UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Trabalho de Conclusão de Curso

A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA CLÍNICA NO SERVIÇO DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS: ESTUDO EM DUAS UNIDADES HOSPITALARES

Louize Nogueira Aires da Costa

Natal/RN
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA CLÍNICA NO SERVIÇO DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS: ESTUDO EM DUAS UNIDADES HOSPITALARES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Graduado em Engenharia Biomédica.

Graduanda: Louize Nogueira Aires.

Orientador: Prof. Eng. Antônio Moliterno de Oliveira Neto.

Natal/RN

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA CLÍNICA NO SERVIÇO DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS: ESTUDO EM DUAS UNIDADES HOSPITALARES

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso:

Prof. Antônio Moliterno de oliveira Neto _____
UFRN - Orientador

Prof. Dra. Beatriz Stransky Ferreira _____
UFRN – Avaliador Interno

Prof. Dra. Caroline Dantas Vilar Wanderley _____
UFRN – Avaliador Interno

Natal/RN

2016

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais, Luiz e Célia, ao meu irmão Yves, ao meu namorado Lijoilson e aos meus amigos Rayonara e Leandro que me deram apoio e estímulo ao longo do curso de Ciência e Tecnologia e Engenharia Biomédica.

A minha tia Tânia Aires pela ajuda na construção dos textos e aos meus amigos que me ajudaram na formatação do conteúdo.

Ao professor e orientador Antônio Moliterno por sua dedicação, confiança e incentivo para meu crescimento na área da Engenharia Biomédica e em especial para a concretização desse trabalho.

Não poderia deixar de agradecer também aos meus professores da abençoada Universidade Federal do Rio Grande do Norte que contribuíram para a minha formação intelectual e profissional.

E por fim, aos professores Beatriz Stransky e Caroline Vilar que aceitaram fazer parte da banca de avaliação desse trabalho de conclusão de curso.

SUMÁRIO

SUMÁRIO 5

LISTA DE FIGURAS 7

LISTA DE EQUAÇÕES 8

LISTA DE TABELAS 9

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS 10

RESUMO 11

ABSTRACT 12

1. INTRODUÇÃO 12

2. OBJETIVOS 14

2.1. GERAL 14

2.2. ESPECÍFICOS 14

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15

3.1. ENGENHARIA CLÍNICA 15

3.1.1. HISTÓRICO 15

3.1.2. HISTÓRICO NO BRASIL 17

3.2. SERVIÇO DE MANUTENÇÃO 19

3.3. A ENGENHARIA CLÍNICA E SUAS ATIVIDADES 21

3.3.1. GERENCIAMENTO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO 23

3.3.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA, MANUTENÇÃO CORRETIVA E CALIBRAÇÃO DOS EMH 24

3.4. INDICADORES DA ENGENHARIA CLÍNICA 25

3.5. RESULTADOS DE ESTUDOS EM EAS APÓS INCLUSÃO DA EC 26

3.6. ANÁLISES DE INDICADORES EM EAS APÓS INCLUSÃO DA EC 27

4. METODOLOGIA 30

4.1. *LOCUS* DA PESQUISA..... 31

4.2. INSTRUMENTOS DA PESQUISA 32

4.3. INDICADORES SELECIONADOS..... 32

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 34

5.1. DADOS RECOLHIDOS NO HOSPITAL X 34

5.2. DADOS RECOLHIDOS NO HOSPITAL Y 40

6. CONCLUSÕES..... 51

7. REFERÊNCIAS..... 52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da Manutenção. Adaptado de Moubray (1997).....20
Figura 2 - Diagrama que ilustra a interações do engenheiro clínico com outros ramos. Adaptado de (DAVID et al, 2003).....22
Figura 3 - Modelo de Ordem de Serviço utilizado por uma empresa de Engenharia Clínica.....23
Figura 4 - Serviço de manutenção corretiva realizada no Hospital X ao longo de 2015 35
Figura 5 - Serviço de manutenção preventiva realizada no Hospital X ao longo de 2015.....36
Figura 6 - Serviço de manutenção corretiva realizada no Hospital Y ao longo de 2015.....41
Figura 7 - Serviço de manutenção preventiva realizada no Hospital Y ao longo de 2015.....42

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo para obtenção do custo de um equipamento parado (FERREIRA, 2001).....33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de equipamentos selecionados e classificados segundo CARDOSO (1999).....30
Tabela 2 - Quantidade de cada equipamento selecionado no Hospital X.....35
Tabela 3 - Número de OS referentes aos serviços de manutenção do Hospital X 35
Tabela 4 - Indicador de Custo nos equipamentos do Hospital X ao longo de 2015.....37
Tabela 5 - Indicador de Qualidade nos equipamentos do Hospital X ao longo do ano de 2015.....38
Tabela 6 - Indicador de Qualidade nos equipamentos do Hospital X ao longo do ano de 2015.....39
Tabela 7 -Indicador de TMR nos equipamentos do Hospital X ao longo de 2015..... 40
Tabela 8 - Número de OS referentes aos serviços de manutenção do Hospital Y.....41
Tabela 9 - Número de OS referentes aos serviços de manutenção do Hospital Y.....41
Tabela 10 - Indicador de Custo nos equipamentos do Hospital Y ao longo de 2015.....43
Tabela 11 - Indicador de Qualidade nos equipamentos do Hospital Y ao longo de 2015.....44
Tabela 12 - Indicador de Qualidade nos equipamentos do Hospital Y ao longo de 2015.....45
Tabela 13 - Indicador de TMR nos equipamentos do Hospital Y ao longo de 2015.....46
Tabela 14 - Demonstrativo do indicador Custo de um equipamento parado para o equipamento Mamógrafo do Hospital X.....47
Tabela 15 - Demonstrativo do indicador Custo de um equipamento parado para o equipamento Raios-X móvel do Hospital Y.....48

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira Normas Técnicas

ACCE - American College of Clinical Engineers

EAS - Estabelecimento Assistencial de Saúde

EB - Engenharia Biomédica

EC - Engenharia Clínica

EMH - Equipamento Médico Hospitalar

FDA - Food and Drug Administration

HC- UFU - Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia

ICC- Internacional Certification Comission

ICE - International Eletrotechnical Commission

MC - Manutenção Corretiva

MD - Média Diária de Exame

MEC - Ministério da Educação

MP - Manutenção Preventiva

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

RGE - Receita Gerada por Equipamento

SUS - Sistema Único de Saúde

TMR - Tempo Médio de Reparo

VIM - Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia

VPS - Valor Pago pelo SUS

AIRES, Louize Nogueira. **A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA CLÍNICA NO SERVIÇO DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS:** ESTUDO EM DUAS UNIDADES HOSPITALARES. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 57 p., 2016.

RESUMO

A Engenharia Clínica (EC) é um setor que surgiu nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) em resposta à preocupação com a segurança do paciente e da rápida proliferação das tecnologias médicas. É um departamento formado por profissionais multidisciplinares que aliam os conhecimentos de engenharia, instrumentação e gestão de tecnologias em saúde. O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo descrever e analisar a importância do serviço manutenção dos Equipamentos Médicos Hospitalares (EMH) nos EAS pelo setor da EC. Para tanto, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica para avaliar cinco indicadores de manutenção dos EAS após implantação do setor da EC e realizado um estudo de caso em dois hospitais privados da cidade do Natal, para analisar os indicadores de custo, qualidade e tempo referentes aos serviços de manutenção realizados pelo departamento da EC. Na pesquisa realizada nos hospitais foram analisados os dados no decorrer do ano de 2015, registrados no *software* de gestão utilizado pelas referidas unidades. Os resultados dos cinco indicadores de manutenção referentes ao custo, qualidade e tempo são apresentados por meio de dados numéricos expostos em tabelas e gráficos, discutidos como forma de avaliar a presença do setor de EC para o serviço de manutenção dos EMH nos estabelecimentos de saúde. A análise dos dados permite concluir que, entre outros, a inserção da EC nos hospitais estudados reduziu o tempo de indisponibilidade do equipamento, reduziu os custos com manutenção e melhora na qualidade do serviço oferecido aos pacientes.

Palavras-chave: Engenharia Clínica. Serviço de manutenção em equipamentos médicos hospitalares. Manutenção Corretiva. Manutenção Preventiva. Indicadores.

AIRES, Louize Nogueira. **THE IMPORTANCE OF CLINICAL ENGINEERING IN SERVICE MAINTENCE OF MEDICAL EQUIPMENT:** A STUDY IN TWO HOSPITALAR UNITS. Conclusion Work Project, Biomedical Enginnering Bachelor Degree, Federal University of Rio Grande do Norte, 57p., 2016.

ABSTRACT

The Clinical Engineering (CE) is a department that has emerged in hospital as response to concerns about patient safety and the rapid proliferation of medical technologies. It is a sector formed by multidisciplinary professionals that combine engineering expertise, instrumentation and health technology management. This course conclusion work aims to describe and analyze the importance of service maintenance of equipment medical in the health centers by the EC industry. Therefore, a literature search to evaluate five indicators of maintenance of EAS after implementation of the EC sector and conducted a case study in two private hospitals in the city of Natal was developed to analyze cost indicators, quality and time related to services maintenance carried out by the EC department. The research conducted in hospitals was analyzed data during the year 2015, registered in the management software used by these units. The results of the five maintenance indicators related to cost, quality and time are presented through numerical data presented in tables and graphs, discussed as a way to assess the presence of the EC industry for the maintenance service of the EMH in health facilities. The data analysis shows that, among others, the inclusion of EC in the hospitals studied reduced the downtime of the equipment reduced maintenance costs and improved quality of service offered to patients.

Keywords: Clinical Engineering. Maintenance service in hospital medical equipment. Corrective maintenance. Preventive maintenance. Indicators.

1. INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento da tecnologia tem gerado novas técnicas e produtos com o objetivo de melhorar a qualidade de vida do ser humano. O hospital, por ser um ambiente que agrega inovações, beneficia-se consideravelmente desse processo evolutivo, elaborando meios cada vez menos invasivos e mais seguros na busca pela saúde humana (ANTUNES *et al*., 2002).

Entretanto, as inovações tecnológicas que vão surgindo no interior dos hospitais não estão sendo seguidas por suas respectivas metodologias de controle (HAWKINS, 1992; SOUZA, 2012). Por esse motivo, o ambiente hospitalar tem sofrido com a falta de um setor disponível para treinar os funcionários no manuseio dos novos equipamentos, para prestar serviços de manutenção, para realizar serviços de emergência nos equipamentos em setores críticos e para proporcionar soluções aos problemas inerentes ao processo de aquisição, instalação e descarte dos equipamentos.

Nos últimos cem anos, a dependência dos hospitais para a realização de serviços vem crescendo continuamente e torna-se indispensável à presença de um profissional especializado para assessorar, do ponto de vista técnico, o corpo clínico para cuidar desses equipamentos, no planejamento das aquisições, na capacitação dos operadores para manuseio das novas tecnologias e para a continuidade e a confiabilidade da manutenção (RAMIREZ, 2002).

Em decorrência dessa necessidade, surgiu a Engenharia Clínica (EC) como subárea da Engenharia Biomédica (EB). Sendo assim, o profissional em EC assume a responsabilidade pela aquisição, avaliação, manutenção e desativação do parque tecnológico, sempre se preocupando com os custos e priorizando a saúde das pessoas nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) (DAVID *et al.*, 2003).

Segundo SIMMON (1988), importância dos EAS possuir um departamento de EC para assessorar o gerenciamento da manutenção dos EMH são, entre outros:

- Garantia de uso eficiente e seguro dos EMH em benefício dos pacientes e profissionais operadores;
- Diminuição dos custos financeiros na manutenção dos EMH.

Esse trabalho de conclusão de curso tem o propósito de mostrar a importância do setor da EC para os serviços de manutenção dos EMH. Para tanto, realiza uma pesquisa em dois hospitais privados da cidade do Natal para analisar os dados das atividades de

manutenção e dos indicadores de custo, qualidade e tempo referentes aos serviços executados pelas ECs.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Esclarecer a importância da EC, sobre o ponto de vista da manutenção, na gestão dos EMH nos EAS.

2.2. ESPECÍFICOS

- Coletar e analisar registros da EC sobre Manutenções Corretivas (MC), Manutenções Preventivas (MP) e de indicadores de tempo, de qualidade e de custo em dois hospitais privados da cidade do natal ao longo do ano de 2015;
- Justificar a importância da manutenção pelo setor da EC baseada nos resultados apresentados no presente estudo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção serão discutidos tópicos relevantes para um melhor entendimento desse trabalho de conclusão de curso. Primeiro abordará o contexto histórico do surgimento da engenharia clínica no mundo e no Brasil. Posteriormente, serão abordadas as tarefas de responsabilidade do setor e por fim, os resultados de estudos realizados em outros estabelecimentos de saúde, referente aos serviços de manutenção realizados pelo setor de EC.

3.1. ENGENHARIA CLÍNICA

3.1.1. HISTÓRICO

O acontecimento que deu início a EC ocorreu no dia 10 de janeiro de 1942 na cidade St. Louis, com a criação de um curso de doze semanas de manutenção de equipamentos médicos, oferecido pelas forças armadas dos Estados Unidos (GORDON, 1990). Nas décadas seguintes, mais precisamente entre as décadas de 60 e 70, os custos com a saúde começaram a aumentar devido o surgimento de equipamentos cada vez mais sofisticados. Segundo Jurgen (1977), no período de 1965 a 1974, avaliou-se que nos Estados Unidos 50% dos gastos com a saúde estavam direta ou indiretamente relacionados com a tecnologia médica. Nesse período havia pouca informação sobre a legislação dos equipamentos e faltava instrução para uso e conserto deles, por esse motivo a engenharia de manutenção passou a ser uma alternativa para a redução de despesas com tecnologia nos hospitais.

Outro acontecimento importante que ocorreu entre o final da década de 60 e início da década de 70 foi a notícia, não comprovada, divulgada pelo cirurgião Cari W. Walter, da Harvard Medical School, de que nos Estados Unidos estava morrendo cerca de três pessoas por dia devido a choques elétricos relacionados a equipamentos médicos (Friedlander, 1971; Dalziel, 1972 apud RAMÍREZ 2000). Apesar dos dados divulgados não terem sido comprovados, começou a ser dada uma atenção especial em relação ao fator de segurança dos equipamentos médicos, em especial a segurança elétrica (RAMÍREZ, 2000).

Na época, o governo dos EUA não havia criado leis para certificação dos equipamentos médicos nem autorizado entidades para a fiscalização desses equipamentos antes de serem lançados no mercado. Então criou um empecilho, pois a

regulamentação iria diminuir a possibilidade de produtos inseguros entrarem no mercado, mas ao mesmo tempo impediria que esses novos produtos pudessem salvar vidas. O *Food and Drug Administration* (FDA) se encarregou de trazer uma solução para este impasse, elaborando normas, registros, realizando inspeções e sugerindo melhores práticas de fabricação (RAMÍREZ, 2000).

A solução exposta pelo FDA foi de classificar os equipamentos médicos tal como medicamentos, porém essa medida mostrou-se ineficaz, pois o processo de certificação exigia muito tempo e dinheiro dos fabricantes, tornando inviáveis as pesquisas e a comercialização dos produtos. Era necessário que houvesse mudanças na legislação do FDA para que se estabelecessem protocolos de certificações mais realistas com aprovação do governo. Por isso, em 28 de maio de 1976, foi aprovada, pelo presidente Gerald Ford, a legislação (*Public Law* 94-295) sobre equipamentos médicos, concedendo a licença que os 2000 diferentes fabricantes nos Estados Unidos estabelecessem a segurança e a eficácia de seus produtos, sujeitando-os a aprovação do FDA antes de serem lançados no mercado (JURGEN, 1977). Dessa forma, os engenheiros foram aos poucos ocupando espaços em instituições ligadas à saúde onde os conhecimentos em engenharia pudessem ser postos em prática para assegurar a execução efetiva e segura das novas tecnologias no âmbito da saúde (RAMÍREZ, 2000).

Ainda na década de 70, Thomas Hargest, o primeiro engenheiro clínico certificado da história, e César Cáceres criaram o termo engenheiro clínico, para caracterizar o engenheiro responsável pelo gerenciamento de equipamentos médicos em um hospital, através de manutenção corretiva, capacitação de profissionais e usuários, verificação da segurança e execução, e especificações técnicas para aquisição (GORDON, 1990). Desse modo, começou a se estabelecer mundialmente a profissão de engenheiro clínico (RAMÍREZ, 2000).

Logo mais tarde, na década de 80, houve crise de identidade dos engenheiros clínicos diante dos administradores, enfermeiras e médicos, pois esses profissionais não respeitavam, não cooperavam e não aceitavam o serviço da EC, por falta de conhecimento técnico sobre os equipamentos (GOODMAN, 1989). Os conflitos mais comuns que eram gerados entre esses profissionais e o engenheiro clínico se referiam à delimitação do espaço e falta de entendimento na atribuição dos serviços. Naquela época, não havia um consenso para designar as tarefas do engenheiro clínico, o que se tinha era uma definição muito aberta do profissional: aplicação dos princípios de engenharia no gerenciamento da saúde. Isso gerava conflitos para proporcionar uma

associação de classes com os profissionais que tivessem o mesmo objetivo (RAMÍREZ, 2000).

Além disso, o processo de certificação elaborado pela *Internacional Certification Comission* (ICC) não condizia com a realidade das leis de mercado, pois dava ênfase à parte técnica e deixava de lado a parte gerencial (GORDON, 1990). Esse problema de identidade do engenheiro clínico, comum em qualquer nova profissão, persistiu até a criação de uma sociedade profissional de EC (ARTHUR *et al.*, 1981), o que serviu para orientar os consumidores (administradores, enfermeiras e médicos) sobre as atribuições dos engenheiros clínicos; direcionar os novos engenheiros clínicos na elaboração dos currículos básicos de engenharia clínica; promover o envolvimento desses engenheiros nas áreas que disponibiliza alta tecnologia e participar dos processos de tomada de decisão nas instituições de saúde (RAMÍREZ, 2000).

Ainda na década de 80, começou a se pensar no engenheiro clínico como um profissional que, além de se responsabilizar pelos equipamentos hospitalares, poderia ter participação ativa nas áreas de transferência de tecnologia e gerenciamento tecnológico (GOODMAN, 1991). Mais tarde, na década de 90, mais especificamente em 1991, o *American College of Clinical Engineers* (ACCE) criou outra definição para servir como opção mais realista para esses profissionais. A definição enfatizava a parte de gerenciamento e avaliação de tecnologias (BAULD, 1991).

Por isso, a inserção do engenheiro clínico nos hospitais possibilitou mais confiança ao mercado de equipamentos biomédicos, pois ao fornecer um estudo técnico na avaliação e utilização dos equipamentos, as equipes de engenheiros podem fazer uma seleção dos equipamentos que apresentam melhor qualidade de marcas e modelos no mercado (RAMÍREZ, 2000).

3.1.2. HISTÓRICO NO BRASIL

A saúde no Brasil é constituída pelo modelo organizacional chamado Sistema Único de Saúde (SUS). É um dos maiores sistemas públicos de saúde do mundo, porém no que diz respeito à administração de equipamentos médicos esta não é implementada de maneira desejada, pois faltam políticas, em particular, no tocante às novas tecnologias (CALIL *et al*., 1998).

Entre as décadas de 80 e 90, as autoridades brasileiras começaram a compreender e investigar esses problemas e começaram a participar de reuniões internacionais,

expandindo os debates sobre administração e planejamento de equipamentos médicos. Dessa forma, compreenderam que a falta de mão-de-obra especializada era um grave problema e que deveria ser tomada alguma medida para corrigi-lo (TERRA *et al*., 2014).

Em 1989, foi estimado pelo Ministério de Previdência do Bem Estar que 20 a 40% dos equipamentos médicos no Brasil estavam desativados por falta de manutenção corretiva ou instalação (WANG *et al*., 1991), o que representava um desperdício de mais de um bilhão de dólares. Além disso, a manutenção quando era realizada ficava sob a responsabilidade de fabricantes ou de seus representantes que nem sempre eram bem intencionados, ocasionando prejuízos. Alguns hospitais ao tentar estabelecer seus grupos internos de manutenção de equipamentos, sofriam com a falta de documentação sobre a segurança, de treinamento de profissionais para exercer a função e de cooperação dos fabricantes ou de representantes dos equipamentos que dificultava a aquisição de peças ou de documentação técnica. Por esses motivos, ficou clara a necessidade de se implantar grupos de engenharia clínica por todo o Brasil (RAMÍREZ, 2000).

Em 1987, no Estado de São Paulo, com a unificação dos serviços públicos, houve a possibilidade de introduzir uma política que integrava pesquisa, desenvolvimento e regulamentação em todas as fases do ciclo de vida dos equipamentos. A introdução dessa nova política foi feita por uma equipe multidisciplinar que criou uma rede de manutenção e gerenciamento tecnológico (WANG, 1990).

Durante os anos 90, o Governo Federal estimulou a criação de centros de treinamento em engenharia clínica; cursos de Mestrados e Doutorados em Engenharia Biomédica foram consolidados. Além disso, quatro livros foram publicados sobre Engenharia Clínica e várias reuniões com debates sobre o tema foram organizadas. De 1991 a 2000, os esforços dos anos anteriores começaram a mostrar resultados. Em 1991, a faculdade de Tecnologia da Saúde foi fundada no Brasil com o objetivo de formar profissionais "Tecnólogos da Saúde" em um período de três anos. No mesmo ano, seis engenheiros brasileiros participaram da primeira oficina avançada em engenharia clínica em Washington (BRITO, 2004).

Entre 1993 e 1995, o Ministério da Saúde financiou cursos anuais de Especialização em Engenharia Clínica, com carga horária de 1.935 horas, sendo 620 de teoria e 1.315 de prática. Esses cursos eram destinados a engenheiros eletricistas que quisessem trabalhar em hospitais e foram implantados nas seguintes universidades:

Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS). Junto com isso foi instituído uma central de referência técnica no Centro de Engenharia Biomédica, da UNICAMP. Existente desde 1983, essa central teve como intuito aquisição da documentação técnica e legislação, normas e regulamentação dos fabricantes de equipamentos médicos, nacionais ou estrangeiros, e das associações civis governamentais e não governamentais dos Estados Unidos e de outros países, para fornecer este material para instituições de saúde do Brasil que necessitassem dessas informações (RAMÍREZ, 2000).

Em 1994, a ACCE, um dos órgãos norte americanos de certificação, passou a permitir a certificação de engenheiros clínicos brasileiros para atuarem no próprio país, gerando uma indicação de qualidade para ser seguida por esses engenheiros. Ainda nesse ano, depois de muitas discussões e votações, foi aprovada a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) *International Eletrotechnical Commission* (IEC) 601-1 (ABNT, 1994) que disponibiliza de prescrições gerais para a segurança dos equipamentos eletro-médicos. O Governo Federal ao longo dos anos de 1993 a 1996 publicou uma série de documentos para que os fabricantes e revendedores de equipamentos eletro-médicos fizessem a certificação dos seus produtos, utilizando os critérios de segurança conforme a NBR IEC 601.1 e complementares, em laboratórios credenciados pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), para fins de obtenção de registro junto à Vigilância Sanitária (RAMÍREZ, 2000).

Vale destacar que o papel dos engenheiros clínicos na saúde brasileira mudou consideravelmente ao longo das duas últimas décadas. Nos dias de hoje, os engenheiros clínicos estão trabalhando juntamente com médicos, enfermeiros e administradores, o que evidencia mudanças significativas para a gestão de tecnologia da saúde do país, mas ainda existe um longo trabalho a ser realizado nos hospitais brasileiros (BRITO, 2004).

3.2. SERVIÇO DE MANUTENÇÃO

O serviço de manutenção existe desde os primórdios da civilização, podendo ser identificada na ação de afiar um instrumento de caça ou na ação de mudar a corda de um arco. Em relação às máquinas e equipamentos, pode-se afirmar que a manutenção acompanha seu progresso, desde as primeiras máquinas a vapor até os dias de hoje

(WYREBSKI, 1997). A manutenção é uma importante ferramenta para garantir a segurança do profissional e a qualidade do resultado entregue ao cliente, além de ser uma forma de reduzir custos (SWANSON, 2001). Abaixo (Figura 1) é apresentada a evolução dos processos de manutenção, em três gerações, descrito por Moubray (2000) a partir do ano de 1930.

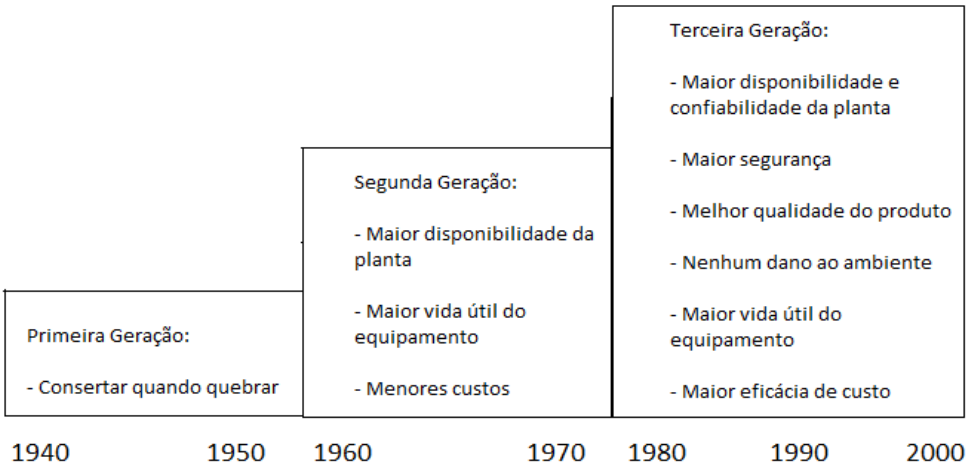

Figura 1 - Evolução da Manutenção. Adaptado de Moubray (1997).

A chamada primeira geração é caracterizada por uma manutenção corretiva (MC), relacionada com o baixo índice de mecanização da época. É uma manutenção realizada quando a falha já ocorreu, ou seja, ela serve para corrigir falhas decorrentes ao degaste ou deterioração de equipamentos ou máquinas. A segunda geração surgiu com o advento da II Guerra Mundial. Nesse período, as indústrias apresentam um parque tecnológico maior e mais complexo e uma redução da mão de obra disponível. A tolerância pelo tempo para reparo dos equipamentos era baixa, pois isto poderia provocar um prejuízo por cada hora de máquina parada. Este cenário foi caracterizado pela necessidade da prevenção por falhas, surgindo assim à manutenção preventiva (MP) (PINTO *et al.*, 1998). A terceira geração, segundo Moubray (2000), iniciou nos anos 70. Com o objetivo de predizer as falhas, as novas técnicas de manutenção eram suportadas por computadores de grande porte. Sistemas de planejamento e controle surgiram nesse período objetivando um melhor controle das ações de manutenção que usam técnicas que possam monitorar os equipamentos, seja da forma sensitiva ou através de instrumentos de medição (NUNES, 2001).

Como discutido, o surgimento do setor de EC nos hospitais do mundo deu-se pela necessidade de um profissional para realizar manutenções nos equipamentos médicos. Hoje, com a incorporação de novos maquinários médicos nos hospitais, os profissionais ficaram cada vez mais dependentes dos equipamentos para gerar diagnósticos e fornecer resultados. O ambiente hospitalar hospeda desde tecnologias muito simples até os complexos e sofisticados métodos computadorizados de diagnóstico e tratamento para a recuperação da saúde do paciente. Este grande volume de máquinas geradas para a área da saúde e voltadas principalmente para o diagnóstico e tratamento das doenças exige uma permanente preocupação dos responsáveis pelos serviços de manutenção desses equipamentos (GONÇALVES, 1998). Para tanto, a manutenção deve ser vista dentro dos hospitais com uma atividade importante da gestão hospitalar e não como um serviço secundário, cuja participação do engenheiro clínico pode ajudar a otimizar a utilização dos recursos e minimizar os custos de operação (DAVID, 1985).

3.3. A ENGENHARIA CLÍNICA E SUAS ATIVIDADES

Conforme discutido na Introdução, a EC surgiu como uma subárea do curso de EB. No contexto da EC surgem diversos profissionais, técnicos, engenheiros clínicos, médicos, gestores, entre outros. Contudo, o profissional destacado nesse trabalho será o engenheiro clínico. Qualquer profissional com curso de engenharia ou nível superior pode se tornar um profissional em engenharia clínica, desde que faça um curso de especialização na área, para atuar dentro de um estabelecimento de saúde, sendo esse hospital ou clínica (DAVID, 2003).

Para Bronzino (2003) o engenheiro clínico:

> É aquele engenheiro que tem graduação em um programa acadêmico credenciado em engenharia ou quem está licenciado como engenheiro profissional comprometido na aplicação do conhecimento científico e tecnológico desenvolvido através do ensino de engenharia e subsequente experiência profissional dentro do ambiente de cuidados a saúde em apoio às atividades clínicas.

O engenheiro clínico também pode ser entendido conforme definição do ACCE: “O engenheiro clínico é aquele profissional que aplica e desenvolve os conhecimentos

de engenharia e práticas gerenciais às tecnologias de saúde, para proporcionar uma melhoria nos cuidados dispensados ao paciente" (ANTUNES *et al*., 2002).

Como relatado, o serviço do profissional em EC, em seus primórdios, estava relacionado ao sistema de inspeção periódica de rotina e manutenção de equipamentos médicos. Ao longo de duas décadas, o perfil desse profissional sofreu algumas mudanças, passou de um funcionário que fazia somente manutenções nos dispositivos e tornou-se um funcionário interdisciplinar, passando a interagir com o ambiente hospitalar, com médicos, representantes, agências reguladoras, enfermeiros, pacientes, entre outros, como ilustra a figura abaixo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

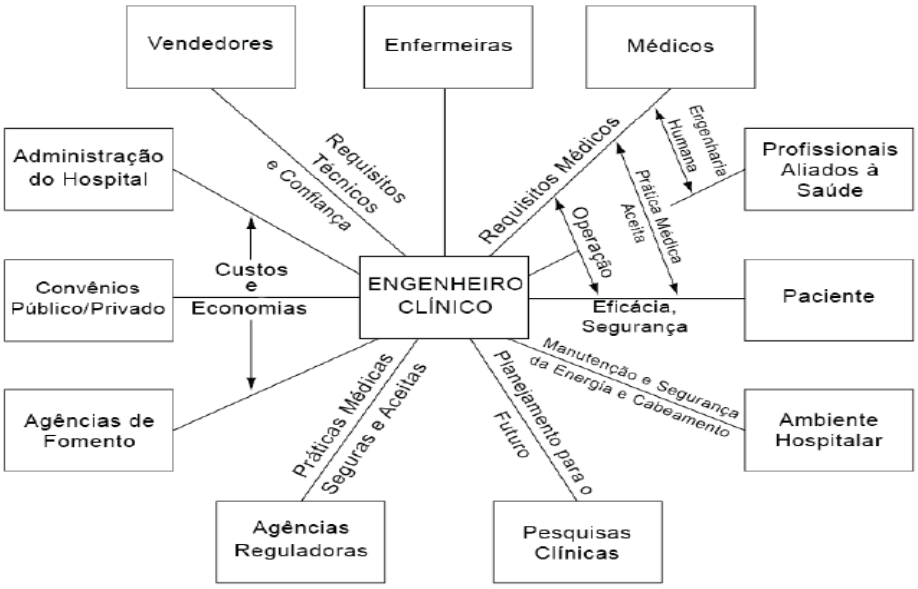

Figura 2 - Diagrama que ilustra a interações do engenheiro clínico com outros ramos. Adaptado de (DAVID *et al.*, 2003)

O serviço do setor de EC engloba o gerenciamento dos equipamentos e os serviços técnicos atrelados a eles. Com isso, o setor tem seu papel na parte de gerenciamento e técnica, respectivamente:

- Realizar inventários, análise de risco, avaliar a relação custo-benefício de tecnologias médicas, rastrear dispositivos, adequar equipamentos ao ambiente proposto para garantir a eficácia do equipamento e a segurança dos operadores e usuários;
- Realizar inspeção periódica de rotina, testes e calibração de equipamentos, manutenções preventivas e corretivas, treinamentos (GRIMES, 2003).

3.3.1. GERENCIAMENTO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

O primeiro ponto a ser lembrado ao iniciar um serviço é registrar os dados essenciais para o gerenciamento dos EMH em uma Ordem de Serviço (OS). Basicamente, uma OS teve conter (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002):

- Identificação do equipamento;
- Dados do serviço clínico solicitado;
- Tipo de serviço solicitado;
- Controle de falhas;
- Controle de trabalho executado incluindo o controle de horas de serviços;
- Controle do material utilizado com o custo de cada material.

Segue abaixo um modelo de OS com os campos para preenchimento das informações básicas:

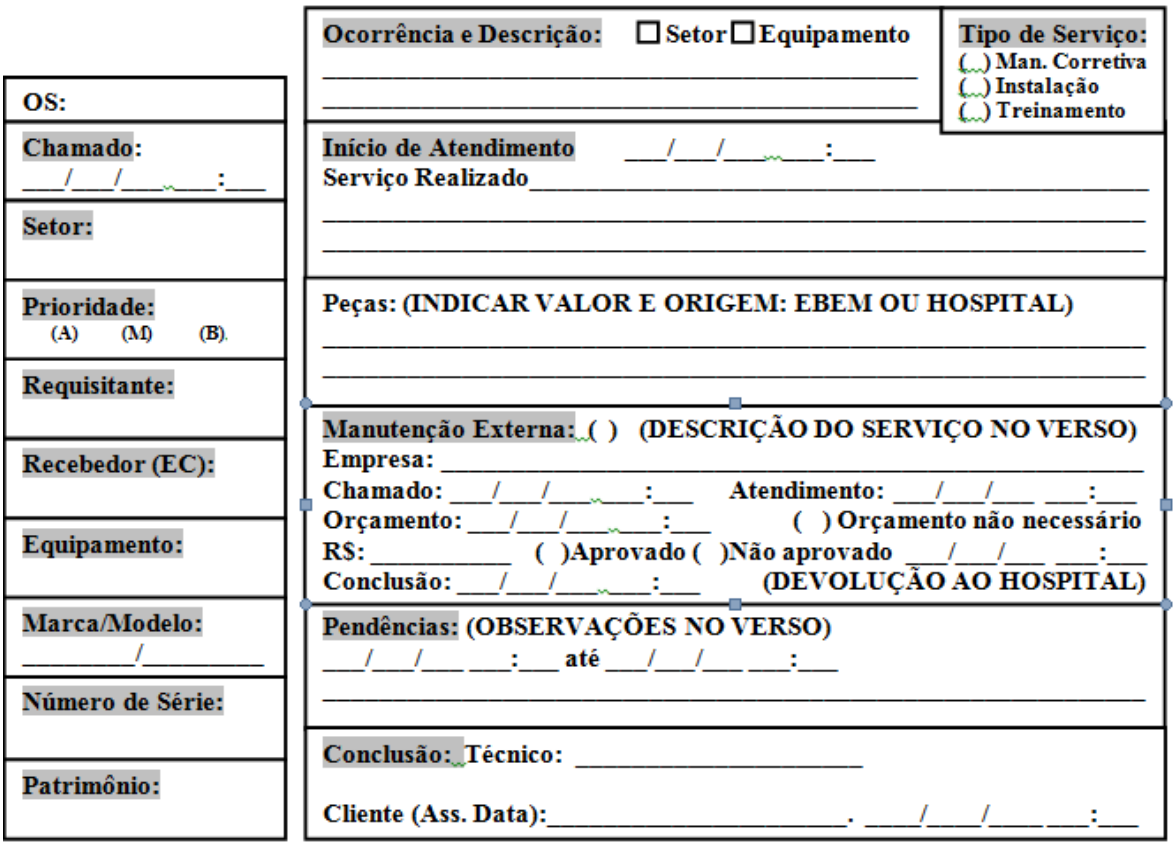

Figura 3 - Modelo de Ordem de Serviço utilizado por uma empresa de Engenharia Clínica

O problema que ocorre no controle dos serviços através do preenchimento das OS, é que nem sempre os técnicos estão conscientizados da necessidade de registrar corretamente os dados. Dessa maneira, é fundamental que o responsável do setor esclareça aos técnicos sobre a importância do preenchimento correto das OS (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

3.3.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA, MANUTENÇÃO CORRETIVA E CALIBRAÇÃO DOS EMH

A manutenção de equipamentos, conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1990, p. 3) é a "combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida".

Segundo Pinto; Xavier (1998, p. 4),

> A manutenção corretiva é a atuação para a correção de falha ou do desempenho menor do que o esperado. Ao atuar em um equipamento que apresenta um defeito ou um desempenho diferente do esperado estamos realizando manutenção corretiva.

Portanto, a manutenção corretiva tem a função de corrigir ou restaurar as condições de funcionamento dos EMH ou sistema.

Inverso ao serviço de MC, a Manutenção Preventiva (MP) consiste em evitar a ocorrência de falhas, ou seja, prevenir. Os programas de MP devem conter itens como a inspeção visual e mecânica, a limpeza e lubrificação, o ajuste, a calibração e devem ser elaborados de modo a garantir que os procedimentos a serem executados sejam completos e realizados do mesmo modo todas as vezes. Os programas de MP são determinados, sobretudo, conforme as experiências do pessoal envolvido na manutenção dos equipamentos e informações fornecidas pelos fabricantes, não havendo pesquisa que confirme se os períodos determinados pela equipe responsável são sempre os melhores (HIRAIWA, 2001).

A MP tem um custo financeiro inferior ao da MC, que é cara e geralmente emergencial e não é necessário realizar a substituição de peças ou deixar o equipamento sem operar por falta de peças de reposição. A MP ajuda a prolongar a vida útil do equipamento, uma vez que, fornece a limpeza, a lubrificação e o reparo prévio de peças

defeituosas, antes que venham apresentar falhas que dificultem o funcionamento adequado dos EMH, comprometendo a segurança e a qualidade dos resultados obtidos no uso dos equipamentos (WEBSTER, 1979 apud FERREIRA, 2001; HIRAIWA, 2001).

De acordo com o Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM) (2007, p. 55) a calibração representa o:

> Conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidas por padrões.

Esse padrão de medição é a referência de uma dada grandeza, com um valor determinado e uma incerteza de medição associado, estabelecendo assim uma rastreabilidade metrológica através da calibração de outros padrões, instrumento de medição ou sistema de medição O resultado de uma calibração permite tanto o estabelecimento dos valores do mensurando para as indicações, quanto permite determinar as correções e ajustes que devem ser realizados (VIM, 2012).

Em termos práticos, a calibração é uma operação que visa assegurar a confiabilidade de um instrumento de medição e seu resultado pode ser registrado em um documento, denominado de certificado de calibração ou relatório de calibração. As normas da ABNT (2004) e ABNT (2005) não definem periodicidade de calibração. Os intervalos de calibração devem ser estabelecidos de forma a assegurar a contínua conformidade com os requisitos metrológicos especificados.

3.4. INDICADORES DA ENGENHARIA CLÍNICA

Quando é implantado um serviço de EC em um EAS, devem-se levar em consideração os resultados, os benefícios tangíveis e intangíveis e a importância deles. Ishikawa (1993) afirma que se não há um item de controle, não há gerenciamento. É vendo dessa forma que a qualidade do serviço da EC implantado nos EAS deve está associado à palavra indicador ou um item de controle (ANTUNES *et al*., 2002). As estruturas de EC precisam justificar o seu desempenho e a sua existência da mesma maneira que qualquer outro tipo de negócio, ou seja, precisam desempenhar funções com o mais alto nível possível de qualidade e de produtividade e baixo custo. Por esse

motivo, os indicadores são de relevância para a gerência do estabelecimento de saúde por relatar a eficiência dos procedimentos relacionados aos equipamentos hospitalares, avaliação de custos, profissionais do setor, gerência, entre outros, possibilitando a EC auxiliar os atores responsáveis pelo processo dos níveis gerenciais da assistência em saúde a aperfeiçoarem a sua atuação no que diz respeito à tecnologia médico hospitalar (DE MORAES, 2007).

Os indicadores podem ser divididos em três grupos: temporais, de qualidade e de custo (CARDOSO, 1999). Entre outros, os indicadores permitem o conhecimento do custo médio de paralisação de um equipamento, do tempo de atendimento, do tempo médio para corrigir a falha de um equipamento, a relação de custo médio de OS externa por custo médio de OS interna, a relação custo de manutenção total por custo de aquisição do equipamento, a relação número de OS externa que necessitam de mão de obra externa por número de OS que necessitaram de mão de obra interna e de reparos repetidos (ANTUNES *et al*., 2002).

3.5. RESULTADOS DE ESTUDOS EM EAS APÓS INCLUSÃO DA EC

Para avaliar a qualidade dos serviços prestados e a redução dos custos gerais devido à implantação do setor da EC em uma instituição de saúde pública brasileira, foi realizado um estudo da gestão em EC no Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HC-UFU). O HC-UFU integra a rede de hospitais universitários do Ministério da Educação (MEC-Brasil), totalmente destinada a atendimento de pacientes pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Para a realização dessa avaliação foi realizado um levantamento de dados do período de 2001 a 2010, referente a recursos humanos, indicadores de serviços, indicadores de qualidade, custos com peças e contratos (DE SOUZA *et al*., 2012).

Para o estudo em questão, os resultados mostram que a implantação do serviço de EC contribuiu significativamente para a redução dos custos hospitalares e influenciou na qualidade e confiabilidade dos atendimentos realizados pela unidade de saúde.

De acordo com os autores, a quantidade de serviços enviados para empresas externas, no intervalo analisado, reduziu significativamente. Em 2001, 29% do total de serviços eram realizados por empresas externas, no ano seguinte após implantação do serviço da EC, esse número caiu para 15% e em 2008, esse número sofreu outra queda,

foi para menos de 5% o total de serviços realizados por empresas externas (DE SOUZA *et al.*, 2012).

A partir de 2004, outro fator que veio contribuir para a melhoria do serviço do atendimento prestado pela instituição, foi à implantação do serviço de manutenções preventivas. Assim, em 2004, cerca de 16% dos serviços executados já eram referentes as manutenções preventivas. No ano seguinte, esse número cresceu para 29,92% e em 2007, já era de 33,67%. Isso mostra que os equipamentos passaram menos tempo indisponível, melhorando, dessa forma, a qualidade do serviço prestado (DE SOUZA *et al.*, 2012).

Para mostrar com clareza e dados concretos a importância de um EAS possuir um setor de EC, assessorando no gerenciamento de tecnologia médico-hospitalar, também foi realizado um trabalho, em seis hospitais públicos da Grande Florianópolis (Hospital Governador Celso Ramos, Hospital Infantil Joana de Gusmão, Hospital Nereu Ramos, Hospital Regional de São José, Instituto de Cardiologia e Maternidade Carmela Dutra), que mostra os resultados obtidos após implementação do serviço de EC. O modo escolhido nesse estudo para justificar quantitativa e qualitativamente a integração da EC aos EAS foi propor indicadores para levantamento de produtividade de trabalho. Cada indicador foi analisado separadamente e o resultado obtido confirma a importância de ter-se uma EC auxiliando o EAS (FERREIRA, 2001).

3.6. ANÁLISES DE INDICADORES EM EAS APÓS INCLUSÃO DA EC

Nessa seção será feita uma análise de resultados apresentados por indicadores de desempenho em EAS. Os indicadores a serem observados podem variar de acordo com o objetivo final da análise de referência desejada. Por isso, nessa seção será feita uma análise de resultado dos mesmos indicadores que serão utilizados para avaliar o desempenho das ECs nos hospitais dessa pesquisa.

O resultado do indicador Custo de um Equipamento Parado demonstra que um EAS deixa de gerar uma receita com a realização de exames com a espera para manutenção corretiva de um determinado EMH, cuja despesa com o reparo retornaria ao EAS em poucos dias de funcionamento do equipamento. Um exemplo interessante discutido por Ferreira (2001) é o caso de um estudo com o aparelho de mamografia em um hospital público. Segundo o autor, observou-se que a receita gerada por exames em um dia útil foi de R$ 140,66. Logo, em vinte dias obteria R$ 2.813,20. O custo para

reparo no mamógrafo foi cotado em R$ 200,00. Como o aparelho ficou indisponível durante vinte dias, o EAS deixou de receber R$ 2.613,20. Além disso, deixou de atender muitos pacientes, reduzindo sua qualidade, eficiência e produtividade (FERREIRA, 2001).

Outro indicador de Custo, relatado no estudo realizado em HC-UFU por DE SOUZA *et al.* (2012), é feita uma avaliação da relação de custo médio de OS externa por custo médio de OS interna no estabelecimento da EC. Nesse estudo, foram confrontados os custos dos serviços com a implantação da EC, com os custos que porventura não tivesse sido implantado os serviços da EC, o que exigiria a terceirização de vários serviços. Para que essa comparação fosse possível, os autores realizaram uma estimativa de custos para os serviços externos, mais precisamente, os custos de contratos terceiros, de imagens e gases, tomando como base o período em que não existia a EC. Foi observado um aumento gradual dos custos de aproximadamente 3,6 milhões por ano (DE SOUZA *et al.*, 2012).

O estudo realizado no HC-UFU avaliou os resultados do indicador de Qualidade, a relação de Número de OS Externas por Número de OS Interna. Nessa avaliação, foi observado que o número de serviços enviados por empresas externas e contratadas reduziu significativamente ao longo do período de 2001 a 2010. Em 2001, quase 29% do total de serviços eram executados por empresas externas. No ano seguinte, esse número reduziu para 15% do total de serviços executados. Em 2008 esse número caiu para 5%, fator que aumentou a qualidade do atendimento prestado pela instituição de saúde (DE SOUZA *et al.*, 2012).

A importância do indicador de Qualidade, Reparos Repetidos, foi observada na pesquisa de Ferreira (2001), sobre um trabalho de campo realizado no Centro Cirúrgico da Maternidade Carmela Dutra. O foco cirúrgico fixo apresentava ocorrências de lâmpadas constantemente queimadas. Após a EC analisar o histórico de ocorrências em um intervalo de dois anos, percebeu que a partir de certo período, o foco cirúrgico fixo que comporta doze lâmpadas reduziu os casos de lâmpadas queimadas. Esse fato, juntamente com os dados de compras do setor de Manutenção e a realização do serviço de MP no foco, possibilitou chegar à conclusão que a causa do indicador de Reparo Repetido estava relacionado à qualidade das lâmpadas utilizadas. Além disso, as lâmpadas apresentavam baixa luminosidade, dificultando o trabalho dos profissionais e por consequência, reduzia a segurança e qualidade das cirurgias realizadas. Esse estudo, que teve início com a utilização do indicador de Reparo Repetido foi apresentado à

Direção da Maternidade, que passaram a comprar lâmpadas com maior qualidade e menor quantidade, já que tinham uma vida útil maior que as utilizadas incialmente. Desse modo, ao longo do tempo obteve-se uma redução nos gastos nas compras de lâmpadas para o foco cirúrgico e aumentou a segurança e qualidade nas intervenções com a utilização do foco (FERREIRA, 2001).

Outro indicador que trás resultados importantes para o EAS e que será analisado aqui nesse trabalho é o Tempo Médio de Reparo (TMR). Esse indicador vem reforçar o nível de eficiência do trabalho do setor da EC, uma vez que os resultados em dois EAS da Grande Florianópolis mostraram que houve reduções em relação ao número de dias de retorno do equipamento em boas condições de uso aos setores dos hospitais. Os resultados mostraram uma redução no TMR de 78,56% no Hospital Infantil Joana de Gusmão e 72,75% na Maternidade Carmela Dutra considerando a situação anterior, quando não existia o setor da EC. Em resumo, os indicadores propostos demonstram de forma clara e objetiva a importância de se possui um setor de EC nos hospitais públicos da Grande Florianópolis para o gerenciamento da tecnologia dos EMH (FERREIRA, 2001).

4. METODOLOGIA

Conforme já foi dito, este trabalho volta-se para a manutenção dos EMH por ser à base de todo o departamento de EC. A análise de indicadores de desempenho é uma ferramenta útil que contribui para a avaliação da importância do serviço de manutenção (CARDOSO, 1999).

O método utilizado para a obtenção dos dados sobre a manutenção de EMH ocorreu através de visitas a duas unidades hospitalares privadas da cidade do Natal. As visitas tiveram o intuito de não só conhecer os responsáveis, mas também coletar os dados sobre os serviços de manutenção realizada pela EC no ambiente hospitalar em equipamentos que façam parte da rotina da EC e que estejam presentes em ambos os estabelecimentos. Por isso, foram selecionados dez tipos de equipamentos e classificados, conforme a função (CARDOSO, 1999), como pode ver na tabela abaixo.

Tabela 1 - Relação de equipamentos selecionados e classificados segundo CARDOSO (1999)

Equipamentos que fazem parte da rotina dos hospitais visitados
Apoio ao paciente
Bisturi Elétrico
Foco de Teto
Mesa Cirúrgica Elétrica
Diagnóstico
Eletrocardiógrafo
Tensiômetro Aneroide Manual
Monitor Multiparamétrico
Suporte a vida do paciente e terapêutico
Aparelho de Anestesia
Bomba de Infusão Volumétrica
Cardioversor Bifásico
Ventilador Pulmonar

Após a coleta dos dados dos equipamentos citados (Tabela 1), foram construídas tabelas e gráficos expondo a quantidade de serviços de MC e MP pelos departamentos de EC e por empresas externas e os indicadores de custo, de qualidade, de tempo nos estabelecimentos pesquisados.

4.1. *LOCUS* DA PESQUISA

A seleção dessas duas unidades hospitalares especificamente deu pelo conhecimento prévio da organização de registro das atividades da EC em um *software* de gestão que é alimentado pelos próprios funcionários que compõe o departamento de EC, o que possibilitaria a coleta dos dados de interesse para a avaliação. Nesse trabalho, os estabelecimentos de saúde serão nomeados de Hospital X e Hospital Y, a fim de preservar a identidade das instituições.

O Hospital X está localizado na cidade do Natal e possui 95 leitos. Desde a sua criação tornou-se referência no Rio Grande do Norte, sendo o único no Estado a possuir a certificação de Acreditação Hospitalar, selo de qualidade para serviços de saúde fornecidos por Instituição credenciada pela Organização Nacional de Acreditação. A referida unidade hospitalar dispõe de um setor de Engenharia Clínica terceirizado o qual é responsável pelo controle e manutenção do parque dos EMH.

Já o Hospital Y, também localizado na cidade do Natal e possui 240 leitos. É referência em cirurgia plástica no Rio Grande do Norte. Apresenta um parque de equipamentos e, assim como o Hospital X, este possui o serviço de Engenharia Clínica terceirizado e reconhecido nível de satisfação por parte da sua Direção.

Os Hospitais X e Y registram equipamentos, setores, contratos, mãos de obras e atividades executadas em um *software* de gestão de EMH. Esse sistema de gerenciamento de equipamentos foi implantado em 2009 no Hospital X e 2013 no Hospital Y. Em ambos, os dados sobre os equipamentos são armazenados no sistema desde o processo de aquisição até o descarte, sendo possível o acesso de todos os registros das atividades realizadas durante a vida útil do equipamento ou no período determinado. Nesse trabalho, em especial, foi previamente estabelecido o intervalo de tempo de 01 de janeiro de 2015 até 31 de dezembro do mesmo ano.

4.2. INSTRUMENTOS DA PESQUISA

A EC executa diversas atividades no que diz respeito à gestão dos equipamentos médicos, como já foi mencionado na seção de Revisão bibliográfica. Nessa pesquisa, o foco será as atividades relacionadas à manutenção dos equipamentos e três tipos de indicadores nos estabelecimentos de saúde em questão.

Através do acesso ao *software* utilizado pelos setores de EC do Hospital X e do Hospital Y, foram analisados os registros das atividades de MC e MP realizadas nos EMH durante o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2015 em dez tipos de equipamentos que compõe o parque de ambos os hospitais.

Para a coleta foram escolhidos os equipamentos expostos na Tabela 1, dado que fazem parte da rotina da EC e por estarem presentes em ambos os hospitais. Além da coleta do registro dessas duas atividades de manutenção, foram coletados também dois indicadores de Custo, quais sejam: a relação de Custo Médio de OS Externas por Custo Médio de OS Internas; Custo de um equipamento parado. Também foram coletados dois indicadores de Qualidade, isto é, reparos repetidos e a relação de Número de OS Externas por Número de OS Interna e um indicador de Tempo, o TMR, para analisar o tempo que um equipamento passa para voltar a operar em condições normais de funcionamento.

É importante salientar que a etapa de coleta de dados fornece a credibilidade e confiabilidade necessária ao processo de análise de resultados, uma vez que os técnicos dos setores da EC são previamente treinados para inserir os dados das atividades de manutenção realizadas nas OS e são conscientizados pelo engenheiro clínico da importância que esses dados têm para dar o retorno do trabalho de manutenção executado nos hospitais. Os resultados dos indicadores aqui mostrados foram calculados pelo *software* utilizados pelas EC.

4.3. INDICADORES SELECIONADOS

Os indicadores são ferramentas importantes para análise de referência. Ele indica caminhos, áreas de maior probabilidade para melhorias. Os indicadores selecionados apresentam características úteis em relação à informação contida no contexto da qualidade do serviço de manutenção de um departamento de EC (CARDOSO, 1999).

Nessa pesquisa foram selecionados cinco indicadores para avaliação de seus resultados em cada hospital visitado. Os indicadores de Custo, que relaciona o Custo Médio de OS Externas por Custo Médio de OS Internas, e o de Qualidade que relaciona o Número de OS Externas pelo Número de OS Internas são uteis para comparar as despesas relacionadas ao número de OS de manutenções internas e externas. Nestes tempos de grandes pressões para a redução de custos nos EAS, é importante que os profissionais de EC usem esse grupo de indicadores de referência para refletirem sobre os verdadeiros custos e qualidade da manutenção dos equipamentos médicos (CARDOSO, 1999).

O indicador de Custo referente ao Custo Médio de um Equipamento Parado é um indicador utilizado para avaliar as perdas de um EAS no momento em que certos exames deixam de ser realizados devido à indisponibilidade de um equipamento e pode ser calculado da seguinte forma (FERREIRA, 2001):

Equação 1 - Cálculo para obtenção do custo de um equipamento parado (FERREIRA, 2001)

RGE = MD x VPS, onde:

RGE = Receita Gerada por Equipamento;

MD = Média Diária de Exame;

VPS = Valor Pago pelo SUS por exame em reais (R$).

O indicador de Qualidade referente aos Reparos Repetidos é definido como o número de reparos em um determinado equipamento em um intervalo de tempo curto especificado (MORAES, 2007). Considerado o tempo de repetição de reparo, o intervalo de trinta dias, esse indicador será útil para identificar quais equipamentos apresentam falhas intermitentes crônicas que podem ser ocasionadas por mau uso do operador ou decorrente da qualidade do serviço de manutenção prestado (DE ROCCO, 1998 apud FERREIRA, 2001).

O indicador Tempo Médio de Reparo (TMR), no presente trabalho apresentado em dias e horas, permitiu ter conhecimento do tempo que o equipamento esteve fora de operação e sem condições de realizar suas funções. Essa é uma medição útil para que o departamento de EC possa reduzir cada vez mais a meta para o intervalo de tempo de reparo. Além disso, serve de medição de confiabilidade para os serviços que a EC presta ao hospital. É importante frisar que a meta deve ser factível e alcançável, caso contrário, corre-se o risco da perda de credibilidade do indicador. A meta do TMR é determinada

pelo responsável do setor ou definida pelo hospital. Se os valores do TMR estiverem acima do que foi proposto como objetivo a ser atingido, devem-se verificar as prováveis causas e tomar as providências necessárias para reverter o quadro (TANCREDI *et al*., 1998 apud FERREIRA, 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção está organizada de modo a mostrar o resultado dos dados recolhidos sobre serviços da EC referente à MC, à MP e indicadores de tempo, custo e qualidade no Hospital X e no Hospital Y. Após a apresentação dos registros coletados, será feita uma análise nos números apresentados, observando-se os impactos trazidos para o ambiente hospitalar.

5.1. DADOS RECOLHIDOS NO HOSPITAL X

Nessa seção são mostrados tabelas e gráficos que apresentam os dados coletados. Na Tabela 2 é apresentada a quantidade dos dez tipos de equipamentos presentes no Hospital X. Na Tabela 3 é exposta a quantidade total de serviços, ao longo do ano de 2015, de MC e MP realizada internamente e realizada externamente. Logo após, são expostos os Figura 4 e Figura 5, os quais possibilitam uma análise visual da frequência mensal de serviços de MC e MP realizados internamente e externamente no Hospital X.

Tabela 2- Quantidade de cada equipamento selecionado no Hospital X

Equipamentos	Quantidade
Aparelho de Anestesia	9
Bisturi Elétrico	11
Bomba de Infusão Volumétrica	100
Cardioversor Bifásico	13
Eletrocardiógrafo	15
Foco de Teto	4
Mesa Cirúrgica Elétrica	4
Monitor Multiparamétrico	67
Tensiômetro Aneroide Manual	100
Ventilador Pulmonar	45

Tabela 3 - Número de OS referentes aos serviços de manutenção do Hospital X

Número de OS referentes ao serviço MC e MP em 2015			
Serviço	**Número de OS (interna)**	**Número de OS (externa)**	**Total de OS por serviço**
MC	580	163	743
MP	243	128	371
TOTAL	823	291	1.114

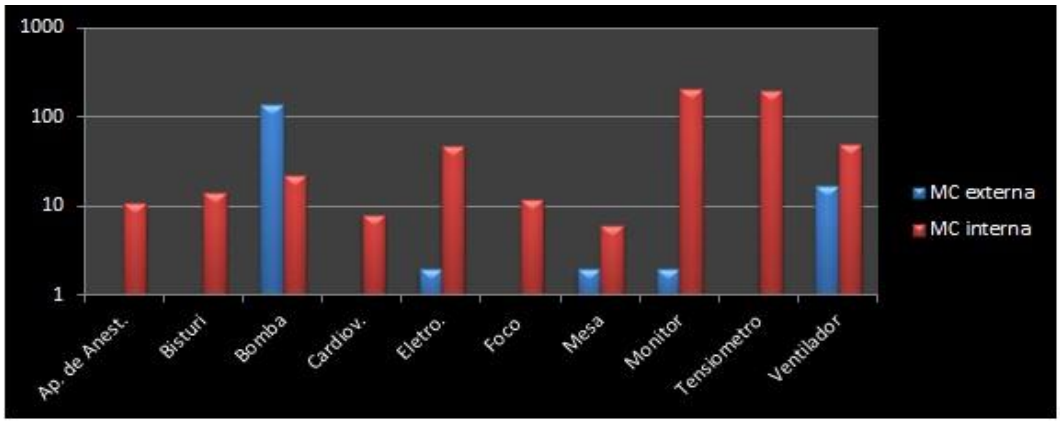

Figura 4 - Serviço de manutenção corretiva realizada no Hospital X ao longo de 2015

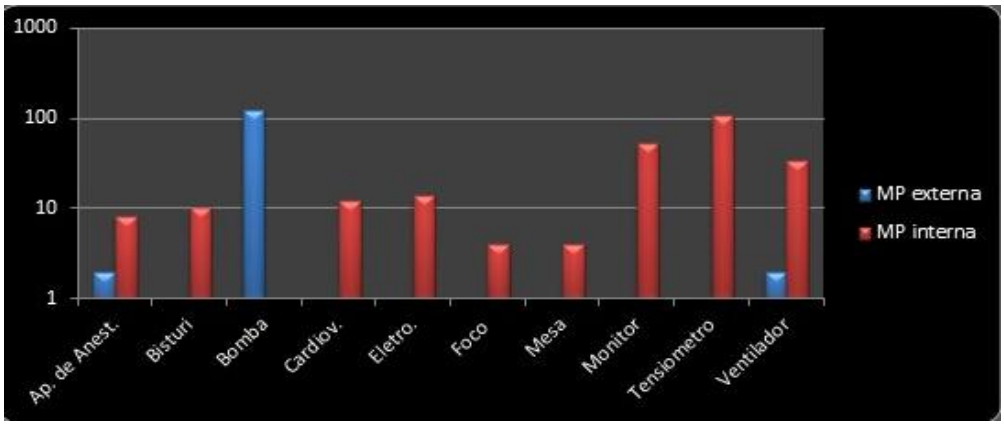

Figura 5 - Serviço de manutenção preventiva realizada no Hospital X ao longo de 2015

A Tabela 4 apresenta indicadores de Custo. Por isso, relaciona o Custo Médio de OS Externa por Custo Médio de OS Interna ao longo do ano de 2015. Além disso, é apresentado na Tabela 4 o indicador Custo de um Equipamento Parado, que não foi identificado registro de paralisação superior a 45 dias em nenhum dos dez equipamentos que fazem parte da rotina da EC.

No *software* de gestão do Hospital X foi registrado que o Mamógrafo apresentava paralisação durante 9 meses do ano de 2015. Para analisar o indicador de Custo de um Equipamento Parado, foi realizado o estudo no equipamento de Mamografia do Hospital X.

Tabela 4 - Indicador de Custo nos equipamentos do Hospital X ao longo de 2015

Relação de Custo Médio de OS Externa e Custo Médio de OS Interna no Hospital X em 2015			
Equipamentos	**Custo médio de OS interna (R$)**	**Custo médio de OS externa (R$)**	**Custo médio de um equipamento parado**
Aparelho de Anestesia	4.737,44	11.602,00	0
Bisturi Elétrico	0	0	0
Bomba de Infusão Volumétrica	0	15.000,00	0
Cardioversor Bifásico	307,00	585,00	0
Eletrocardiógrafo	648,00	300,00	0
Foco de Teto	0	0	0
Mesa Cirúrgica Elétrica	1.024,00	3.500,00	0
Monitor Multiparamétrico	696,00	2.395,14	0
Tensiometro Aneroide Manual	59,60	0	0
Ventilador Pulmonar	5.816,80	23.552,29	0

A Tabela 5 e Tabela 6 apresenta o indicador de Qualidade. Com isso, mostra a relação do Número de OS Externa por Número de OS Internas no Hospital X nos dez equipamentos durante o intervalo selecionado. Na Tabela 6, é apresentado o outro indicador de Qualidade, qual seja, o de Reparos Repetidos. Esse indicador apresenta os equipamentos que passam por serviço de corretiva pelo mesmo motivo no intervalo de 30 dias.

Tabela 5 - Indicador de Qualidade nos equipamentos do Hospital X ao longo de 2015

Relação de Número de OS Externa por Número de OS Interna no Hospital X em 2015		
Equipamentos	Número de OS Interna	Número de OS Externa
Aparelho de Anestesia	27	3
Bisturi Elétrico	33	1
Bomba de Infusão Volumétrica	22	387
Cardioversor Bifásico	32	1
Eletrocardiógrafo	75	2
Foco de Teto	24	0
Mesa Cirúrgica Elétrica	10	2
Monitor Multiparamétrico	314	2
Tensiometro Aneroide Manual	1.372	0
Ventilador Pulmonar	104	23

Tabela 6 - Indicador de Qualidade nos equipamentos do Hospital X ao longo de 2015

Equipamentos do Hospital X que sofreram reparos repetidos em 2015		
Equipamentos	Número de equipamentos que sofreram reparos repetidos (em menos de 30 dias)	Quantidade de reparos realizados
Aparelho de Anestesia	1	1
Bisturi Elétrico	1	2
Bomba de Infusão Volumétrica	0	0
Cardioversor Bifásico	0	0
Eletrocardiógrafo	2	3, sendo 2 reparos em um equipamento e 1 reparo em outro
Foco de Teto	0	0
Mesa Cirúrgica Elétrica	0	0
Monitor Multiparamétrico	7	7, sendo 1 por equipamento
Tensiometro Aneroide Manual	0	0
Ventilador Pulmonar	3	6, sendo 2 reparos em cada equipamento

A Tabela 7 apresenta o indicador de Tempo. Por esse modo, avalia o TMR dos dez equipamentos selecionados para o estudo no Hospital X. Quanto menor esse indicador, menos tempo o equipamento passará indisponível e mais favorecido é o estabelecimento de saúde.

Tabela 7 - Indicador de TMR nos equipamentos do Hospital X ao longo de 2015

TMR no Hospital X em 2015		
Equipamentos	**TMR (dias)**	**(TMR horas)**
Aparelho de anestesia	0,8 dias	19,2 horas
Bisturi Elétrico	1.4 dias	34,4 horas
Bomba de Infusão Volumétrica	11,9 dias	285,6 horas
Cardioversor Bifásico	3,5 dias	84,9 horas
Eletrocardiógrafo	3,7 dias	87,7 horas
Foco de Teto	0,27 dias	6,5 horas
Mesa cirúrgica Elétrica	13,6 dias	326,1 horas
Monitor Multiparamétrico	0.9 dias	21,0 horas
Tensiometro Aneroide Manual	3,7 dias	88,8 horas
Ventilador Pulmonar	12,78 dias	306,9 horas

5.2. DADOS RECOLHIDOS NO HOSPITAL Y

Nessa seção são mostrados tabelas e gráficos que apresentam os dados coletados. Na Tabela 8 é apresentada a quantidade dos dez tipos de equipamentos presentes no Hospital Y. Na Tabela 9 é exposta a quantidade total de serviços, ao longo do ano de 2015, de MC e MP realizada internamente e realizada externamente. Logo após, são expostos a Figura 6 e Figura 7, os quais possibilitam uma análise visual da frequência mensal de serviços de MC e MP realizados internamente e externamente no Hospital Y.

Tabela 8 - Número de OS referentes aos serviços de manutenção do Hospital Y

Equipamentos	Quantidade
Aparelho de Anestesia	12
Bisturi Elétrico	8
Bomba de Infusão Volumétrica	100
Cardioversor Bifásico	11
Eletrocardiógrafo	8
Foco de Teto	6
Mesa Cirúrgica Elétrica	3
Monitor Multiparamétrico	57
Tensiometro Aneroide Manual	84
Ventilador Pulmonar	20

Tabela 9 - Número de OS referentes aos serviços de manutenção do Hospital Y

Número de OS referentes ao serviço MC e MP em 2015			
Serviço	Número de OS (interna)	Número de OS (externa)	Total de OS por serviço
MC	207	171	378
MP	12	100	112
TOTAL	219	271	490

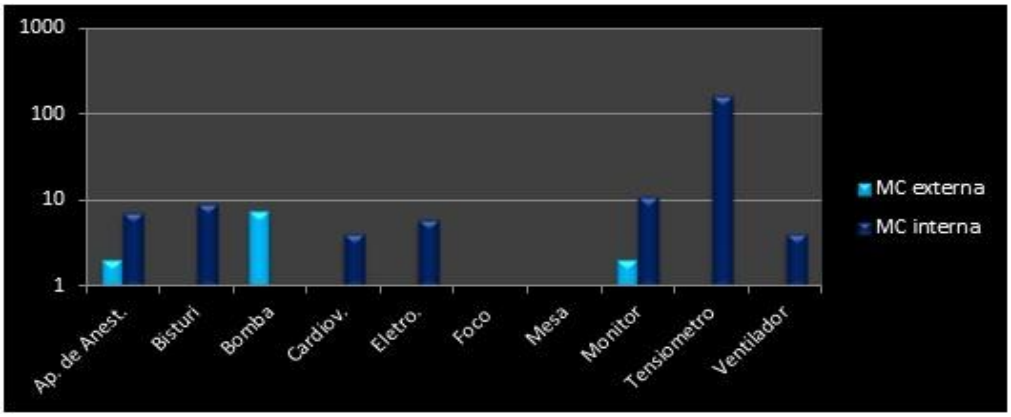

Figura 6 - Serviço de manutenção corretiva realizada no Hospital Y ao longo de 2015

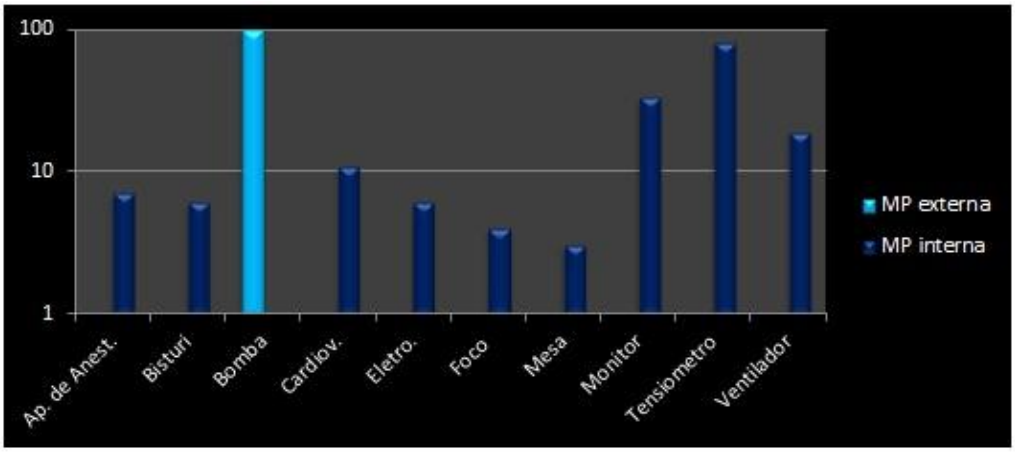

Figura 7 - Serviço de manutenção preventiva realizada no Hospital Y ao longo de 2015

A Tabela 10 apresenta o indicador de Custo. Com isso, mostra-se a relação do Custo Médio de OS Externa por Custo Médio de OS Interna ao longo do ano de 2015. Além disso, é apresentado na Tabela 10 o indicador Custo de um Equipamento Parado, que não foi identificado registro de paralisação superior a 45 dias em nenhum dos dez equipamentos que fazem parte da rotina da EC.

No *software* de gestão do Hospital Y foi registrado que o Raios-X móvel apresentava paralisação durante todo o ano de 2015. Para analisar o indicador de Custo de um Equipamento Parado, foi realizado um estudo no equipamento Raios-X móvel do Hospital Y.

Tabela 10 - Indicador de Custo nos equipamentos do Hospital Y ao longo de 2015

Relação de Custo Médio de OS Externa por Custo Médio de OS Interna no Hospital Y em 2015			
Equipamentos	**Custo Médio de OS Interna (R$)**	**Custo Médio de OS Externa (R$)**	**Custo Médio de um Equipamento Parado**
Aparelho de Anestesia	0	11.000,00	0
Bisturi Elétrico	0	0	0
Bomba de Infusão Volumétrica	0	Valor comodato (10.200,00)	0
Cardioversor Bifásico	0	0	0
Eletrocardiógrafo	0	0	0
Foco de Teto	0	0	0
Mesa Cirúrgica Elétrica	0	0	0
Monitor Multiparamétrico	0	5.450,00	0
Tensiometro Aneroide Manual	0	0	0
Ventilador Pulmonar	0	0	0

A Tabela 11 e Tabela 12 apresentam o indicador de Qualidade. Com isso, mostra-se a relação do Número de OS Externas por Número de OS Interna no Hospital Y nos dez equipamentos durante o intervalo selecionado. Na Tabela 12, é apresentado o outro indicador de Qualidade, qual seja, o de Reparos Repetidos. Esse indicador apresenta os equipamentos que passam por serviço de corretiva pelo mesmo motivo no intervalo de 30 dias.

Tabela 11 - Indicador de Qualidade nos equipamentos do Hospital Y ao longo de 2015

Relação de Número de OS Externa por Número de OS Interna no Hospital Y em 2015		
Equipamentos	**Número de OS Interna**	**Número de OS Externa**
Aparelho de Anestesia	21	2
Bisturi Elétrico	22	0
Bomba de Infusão Volumétrica	1	7
Cardioversor Bifásico	26	1
Eletrocardiógrafo	18	0
Foco de Teto	5	0
Mesa cirúrgica Elétrica	0	0
Monitor Multiparamétrico	77	2
Tensiometro Aneroide Manual	164	0
Ventilador Pulmonar	42	0

Tabela 12 - Indicador de Qualidade nos equipamentos do Hospital Y ao longo de 2015

Equipamentos do Hospital Y que sofreram reparos repetidos em 2015		
Equipamentos	Número de equipamentos que sofreram reparos repetidos (30 dias)	Quantidade de reparos repetidos realizados
Aparelho de Anestesia	0	0
Bisturi Elétrico	1	1
Bomba de Infusão Volumétrica	0	0
Cardioversor Bifásico	0	0
Eletrocardiógrafo	1	1
Foco de Teto	0	0
Mesa Cirúrgica Elétrica	0	0
Monitor Multiparamétrico	1	2
Tensiometro Aneroide Manual	0	0
Ventilador Pulmonar	0	0

A Tabela 13 apresenta o indicador de Tempo. Por esse modo, avalia o TMR dos dez equipamentos selecionados para o estudo no Hospital Y. Quanto menor esse indicador, menos tempo o equipamento passará indisponível e mais favorecido é o estabelecimento de saúde.

Tabela 13 - Indicador de TMR nos equipamentos do Hospital Y ao longo de 2015

TMR no Hospital Y em 2015		
Equipamentos	**TMR (dias)**	**(TMR horas)**
Aparelho de anestesia	17	407,4
Bisturi Elétrico	0,3	6,4
Bomba de Infusão Volumétrica	0,1	2,6
Cardioversor Bifásico	0,1	1,9
Eletrocardiógrafo	0,1	2,7
Foco de Teto	0	0,97
Mesa Cirúrgica Elétrica	0	0
Monitor Multiparamétrico	42,1	1.010,64
Tensiômetro Aneroide Manual	0,1	2
Ventilador Pulmonar	1	24

5.3. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Os resultados mostrados com os estudos realizados após implantação da EC em EAS juntamente com os resultados dos dados recolhidos nos Hospitais X e Y expostos nas tabelas e gráficos, permitem que faça uma análise da importância da implantação do setor da EC para a manutenção dos EMH nos EAS.

Os valores apresentados pelo indicador de Custo, Custo Médio de OS Externa por Custo Médio de OS Interna na Tabela 4 e na Tabela 10 nos dez tipos de equipamentos selecionados apresentaram, em todos os casos, maior custo para os hospitais em 2015 quando os equipamentos recebiam manutenção externa. O resultado desse indicador nos Hospital X e Y condiz com o estudo realizado por DE SOUZA *et al.*, (2012) no HC-UFU, apresentado na seção Revisão Bibliográfica, que após implantação da EC houve contenção das despesas nos serviços de manutenção dos EMH pois a maioria das ocorrências de falhas eram solucionadas pela própria EC.

Ainda na Tabela 4 e Tabela 10, tem-se a presença do indicador de Custo, Custo de um Equipamento Parado. Em relação aos dez equipamentos selecionados para análise, nos dois estabelecimentos de saúde, não há registro de paralisação acima de 45 dias, por isso que não há dados. Porém, no s*oftware* de gerenciamento do Hospital X e do Hospital Y há o registro de outros equipamentos que tiveram um tempo de paralisação superior a 45 dias. É o caso do equipamento Mamógrafo que ficou nove meses parado no Hospital X e do equipamento Raios-X móvel que ficou paralisado durante todo o ano de 2015. Sobre os custos de paralisação desses equipamentos, serão feitas as análises.

Tomando como base a tabela de valores do SUS, o exame de mamografia bilateral custa R$ 45,00 e a mamografia unilateral custa R$ 22,50 e dado que o Hospital X tem uma média diária de 20,4 exames de mamografia bilateral e 4,1 exames de mamografia unilateral e, considerando ainda o tempo de paralisação de nove meses, contando apenas os dias úteis é possível realizar a seguinte simulação, conforme a tabela abaixo.

Tabela 14 - Demonstrativo do indicador Custo de um equipamento parado para o equipamento Mamógrafo do Hospital X

Exames	VPS (R$)	MD	RGE (R$)	RGE (R$) em 202 dias
Mamografia Unilateral	22,50	4,1	92,3	18.634,5
Mamografia Bilateral	45,00	20,4	918	185.436,00
TOTAL	67,50	24,5	1.010,3	**204.070,50**

Fonte: Tabela de própria autoria

O equipamento de mamografia durante o período estudado esteve parado devido à necessidade de troca do tubo de raios-x, que tem custo de substituição no valor de R$ 90.000,00. Desse modo, o Hospital X deixou de receber, de acordo com a simulação, uma média de R$ 114.070,00.

Tomando como base os dados do SUS, o exame de raios- x apresenta diversos valores, conforme a região de interesse. Fazendo uma média dos valores apresentados pelo SUS, tem-se que o exame de raios-x custa em média R$ 10,50. Sabendo que o

Hospital Y tem uma média diária de 4,2 exames, é possível realizar a seguinte simulação considerando o tempo de paralisação doze meses contando apenas os dias úteis (Tabela 15).

Tabela 15 - Demonstrativo do indicador Custo de um equipamento parado para o equipamento Raios-X móvel do Hospital Y

Exames	VPS (R$)	MD	RGE (R$)	RGE (R$) em 271 dias
Radiografia	10,5	4,3	45,2	12.235,6
TOTAL	10,5	4,3	45,2	**12.235,6**

Fonte: Tabela de própria autoria

O equipamento de Raios-X durante o período estudado está parado por falta de verba para substituição de um banco de capacitores no valor de R$ 7.000,00. Nota-se, de posse dos dados desse indicador apresentado na Tabela 15, que o Hospital Y deixou de realizar a substituição da peça e deixou de receber uma média, de acordo com a simulação, um valor de R$ 5.235,00 devido aos doze meses de paralisação do Raios-X móvel.

Além disso, os resultados apresentados pelo indicador de Custo de um Equipamento Parado permitem concluir que os estabelecimentos de saúde, Hospital X e Hospital Y, diminuem sua qualidade no atendimento quando não dispõe de equipamentos que detalham o estado de saúde dos pacientes (FERREIRA, 2001).

A Tabela 5, a Tabela 6, a Tabela 11 e a Tabela 12 mostraram os resultados dos indicadores de Qualidade dos hospitais visitados. Nos Hospitais X e Y, o número de OS internas são sempre superiores ao número de OS externas, com exceção do equipamento Bomba de Infusão Volumétrica, que ambos os hospitais tem contrato de comodato e por isso a manutenção dos equipamentos ficam sobre a responsabilidade comodatária. O grande número de OS solucionadas pelas ECs mostra que as equipes são preparadas para solucionar as falhas dos equipamentos dos hospitais, na maioria das vezes, sem ter que recorrer a serviços externos como pode ser observado graficamente (Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7).

As informações numéricas sobre Reparos Repetidos contidas na Tabela 6 e na Tabela 12 mostram os resultados do número de equipamento, que no intervalo de 30

dias, sofreram reparos da mesma ocorrência. Essas informações permitem a EC identificar, entre outros (GALEANO, 1999):

- Os operadores desses equipamentos necessitam de treinamento;
- Os equipamentos e seus acessórios não são de boa qualidade;
- A vida útil dos equipamentos utilizados está no fim;
- O equipamento não oferece mais segurança aos usuários (pacientes e profissionais).

No Hospital X, 89,5% das ocorrências repetidas em um período de trinta dias foram ocasionadas por despreparo do operador. Foram registrados no s*oftware* da EC causas de rechamados por motivo de "erro do operador" ou "uso indevido". Esses registros são úteis para identificar que os operadores precisam de treinamento adicional ou reciclagem. O restante das ocorrências rechamados correspondem a 10,5%, e foram ocasionadas por reparos maus feitos pela equipe técnica da EC.

No Hospital Y, 90% das ocorrências foram decorrentes de mau uso do operador. O equipamento Monitor Multiparamétrico apresentou grande número de reparos repetidos em seus acessórios no intervalo de trinta dias. Essas ocorrências foram registradas pela EC como causa de "uso indevido" indicando que os operadores precisam de reciclagem para manuseio dos Monitores Multiparamétrico.

A Tabela 7 e a Tabela 13 apresentam o TMR dos equipamentos do Hospital X e do Hospital Y, respectivamente. Dentre os fatores que ocasionam altos índices de TMR, CALIL; TEXEIRA, 1998 apud FERREIRA, 2001 citam:

- Baixa produtividade da equipe;
- Não existência de empresas de assistência técnica na região;
- Falta de pessoal.

O Hospital X está com 80% dos equipamentos com o TMR dentro da meta estabelecida pelo departamento da EC, ou seja, apresenta um tempo de indisponibilidade do equipamento menor ou igual a 12 dias. O Hospital X apresentou atraso no TMR em dois tipos de equipamentos, a Mesa Cirúrgica Elétrica e o Ventilador Pulmonar.

Segundo informações registradas no *software* de gerenciamento da EC, a falta de peças para substituição no estoque das empresas locais ocasionou muito tempo de paralização desses equipamentos. O que indica que o responsável pelo setor deve

verificar as prováveis causas do atraso no reparo dos equipamentos e tomar as providências para reverter o quadro.

Assim como o Hospital X, o Hospital Y está com 80% dos equipamentos com o TMR dentro da meta estabelecida pelo departamento da EC, ou seja, apresenta um tempo de indisponibilidade do equipamento menor ou igual a 12 dias. O Hospital Y apresentou um atraso no TMR em dois tipos de equipamentos, o Monitor Multiparamétrico e o Aparelho de Anestesia.

Segundo informação dos registros do *software* de gerenciamento da EC, o motivo pelo qual o Aparelho de Anestesia e o Monitor Multiparamétrico apresentaram um TMR superior a 12 dias, foi devido à necessidade de mão de obra de empresa externa. A demora foi proporcionada pelos trâmites do próprio estabelecimento de saúde, o Hospital Y, para aprovação do serviço de correção cobrado pela empresa externa.

6. CONCLUSÕES

A pesquisa realizada teve o intuito de fazer uma análise do serviço de manutenção dos EMH pelo setor de EC nos EAS. Para isso, foi realizado um estudo em duas unidades hospitalares privadas da cidade do Natal que dispõem do serviço de manutenção da EC.

A coleta de dados foi baseada nos registros realizados no s*oftware* de gestão de dos departamentos de EC. O registro das atividades de manutenção realizadas pela EC e confiança nos dados coletados e armazenados no s*oftware*, com o correto preenchimento das OS foram pertinentes para a realização desse estudo, pois possibilitou a análise do serviço de manutenção para essa pesquisa, tornando possível concluir que:

- Os chamados para serviços de manutenção corretiva realizados pelo setor da EC possibilitam aos equipamentos menos tempo de indisponibilidade, pois são solucionados em curto intervalo de tempo;
- Através do serviço de manutenção da EC, o EAS pode gerar maior confiabilidade no uso de EMH, uma vez que o departamento de EC realiza aferições, manutenção preventiva, reduzindo as manutenções corretivas e retrabalhos;
- O departamento de EC, através de seus registros pode avaliar quais profissionais necessitam de treinamento ou reciclagem para operar os EMH;
- O maior tempo para reparo foi gerado quando o equipamento necessitava de mão de obra externa;
- Nos casos dos equipamentos apresentados, os estabelecimentos de saúde reduzem sua qualidade e deixam de obter lucro quando deixam seus equipamentos paralisados por falta de manutenção;
- A relação estabelecida pelo número de equipamentos que necessitaram de mão de obra externa e o custo atrelado a eles e a relação estabelecida pelo número de equipamentos que necessitam de mão de obra da EC e o custo atrelado, mostra que o setor da EC gera bem menos custos nos serviços de manutenção.

7. REFERÊNCIAS

ANTUNES, E. V. et al. **Gestão da tecnologia biomédica: tecnovigilância e engenharia clínica.** ANVISA, 2002, cap 3, 4.

ARTHUR, R. M.; BOXERMAN, S. B. **Achieving the promise of clinical engineering**. Journal of Clinical Engineering, v.6, n.2, p.105-109, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5262:1994**: Confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro: Copyright, 1990. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10012:2004:** Sistema de gestão de medição- requisite para os processos de medição e equipamentos de medição. Rio de Janeiro: Copyright, 2004. 26 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/ IEC 17025: 2005**: Sistema de gestão de medição- requisite para os processos de medição e equipamentos de medição. Rio de Janeiro: ABNT 2005, 2004. 37 p.

BAULD, T. J. **The definition of a clinical engineer**. Journal of Clinical Engineering, v.16, n.5, p.403-405, 1991.

BRITO, L. F. M. Clinical Engineering in Brazil. In: DYRO, J. (Ed.) Clinical Engineering Handbook.1 ed. Burlingto: Elsevier Academic Press, 2004. Cap. 20, p. 69-72.

CALIL, S. J.; TEIXEIRA, M. S. **Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares**. São Paulo: Editora Fundação Petrópolis LTDA, 1998. 127 p.

CARDOSO, G. B. **Estudo do processo de analise de referencia aplicado à engenharia clinica e metodologia de validação de indicadores de referencia**. Campinas: UNICAMP.1999 133f. Dissertacao (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP,1999.

Dados das unidades hospitalares <http://www.dinamus.net/dinamus-engenharia-clinica/> Acesso em 20 de abril de 2016.

DALZIEL, C. F. **Electric shock hazard**. IEEE Spectrum, v.9, n.2, p41-50, 1972.

DAVID, Y. The Medical Instrument Life Cycle Strategy for Clinical Engineers. **Engineering in Medicine and Biology Magazine**, IEEE, v. 4, p. 25-26, 1985.

DAVID, Yadin; VON MALTZAHN, Wolf W.; BRONZINO, Joseph D. **Clinical Engineering.** Principles and Applications in Engineering Series. Florida: Crc Press LLC, 2003.

DE MORAES, L**. Metodologia para auxiliar na definição de indicadores de desempenho para a gestão da tecnologia médico-hospitalar**. Doutorado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

DE ROCCO, E.; 1998. **Definição de Procedimentos para Levantamento de Produtividade e Eficiência em Serviços de Manutenção de Equipamentos Eletromédicos – EEM**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

DE SOUZA, D. B. et al. **Avaliação econômica da implantação de um serviço de Engenharia Clínica em hospital público brasileiro**. Rev. Bras. Eng. Bioméd., Rio de Janeiro , v. 28, n. 4, p. 327-336, dic. 2012.

FERREIRA, R. F. **Proposta de Implementação de Indicadores em Estrutura de Engenharia Clínica-EEC.** 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

FRIEDLANDER, G. D. **Electricity in hospitals: elimination of lethal hazards**. IEEE Spectrum, v. 8, n. 9, p 40- 51, 1971.

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.

GONÇALVES, C. F. F. **Ergonomia e Qualidade nos Serviços:** u**ma Metodologia de Avaliação**. Londrina: Uel, 1998.

GOODMAN, G. R. **Technology assessment, transfer, and management: the implications to the professional development of clinical engineering**. Journal of Clinical Engineering, v.16, n.2, p. 117-122, 1991.

GOODMAN, G. R. **The profession of clinical engineering**. Journal of Clinical Engineering, v.14, n.1, p. 28-37, 1989.

GORDON, G. J. **Hospital technology management: the tao of clinical engeneering**. Journal of Clinical Engineering, v15, n2, p.111-117,1990.

GRIMES S.L., **The Future of Clinical Engineering: The Challenge of Change**, IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine,p. 91-99,mar/apr., 2003

HAWKINS, F.G. **A Review of Issues in Hospital Technology Acquisition**. Journal of Clinical Engineering, v.17, n.1, p.35-41, 1992.

HIRAIWA, G. L. **Metodologia para determinação do período de manutenção preventiva em equipamentos eletromédicos.** 2001. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campos, 1993. P. 79.

JURGEN, R. K. **Eletronics in medicine: health care cost**. IEEE Spectrum. v.14 n.1 p-78-82, 1977.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Equipamento médico-hospitalar e o gerenciamento da manutenção.** Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

MOUBRAY, J. **Reliability-centred Maintenance**. 2. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada em confiabilidade (MCC):** análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada, Florianópolis, 2001. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

RAMIREZ, E. F. F; CALIL, S. J**. Engenharia clinica: Parte I - Origens (1941-1996).** *Semina*: Ci. Exatas/ Tecnol. Londrina, v. 21, n. 4, p. 27-33, dez. 2000.

RAMÍREZ, E. F. F. *Semina:* **Ciências Exatas e Tecnológica.** Londrina, v. 23, n. 1, p. 73-82, dez. 2002.

RAMÍREZ, E. F. F. **Metodologia para determinação de equipamentos médicos para programas de manutenção preventiva em hospitais.** 1996. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-sp, 1996

SIMMONS, D. A.; WEAR, J. O.; 1988. **Clinical Engineering Manual**. 3ed. North Little Rock, AR: Scientific Enterprises, Inc.

SWANSON L. Linking maintenance strategies to performance. **Int. J. Production Economics**, v. 70, p. 237-244, 2001.

Tabela de valores SUS <http://www.cisamunesc.org.br/hp/arquivos/publicacoes/tabela%20cisnordestesc%20-2015.pdf >Acesso em 02 de maio de 2016.

TANCREDI, F. B. et al. 1998. **Planejamento em Saúde**. In: Série Saúde e Cidadania. 1 ed. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, v.2.

WANG, B. **Clinical engineering & equipment policy for Sao Paulo state.** Journal of Clinical Engineering, v.15, n.4, p.287-293, 1990.

WANG, B.; CALIL, S. J. **Clinical engineering in Brazil: current status.** Journal of Clinical Engineering, v.16, n.2, p.129-135, 1991.

WEBSTER, J. G.; COOK, A.M.; 1979. **Clinical Engineering – principles and practices**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.

WYREBSKI, J. **Manutenção Produtiva Total – Um modelo adaptado**. Florianópolis. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina.