os custos tendem a crescer conforme a classificação do equipamento, bem como ao tempo de uso do mesmo. Por isso, é necessário que o EAS gerencie seu parque tecnológico e defina procedimentos de investimento.

O custeio do ciclo de vida também é necessário quando são tomadas decisões a respeito de custos de operação e de manutenção durante a vida útil de um ativo, no caso, um equipamento.

Outro aspecto importante, refere-se ao crescente interesse nos custos de descarte, resultantes dos avanços da inovação tecnológica e da vida mais curta dos EEM, devido a introdução de sistemas computadorizados. Mas, em EAS públicos, os custos de descarte ainda não ocupam lugar de destaque, pois os equipamentos são usados até a obsolescência funcional. Isso acontece porque não é, legalmente, permitido vender ou alugar um bem público, adquirido pela Lei 8.666/93 — Licitações.

Posto isso, é possível, de acordo com SAKURAI (1997) e ANTUNEZ (2000), dividir os custos do ciclo de vida em três grupos:

- os custos do investimento inicial de capital;
- os custos incorridos para operar e dar manutenção ao bem;
- os custos de descarte.

Embora sejam custos presentes nos EAS, os administradores de EAS costumam dar maior importância aos custos de operação e manutenção dos EMH.

Essa tendência não está errada, mas também não está totalmente correta, pois os custos de investimento inicial e de descarte, devem ser considerados na análise dos custos da vida útil do equipamento.

#### 3.4.2 ANÁLISE DO CUSTEIO DO CICLO DE VIDA

Os custos associados ao CV podem ser determinados com várias técnicas, podendo ser previstos, por exemplo pela Análise do Valor Líquido (Net Present Value), ou ainda, pelos métodos abordados em GALEANO (1999) e ANTUNEZ (2000).

O Instituto Brasileiro de Contabilidade (IBRACON) apresenta duas definições para o custeio do ciclo de vida de um produto: o custo do CV para o Produtor (ou Provedor) e o custo do CV para o Consumidor (ou EAS). E, as decisões estratégicas de investimento, devem estar baseadas na associação de ambas.

Para o fabricante, o custo do ciclo de vida do EMH engloba os gastos ocorridos desde o surgimento da idéia, abrangendo pesquisa, concepção, projeto, desenvolvimento, prototipação, produção, lançamento, distribuição, atendimento ao cliente, garantia, propaganda, retirada de mercado e, ainda, fabricação e disponibilização de peças de reposição.

Do ponto de vista do cliente (EAS), o custo do EMH representa o preço de compra, acrescido dos custos de: transporte, instalação, operação, manutenção, serviços de apoio, modificações tecnológicas e descarte.

Na escolha do produto a comprar, os administradores dos EAS deveriam combinar esses valores, escolhendo o equipamento que minimize a relação desses itens. No entanto, de acordo com a experiência adquirida nos hospitais gerenciados pelo GPEB, observou-se que os administradores preocupam-se basicamente com o valor de compra do EMH. Tal rotina, se não alterada, tende a comprometer o gerenciamento dos EMH. Daí a importância da análise dos custos do ciclo de vida desses equipamentos.

De acordo com SAKURAI (1997), há cinco fatores principais que determinam a aplicação da análise dos custos, durante o ciclo de vida de uma tecnologia médico-hospitalar.

De uma forma resumida, esses fatores podem ser caracterizados por:

**Valor inicial do investimento:** Quando o capital a ser investido na aquisição de um equipamento é muito alto, a importância da análise dos custos do ciclo de vida é evidente. Pode-se, através de um bom

gerenciamento, verificar se existem, no mercado, outros equipamentos similares a um custo viável à instituição

**Custos de operação e de manutenção:** Custear o ciclo de vida é muito mais interessante quando podem ser obtidos ganhos significativos com a redução dos custos de manutenção.

**Prazo esperado de vida útil:** Para equipamentos de longa vida útil estimada, os custos incorridos após a aquisição podem ser maiores do que o capital investido inicialmente.

**Alto consumo de energia e insumos:** A análise do custo do ciclo de vida é muito interessante quando o consumo de energia e de insumos por um equipamento é significativo, como ocorre com caldeiras, tomógrafos, processadoras e reveladoras de filmes de raio X e outros, por exemplo.

**Custo de descarte líquido:** É importante, para qualquer instituição detentora de equipamentos de alta complexidade, considerar o custo do ciclo de vida para projetar o custo de descarte líquido de um equipamento (ou seja, valor residual menos o custo de descarte bruto), quando ela tem autonomia total sobre seu parque tecnológico, pois assim poderá reverter os custos de equipamentos ultrapassados, em recursos para aquisição de novos equipamentos.

Nem sempre esses fatores são evidenciados integralmente em uma só empresa ou instituição. No entanto, em EAS, podem ser evidenciados e, até certo ponto, considerados responsáveis pelo sucesso ou insucesso desses estabelecimentos. Tal afirmação deve-se ao fato de que, segundo os

administradores dos EAS estudados, os custos com EMH são responsáveis por grande parte dos custos de um EAS. Por isso, é possível avaliar o ciclo de vida dos EMH, mediante acompanhamento do seu custeio.

#### 4. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO CICLO DE VIDA ÚTIL DE EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS

A análise da vida útil de EMH, principalmente quando voltados aos EEM, envolve inúmeros fatores como por exemplo: técnicos, clínicos, administrativos, econômicos e políticos. Todos estes fatores influenciam as possíveis decisões que sucedem as análises desse tipo, no que se refere a substituição ou manutenção dos equipamentos nos EAS.

Esta questão, portanto, é multidisciplinar, o que dificulta a tomada de decisões, em função da ausência de metodologias padronizadas para EAS. Por isso, estudou-se vários trabalhos, que foram realizados a fim de se definir metodologias específicas à área de avaliação tecnológica.

Dentre os trabalhos estudados, destacam-se HENZ (1997), DE ROCCO (1998), LUCATELLI (1998), KATZ (1998), BARBOSA (1999), GALEANO (1999), ANTUNEZ (2000) e ZANIBONI (2000), que abordam fatores distintos, porém necessários à administração eficiente de um EAS. Em todos esses estudos existem considerações de outros autores, que serviram de fonte de pesquisa, tanto para os autores citados como para a realização desta dissertação. Como destaque, cita-se FENNIGKOH apud KATZ (1998), que utiliza o Método Multiparamétrico como metodologia do seu trabalho.

De um modo geral, os métodos multiparamétricos indicam soluções a partir da combinação das mais diversas variáveis, que sejam de alguma forma relevantes à questão analisada (parâmetros). Baseando-se em experiências anteriores e em informações de bancos de dados, indicam a decisão mais apropriada, correlacionando os resultados obtidos pelas medidas de parâmetros relativos a um problema particular, com resultados conhecidos acerca dos parâmetros do mesmo problema (KATZ, 1998).

Neste contexto, tomou-se como referência a metodologia de FENNIGKOH (1992), citada por KATZ (1998), que mostrou-se viável ao objetivo deste trabalho.

Essa metodologia propõe o uso de um resultado numérico para priorizar e recomendar a *substituição de equipamentos médicos*. Este resultado numérico, por sua vez, é obtido a partir da soma ponderada dos valores de dez atributos. O valor de cada atributo é definido como *sim* ou *não* (1 ou 0); pois, segundo o autor, essa forma binária de avaliação é válida para técnicas determinísticas, especialmente quando a “informação perfeita” não está disponível, como é o caso das informações existentes na maioria dos EAS (KATZ, 1998).

Salienta ainda FENNIGKOH (1992), que um método deve ser simples para ser usado, e a grande vantagem do método, por ele proposto, é sua simplicidade, tanto na sua aplicação como para a obtenção dos resultados.

Com o objetivo de sanar os problemas de falta de informação e pela decisão de desenvolver uma metodologia que auxilie os EAS nacionais a gerenciar seu parque tecnológico, estruturou-se um método para determinar o ciclo de vida útil dos EEM, espelhado na metodologia supracitada.



#### 4.1 METODOLOGIA ELABORADA

Com o intuito de determinar a vida útil dos EEM, mediante análise do ciclo de vida dos EMH, elaborou-se uma metodologia de avaliação representada por um indicador específico, denominado de Índice de Vida - IV. Para isso, utilizou-se como referência a metodologia multiparamétrica, discutida no início deste capítulo.

O Índice de Vida é um indicador criado para fornecer, de forma simples e objetiva, as condições de vida funcional de um EEM. Com este indicador é possível obter uma visão de como o equipamento está percorrendo o seu período de vida útil, mediante análise do ciclo de vida. Embora seja importante acompanhar todo o ciclo de vida do equipamento, é na vida útil que se deve concentrar a investigação, pois é neste período que os EEM encontram-se em plena utilização nos EAS.

Para a elaboração da metodologia adotada nesta dissertação, escolheu-se três temas principais ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ) relacionados a vida útil dos EEM e, por conseguinte, ao ciclo de vida dos mesmos. Cada um dos temas principais é medido por um grupo de dez atributos ( $A_1, \dots, A_{10}$ ), subdivididos em inúmeros fatores.

A definição do número de indicadores, deu-se pela investigação da rotina e histórico funcional dos EEM de 6 (seis) hospitais públicos da Grande Florianópolis. São eles: Hospital Governador Celso Ramos, Hospital Infantil Joana

de Gusmão, Hospital Regional de São José, Hospital Nereu Ramos, Maternidade Carmela Dutra e Instituto de Cardiologia.

A investigação baseou-se em duas análises, uma técnica e outra clínica. A primeira caracterizou-se pela análise de dados representativos das atividades técnico-gerenciais desenvolvidas sobre os EEM. Cabe salientar que estes dados foram fornecidos pelos CELEC, estrutura responsável pelo GTMH de cada EAS. A segunda, baseou-se na consulta aos usuários de EEM, quanto a satisfação dos resultados obtidos com a utilização do equipamento em questão.

Após esta investigação, definiu-se os temas principais como: *aquisição, manutenibilidade e eficácia* dos EEM.

Para uma melhor interpretação da metodologia utilizada, organizou-se os atributos conforme a distribuição abaixo:

#### AQUISIÇÃO (T<sub>1</sub>)

- Processo de Aquisição → A<sub>1</sub>
- Fator de Vida → A<sub>2</sub>

#### MANTENABILIDADE (T<sub>2</sub>)

- Gerenciamento da Tecnologia → A<sub>3</sub>
- Manutenção
  - Ações Preventivas e Corretivas → A<sub>4</sub>
  - Assistência Técnica Interna ao EAS → A<sub>5</sub>
  - Assistência Técnica Externa ao EAS → A<sub>6</sub>
  - Custo da Manutenção → A<sub>7</sub>

### EFICÁCIA (T<sub>3</sub>)

- Clínica

Questionário Clínico → A<sub>8</sub>

- Técnica

Funcionalidade → A<sub>9</sub>

Confiabilidade → A<sub>10</sub>

## 4.2 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VIDA - IV

O índice de vida (IV) é um indicador representativo da situação funcional de um EEM, tendo como base a vida útil do mesmo. Portanto, deve ser determinado durante a utilização do equipamento, na rotina do EAS.

Em virtude disso, estruturou-se o processo de determinação do IV em duas etapas. A primeira, referente ao levantamento dos dados, utiliza um "questionário binário", ou seja, que deve ser respondido com "1" ou "0". Objetiva-se com isso, trabalhar com dados claros, rápidos e fáceis de serem analisados, durante a rotina de gerenciamento do EAS.

A segunda, referente a análise dos dados, utiliza uma metodologia de ponderação das respostas do questionário.

Como resultado desse processo, obtém-se um valor percentual (0% à 100%) denominado como índice de vida. Esse percentual representará a vida útil do EEM, ou seja, quanto maior o IV, maior será o tempo de vida útil restante.

#### 4.2.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Nesse momento, inicia-se o processo de determinação do índice de vida, que deve ser obtido perante a análise de 10 (dez) parâmetros ou atributos.

A escolha desses atributos deve-se a um estudo desenvolvido, durante sete meses, em 6 (seis) hospitais públicos da Grande Florianópolis, o qual exigiu o acompanhamento constante da rotina desses EAS, bem como pesquisa bibliográfica.

Por fim estruturou-se os dez parâmetros, conforme distribuição a seguir:

#### **TEMA 1: Aquisição (15 %)**

##### Processo de Aquisição → A<sub>1</sub>

O processo de aquisição representa uma das principais fases da vida de um equipamento, pois através da sua elaboração e, principalmente, execução é que poder-se-á obter o sucesso das demais etapas do ciclo de vida.

Assinale os itens considerados durante o processo de aquisição do EEM:

- (...) identificação da necessidade clínica, mediante consulta ao corpo clínico;
- (...) elaboração de uma especificação técnica, conforme necessidade clínica;
- (...) compra do EEM segundo a Lei 8.666/93 - Licitações;
- (...) análise e preparação da infra-estrutura necessária ao funcionamento do EEM;
- (...) acompanhamento do processo por uma estrutura de Engenharia Clínica.

### Fator de Vida → A<sub>2</sub>

A idade funcional determinada, neste caso, refere-se a razão entre o tempo de vida útil estimado e o tempo de vida funcional do equipamento (tempo desde que entrou em operação). A razão, denominada de *fator de vida* ( $f_v$ ), é definida por:

$$f_v = \frac{vu}{vo} \quad (\text{Equação 1})$$

Para o objetivo deste questionário, o fator de vida pode ser: (1) se,  $f_v \geq 1$  ou (0) se,  $f_v < 1$

Sendo assim, tem-se:

$$(\dots) f_v \geq 1$$

## **TEMA 2: Manutenibilidade (40 %)**

### Gerenciamento da Tecnologia → A<sub>3</sub>

#### Treinamento dos Operadores:

Um dos fatores causadores de falhas em EEM, deve-se ao uso incorreto dos mesmos. Por isso, é importante manter um constante treinamento dos operadores, a fim de reduzir os riscos de falha.

Identifique as ações realizadas para o treinamento dos usuários do EEM:

(...) treinamento realizado durante aquisição e instalação do EEM;

(...) treinamento periódico, com intervalo:

- trimestral, para EMH de alta complexidade;
- semestral, para EMH de média complexidade;
- anual, para EMH de baixa complexidade.

### Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar - GTMH:

Objetiva-se, com os dados a seguir, evidenciar a existência de uma estrutura de gerenciamento do parque tecnológico do EAS. Para tanto, deve-se assinalar os tópicos evidenciados durante a investigação:

- (....) o EAS realiza um GTMH, através de uma estrutura de EC, ou similar;
- (....) o EEM é cadastrado no setor responsável por seu gerenciamento;
- (....) existe um histórico, com o registro das atividades de manutenção;
- (....) o EAS supervisiona os serviços de manutenção, realizadas por terceiros;
- (....) as atividades de GTMH são relatadas mensalmente à direção do EAS;
- (....) o EEM é avaliado periodicamente por ensaios de funcionalidade e segurança;

### Infra-estrutura funcional:

O correto funcionamento de um EEM está, também, relacionado a estrutura física a ele ofertado.

Sendo assim, deve-se verificar a existência de:

- (....) planejamento do espaço físico, anterior a aquisição do EEM;
- (....) planejamento de uma rede elétrica adequada ao EEM e segura aos usuários;
- (....) supervisão direta de um engenheiro eletricista, durante o processo;
- (....) as condições da rede elétrica ainda atendem o planejamento inicial;
- (....) condicionamento do EEM em local adequado e seguro

## Manutenção

### Ações Preventivas e Corretivas: → A<sub>4</sub>

Um dos indicadores necessários ao gerenciamento de EEM refere-se ao acompanhamento de ações, denominadas manutenções preventivas e corretivas. Com os dados a seguir, deseja-se quantificar o volume dessas ações durante a vida útil do EEM.

Quanto as ações:

(....) realizadas periodicamente pelo EAS, mediante programa de gerenciamento;

(....) planejadas e coordenadas por uma equipe de engenharia clínica;

(....) preventivas realizadas pelo EAS, em mais de 50% dos casos;

(....) as corretivas são terceirizadas via contrato de manutenção;

(....) as corretivas cresceram, no máximo, 10% em relação ao último período.

### Assistência Técnica Interna ao EAS: → A<sub>5</sub>

É importante saber a composição e qualificação da equipe responsável pelas manutenções, realizadas nos EEM.

#### Composição da Equipe:

(....) coordenada por no mínimo 1 (um) Engenheiro Biomédico/Clinico;

(....) coordenada por no mínimo 1 (um) Engenheiro;

(....) composta por técnicos com formação específica em EMH;

#### Capacitação da Equipe:

(....) cursos ou treinamentos com carga horária  $\geq 40$  h, nos últimos 12 meses;

(....) registro das manutenções, em formulários padronizados pelo setor;

(....) acesso a manuais e ferramentas adequadas ao EEM, sempre que necessário.

### Assistência Técnica Externa ao EAS: → A<sub>6</sub>

Quanto a empresa externa (representantes ou fabricantes), é importante saber se:

- (....) é composta por profissionais especializados em EMH;
- (....) atende aos chamados dentro do prazo de 24 horas;
- (....) apresenta cronograma de execução de manutenções preventivas;
- (....) executa cursos, palestras ou treinamento com a equipe técnica;
- (....) supre o mercado com peças de reposição, para o modelo do EEM em questão.

### Custo da Manutenção: → A<sub>7</sub>

Os custos decorrentes das manutenções do EEM devem ser planejados, a fim de se garantir o melhor custo-benefício dos contratos com as empresas prestadoras dessas manutenções. Gastos excessivos podem comprometer investimentos em outros equipamentos. Por isso, deve-se analisar alguns parâmetros importantes, como por exemplo: o Custo de Manutenção por Valor de Reposição (CMRP), que representa a relação entre o custo total de manutenção acumulado e o valor de compra de um equipamento novo (TAVERES, 1996).

Sendo assim, evidencia-se que:

- (....)  $CMRP < 1$ , onde:  $CMRP = \sum C_{tman} / VLRP$ ;
- (....)  $\text{Custo Total Bianual} \leq 0,5 \cdot VLRP$ ;
- (....) Custos de manutenção sofreram acréscimo máximo de 10%, no último ano.



### TEMA 3: Eficácia (45%)

#### Eficácia Clínica

A eficácia clínica de um EEM deve ser evidenciada através do depoimento dos usuários do EEM. A análise a seguir, fornece dados do usuário (para qualificação das respostas) e dados do equipamento (dados realmente considerados na investigação).

#### Questionário Clínico: → A<sub>8</sub>

Quanto ao Usuário: (Dados adicionais, não contabilizados na análise)

Profissão: ( ) Médico ( ) Enfermeiro ( ) \_\_\_\_\_

Experiência com o EEM: ( )  $t \geq 3$  anos ( )  $3 > t \geq 1$  ano ( )  $t < 1$  ano

Acompanhou o processo de aquisição do EEM: ( ) sim ( ) não

Participou do processo de especificação técnica do EEM: ( ) sim ( ) não

Quanto ao Equipamento: (Dados principais, relevantes à análise)

Quando da compra, o EEM, atendia as necessidades clínicas do EAS?

( ) sim (1) ( ) não (0)

O EEM ainda atende as necessidades clínicas do EAS?

( ) plenamente (2)

( ) satisfatoriamente (1)

( ) não atende mais (0)

Indique uma nota que represente a eficácia clínica do equipamento:

( ) 5

( ) 3

( ) 1

( ) zero

É de seu conhecimento, a existência, no mercado, de algum EEM similar ou melhor, capaz de atender as necessidades clínicas, com melhor custo-benefício?

( ) sim (0)      ( ) não (1)

Se o(a) senhor(a) tivesse que adquirir um EEM similar, compraria um igual?

( ) sim (1)      ( ) não (0), Porquê? \_\_\_\_\_

### Eficácia Técnica

#### Funcionalidade: → A<sub>9</sub>

A análise técnica do EEM dá-se através de dois fatores principais, que influenciam os demais mediante suas quantificações. Estes fatores afetam diretamente a funcionalidade do equipamento, podendo dessa forma, modificar os resultados esperados.

#### Tempo Médio Entre Falhas (TMEF):

Um dos indicadores analisados neste trabalho, refere-se ao TMEF. Nesta análise é usado, como referência, o valor médio do intervalo analisado, ou seja, 12 meses.

Após determinar o TMEF do conjunto de EEM em questão (TMEF<sub>cj</sub>), conforme anexo 4, verifica-se:

(...)  $TMEF_{méd} \geq TMEF_{cj}$ ;

(...)  $TMEF_{méd} \geq TMEF$  do intervalo anterior.

Disponibilidade (DISP):

Um dos dados coletados e analisados refere-se ao tempo que o EEM permaneceu à disposição dos operadores, para utilização.

Após determinar a Disponibilidade do conjunto de EEM em questão ( $DISP_{cj}$ ), conforme anexo 4, verifica-se:

$$(\dots) DISP_{méd} \geq DISP_{cj};$$

$$(\dots) DISP_{méd} \geq DISP_{méd} \text{ do intervalo anterior};$$

Confiabilidade (R): → A<sub>10</sub>

Através da análise dos dados anteriores, obtém-se a taxa de falha ( $\lambda$ ) do EEM, que é utilizada na determinação da Confiabilidade do equipamento. Nesse cálculo deve-se ponderar o Fator de Uso, dado pela razão entre o tempo de disponibilidade e o tempo total do período analisado (chamado por alguns autores de hora-calendário).

Após determinar a Confiabilidade Média do conjunto de EEM em questão ( $R_{cj}$ ), conforme anexo 4, verifica-se:

$$(\dots) R_{méd} \geq R_{cj};$$

$$(\dots) R_{méd} \geq R_{méd} \text{ do intervalo anterior}$$

$$(\dots) ( R_{méd} / 50 \% ) > 1$$

$$(\dots) 100\% > R_{méd} > 70\%$$

#### 4.2.2 PONDERAÇÃO DOS DADOS LEVANTADOS

Concluída a etapa investigativa, inicia-se a fase interpretação dos dados obtidos na metodologia acima. Para isso, deve-se ponderá-los de forma que os dez atributos sejam avaliados e seus pesos, computados e distribuídos nos três temas principais.

Para estabelecer essa forma de ponderação, usou-se como modelo o trabalho de KATZ (1998), o qual demonstra uma metodologia um tanto complexa para ser implementada integralmente nos EAS estudados aqui.

Após conclusão do questionário, deve-se preparar os atributos, a fim de se quantificar a importância individual de cada um deles, sem deixar de considerar suas contribuições para o conjunto, ou seja, os temas principais. Sendo assim, parte-se para a quantificação individual de cada atributo, conforme indicações à seguir:

$$A_n = \frac{\sum A_n^i}{i} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$n$  = indica o nº do atributo, ( $n = 1, 2, \dots, 10$ ).

$i$  = indica o nº de questionamentos válidos, para cada atributo.

Por exemplo,

$$A_1 = \frac{\sum A_{1i}}{5}, \quad A_3 = \frac{\sum A_{3i}}{13} \quad \text{e} \quad A_9 = \frac{\sum A_{9i}}{4}$$

De forma resumida, porém eficaz, estruturou-se os valores dos atributos e, por conseguinte, a determinação dos temas principais, a partir das equações a seguir:

$$T_1 = \frac{A1 + A2}{2} \quad (\text{Equação 3})$$

$$T_2 = \frac{A3 + A4 + A5 + A6 + A7}{5} \quad (\text{Equação 4})$$

$$T_3 = \frac{A8 + A9 + A10}{3} \quad (\text{Equação 5})$$

Por fim, após determinação dos valores para os temas principais ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ), parte-se para a determinação do índice de vida, e por conseguinte, da vida útil do EEM sob estudo. Para tanto, utiliza-se a equação 6, a seguir.

$$IV = 0,15 \cdot (T_1) + 0,40 \cdot (T_2) + 0,45 \cdot (T_3) \quad (\text{Equação 6})$$

O resultado obtido com a equação 6 será sempre menor ou igual a 1(hum), para que seja possível obter um valor percentual máximo igual a 100%, calculado por:

$$IV\% = IV \cdot 100\% \quad (\text{Equação 7})$$

Para facilitar a análise dos dados e interpretação os resultados, apresenta-se, na Tabela 4.1 a seguir, a representação final dos resultados para cada equipamento a ser avaliado.

Tabela 4.1: Representação dos dados e valor final do Índice de Vida do EEM.

EEM	$IV = 0,15 \cdot T_1 + 0,40 \cdot T_2 + 0,45 \cdot T_3$										IV			
	$T_1$		$T_2$					$T_3$			Temas			IV
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	%

### 4.3 DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL EM FUNÇÃO DO IV

Todo o esforço de garantir equipamentos seguros e confiáveis, nos EAS, esbarra em aspectos como o da desinformação quanto a condição funcional de um EMH, principalmente quando se trata de EEM.

Por esse motivo, procurou-se desenvolver um estudo que fornecesse como resultado um instrumento de avaliação e, por conseguinte, de planejamento dos EAS.

Após discutir vários conceitos e apresentar um método rápido e ágil para determinar um fator representativo dos inúmeros parâmetros presentes no ciclo de vida dos EEM, durante suas aplicações na assistência à saúde, chegou o momento de definir a situação funcional desses equipamentos. Apesar de

enfocarmos os EEM, como um todo, apresenta-se os resultados individuais, ou seja, para cada EEM.

A determinação da vida útil de um EEM dá-se, neste trabalho, pela distribuição do índice de vida (Tabela 4.1) no decorrer do seu ciclo de vida, mais precisamente na fase de utilização nos EAS, que corresponde a fase da vida útil do equipamento, conforme demonstrado no capítulo 2.

Para tanto, utiliza-se a Tabela 4.2, representativa do ciclo de vida de um EEM, que foi elaborada, a partir da análise dos dados colhidos no estudo de campo, para descrever a depreciação gradual (percentual) da vida do equipamento. Ou seja:

**Tabela 4.2: Representação do Ciclo de Vida Útil de um EEM**

Determinação da Vida Útil, com base no Índice de Vida	
Fases da Vida Útil	Índice de Vida Percentual
Início da Vida Útil	100% - 86%
Meia Vida Útil	85% - 56%
Final da Vida Útil	55% - 41%
Obsolescência	40% - 0%

## 4.4 ESTUDO DE CASO

### 4.4.1 INTRODUÇÃO

#### Objetivo

Comprovar, na prática, a veracidade da metodologia elaborada para a determinação do Ciclo de Vida Útil dos EEM presentes em seis hospitais públicos da Grande Florianópolis, nos quais realizaram-se os estudos de campo.

#### Metodologia

Com base em vários trabalhos e publicações referentes ao GTMH e a inserção da tecnologia na saúde, aliada a metodologia discutida no capítulo 4, desenvolveu-se uma série de atividades combinadas que propiciaram o desenvolvimento deste trabalho.

Dentre as principais atividades, destacam-se:

- Determinação e análise do universo de estudo, ou seja, os EAS;
- Análise da rotina de cada EAS (seis hospitais públicos);
- Verificação dos EMH presentes nos EAS, convergentes ao objetivo deste estudo;
- Elaboração e aplicação de formulários para aquisição dos dados dos EMH;
- Estudo das características funcionais dos EEM, selecionados dentre os EMH;
- Análise dos resultados parciais e elaboração de novos formulários;



- Estudo de bibliografias para obtenção de metodologias de referência;
- Implementação do modelo proposto para determinação do Índice de Vida;
- Determinação do Índice de Vida dos EEM;
- Apresentação dos resultados obtidos.

#### 4.4.2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Inicialmente, definiu-se o universo de estudo, como sendo os seis hospitais públicos abrangidos pelo projeto de GTMH, firmado entre o Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica (GPEB/UFSC) e a Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina (SES/SC).

Em um segundo momento, com o auxílio dos Centros Locais de Engenharia Clínica (CELEC), de cada hospital, foi possível avaliar a rotina desses EAS e verificar a funcionalidade dos EEM. Além disso, evidenciou-se os parâmetros necessários ao processo de investigação exigidos por esta dissertação. No entanto, muitas informações não puderam ser confirmadas devido a falhas pontuais de gerenciamento dos CELEC, ou seja, falta de padronização no preenchimento dos históricos dos EMH gerenciados pelo GPEB.

Com relação a obtenção dos dados úteis ao trabalho, desenvolveu-se um formulário padrão, para identificação e cadastro dos EEM estudados. Nesse formulário pode-se evidenciar as características principais de cada equipamento, desde dados do fabricante, tempo da aquisição, local de operação, até um breve histórico das manutenções executadas no equipamento em questão. Pode-se,

portanto, afirmar que trata-se do principal formulário, pois nele encontra-se a “matéria-prima” do trabalho.

Logo a seguir, elaborou-se, com base nos históricos dos EEM, um segundo formulário com o intuito de quantificar os seguintes aspectos:

- Tempo gasto com manutenções preventivas;
- Tempo gasto com manutenções corretivas;
- Tempo de disponibilidade, por equipamento;
- Tempo de operação real, por equipamento;
- Somatório das falhas, por equipamento;
- Tempo médio entre falhas, por equipamento.

Com base nesses dados, foi possível calcular os parâmetros necessários ao estudo da determinação do Índice de Vida.

Sendo assim, pôde-se determinar os seguintes parâmetros:

- Tempo de Operação, em horas, de cada EEM ( $t_{op}$ );
- Taxa de falha ( $\lambda$ ), determinada pela razão entre o n° de falhas e o  $t_{op}$ ;
- Cálculo da Confiabilidade aparente, dada por  $\mathfrak{R} = e^{-\lambda}$  (HENZ, 1997);
- Tempo total de Disponibilidade do EEM ( $t_D$ );
- Fator de uso ( $f_u = t_D / t_{TOTAL}$ ), para ponderação da Confiabilidade e obtenção da Confiabilidade real do EEM, em função da rotina do EAS;
- Confiabilidade ponderada ou real, dada por  $R = \mathfrak{R}.f_u$ .

Entretanto, cabe destacar algumas considerações necessárias à melhor interpretação da Tabela 4.3, que contém os indicadores calculados com os parâmetros supracitados. Essas considerações relatam, de forma resumida, as atividades desenvolvidas durante os últimos três meses, conforme texto a seguir, ou seja:

- Elaborou-se a Tabela A2, com o objetivo de demonstrar todos os dados necessários à determinação do Índice de Vida.
- Os EEM descritos, correspondem a maioria dos equipamentos estudados durante a Dissertação, perfazendo um total de 60% destes.
- Utilizou-se como padrão, do tempo de vida útil dos EEM, dados referenciados pela AHA (1996), conforme Anexo 2.
- Durante a pesquisa de campo, entrevistou-se nove médicos, das mais variadas áreas, que utilizam os EEM analisados.
- A Confiabilidade utilizada no estudo, foi ponderada com um fator representativo do tempo real de uso, de acordo com a rotina dos EAS.
- Através da pesquisa de campo, verificou-se que a funcionalidade real dos setores estudados não atinge a totalidade, mas um percentual do tempo total do dia (24h). Constatou-se e considerou-se os seguintes percentuais, para o cálculo do tempo de operação: Centro Cirúrgico (50%), UTI (70%), UTI-neo (80%) e Imagem (40%). Estes percentuais representam, portanto, o tempo real de operação do setor e, por conseguinte, dos EEM.

## 4.4.3 RESULTADOS OBTIDOS

Após aplicação do método discutido no início do Capítulo 4 e das considerações citadas anteriormente, configurou-se as Tabelas 4.3 e 4.4 a seguir, para demonstração dos resultados obtidos para dois períodos distintos, ou seja, um para o ano de 1998 e outro considerando o ano de 1999.

Tabela 4.3: Representação dos Índices de Vida para EEM, durante o ano de 1998.

	$IV = 0,15 \cdot T_1 + 0,40 \cdot T_2 + 0,45 \cdot T_3$										IV			
	$T_1$		$T_2$					$T_3$			Temas			IV
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_9$	$A_{10}$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	%
DFB-010	0,4	1,0	7/13	0,2	0,8	0,8	1/3	0,7	0,5	0,75	0,7	0,534	0,65	61,11
DFB-005	0,4	0	7/13	0,4	0,8	0,8	1/3	0,6	0,5	0,75	0,2	0,574	0,617	53,73
DFB-002	0,4	1,0	8/13	0,6	0,8	0,8	2/3	0,9	0,75	0,75	0,7	0,696	0,8	74,34
PRC-001	0,6	0	3/13	0,2	4/6	0,4	1/3	0,5	0,25	0,5	0,3	0,366	0,417	37,89
PRC-003	0,6	0	3/13	0,2	4/6	0,4	1/3	0,5	0,25	0,5	0,3	0,366	0,417	37,89
BTE-007	0,6	1,0	9/13	0,8	5/6	0,8	1,0	0,6	0,5	0,5	0,8	0,825	0,533	69,00
BTE-001	0,6	1,0	9/13	0,8	5/6	0,8	1,0	0,5	0,5	0,5	0,8	0,825	0,5	67,50
BTE-003	0,6	1,0	9/13	0,8	5/6	0,8	1,0	0,7	0,75	0,75	0,8	0,825	0,733	78,00
BTE-004	0,6	1,0	9/13	0,8	5/6	0,8	1,0	0,6	0,5	0,5	0,8	0,825	0,533	69,00
BTE-008	0,6	1,0	9/13	0,8	5/6	0,8	1,0	0,7	0,75	0,75	0,8	0,825	0,733	78,00
ECG-001	0,6	1,0	9/13	0,8	4/6	0,6	2/3	0,6	0,5	0,75	0,8	0,685	0,617	67,16
ECG-006	0,6	1,0	10/13	0,8	4/6	0,6	2/3	0,5	0,5	0,5	0,8	0,700	0,5	62,50
ECG-007	0,6	1,0	10/13	0,8	4/6	0,6	2/3	0,5	0,5	0,5	0,8	0,700	0,5	62,50
ECG-008	0,6	0	10/13	0,8	4/6	0,6	1/3	0,4	0,25	0,25	0,3	0,634	0,3	43,36
FCF-007	0,6	1,0	11/13	0,8	5/6	0,6	2/3	0,7	0,25	0,5	0,8	0,749	0,483	63,70
FCF-006	0,6	1,0	11/13	0,8	5/6	0,6	2/3	0,7	0,5	1,0	0,8	0,749	0,733	74,94
FCF-001	0,6	1,0	11/13	0,8	5/6	0,6	2/3	0,7	0,75	1,0	0,8	0,749	0,817	78,72
FCF-004	0,6	1,0	11/13	0,8	5/6	0,6	2/3	0,7	0,25	0,5	0,8	0,749	0,483	63,70
ICM-013	0,6	1,0	7/13	0,4	5/6	0,4	1/3	0,6	0,75	0,75	0,8	0,501	0,7	63,54
ICM-007	0,6	1,0	7/13	0,4	5/6	0,4	1/3	0,6	0,5	0,5	0,8	0,501	0,533	56,02
ICN-006	0,6	1,0	7/13	0,4	5/6	0,4	1/3	0,6	0,5	0,75	0,8	0,501	0,617	59,81
ICM-004	0,6	1,0	7/13	0,4	5/6	0,6	2/3	0,7	0,5	0,75	0,8	0,608	0,65	65,57
ICM-009	0,6	1,0	7/13	0,4	5/6	0,6	2/3	0,7	0,75	0,75	0,8	0,608	0,733	69,30

Tabela 4.4: Representação dos Índices de Vida para EEM, durante o ano de 1999.

	$IV = 0,15 \cdot T_1 + 0,40 \cdot T_2 + 0,45 \cdot T_3$										IV			
	$T_1$		$T_2$					$T_3$			Temas			IV
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_9$	$A_{10}$	$T_1$	$T_1$	$T_1$	%
DFB-010	0,4	1,0	10/13	4/5	0,8	0,8	2/3	0,8	0,5	0,75	0,7	0,767	0,683	71,94
DFB-005	0,4	0	10/13	0,8	1,0	0,8	2/3	0,7	0,5	0,5	0,2	0,807	0,567	60,78
DFB-002	0,4	1,0	11/13	1,0	1,0	0,8	1,0	0,9	0,75	0,75	0,7	0,929	0,800	83,66
DFB-008	0,4	1,0	9/13	0,8	1,0	0,8	2/3	0,7	0,5	0,5	0,7	0,792	0,567	67,67
PRC-001	0,6	0	7/13	0,6	5/6	0,6	1/3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,581	0,500	50,24
PRC003	0,6	0	7/13	0,6	5/6	0,6	1/3	0,5	0,5	0,75	0,3	0,581	0,583	54,00
BTE-007	0,6	1,0	10/13	0,8	5/6	0,8	1,0	0,6	0,5	0,5	0,8	0,841	0,533	69,63
BTE-004	0,6	1,0	10/13	0,8	5/6	0,8	1,0	0,7	0,75	0,75	0,8	0,841	0,733	78,63
BTE-003	0,6	1,0	10/13	1,0	5/6	0,8	1,0	0,7	0,75	0,75	0,8	0,881	0,733	80,23
BTE-001	0,6	1,0	10/13	1,0	5/6	0,8	1,0	0,7	0,75	0,75	0,8	0,881	0,733	80,23
BTE-008	0,6	1,0	10/13	1,0	5/6	0,8	1,0	0,7	0,75	0,75	0,8	0,881	0,733	80,23
ECG-001	0,6	1,0	11/13	1,0	5/6	0,6	2/3	0,6	0,5	0,75	0,8	0,789	0,617	71,32
ECG-006	0,6	1,0	11/13	1,0	5/6	0,6	2/3	0,5	0,5	0,75	0,8	0,789	0,583	69,80
ECG-007	0,6	1,0	11/13	1,0	5/6	0,8	2/3	0,4	0,5	0,75	0,8	0,829	0,550	69,91
ECG-008	0,6	0	11/13	0,8	5/6	0,6	1/3	0,3	0,25	0,75	0,3	0,683	0,433	51,31
FCF-007	0,6	1,0	12/13	0,8	5/6	0,8	1,0	0,7	0,5	0,5	0,8	0,871	0,567	72,35
FCF-006	0,6	1,0	12/13	1,0	5/6	0,8	1,0	0,7	0,25	0,25	0,8	0,911	0,400	66,44
FCF-001	0,6	1,0	12/13	1,0	5/6	0,8	2/3	0,7	0,75	0,75	0,8	0,845	0,733	78,78
FCF-004	0,6	1,0	12/13	1,0	5/6	0,6	1,0	0,7	0,5	0,75	0,8	0,911	0,650	77,70
MEC-001	0,6	1,0	8/13	0,8	5/6	0,6	2/3	0,5	0,75	0,75	0,8	0,703	0,667	70,13
MEC-004	0,6	1,0	8/13	0,8	5/6	0,6	1/3	0,5	0,25	0,5	0,8	0,636	0,417	56,21
MEC-006	0,6	1,0	8/13	0,6	5/6	0,6	1/3	0,5	0,5	0,5	0,8	0,596	0,500	58,34
MEC-003	0,6	1,0	8/13	0,6	5/6	0,6	1/3	0,6	0,75	0,75	0,8	0,596	0,700	67,34
MEC-014	0,6	1,0	8/13	0,6	5/6	0,6	2/3	0,6	0,75	0,75	0,8	0,663	0,700	70,02
ICM-013	0,6	1,0	11/13	0,8	1,0	0,6	2/3	0,7	0,75	0,75	0,8	0,783	0,733	76,30
ICM-007	0,6	1,0	11/13	0,8	1,0	0,6	2/3	0,7	0,75	0,5	0,8	0,783	0,650	72,57
ICM-006	0,6	1,0	11/13	0,8	1,0	0,6	2/3	0,6	0,75	0,5	0,8	0,783	0,617	71,09
ICM-004	0,6	1,0	11/13	0,8	1,0	0,6	2/3	0,8	0,75	0,5	0,8	0,783	0,683	74,06
ICM-003	0,6	1,0	11/13	0,8	1,0	0,6	2/3	0,8	0,75	0,75	0,8	0,783	0,767	77,84

A análise final, que possibilita a determinação da vida útil de um EEM, pode ser comprovada através da comparação dos valores do índice de vida, obtidos nas Tabelas 4.3 e 4.4, com os valores correspondentes as etapas da vida útil, ilustrados na Tabela 4.2 .

De acordo com esse indicador, foi possível situar os equipamentos analisados em quatro fases, conforme demonstrado na Tabela 4.2. As fases

denominadas de *Início da vida útil*, *Meia vida útil*, *Final da vida útil* e *Obsolescência*, foram delimitadas pelo Índice de Vida, conforme descrição a seguir:

**Início da Vida Útil:** Através da aplicação do método proposto para a determinação da vida útil dos EEM estudados, obteve-se a variação do Índice de Vida entre os percentuais de 86% a 100%, ou seja, todos aqueles equipamentos que apresentarem um Índice de Vida nessa faixa, estarão no início da fase de utilização máxima. Nesta fase, o GTMH deve ser voltado, principalmente, para execução de atividades preventivas, em função do reduzido índice de falhas.

**Meia Vida Útil:** Através da aplicação do método, obteve-se, para os EEM estudados, uma variação do Índice de Vida entre 85% e 56%. Essa faixa indica que os equipamentos estão na metade da fase de utilização ou meia vida útil. Nesta fase, o gerenciamento deve ser direcionado para, além de atividades preventivas, adicionar um cronograma periódico de ensaios de funcionalidade e segurança, bem como acompanhamento dos índices de falha, a fim de se controlar a redução do Tempo Médio Entre Falhas; indicador este, necessário à determinação do Índice de Vida.

**Final da Vida Útil:** Essa fase indica que o EEM, em questão, está no final de sua vida funcional ideal, ou seja, no final de sua fase de utilização. Para tanto, tolera-se uma variação do Índice de Vida entre 55% e 40%. Nesta fase, deve-se estruturar um programa de GTMH voltado à realização de ensaios periódicos, a

serem determinados conforme o EEM, a fim de se antecipar as falhas, que nesta fase tendem a crescer, tanto em número como em complexidade.

**Obsolescência:** Essa fase, conforme mencionada no Capítulo Três, indica que o equipamento extrapolou sua fase útil e entrou na fase de possível descarte, em função da redução da sua funcionalidade. Representa portanto, o final da vida útil do equipamento. Todo EEM que apresentar um índice de vida menor ou igual a 40%, estará inserido nesta fase. Quanto ao GTMH, é necessário planejar a substituição do EEM, mediante procedimentos que possibilitem manter o mesmo em condições de uso, enquanto perdurar o processo de aquisição de um novo EEM.

Os resultados obtidos com o estudo de caso, no que se refere a situação funcional dos EEM, indicam que:

- **No ano de 1998:**

De acordo com a figura 4.1, verifica-se que 82,60% dos EEM encontravam-se na fase de Meia Vida Útil, dos quais 47,82% no início da fase e 34,78% no final dessa fase. Através dessa figura, é possível ainda verificar os percentuais de equipamentos que estavam no final da vida útil, além dos que já estavam obsoletos. Não constatou-se a existência de EEM no início da vida útil, dentre os equipamentos analisados e considerados no estudo.

Cabe salientar que os valores apresentados na figura 4.1, representam valores médios e não individuais para cada EEM. Os valores individuais podem ser analisados nas Tabelas 4.3 e 4.4, do estudo de caso.

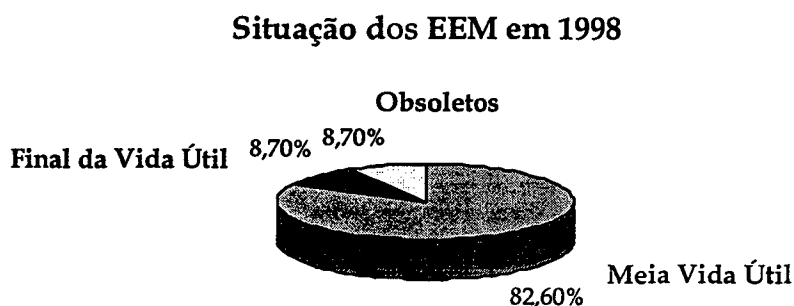


Figura 4.1: Situação dos EEM no ano de 1998.

- No ano de 1999:

Durante o ano de 1999, observou-se que o percentual de EEM que estavam na Meia Vida Útil, aumentou para 89,65%. Da mesma forma, observou-se um aumento do percentual de EEM que estavam no Final da Vida Útil, conforme figura 5.2, a seguir. Dos equipamentos com meia vida útil, 79,30% estavam no início da fase e 10,35% estavam passando para a fase seguinte, de final da vida útil.

Além disso, constatou-se que o percentual de obsoletos, na média, é menor que 1,0%, portanto não considerados. Isto ocorreu devido a dois fatores principais:

- ❖ Os EEM que não apresentavam mais condições de operação, foram retirados de serviço, como era de se esperar.
- ❖ Os demais EEM foram recolocados em operação, graças ao GTMH realizado pelos CELEC.

A fim de simplificar a interpretação dos resultados mencionados acima, elaborou-se a figura 4.2 .



### Situação dos EEM em 1999

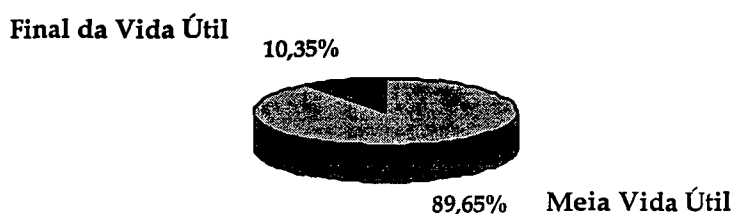


Figura 4.2: Situação dos EEM no ano de 1999.

É necessário salientar que o ano de 1998 foi o ano de implementação do projeto de GTMH, firmado entre o GPEB/UFSC e a SES/SC, que serviu de fonte de consulta para o estudo. Os CELEC começaram a operar sem um padrão de procedimentos, mas foram gradativamente organizando as informações obtidas na rotina dos EAS e por fim estruturaram um padrão de funcionamento, baseado nas atividades de GTMH estudadas no GPEB. No entanto, cabe salientar que, mesmo assim, foi possível resgatar informações anteriores a existência dos CELEC e criar um arquivo confiável das características técnico-funcionais dos EEM. Todo esse trabalho, realizado pela equipe de cada CELEC, merece destaque, pois conseguiu-se desenvolver um estudo pioneiro que possibilitou mapear e, posteriormente, gerenciar o parque tecnológico de seis EAS da Grande Florianópolis.

As informações colhidas no ano de 1999, apresentaram um grau de confiabilidade maior em função da experiência adquirida na rotina de gerenciamento dos CELEC, da existência de históricos mais completos e da inserção de atividades novas que possibilitaram a qualificação do GTMH. Outro

fator importante que contribuiu para a qualificação do gerenciamento, foi a incorporação de novos estudos desenvolvidos no GPEB, a nível de pós-graduação, e aplicados à rotina dos CELEC. Observou-se, em alguns casos, a existência de uma dificuldade de padronização das informações, no que se refere ao preenchimento de certos formulários. Embora não impedindo a realização desta dissertação, isso dificultou ,em alguns casos, a interpretação dos dados colhidos nos EAS estudados.

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

### 5.1 DISCUSSÃO

A etapa de avaliação é parte fundamental no planejamento e gestão de qualquer sistema de saúde, independente de sua estruturação ou nível hierárquico, onde aplica-se o planejamento e a gestão (BORDIN, 1996).

Esta afirmação é amplamente conhecida pelos administradores e gerenciadores dos sistemas de saúde, desde seus órgãos fomentadores até seus órgãos executores, ou seja, os EAS. É sabido, também, que com um sistema de avaliação efetivo é possível reordenar a prestação de serviços de saúde, redimensionando-os de forma a contemplar as necessidades dos usuários, conforme os recursos disponíveis nesses EAS. No entanto, as atividades voltadas à avaliação dos EAS, ainda são pouco desenvolvidas, devido a certos fatores, como por exemplo: redução dos recursos destinados à saúde, gerenciamento inadequado dos recursos financeiros, falta de metodologias específicas para a avaliação e o desconhecimento da importância da avaliação para a qualificação dos serviços prestados nesses EAS.

Além disto, a falta de planejamento no setor público de saúde, dificulta a implementação de um sistema de avaliação, principalmente quando se deseja uma análise criteriosa e sistemática da situação funcional de um EAS. Isso, porque se tem o pensamento equivocado de que órgãos públicos são problemáticos, no sentido de

gerenciamento dos recursos humanos, e não apresentam condições de serem auto-sustentáveis.

Entretanto, é possível reverter este pensamento através de um planejamento estratégico que propicie a reorganização e reestruturação, se necessário, da rotina dos EAS, possibilitando, dessa forma, a introdução de sistemas de avaliação, tanto de recursos humanos, como também de recursos tecnológicos desses estabelecimentos.

Para isso, é necessário que as distintas áreas, responsáveis pelo funcionamento dos EAS, procurem desenvolver meios de avaliar e, se necessário, reestruturar os serviços prestados à saúde.

Nesse sentido, procurou-se, através desta dissertação, colaborar para a avaliação dos EAS, desenvolvendo-se um estudo voltado à análise do ciclo de vida útil dos EEM. Para tanto, buscou-se informações da rotina de funcionamento dos equipamentos e dos EAS, como um todo. Essas informações independem da estrutura analisada, seja ela pública ou privada, pois as conseqüências da boa ou má utilização afetam igualmente a tecnologia.

O estudo do ciclo de vida útil de um EEM deve ser realizado durante a fase de utilização, conforme descrição das fases do ciclo de vida no Capítulo 3, a fim de se obter os dados reais de funcionamento do equipamento. Entretanto, deve-se considerar as informações obtidas da análise das demais fases, ou seja, do ciclo de vida completo. Não se pode esquecer que antes da fase de utilização, ou vida útil, o EEM percorreu um longo caminho, desde o momento de sua produção, aquisição e

introdução no EAS. Durante todas essas etapas, muitas características do equipamento podem ter sofrido alterações ou distorções, que serão refletidas no momento de sua utilização plena. Por isso, é importante analisar o ciclo de vida completo, a fim de se obter informações, se não ideais, pelo menos confiáveis.

Por outro lado, é difícil encontrar EAS, principalmente públicos, que possuam essas informações, a partir do acompanhamento contínuo dos seus equipamentos. Por serem públicos, devem respeitar e operar conforme a legislação específica, que lhes impede o gerenciamento completo dos recursos técnicos, humanos e financeiros.

No caso de EAS privados, a obtenção das informações referentes aos recursos humanos e financeiros, dá-se de forma menos complexa, devido ao fato desses estabelecimentos serem gerenciados pelos próprios administradores. Com relação as informações técnicas, não existe muita diferença, pois a metodologia utilizada no GTMH independe da estrutura.

Pensando em tudo isso, elaborou-se a metodologia para determinação do ciclo de vida útil, com base nos mais variados fatores, que influem direta ou indiretamente na vida útil de um EEM, e que podem ser evidenciados e controlados pelo GTMH.

Por tudo isso, é possível observar e reconhecer a importância do GTMH para a manutenibilidade de um EEM, principalmente, quando analisados os efeitos desse gerenciamento sobre um EEM. Por esse fato, é importante salientar que a metodologia usada na determinação da vida útil dos EEM, considerou a existência de uma estrutura de Engenharia Clínica, ou pelo menos a existência das atividades

desenvolvidas por uma. Desta forma, a aplicação do método em um EAS que não possua essa estrutura ou um GTMH implementado, apresentará um Índice de Vida menor, para seus equipamentos. Isso é devido ao fato de ter-se a convicção de que o GTMH contribui favoravelmente à longevidade funcional de um EEM.

Essa redução do Índice de Vida ficou comprovada durante a determinação dos limites percentuais das fases da vida útil dos EEM, apresentadas na Tabela 4.2. A determinação do limite de obsolescência ( $\leq 40\%$ ) foi determinado a partir da aplicação do método em um EAS com as características descritas acima. Nesses EAS, ocorre uma redução de até 15% do Índice de Vida.

## 5.2 CONCLUSÕES

A realização deste trabalho possibilitou a caracterização do Ciclo de Vida Útil dos Equipamentos Eletromédicos, através da elaboração e implementação de uma metodologia desenvolvida a partir da análise do ciclo de vida de EMH.

Através da análise global do trabalho e, principalmente, dos resultados obtidos, foi possível chegar a várias conclusões.

Fica evidenciada a qualificação do GTMH, a partir da introdução de uma ferramenta adicional à rotina de gerenciamento. Isso, devido ao fato de ter-se proposto a utilização uma nova metodologia para determinar a vida útil dos EEM. Com essa metodologia, conhecendo-se a vida útil do EEM, torna-se possível

programar o gerenciamento de acordo com a situação funcional do EEM, contribuindo-se para uma melhor relação custo-benefício da sua utilização.

Conclui-se, com base na análise apresentada, que existe uma relação de interdependência entre o ciclo de vida de um EMH e o seu gerenciamento, pois a implementação de um gerenciamento eficaz, contribui para o prolongamento da vida útil do mesmo.

Constatou-se, que os EAS do estado de Santa Catarina carecem de uma estrutura qualificada de GTMH, capaz de avaliar os EMH e, quando necessário, auxiliar nos momentos de tomada de decisões, como por exemplo o momentos ideal para descarte de um EEM.

Com relação a metodologia adotada na elaboração deste trabalho, conclui-se que serviu para o propósito assumido, pois obteve-se uma ferramenta viável à rotina atual dos EAS, ou seja, estabelecimentos carentes de estruturas qualificadas. Durante a escolha da metodologia de referência e da elaboração da metodologia adotada, objetivou-se trabalhar com parâmetros de fácil compreensão para os usuários e técnicos dos EAS. Embora simples, o método aborda os principais fatores presentes na avaliação da vida útil de um EEM.

Através da análise dos resultados obtidos no estudo de caso, constata-se que o método proposto, para a determinação do ciclo de vida útil de EEM, atingiu o seu propósito. Ratifica-se essa afirmação, pois conseguiu-se, além de determinar as fases

do ciclo de vida útil, obter a situação funcional dos EEM de seis hospitais da Grande Florianópolis, através da determinação do Índice de Vida de cada equipamento.

Como conclusão final desta dissertação, ratifica-se a importância dos trabalhos desenvolvidos em Instituições de Ensino, Pesquisa e Extensão, como o GPEB, para o crescimento do bem-estar social, seja ele de forma direta ou indireta. Pois cabe a universidade fomentar a pesquisa e transmitir os conhecimentos às mais variadas áreas da sociedade, para que estas assimilem e apliquem esses conhecimentos da melhor forma possível. Fica clara, portanto, a importância do projeto GPEB/SES, para a qualificação dos serviços de assistência médica, prestados à população.

Nesse sentido, com o intuito de contribuir para a qualificação desse projeto, apresenta-se, esta dissertação, com uma ferramenta importante, capaz de caracterizar a situação funcional dos EEM, no que se refere ao Ciclo de Vida Útil. Outro fator importante, diz respeito a viabilidade do método ser implementado imediatamente nos EAS, abrangidos pelo projeto; além de planejar sua aplicação para mapear as condições dos EEM alocados em outros EAS, que ainda não são atendidos pelo projeto de GTMH.

### **5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Uma das principais constatações, evidenciadas durante o estudo das bibliografias utilizadas neste trabalho, diz respeito a constante evolução da



Tecnologia Médico-Hospitalar, seja ela representada por um Procedimento ou um Equipamento Eletromédico. Por esse motivo, sabe-se que esta dissertação necessitará de uma avaliação e, possível, adequação, de acordo com esse processo evolutivo.

Sendo assim, no que diz respeito a continuidade desse trabalho, sugere-se:

- Estudar novos parâmetros que possam ser adicionados ao método proposto, a fim de se qualificar a análise do ciclo de vida útil;
- Implementar procedimentos voltados à análise dos custeio do ciclo de vida dos equipamentos eletromédicos, através de estudos econômicos específicos, enfocando-se o período de obsolescência, para determinar e programas o descarte desses equipamentos;
- Desenvolver uma versão computacional para o método, ou seja, um software que possibilite a avaliação da vida útil dos EEM em tempo real;
- Estudo de bancos de dados coerentes as necessidades da análise em questão;
- Integrar esse trabalho a outros estudos, como por exemplo: estudo de novos indicadores e estudo da implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade, ambos voltados ao GTMH.

Deve-se ter a consciência de que é importante avaliar a rotina dos CELEC, a fim de se obter resultados seguros e confiáveis. Dessa forma, poder-se-á evitar e/ou sanar problemas como os encontrados durante a elaboração deste trabalho, ou seja, falta de padronização de dados dos CELEC. Por isso, sugere-se ainda, que seja planejado um Programa de Atualização e Qualificação dos profissionais que atuam nos CELEC, a fim de que se possa sanar possíveis falhas e implementar novas metodologias, como esta que está sendo apresentada.

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

### **CONCEITOS SOBRE PRODUTO**

## CONCEITOS SOBRE PRODUTO

### 1 - PRODUTO

Normalmente, as pessoas relacionam um produto com objetos físicos como roupas, quadros, automóveis, equipamentos eletrônicos e outros objetos projetados para atender uma necessidade ou desejo. Entretanto, o termo "*produto*", em uma definição mais ampla, representa qualquer coisa que possa ser oferecida a um mercado, para a devida atenção, aquisição ou consumo, ou seja: objetos físicos, serviços, pessoas, organizações, idéias ou formas de trabalho (MOREIRA, 1994).

O caráter do produto poderá ser encarado diferentemente pelo comprador (usuário) e pelo vendedor (fabricante). Por isso, é importante conhecer os conceitos de *produto tangível*, *produto central* e *produto expandido*.

#### 1.1 PRODUTO TANGÍVEL

É a entidade ou serviço que é específico ao mercado-alvo. É o que prontamente se reconhece como *oferta*. Se for um objeto físico, tal como um monitor cardíaco, poderá ser reconhecido pelo mercado, como possuindo até cinco características:

- Nível de qualidade
- Características técnicas

- Modelo
- Marca
- Embalagem

Se o produto tangível for um serviço, poderá ter algumas ou todas essas características analogamente (MOREIRA, 1994). Supondo-se que o produto tangível seja o serviço oferecido pelo CELEC no GTMH, pode-se dizer que ele exibe certo nível de qualidade; apresenta uma rotina técnica de avaliação e conserto de equipamentos; de acordo com a necessidade, compõem-se de uma equipe flexível no número de integrantes; e, finalmente, apresenta inúmeras soluções para o problema, apoiadas por estruturas adicionais como laboratório de ensaios e biblioteca especializada.

## 1.2 PRODUTO CENTRAL

É a utilidade essencial ou o benefício que está sendo oferecido ao usuário, ou procurado por ele. Isto é, um hospital que contrata os serviços de gerenciamento (GPEB), não está “comprando” apenas uma manutenção qualificada; ele está “comprando” a segurança e qualidade dos serviços que garantirão o pleno funcionamento do seu parque tecnológico; além de, treinamento dos seus funcionários, o que garantirá uma assistência mais confiável ao seu cliente (paciente).

Nesse contexto, o produto tangível representa a “embalagem” desse benefício.

### 1.3 PRODUTO EXPANDIDO

É a totalidade dos benefícios e dos custos que o comprador (usuário) recebe na aquisição do produto.

## 2 - LINHA DE PRODUTOS DE UMA EMPRESA DE EMH

A maioria das empresas fabricantes de EMH oferece mais do que um produto a seus mercado-alvo. O conjunto de produtos constitui a linha de produtos da empresa que, por sua vez, pode ser descrita em termos de três dimensões: *amplitude*, *profundidade* e *diversificação*.

### 2.1 AMPLITUDE

Refere-se a como os muitos e diferentes produtos (EMH) são oferecidos pela empresa. Uma empresa que oferece aos clientes vários equipamentos e acessórios de monitoração de pacientes, terá uma linha de produtos mais ampla que aquela que oferece apenas monitores cardíacos.

## 2.2 PROFUNDIDADE

Refere-se ao número médio de itens e modelos oferecidos dentro de uma classe de produtos representativa. Por exemplo, uma empresa que oferece vários modelos e marcas de monitores e sensores, terá vantagem sobre outra que ofereça somente uma única versão ou modelo de cada produto (EMH).

## 2.3 DIVERSIFICAÇÃO

Refere-se a como os vários produtos são diferentes em suas utilizações finais, ou seja, refere-se ao produto ou serviço adicional oferecido pela empresa, aos clientes. Uma empresa que ofereça apenas dispositivos tangíveis, terá uma linha de produtos menos diversificada, em relação a uma que ofereça, também, serviços como: visitas periódicas, treinamento dos usuários, manutenções preventiva e corretiva e garantia prolongada dos produtos.

Em suma, a amplitude, a profundidade e a diversificação da linha de produtos refletem a estratégia de crescimento de produto e de mercado, de uma empresa. Além disso, podem auxiliar os clientes (EAS) na escolha de empresas qualificadas e flexíveis no setor da saúde.



## **ANEXO 2**

### **RELAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE EMH**

## RELAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Em 1996, a AMERICAN HOSPITAL ASSOCIATION (AHA, 1996), publicou um catálogo, contendo uma relação de EMH e suas respectivas expectativas de vida, ou seja, o tempo previsto de vida útil desses equipamentos.

O propósito desse documento é prover o engenheiro clínico com informações importantes, porém de difícil acesso, pois são raros os estudos nessa área específica. Por esse fato, utilizou-se na elaboração desta dissertação, parte dessa relação.

Posto isso, apresenta-se a seguir uma tabela, contendo os dados obtidos nessa publicação.

**Tabela A<sub>2</sub>: Relação da Vida Útil de EEM**  
Fonte: AHA (1996)

<b>RELAÇÃO DA VIDA ÚTIL ESTIMADA PARA EMH</b>			
<b>EQUIPAMENTO</b>	<b>VIDA ÚTIL ( anos )</b>	<b>VIDA ÚTIL ( unidades )</b>	<b>Unidades</b>
Aspirador Cirúrgico	10	20.080	Horas
Analizador de Desfibrilador	8	16.064	Horas
Analizador de Unidade Eletro-Cirúrgica	10	20.080	Horas
Balança Eletrônica	7	14.056	Horas
Balança Mecânica	10	20.080	Horas
Berço Aquecido	10	20.080	Horas
Bilirubinômetro	8	16.064	Horas
Bomba de Infusão	5	43.800	Horas

Bomba de Seringa	10	20.080	Horas
Broncoscópio de Fibra Óptica	6	12.048	Horas
Broncofibroscópio Rígido	10	20.080	Horas
Capnógrafo	10	20.080	Horas
Cardioversor	8	16.064	Horas
Cadeira de Rodas s/motor	6	52.560	Horas
Cadeira de Rodas c/motor	5	43.800	Horas
Cadeira Odontológica	10	41.600	Horas
Câmera Endoscópica	8	16.064	Horas
Colimador Radiográfico	10	20.080	Horas
Colonoscópio	5	10.040	Horas
Colposcópio	7	14.056	Horas
Compressor de Ar	12	24.096	Horas
Desfibrilador	8	16.064	Horas
Detector Fetal	8	70.080	Horas
Desfibrilador com bateria recarregável	8	8.000	Cargas
Dosímetro Radiativo	10	20.080	Horas
Eletrocardiógrafo	8	16.064	Horas
Eletrocautério	10	20.080	Horas
Eletro-encefalógrafo	10	20.080	Horas
Eletromiógrafo	10	20.080	Horas
Endoscópio	10	20.080	Horas
Fototerapia	10	20.080	Horas
Freezer (Plasma Sangüíneo)	12	24.096	Horas
Freezer (Laboratório)	10	20.080	Horas
Gamma Câmara	8	80.320	Exposições
Hemodiálise	5	10.040	Horas

Incubadora Infantil	10	87.600	Horas
Incubadora Infantil - Transporte	8	48.192	Horas
Laparoscópio	10	20.080	Horas
Laser (Argônio)	10	20.080	Horas
Laser (YAG)	10	20.080	Horas
Lâmpada (Bilirrubina, Fototerapia)	10	87.600	Horas
Lâmpada (Fibra Óptica)	8	16.064	Horas
Lâmpada Cirúrgica	10	87.600	Horas
Lâmpada ( Infra-vermelho, Ultra-violeta)	10	87.600	Horas
Marcapasso Externo	5	10.040	Horas
Microscópio	10	20.080	Horas
Monitor de ECG, EEG	8	87.600	Horas
Monitor de Apnéia	7	61.320	Horas
Monitor Fisiológico (Cateterismo)	7	61.320	Horas
Monitor Cardíaco	7	61.320	Horas
Oxímetro de Pulso	5	10.040	Horas
Processadora de filme (raio X)	7	28.112	Horas
Radiômetro	8	16.064	Horas
Radioterapia	8	16.064	Horas
Raio X - Mamógrafo	10	240.960	Exposições
Raio X - Misturador de Químicos	10	20.080	Horas
Raio X - Móvel	8	192.768	Exposições
Ressuscitador Manual - Ambú	10	20.080	Horas
Scanner de TC, anterior a 1993	8	481.920	Cortes
Scanner de TC, posterior a 1993	5	502.000	Cortes
Scanner de TC, posterior a 1993 c/upgrade	20	2.008.000	Cortes
Serra Cirúrgica	10	20.080	Horas

Termômetro Eletrônico	5	10.040	Horas
Tomógrafo Computadorizado	10	240.960	Exposições
Ultra-som (Diagnóstico)	12	24.096	Horas
Ultra-som (Terapêutico)	7	14.056	Horas
Vaporizador Anestésico	10	20.080	Horas
Vaporizador Pulmonar	10	10.000	Horas

## ANEXO 3

### TABELA DOS PARÂMETROS NECESSÁRIOS À DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VIDA

**TABELA DOS PARÂMETROS NECESSÁRIOS À DETERMINAÇÃO DO**  
**ÍNDICE DE VIDA**

A tabela A3, a seguir, apresenta os parâmetros analisados durante o processo de determinação do índice de vida, para o ano de 1998. Esses parâmetros foram inicialmente calculados e, posteriormente, analisados e ponderados para o cálculo dos Atributos ( $A_1, \dots, A_{10}$ ).

Tabela A3: Tabela dos parâmetros necessários à determinação do IV.

EQUIP.	Período	$\Sigma$ falhas	$\Sigma$ top (h)	$\lambda$	$\mathcal{R}$ %	$t_D$ (h)	$f_u = t_D/t_{total}$	R %
VTP - 011	01 → 12	1	6.120,76	0,000163378	99,98	8.743,95	0,998167	99,80
VTP - 012	01 → 12	3	5.809,79	0,000516269	99,94	8.299,70	0,947454	94,69
VTP - 015	01 → 12	3	6.019,65	0,000498367	99,95	8.599,50	0,981678	98,12
VTP - 010	01 → 12	2	6.124,23	0,000326572	99,97	8.748,90	0,998630	99,83
VTP - 003	01 → 12	1	6.115,41	0,000163521	99,98	8.736,30	0,9973	99,71
VTP - 004	01 → 12	4	6.102,18	0,000655503	99,93	8.717,40	0,995137	99,44
PRC - 001	01 → 12	7	3.491,32	0,002005	99,80	8.728,30	0,996381	99,44
PRC - 003	01 → 12	6	3.094,20	0,0019391	99,81	7.735,50	0,883048	88,14
PRC - 004	01 → 12	1	3.503,40	0,000285437	99,97	8.758,50	0,999828	99,95
BTE - 001	01 → 12	1	4.378,25	0,000228402	99,98	8.756,50	0,9996	99,94
BTE - 007	01 → 12	2	4.075,05	0,000490791	99,95	8.150,10	0,930377	92,99
BTE - 001	01 → 12	1	4.125,85	0,000242370	99,97	8.251,70	0,941974	94,17
BTE - 005	01 → 12	1	4.379,25	0,000228349	99,98	8.758,50	0,99983	99,96
BTE - 010	01 → 12	1	4.174,40	0,000239555	99,97	8.348,80	0,953059	95,28
BTE - 003	01 → 12	3	4.259,45	0,000704316	99,93	8.518,90	0,972477	97,18
BTE - 007	01 → 12	4	4.305,80	0,000928980	99,91	8.611,60	0,983060	98,22
BTE - 012	01 → 12	3	4.178,20	0,000718012	99,93	8.356,40	0,953927	95,32
BTE - 001	01 → 12	2	4.134,80	0,000483699	99,95	8.269,60	0,944018	94,35
BTE - 007	01 → 12	2	4.252,70	0,000470289	99,95	8.505,40	0,970936	97,04
BTE - 002	01 → 12	2	4.128,00	0,000484496	99,95	8.256,00	0,942466	94,20
BTE - 003	01 → 12	2	4.090,05	0,000488992	99,95	8.180,10	0,933801	93,33
ECG - 001	01 → 12	2	5.796,98	0,000345007	99,96	8.281,40	0,945365	94,50
ECG - 006	01 → 12	2	6.064,03	0,000329814	99,97	8.662,90	0,988915	98,86
ECG - 007	01 → 12	2	6.128,22	0,000326359	99,97	8.754,60	0,99938	99,91
ECG - 008	01 → 12	3	3.608,50	0,000831370	99,92	5.155,00	0,58847	58,80
ECG - 009	01 → 12	4	6.051,64	0,000660977	99,93	8.645,20	0,986895	98,62
ECG - 012	01 → 12	1	6.131,44	0,000163094	99,98	8.759,20	0,99991	99,97
ECG - 003	01 → 12	3	6.129,48	0,000489438	99,95	8.756,40	0,99960	99,91
ECG - 004	01 → 12	7	6.124,37	0,001142975	99,88	8.749,10	0,998756	99,76
FCF - 007	01 → 12	4	4.375,55	0,000914171	99,91	8.751,10	0,99898	99,81
FCF - 006	01 → 12	2	4.378,30	0,000456798	99,95	8.756,60	0,99961	99,91
FCF - 005	01 → 12	4	4.374,40	0,000914411	99,91	8.748,80	0,998721	99,78
FCF - 001	01 → 12	2	4.376,90	0,000456944	99,95	8.753,80	0,9993	99,88
FCF - 002	01 → 12	1	4.375,35	0,000228553	99,98	8.750,70	0,998938	99,87
FCF - 004	01 → 12	4	4.275,25	0,000914233	99,91	8.750,50	0,998916	99,80

DFB - 010	07 → 12	1	6.127,31	0,000163200	99,98	8.753,30	0,999235	99,90
DFB - 005	07 → 12	1	6.131,65	0,000163088	99,98	8.759,50	0,99994	99,97
DFB - 004	07 → 12	1	4.771,20	0,000209590	99,98	6.816,00	0,77808	77,79
DFB - 002	07 → 12	2	6.130,39	0,000326243	99,97	8.757,70	0,999737	99,94



## **ANEXO 4**

### **PROCEDIMENTO PARA CÁLCULO DOS PARÂMETROS NECESSÁRIOS À DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VIDA**

**PROCEDIMENTO PARA CÁLCULO DOS PARÂMETROS**  
**NECESSÁRIOS À DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VIDA CONCEITOS**

**PASSO 1:**

Seleção do EEM a ser analisado e verificação dos arquivos referentes as atividades executadas com este equipamento.

**PASSO 2:**

Análise da documentação, principalmente do histórico funcional do EEM, para quantificar o número de falhas e verificar o procedimento usado para saná-las.

**PASSO 3:**

Determinação dos seguintes parâmetros:

- Tempo de disponibilidade e indisponibilidade do equipamento, onde:

$$\text{Tempo Total} = t_d + t_i \text{ (horas)}$$

Onde:

$t_d$  = tempo de disponibilidade

$t_i$  = tempo de indisponibilidade

- Tempo de operação e não operação do equipamento.

$$t_{op} = (t_d \times D\%) 100$$

D% = disponibilidade percentual, referente ao tempo de funcionamento real do setor, dado por:

CC= 50%, Imagem = 40%, UTI = 30%, UTI NEO = 80%

- Somatório das falhas no período analisado.
- Tempo Médio entre Falhas (MTBF):

$$TMBF: [((Q \times 24 \text{ horas} \times n^\circ \text{ de dias do período}) - t_i) / (\sum \text{falhas})] / Q$$

Onde:

Q = Quantidade de EEM

- Taxa de falha ( $\lambda$ ):

$$\lambda = \sum \text{falhas} / t_{op}$$

- Confiabilidade (*Reliability*):

$$R = e^{-\lambda \cdot t}$$

onde  $t = 1$ , pois considera-se que a análise é realizada em um (1) período.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT; 1994. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5462: *Confiabilidade e Manutenibilidade — terminologia.*
- ABNT; 1996. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR IEC 601-1: *Equipamento Eletromédico - Parte1 - Prescrições gerais para segurança.*
- ABRAMAN; 1999. Associação Brasileira de Manutenção. *A Situação da Manutenção no Brasil - Estatística 95-97.* [http:// www.abraman.org.br/estatist.htm](http://www.abraman.org.br/estatist.htm).
- AHA; 1996. American Hospital Association Resource Center, *Maintenance Management for Medical Equipment..* Chicago: Catalog nº 055856.
- ALBORNOZ, L. J. C.; GARCIA, R. O.; 1999. *A Importância da Análise do Ciclo de Vida no Gerenciamento dos Equipamentos médicos-Hospitalares.* XIII Congreso Chileno de Ingenieria Electrica. *Anais.* Santiago, 1999. P. 402 à 406.
- ANTUNEZ, S.; 2000. *Planejamento Estratégico para Substituição e Incorporação de Tecnologias na Área de Saúde.* Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 1996. *Equipamentos Eletromédicos - Parte I - Prescrições gerais para segurança,* NBR IEC 601-1. Rio de Janeiro.

- BARBOSA, A. T. R.; 1999. *Estudo de Custos para Implementar Centros de Engenharia Clínica em Unidades Hospitalares*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BAUMGARTNER, R. R.; 1998. *Avaliação da Aplicabilidade do Custeio (ABC) - Activity Based Costing - na Acurácia de Custos da Área Hospitalar, especificamente na UTI*. São Paulo. Dissertação de Mestrado. PUC - São Paulo.
- BESKOW, W. B.; 1997. *Estudo Preliminar do Processo de Qualificação de Equipamentos Eletromédicos: uma Abordagem em Engenharia Clínica*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BESKOW, W. B.; 1999. *Sistema de Informação para o Gerenciamento de Tecnologia Médico-Hospitalar: Metodologia de Desenvolvimento e Implementação de Protótipo*. Florianópolis. Tese (Exame de qualificação de Doutorado em Engenharia Elétrica)- Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BRASIL; 1993. *Lei 8.666 de 21 de Junho de 1993: Normas para licitações e contratos da Administração Pública*. Brasília - DF.
- BRONZINO, J.D.; 1992. *Management of Medical Technology: A primer for Clinical Engineers*. Stonehan, MA: Butterworth-Heinemann, 451p.

- CALIL, S. J.; TEIXEIRA, M. S.; 1998. *Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares*. Faculdade de Saúde Pública da USP. Série Saúde & Cidadania. São Paulo: Fundação Peirópolis.
- DE ROCCO, E.; 1998. *Definição de procedimentos para levantamento de produtividade e eficiência em serviços de manutenção de EEM*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- DOBES, M. I.; 1997. *Estudo de Instalações Elétricas Hospitalares para Segurança e Funcionalidade de Equipamentos Eletromédicos*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- FUNDAÇÃO VANZOLINI; 1998. *Gestão de Operações — A Engenharia de Produção a Serviço da Modernização da Empresa*. São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP e da Fundação Vanzolini.
- GALEANO, J. C. V.; 1999. *Procedimentos de Aquisição de Equipamentos Médico-Assistenciais: uma Ferramenta Computadorizada de Apoio*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- GULLIKSON, M. L.; 1995. *Risk factors, safety, and management of medical equipment*. In: Bronzino, J. D. - *The Biomedical Engineering Handbook*. USA: CRC Press, Inc. p.2524.

HENZ, L.; 1997. *Metodologias para Caracterização do Envelhecimento de Equipamentos*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

IBRACON; 1995. Instituto Brasileiro de Contabilidade. *Custo como ferramenta gerencial*. São Paulo. Conselho Regional de Contabilidade do Estado de São Paulo.

KARMAN, J.; 1994. *Manutenção Hospitalar Preditiva*. 1ª ed. São Paulo: Pini Ltda.

KATZ, Z.; 1998. *Estudo de Metodologias Econômicas e Multiparamétricas Aplicadas à Decisão de Substituição de Equipamentos Médicos*. Campinas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). UNICAMP.

KOTLER, P.; 1980. *Marketing*, edição compacta. São Paulo: Atlas.

LUCATELLI, M. V.; 1998. *Estudo de Procedimentos de Manutenção Preventiva de Equipamentos Eletromédicos*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

MARQUES, M. B.; 1991. *Ciência, Tecnologia, Saúde e Desenvolvimento Sustentado*. Rio de Janeiro. Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ.

MARTINELLI, J. G.; 1990. *Manutenção de Equipamentos Médico-Hospitalares*. In: *Tecnologia em Saúde — Coletânea de Textos*. Brasília. Ministério da Saúde - SESUS/SG.



- MEZZOMO, J.C.; 1995. *Gestão da Qualidade: Princípios Básicos*. Guarulhos. Universidade de Guarulhos.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE; 1992. *Diretrizes Políticas em Metrologia, Normalização e Qualidade de Produtos Médico-Hospitalares — Classificação de Produtos Médico-Hospitalares*. Brasília.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE; 1994. *Equipamentos para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: Planejamento e Dimensionamento*. Secretaria Nacional de Assistência à Saúde. 2ª edição. Brasília.
- MIRSHAWKA, V.; 1989. *Qualidade, Confiabilidade e Manutenibilidade*. Revista Electron. Edição de Junho/89 - página 36.
- MOREIRA, A. L.; 1994. *Princípios de Engenharia de Avaliações*. 3ª edição. São Paulo: Pini Ltda.
- NIGEL, S; et al.;1996. *Administração de Produção*. São Paulo: Atlas.
- PANERAI, R. B.; MOHR, J. P.;1990. *Evaluacion de Tecnologias en Salud — Metodologias para Países en Desarrollo*. Washington. Organizacion Panamericana de La Salud. Organizacion Mundial de La Salud.
- RAMIREZ, E. F.; CALIL, S. J.; 1996. *Classificação de Critérios de Priorização de Equipamentos Médico-Hospitalares em Manutenções Preventivas*. In: Fórum Nacional de Ciência e Tecnologia em Saúde. Campos do Jordão - São Paulo.

ROBLES Jr., A.; 1996. *Custos da Qualidade: Uma Estratégia para a Competição Global*. São Paulo: Atlas.

SAKURAI, M.; 1997. *Gerenciamento Integrado de Custos*. São Paulo: Atlas.

SANTOS, M. S. R. S.; 1998. *Projeto de Oficina para Manutenção de Equipamentos Biomédicos*. João Pessoa. Curso de Especialização em Engenharia Clínica. Centro de Ciências da Saúde - Núcleo de Estudos e Tecnologia em Engenharia Biomédica. Universidade Federal da Paraíba.

TABLADILLO, M. Z.; 1996. *Quality Management Climate Assessment in Heathcare*. PhD. Thesis. \_\_\_\_\_: USA. 366p.

TAVARES, L. A.; 1996. *Excelência na Manutenção: Estratégias para Otimização e Gerenciamento*. 2ª edição. Salvador: Casa de Qualidade.

TORRES, N.; 1995. *Competitividade Empresarial com a Tecnologia de Informação*. São Paulo: Makron Books.

VENEZIANO, W. H.; 1996. *Estudo para Dimensionamento de Centros Regionais de Engenharia Clínica em Santa Catarina*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina.