UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

GABRIEL PERES MAZZONI

Análise do processo de manutenção e de vida útil dos equipamentos médicos ecocardiógrafos: a experiência de um hospital de ensino

RIBEIRÃO PRETO
2019

GABRIEL PERES MAZZONI

Análise do processo de manutenção e de vida útil dos equipamentos médicos ecocardiógrafos: a experiência de um hospital de ensino

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Gestão de Organizações de Saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Minna Moreira Dias Romano

RIBEIRÃO PRETO

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Mazzoni, Gabriel Peres
Análise do processo de manutenção e de vida útil dos equipamentos médicos ecocardiógrafos: a experiência de um hospital de ensino. Gabriel Peres Mazzoni/ Orientadora: Minna M.D Romano – Ribeirão Preto, 2019. 60p.

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Gestão de Organizações de Saúde.

1. Vida útil de equipamentos médicos, 2. Manutenção preventiva, 3. Manutenção corretiva, 4. Custos em equipamentos médicos, 5. Gestão engenharia clínica.

FOLHA DE APROVAÇÃO

GABRIEL PERES MAZZONI

Análise do processo de manutenção e de vida útil dos equipamentos médicos ecocardiógrafos: a experiência de um hospital de ensino

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Gestão de Organizações de Saúde.

Aprovado em:_____

Banca Examinadora:

Prof.Dr._____

Instituição_____Assinatura_____

Prof.Dr._____

Instituição_____Assinatura_____

Prof.Dr._____

Instituição_____Assinatura_____

À minha esposa Amanda, pelo companheirismo e amor. À minha avó Ada, que sempre me incentivou nos estudos. Aos meus pais Raul e Ana pelo amor e apoio incondicional. Ao meu irmão Guilherme e minha cunhada Vanessa, por todo carinho e amor, e às minhas sobrinhas Isabella e Manuella, por todo carinho e toda alegria que trazem a vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre esteve ao meu lado me dando forças e iluminando minha vida e me auxiliando nas escolhas realizadas.

À minha avó Ada, por todo amor, mesmo não estando presente, mas sempre iluminando meu caminho.

Aos meus pais Raul e Ana, sem vocês nada seria possível.

À minha companheira de jornada Amanda, por todo apoio, compreensão e amor, obrigado por compartilhar sua vida comigo.

Ao meu irmão Guilherme e minha cunhada Vanessa, pelo apoio e companheirismo, mesmo distante.

Às minhas sobrinhas Isabella e Manuella, por toda alegria e amor que fazem a vida ficar mais leve.

Aos meus sogros Edison e Wanda, obrigado pelo acolhimento na família de vocês.

À minha orientadora Profª. Dra. Minna Moreira Dias Romano, pelo apoio, disponibilidade e paciência.

Aos meus amigos, Mariana, Hosana, Fernanda, Julia, Melissa, Marcos, Ruither, Ronaldo, Vivian, Alex e Eliane, pelo apoio e carinho.

A todos os meus amigos de trabalho do Centro de Engenharia Clínica.

À energia do universo que conspira a nosso favor.

Até você se tornar consciente, o inconsciente irá dirigir sua vida e você vai chamá-lo de destino. (Carl Gustav Jung)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HCFMRP-USP - Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

CEC - Centro de Engenharia Clínica

ETE - Ecocardiografia Transesofágica

ETT - Ecocardiografia Transtorácica

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

PDCA - "Plan Do Check Act"

OS - Ordem de Serviço

EAS - Estabelecimentos Assistenciais de Saúde

IPA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

NBR - Normas Brasileiras

R$ - Real

RESUMO

MAZZONI, G. P. **Análise do processo de manutenção e de vida útil dos equipamentos médicos ecocardiógrafos: a experiência de um hospital de ensino**, 2019 Dissertação (Mestrado Profissional) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

O desenvolvimento produtivo acelerado da indústria médica hospitalar e a disparidade de cenários nos serviços, somados a gestões ineficientes e escassos recursos, são uma das principais causas de obsolescência precoce de equipamentos. Análises de qualidade da atenção à gestão de recursos são escassas na literatura, assim como o impacto de intervenções de gestão no ciclo de vida de equipamentos ou ainda em custos. O objetivo deste trabalho foi descrever o processo de manutenção atualmente aplicado a equipamentos ecocardiográficos em um laboratório de médio porte de um hospital público de nível terciário com características de ensino. Este estudo foi realizado no Laboratório de Ecocardiografia do Centro de Cardiologia do HCFMRP – USP Campus, que está sob cuidado do Centro de Engenharia Clínica. Trata-se de um estudo observacional descritivo e exploratório onde as variáveis estatísticas contínuas foram expressas como média e desvio padrão e as variáveis estatísticas categóricas foram expressas como contagem e porcentagem. Percebeu-se que os custos de manutenção corretiva dos equipamentos que realizam ecocardiografia transesofágica são significativamente maiores em relação a outras modalidades como ecocardiografia transtorácica e eco estresse. Foi notado uma diminuição nos custos de manutenção corretiva após as primeiras manutenções preventivas. Vários tipos de avarias na população de equipamentos foram encontradas, sendo mais recorrente as avarias de programas, peças e quedas de energia, o que difere dos dados obtidos em relação aos custos onde as avarias de maior custo foram: peças, transdutores e programas respectivamente. Nos custos com transdutores, as avarias de: fratura do cabo e membrana rompida foram as mais recorrentes. Através dos dados obtidos foi proposto uma nova ficha de trabalho para o gerenciamento de OS e um novo fluxograma para manutenção preventiva para equipamentos ecocardiógrafos.

PALAVRAS-CHAVE: Vida útil de equipamentos médicos, Manutenção preventiva, Manutenção corretiva, Custos em equipamentos médicos, Gestão engenharia clínica.

ABSTRACT

MAZZONI, G. P. **Analysis of the process of maintenance and useful life of echocardiographic medical equipment:** the experience of a teaching hospital, 2019. Dissertation (Professional Master's Degree). School of Medicine, University of São Paulo. Ribeirão Preto, 2019.

The accelerated productive development of the hospital medical industry and the disparity of service scenarios, coupled with inefficient management and scarce resources, are one of the major causes of early equipment obsolescence. Quality analyzes of resource management attention are scarce in the literature, as well as the impact of management interventions on the equipment life cycle or on costs. The aim of this paper was to describe the maintenance process currently applied to echocardiographic equipment in a medium-sized laboratory of a tertiary-level public hospital with teaching characteristics. This study was performed at the Echocardiography Laboratory of the HCFMRP – USP Campus Cardiology Center, which is under the supervision of the Clinical Engineering Center. This is a descriptive and exploratory observational study in which continuous statistical variables were expressed as mean and standard deviation and categorical statistical variables were expressed as count and percentage. It was found that the costs of corrective maintenance of equipment that perform transesophageal echocardiography are significantly higher compared to other modalities such as transthoracic echocardiography and echo stress. A decrease in corrective maintenance costs has been noted after the first preventive maintenances. Several types of equipment population malfunctions were found, being more frequent the program malfunctions, parts and blackouts, which differs from data obtained in relation to the costs, where the most costly breakdown were: parts, transducers and programs, respectively. In transducer costs, cable fracture and ruptured membrane breakdowns were the most recurring. Based on data obtained, a new SO management worksheet and a new preventive maintenance flowchart for echocardiograph equipment were proposed.

KEYWORDS: Medical Equipment Lifetime, Preventive Maintenance, Corrective Maintenance, Medical Equipment Costs, Clinical Engineering Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamento de Ecocardiografia Portátil Apoiado em Carrinho de Transporte 18

Figura 2 – Equipamento de Ecocardiografia Convencional 18

Figura 3 – Estrutura da Manutenção Preventiva 21

Figura 4 – Ciclo de Vida dos Equipamentos Médicos. 26

Figura 5 – Fluxograma adaptado de trabalho do Centro de Engenharia Clínica ... 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos Equipamentos de Ultrassom 36

Tabela 2 – Quantidade de Ordem de Serviço 37

Tabela 3 – Tempo de Parada e Custos.....37

Tabela 4 – Custos por tipos de Avarias.....38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Proporção de Equipamentos por Aplicação 38

Gráfico 2 – Tipos de Avarias nos Equipamentos..... 39

Gráfico 3 – Custos das Avarias nos Equipamentos. 39

Gráfico 4 – Custos em Manutenção Preventiva Versus Custos de Manutenção Corretiva..... 40

Gráfico 5 – Custos em Manutenção Corretiva antes e depois da Manutenção Preventiva 40

Gráfico 6 – Tempo de parada antes e depois da manutenção preventiva 41

Gráfico 7 – Relação do custo de manutenção corretiva versus tempo de uso de cada equipamento..... 41

Gráfico 8 – Custos de Manutenção Corretiva dependendo da aplicação..... 42

Gráfico 9 – Quantidade de avarias em transdutores 42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 17

1.1 PROCESSOS DE MANUTENÇÃO 22

1.2 SISTEMAS DE CUSTOS 24

1.3 CICLO DE VIDA 25

1.4 FLUXOGRAMA 27

2. JUSTIFICATIVA 30

3. OBJETIVO.....31

3.1 OBJETIVO GERAL 31

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 31

4. MATERIAIS E MÉTODOS.....32

4.1 TIPO DE ESTUDO 32

4.2 LOCAL DE ESTUDO E AMOSTRA.....32

4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....32

4.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO 32

4.5 PROCESSO DE COLETA DE DADOS 33

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA 34

5. ASPECTOS ÉTICOS 35

6. RESULTADOS 36

7. DISCUSSÃO 43

8 IMPACTO CLÍNICO E PERSPECTIVAS FUTURAS 49

9 LIMITAÇÕES.....51

10 CONCLUSÃO.....52

11. REFERÊNCIAS.....53

ANEXO A 57

ANEXO B 58

ANEXO C 59

1. INTRODUÇÃO

O Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP-USP) é uma Instituição pública vinculada à Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo e associada à Universidade de São Paulo. Tem como atividade principal assistência médico-hospitalar e servir de campo de ensino e pesquisa, na área da saúde. O HCFMRP-USP, conta com o apoio de diversas unidades e setores para o desenvolvimento de suas atividades, entre eles, o Centro de Engenharia Clínica (CEC) que realiza a gestão do parque tecnológico do hospital, o que engloba os equipamentos do Laboratório de Ecocardiografia. (RELATÓRIO DE ATIVIDADES HCFMRP, 2014).

A ecocardiografia é um dos mais importantes exames cardiológicos, aplicados em diversos cenários clínicos. Dessa forma, é importante estabelecer uma padronização na execução, estruturação dos laboratórios e formação dos profissionais envolvidos. Os equipamentos devem receber manutenções preventivas ou corretivas e sua substituição é recomendada em prazo geral de até 10 anos (LIRA FILHO, 2018).

O Laboratório de Ecocardiografia Adultos do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto Campus, é um laboratório de médio porte que atende pacientes do Sistema Único de Saúde. Fazem parte da equipe de trabalho cinco médicos assistentes e uma média de oito médicos residentes ao ano, sendo quatro deles no primeiro ano de formação e quatro no segundo. São realizados em média 750 exames por mês entre todas as modalidades, divididos em média de 29 exames por mês de ecocardiografia transesofágica (ETE), 687 de ecocardiografia transtorácica (ETT) e 37 de ecocardiografia sob estresse.

Embora todos os equipamentos sejam utilizáveis à beira do leito ou fixos em laboratório, podem ser classificados como portáteis ou não, como apresentados nas figuras 1 e 2. Atualmente, o avanço tecnológico na área da ultrassonografia, possibilitou a redução progressiva do tamanho dos aparelhos de ecocardiografia para dimensões pouco maiores que as de um smartphone, que pode ser carregado dentro do bolso de um jaleco, permitindo o uso rápido em um serviço de emergência, à beira do leito do paciente Mancuso (2014).

Figura 1 – Equipamento de Ecocardiografia Portátil Apoiado em Carrinho de Transporte

http://globalultrassom.com.br/equipamentos/cx50-xmatrix/4

Figura 2 – Equipamento de Ecocardiografia Convencional

http://www.proimg.com.br/produtos-detalhe.php?id=71

De acordo com a Sociedade Brasileira de Cardiologia (2004), para a realização de exames dentro dos Laboratórios de Ecocardiografia, incluindo as modalidades sob estresse, os mesmos devem estar equipados com instrumentos e medicamentos de ressuscitação cardiorrespiratória, laringoscópio, sondas de intubação traqueal, cardioversor elétrico e monitor de saturação de oxigênio, além disso, deve haver água corrente e reservatório com substância anti séptica para limpeza e desinfecção do transdutor. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2004; LIRA FILHO, 2018).

Durante o exame de ETT são examinadas todas as câmaras e estruturas cardíacas, onde são incluídos cortes padronizados em vários planos para abranger todas as estruturas cardíacas e extracardíacas, como ventrículo direito, ventrículo esquerdo, átrio esquerdo, átrio direito, válvula aórtica, válvula pulmonar, válvula mitral, válvula tricúspide, aorta proximal ascendente, aorta transversa, aorta proximal descendente, tronco da artéria pulmonar, artéria pulmonar esquerda, artéria pulmonar direita, veia cava inferior, veia hepática e pericárdio (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2004).

O ETE ocorre por meio da intubação do esôfago com uma sonda semelhante à utilizada na endoscopia digestiva alta, tendo o transdutor em sua extremidade, capacitando a imagem cardíaca através do esôfago. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2004). Para realizar o ecocardiograma de estresse, é necessário associar o exame ao exercício com esteira ergométrica, ou bicicleta ergométrica, ou sob estresse farmacológico, onde as imagens são obtidas ao longo das diversas fases do estresse (LIRA FILHO, 2018).

São utilizados diferentes tipos de transdutores, para execução de cada modalidade de exame. Os transdutores utilizam a radiação ultra-sônica que é gerada pela aplicação de um estímulo elétrico a um dispositivo transdutor com características piezelétricas, ou seja, que converte a energia elétrica em energia mecânica (vibrações) e vice-versa (WEBSTER,1992). O transdutor fica em contato com a pele do paciente onde se utiliza um gel facilitador da transmissão. As ondas de ultra-som propagam-se para o interior do corpo e interagem com os diferentes tecidos, o que faz gerar ondas (ecos) que são espalhados devido à não homogeneidade dos tecidos e propagam-se em todas as direções, consequentemente também na direção do transdutor emissor. Estes ecos são detectados pelo transdutor (que também age como receptor) e, considerando-se conhecida a velocidade de propagação do ultra-som nos tecidos, busca-se interpretar os sinais recebidos a diferentes profundidades (distâncias da face do transdutor). Dependendo da informação requerida é possível, por exemplo, visualizar estruturas internas ou a atenuação das ondas devido às diferenças de densidades entre os diversos tecidos, podendo permitir sua caracterização.

O CEC é responsável pelo gerenciamento do ciclo de vida de todas as tecnologias que envolvem equipamentos médico-hospitalares. Esse gerenciamento envolve não apenas a manutenção como também a participação

no processo de aquisição, recebimento, testes de aceitação, avaliação, treinamento, manutenção, alienação e demais assuntos referentes aos equipamentos médicos (ANTUNES et al., 2002; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002; CALIL, TEIXEIRA, 1998).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), manutenção é “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar sua função normalmente” (OLIVEIRA, 2017).

Karman (1994) defende que a manutenção operacional envolve as manutenções administrativa, preventiva e corretiva.

- Administrativa: Está ligada à administração do hospital, faz projeções e avaliações, com base no planejamento, e orienta a manutenção preventiva e corretiva.
- Preventiva: Abrange ações e providências antes dos problemas surgirem, evitando-os dessa maneira. Apresenta duas vertentes, a manutenção de rotina, que é programada e contínua, e a manutenção preventiva condicionada que emprega melhores tecnologias e para um diagnóstico mais conciso.
- Corretiva: Envolve reparos e consertos. Tem maior custo para a empresa, e é requerida na ausência dos outros tipos de manutenção.

A manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado (OLIVEIRA, 2017). Kardec (2001) apresenta duas condições específicas que desencadeiam a manutenção corretiva, o desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais e a ocorrência da falha.

- Manutenção corretiva não planejada: A ABNT (1994) na sua Norma Brasileira (NBR) 5462, define como a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.
- Manutenção corretiva planejada: Para Kardec (2001) é a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função do acompanhamento da condição, ou pela decisão de operar até a quebra.

A escolha da manutenção preventiva será mais conveniente quando for necessária uma intervenção mais simples e os custos e as consequências da falha maiores (BRANCO FILHO, 2008). A manutenção preventiva pode ser estruturada em ações sistemáticas, as quais detectam, impedem ou minimizam a degradação de um componente no intuito de sustentar ou ampliar sua vida útil (SULLIVAN et al., 2004). A figura 3 apresenta a estrutura da manutenção preventiva.

Figura 3 – Estrutura da Manutenção Preventiva

Fonte: Adaptado de Sullivan (2004)

A manutenção para ser enquadrada como preventiva deve ter como objetivo a correção dos defeitos, de forma programada e planejada, em uma peça ou componente, que está impossibilitando o funcionamento normal ou correto do equipamento (BRANCO FILHO, 2008). Dessa forma, como descreve Branco Filho (2006), a manutenção preventiva irá reduzir as panes inesperadas, aumentando o controle sobre o funcionamento correto dos equipamentos e, consequentemente interferindo na autoestima da equipe (VIANA, 2009).

Sullivan et al (2004) citam alguns objetivos da manutenção preventiva:

- Aumentar a vida produtiva dos equipamentos;
- Reduzir o número de quebra de equipamentos críticos;
- Otimizar o planejamento e programação de trabalhos de manutenção;
- Reduzir perdas de produção por causa de falhas;

- Promover saúde e segurança dos funcionários de manutenção.

Entre as desvantagens, Branco Filho (2008) e Kardec (2009) citam:

- Falha humana;
- Falha nos sobressalentes;
- Contaminações;
- Falhas nos procedimentos;
- Danos durante a partida e paradas;
- Custo financeiro;
- Uso exagerado de recursos humanos e sobressalentes

No CEC os protocolos de manutenção preventiva foram modificados ao longo do tempo para atender a demanda e a complexidade dos equipamentos adquiridos. Para a implementação da metodologia de priorização de equipamentos para manutenção preventiva, segundo o Ministério da Saúde (2002) é necessário algumas informações como identificação do equipamento, nome do equipamento, marca, modelo e idade, local ou setor a que o equipamento pertence, estado do equipamento se está sendo utilizado ou se está desativado, grau de utilização do equipamento: sua importância para o hospital, obsolescência tecnológica, e se o equipamento satisfaz as atuais necessidades dos usuários; são informações que podem auxiliar na realização de ferramentas de qualidade.

Monteiro e Monteiro (2017) relatam que as ferramentas da qualidade são técnicas empregadas com o objetivo de medir, definir, analisar e propor soluções que alcancem um melhor desempenho de determinado processo, por meio de auxílio na busca e solução de problemas. De acordo com Slack et al. (2009 apud da Silva, 2013), as ferramentas de qualidade são técnicas "particularmente úteis para melhorar operações e processos em geral".

1.1 PROCESSOS DE MANUTENÇÃO

O processo de manutenção se apóia em diversas ferramentas, como análise de gestão de qualidade, ciclo Plan Do Check Act (PDCA) sigla oriunda da

língua inglesa para planejar (plan), fazer (do), checar (check) e agir (act), é uma ferramenta de gestão e tem como objetivo promover a melhoria contínua dos processos por meio do circuito destas quatro ações associado a ferramentas de análise de custo. De acordo com o Ministério da Saúde (2002), existe um protocolo que deve ser seguido para solicitar a manutenção de qualquer aparelho. “A solicitação de manutenção de um determinado equipamento pode ser feita através de telefone, envio de uma Ordem de Serviço (OS), entrega pelo próprio usuário, entrega pelo serviço de patrimônio do Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) e notificação a qualquer técnico do grupo que ocasionalmente esteja próximo ao equipamento”.

É necessário cuidado para gerenciamento de ordens de serviço geradas por telefone. Por exemplo, o pessoal do grupo de manutenção expede uma OS quando recebe a chamada telefônica do usuário e este, por sua vez, também expede outra OS.

Esse fato pode duplicar documentos e criar confusões para o controle mensal de serviços executados. Para evitar esse tipo de transtorno, o grupo de manutenção deve elaborar um protocolo que autorize somente o usuário a emitir uma OS ou pedir ao usuário que não emita a OS em solicitações de serviço por telefone. Entretanto, para agilidade do atendimento ao usuário, em nenhuma hipótese o grupo deve aguardar a chegada da OS em suas mãos. O serviço deve ser atendido assim que o técnico estiver disponível.

Em princípio, a OS deve ser encaminhada ao responsável pelo grupo, que deve verificar imediatamente se o equipamento está dentro do período de garantia de aquisição ou garantia de serviço (informação contida no formulário de histórico do equipamento). Antes de enviar o equipamento a uma empresa ou representante técnico, é importante que o técnico tente identificar a causa da falha do equipamento, independentemente da falha acusada na OS pelo usuário. A identificação da causa será registrada tanto no formulário para o histórico de equipamento quanto na ficha para controle de serviços externos.

Para o caso de equipamentos sob contrato de manutenção, é necessário que o responsável verifique o tipo de contrato efetuado para o equipamento em questão. Se for contrato de manutenção por período determinado deve então solicitar a presença a do técnico ou enviar o equipamento para as oficinas da empresa prestadora de serviço.

Em serviços sob contratos que exigem a presença do técnico da empresa contratada no local, é muito importante que o mesmo seja sempre acompanhado de técnico pertencente ao grupo de manutenção. O acompanhamento do serviço por um técnico interno é valioso tanto no seu processo de aprendizagem como na fiscalização do trabalho executado.

Caso o equipamento não esteja em garantia, o responsável deve definir a equipe ou o técnico que executará o serviço. É importante nessa etapa a elaboração de uma forma de registro da data de entrega do equipamento para o técnico, que servirá para o controle do tempo de reparo do equipamento. Pode ser utilizada uma agenda onde é colocada a data prevista para a conclusão do serviço na folha correspondente da agenda, a identificação do equipamento e o nome do técnico.

1.2 SISTEMAS DE CUSTOS

Para Bonacim e Araújo (2010) a apuração de custos dentro de hospitais é uma tarefa abrangente, que deve considerar a diversidade dos serviços prestados, exigindo delimitação dos sistemas de custos e um sistema de informações eficiente. Oliveira (2017) esclarece que o sistema de custos deve ser amparado por um modelo conceitual consistente e robusto, dimensionado para seu objetivo e com critérios que permitem o tratamento dos dados para alcançar informações que realmente auxiliem nos processos de tomada de decisão e controle.

Custo social ou custo de oportunidade reflete a escassez de produtos. Assim deixa evidente a importância de evitar os desperdícios e a má alocação de recursos, explica Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). O mesmo autor ainda coloca que esse conceito está na essência de técnicas de avaliação econômica como as análises custo-benefício e custo-efetividade, que são utilizadas com frequência pelos próprios profissionais da área da saúde para avaliar novas tecnologias, procedimentos ou formas de intervenção.

1.3 CICLO DE VIDA

Sabe-se que uma das características que devem ser avaliadas é o custo com o ciclo de vida de determinado produto, que irá permitir quantificar os gastos com os mesmos, e assim auxiliar na tomada de decisões sobre aquisição de novos equipamentos.

A tomada de decisões em hospitais baseada no conceito de ciclo de vida do produto pode apoiar seu processo decisório, principalmente quando as discussões estão relacionadas com os investimentos em novas tecnologias, utilizando um balanço entre custos e benefícios para o hospital e pacientes.

Segundo Martins (2013) a análise de custo do ciclo de vida é um processo para avaliar o custo econômico total de um ativo, analisando custos iniciais e gastos futuros, como custos de manutenção, operacionais, de usuário e sociais durante a vida útil ou ciclo de vida de um ativo. O CCV (Custo do Ciclo de Vida) pode ser sintetizado pela seguinte equação:

$$CCV = CA + CP + CS$$

Onde,

CCV: Custo do Ciclo de Vida;

CA: Custo de Aquisição;

CP: Custo de Propriedade;

CS: Custo Social.

Após compreender os conceitos de custo de ciclo de vida, e aplicá-lo na busca de valores reais e, que auxiliem na tomada de decisões, é importante analisar essa ferramenta dentro de hospitais. Visto que o gasto com a aquisição de novos equipamentos pode gerar um custo exacerbado para essas instituições, e muitas vezes, um custo desnecessário. Essa ferramenta pode direcionar melhor o custeio com equipamentos médico-hospitalares.

Alguns autores (ASSEF, 1997; THUESEN, FABRYCKY, 2001) se referem ao custo do ciclo de vida de um produto, como aquele com os quais o fabricante arca durante a vida de um produto no mercado, desde o desenvolvimento até seu

declínio. O ciclo de vida desses equipamentos é dividido em quatro etapas, pré aquisição, incorporação, operação e desativação.

A etapa de pré-aquisição (ou de planejamento) se inicia com a manifestação de interesse, dentro da organização, em adquirir um novo equipamento, ou em substituir um antigo por outro mais adequado e termina com a decisão sobre adquirir ou não o item avaliado (NASCIMENTO, 2008).

A etapa de incorporação se inicia com a assinatura de algum contrato externo referente ao produto em aquisição ou com a alocação de recursos da organização para a realização de atividades relacionadas ao mesmo. É nessa etapa que o equipamento efetivamente chega ao local onde será usado a partir do momento em que tiver condições mínimas de ser posto em operação (NASCIMENTO, 2008).

O período de operação se estende do início do funcionamento do equipamento até sua desativação dentro da organização.

Nesse período, a nova aquisição já faz parte do sistema produtivo e deve contribuir para “pagar” seu investimento inicial e suas despesas correntes, por meio das atividades realizadas com seu auxílio pelos membros da organização. Nessa etapa, as equipes de manutenção e operação são responsáveis pelo bom funcionamento do item instalado e devem cuidar para que seu uso se dê de modo seguro e eficiente (NASCIMENTO, 2008). A figura 4 apresenta ciclo de vida de equipamentos médicos.

Figura 4 – Ciclo de Vida dos Equipamentos Médicos.

Portal ANVISA, CAP. 4 - A engenharia clínica como estratégia na gestão hospitalar

1.4 FLUXOGRAMA

Existem várias ferramentas da qualidade que podem ser utilizadas, porém as mais comuns são Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Fluxograma, Gráfico de Controle, 5W1H e Brainstorming. O quadro 1 apresenta algumas ferramentas e sua melhor forma de utilização.

Quadro 1 – Ferramentas de qualidade e suas aplicações

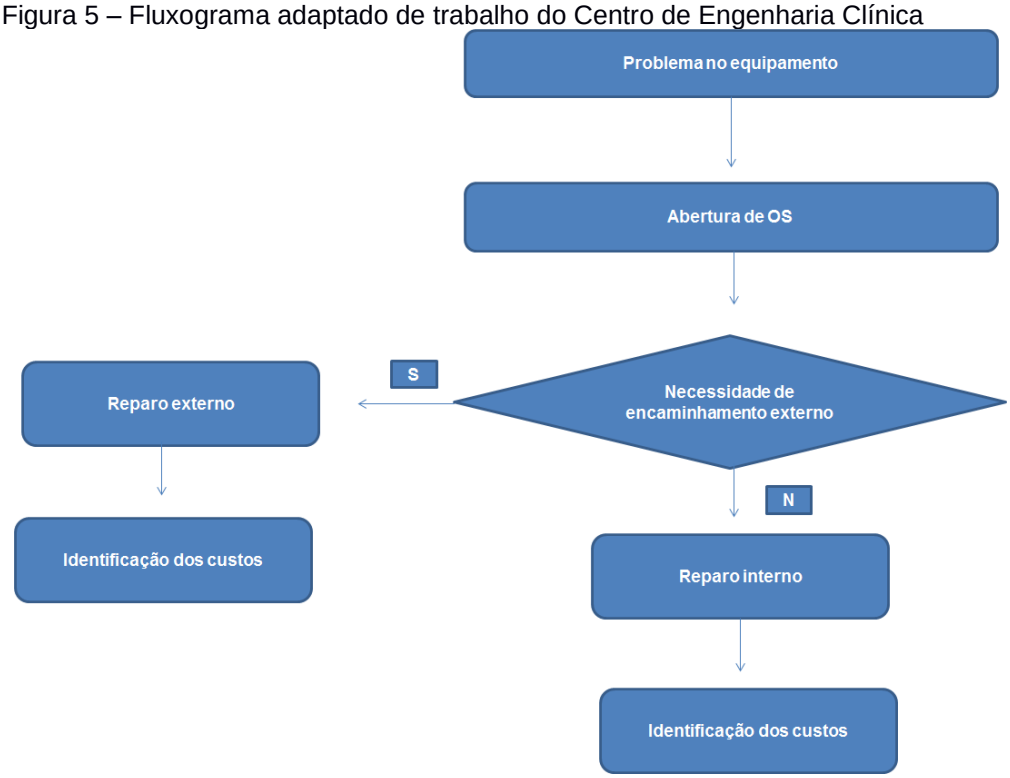
Ferramenta	O que é?	Para que utilizar?
Fluxograma	É um resumo ilustrativo do fluxo das várias operações de um processo	Facilitar a visualização das diversas etapas que compõem um processo
5W1H	É um *checklist* de atividades desenvolvido por colaboradores	Organizar e obter a visão de controle de uma atividade, processo ou plano de ação
5 Porquês	Consiste em questionar sucessivamente 5 vezes o porquê de um problema ocorrer	Encontrar a causa raiz de um problema ou defeito
Brainstorming	É um conjunto de ideias e sugestões criado por membros de uma equipe que permite avanços na busca de soluções	Ampliar a quantidade de opções a serem analisadas.

Adaptado do portal: http://gerenciamentodeproducao.blogspot.com

Para Carvalho (2012, p.369) fluxogramas referem-se "à determinação do fluxo de operações de um processo". O mapeamento desse fluxo permite uma visão global do processo, possibilitando a identificação de operações, ações ou decisões críticas (CARVALHO, 2012). De acordo com Steffen (2011) o fluxograma é utilizado como uma documentação dos passos necessários para a execução do procedimento a ser estudado. Assim, o fluxograma permite a visualização de suas fases, permitindo uma maior compreensão do processo na sua totalidade.

A figura 5 apresenta um fluxograma adaptado de Gomes e colaboradores (2014), que mapearam o fluxo de trabalho das atividades do Centro de Engenharia Clínica HCFMRP-USP.

Figura 5 – Fluxograma adaptado de trabalho do Centro de Engenharia Clínica



Alguns autores na literatura têm destacado a importância de atividades que promovam uma ampliação das informações ligadas aos processos e fluxo de trabalho nas organizações, como uma forma de integrar todos os envolvidos na cadeia de serviços, constituindo uma poderosa ferramenta para análise sistêmica do setor, e dessa forma, auxiliando na realização de uma gestão de excelência e transparência. A elaboração de propostas em potencial para alterar o panorama do fluxo de trabalho é cada vez mais necessária (HUNT, 1996; GEORGAKOPOULOS, HORNICK, 1995; PINHO et al, 2007).

Nesse contexto, o mapeamento do fluxo de trabalho se apresenta como uma ferramenta capaz de promover a visualização completa e consequente compreensão das atividades executadas no setor, os processos e departamentos envolvidos, facilitando e tornando mais simples a identificação de pontos de melhora nos serviços (CORREIA; ALMEIDA, 2002). De acordo com Soliman (1998), o mapeamento do fluxo de trabalho é uma técnica usada para detalhar os processos de negócios, focando os elementos importantes que influenciam o seu comportamento atual.

O mapeamento do fluxo de trabalho da Engenharia Clínica ao longo do tempo foi se modificando para atender a melhor demanda de serviço e a

necessidade do usuário do equipamento, para o melhor tempo de resposta da equipe e de seu fluxo de trabalho.

2. JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento produtivo acelerado da indústria médica hospitalar e a disparidade de cenários nos serviços que abrigam essas tecnologias, somados a gestões ineficientes e escassos recursos em países em desenvolvimento, são uma das principais causas de obsolescência precoce de equipamentos. Especialmente no cenário Brasileiro, há limitações, não só na capacidade de incorporação dos recursos, como também na qualidade de atenção à gestão de recursos.

A detecção da qualidade da atenção à gestão de recursos é um primeiro passo para futuras intervenções neste elo da cadeia operacional do apoio técnico de Engenharia Clínica.

Análises de qualidade da atenção à gestão de recursos são escassas em literatura, assim como o impacto de intervenções de gestão no ciclo de vida de equipamentos ou ainda em custos.

3. OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é descrever o processo de manutenção atualmente aplicado a equipamentos ecocardiográficos em um laboratório de médio porte de um hospital público de nível terciário com características de ensino.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e descrever as ferramentas de análise de custos possíveis de ser aplicadas;
- Identificar e descrever as características dos equipamentos de ultrassonografia que devem ser consideradas em seu processo de manutenção,
- Identificar e descrever os custos de manutenção dos equipamentos ecocardiográficos, comparando-os em períodos anteriores e posteriores à aplicação de manutenção preventiva nos mesmos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 TIPO DE ESTUDO

Este estudo foi desenvolvido como observacional descritivo e de caráter exploratório sobre os processos e custos de manutenção dos equipamentos ecocardiográficos. , envolvendo períodos anteriores e posteriores à aplicação de manutenção preventiva nos mesmos.

4.2 LOCAL DE ESTUDO E AMOSTRA

Este estudo foi realizado no Laboratório de Ecocardiografia do Centro de Cardiologia do HCFMRP – USP Campus, que está sob cuidado de manutenção do CEC do mesmo hospital, onde foram analisados os equipamentos ecocardiógrafos.

4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram selecionados todos os equipamentos ecocardiográficos disponíveis no Centro de Custos do Centro de Cardiologia e com cadastro de patrimônio do HCFMRP-USP da unidade Campus no período de tempo de 2003 a 2018.

4.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Foram excluídos da pesquisa os equipamentos que, embora estivessem em uso no período de tempo de estudo, não foram inseridos no sistema de patrimônio

do laboratório, e por consequência, nunca tiveram seus cadastros no CEC, impossibilitando o rastreio de suas atividades de manutenção.

4.5 PROCESSO DE COLETA DE DADOS

Foram analisados os processos de manutenção aplicados a este laboratório, suas ferramentas, o sistema de custeio aplicado e o ciclo de vida dos equipamentos de forma retrospectiva, no período de tempo de 2003 a 2018. A coleta de dados foi realizada através de consulta aos arquivos de operações do banco de dados do sistema de gestão de equipamentos do HCRP-USP, por meio dos documentos de OS. Informações relacionadas aos (1) equipamentos, (2) os processos de manutenção e (3) sistema de custeio dos mesmos foram analisadas e as variáveis abaixo descritas foram estudadas:

(1)- Variáveis de características dos equipamentos (população em estudo):

- Relação dos equipamentos;
- Portabilidade;
- Data da aquisição/incorporação;
- Tempo de uso (anos)
- Tempo de parada em avaria (meses): significa o tempo que o equipamento ficou em manutenção.
- Tempo de parada por acessórios (meses): significa o tempo que o equipamento ficou funcionando com alguma restrição por falta de acessório.
- Tipos de avarias
- Aplicação por equipamento: significa em que modalidades de exame ecocardiográfico cada equipamento é utilizado;

(2)- Variáveis de processo:

- Quantidade de OS total e por equipamento;

- Quantidade de OS corretivas: ou seja, os chamados para correção de avarias, prestados pelas empresas fabricantes ou prestados pelo CEC;
- Quantidade de OS preventivas: aquelas realizadas internamente, pelo CEC;

(3) Variáveis de custo:

- Custo de incorporação;
- Custos de OS corretivas;
- Custo de OS preventiva;
- Custos por tipo de avaria ou por aplicação.

Análises de custos foram realizadas em dois momentos distintos: pré e pós a implementação das manutenções preventivas pelo CEC do HCRP a partir de 2003.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis contínuas foram expressas como média e desvio padrão e as variáveis categóricas foram expressas como contagem e porcentagem. Estas análises e seus respectivos gráficos foram realizados no Programa Excel (Microsoft, 2010). As análises de correlação entre variáveis contínuas e os respectivos gráficos foram realizadas pelo teste de correlação de Spearman mediante a utilização do software Statistical Package for the Social Sciences - pacote estatístico para as ciências sociais (SPSS) versão 22.0 desenvolvido pela International Business Machines Corporation (IBM).

5. ASPECTOS ÉTICOS

Por se tratar de um estudo com equipamentos médicos e processos administrativos do Laboratório de Ecocardiografia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e por não envolver seres humanos, foi dispensado de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa da instituição (no anexo A), de acordo com a resolução 466/12.

6. RESULTADOS

Foram analisados ao todo 10 equipamentos (grupo de estudo) disponíveis no parque de equipamentos do Laboratório de Ecocardiografia no período de 2003 a 2018 (15 anos), embora alguns deles, ao longo deste período tenham recebido baixa patrimonial e, por outro lado, outros foram incorporados.

Dois equipamentos foram excluídos da análise pelo critério de exclusão de não terem cadastro patrimonial do HCRP (equipamentos adquiridos por verbas de pesquisa e que não foram oficialmente doados ao HCRP).

Os equipamentos foram identificados quanto a seus nomes, modelos e marcas, substituindo estas características pela numeração simples sequencial de 1 a 8. As variáveis de características de equipamentos estão descritas na tabela 1.

Tabela 1 – Características dos Equipamentos de Ultrassom

Características dos Equipamentos de Ultrassom

Equipamento	Data Incorporação	Aplicação	Portabilidade
1	2017	ETT+ETE	SIM
2	2017	ETT+ETE	NÃO
3	2008	ETT	NÃO
4	2007	ETT	NÃO
5	2012	ETT+ ESTRESSE	NÃO
6	2014	ETT+ETE	NÃO
7	2014	ETT	NÃO
8	2003	ETT	SIM

A tabela 2 reúne as variáveis de processo por equipamento, descritas em quantidades de OS, internas e externas.

Tabela 2 – Quantidade de Ordem de Serviço

Chamados

Equipamento	OS Interna	OS Externa
1	0	1
2	1	2
3	32	8
4	34	4
5	24	6
6	21	3
7	8	2
8	9	7

A tabela 3 representa as características dos equipamentos por tempo de uso, tempos de parada, custos de avarias e valor de incorporação.

Tabela 3 – Tempo de Parada e Custos

Tempo de Parada e Custos

	Tempo			Custos		
Equipamento	**Uso (Anos)**	**Parada (meses)**	**Parada Acessório (meses)**	**Manutenções até Dez 2018 (R$)**	**Manutenção Preventiva (R$)**	**Valor Incorporação (R$)**
1	2	0	0	0,00	0,00	91351,05
2	2	5,0	1	129,38	0,00	252201,92
3	11	47,4	5,1	41.075,70	585,07	67200,26
4	12	11,5	5,6	20.886,84	812,58	85000
5	7	50,7	9,1	31.326,15	410,46	177968
6	5	16,6	0,1	24.662,93	311,57	102700
7	5	9,2	0,1	1.227,10	910,56	102700
8	16	20,6	3,3	116.171,65	0,00	186187,81

A tabela 4 demonstra as avarias que os equipamentos passaram e seus custos.

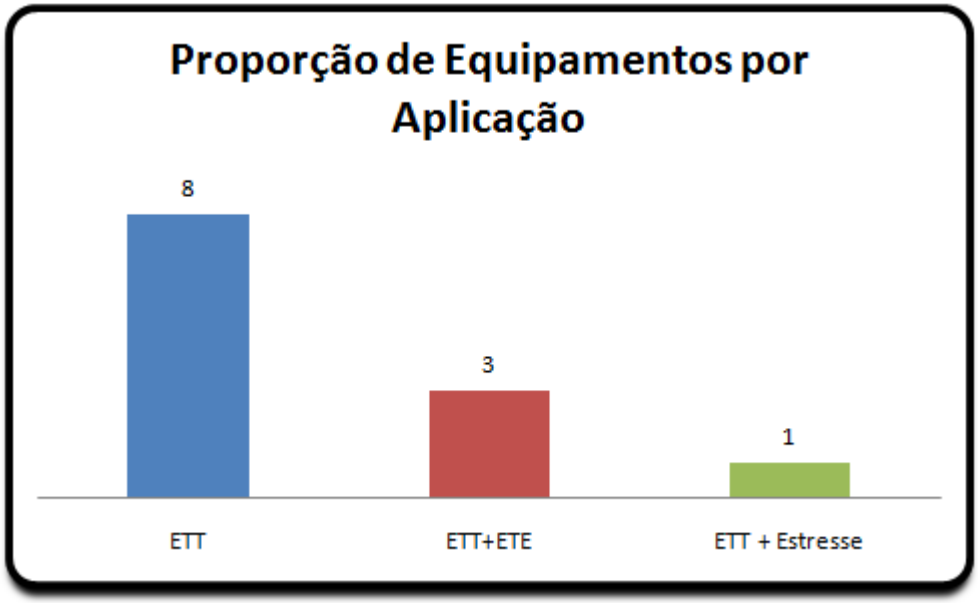
Tabela 4 – Custos por tipos de Avarias

Custos por tipos de Avarias (R$)

Equipamento	Queda de Energia	Programas	Peças	Transdutor	Mau Uso	Limpeza Peças	Reconfiguração Programa	Acessórios	Infraestrutura
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
3	24,43	3.366,34	35.721,33	122,16	11,99	760,8	175,53	2.519,55	0
4	370,53	4.171,66	13.119,8	43,39	2.481,23	15,62	54,08	1.704,26	49,02
5	0	141,85	76.948,49	49.592,8	563,96	64,44	150,2	2.706,66	30,54
6	795,03	0	335,14	27.099,36	0	0	27,82	80,54	0
7	202,9	0	0	36.378,68	0	0	0	1.235,37	0
8	0	5.702,44	101.276,87	27,8	6.826,34	11,22	0	2.326,98	0

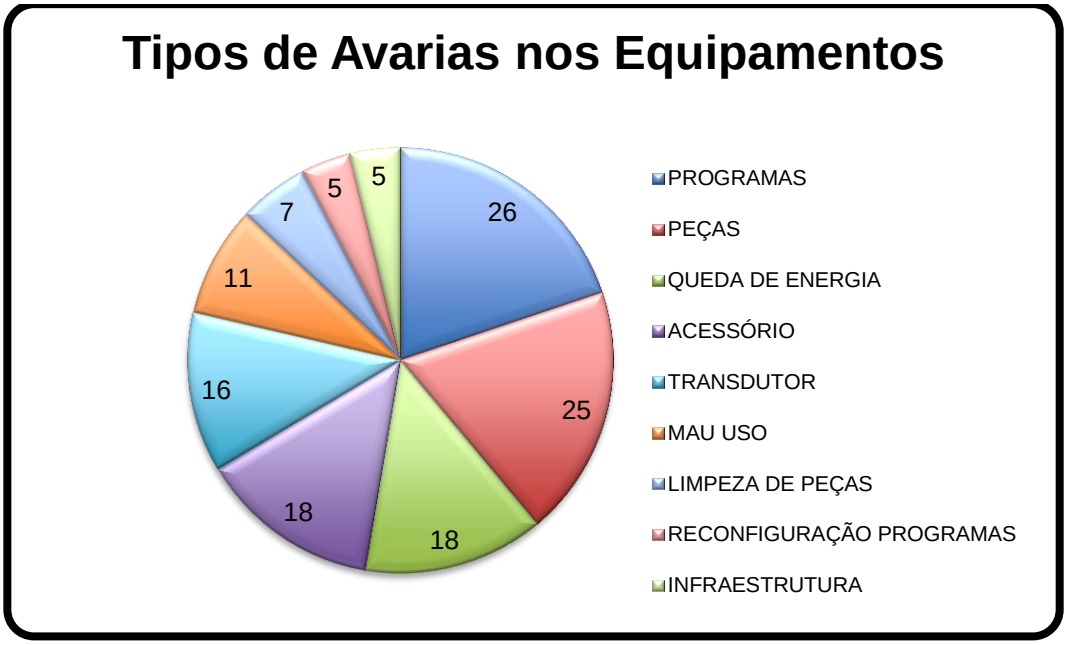
Todos os equipamentos foram aplicados à modalidade ETT, enquanto que 3 deles foram aplicados também a ETE e um deles a exames sob estresse (GRÁFICO 1).

Gráfico 1 – Proporção de Equipamentos por Aplicação



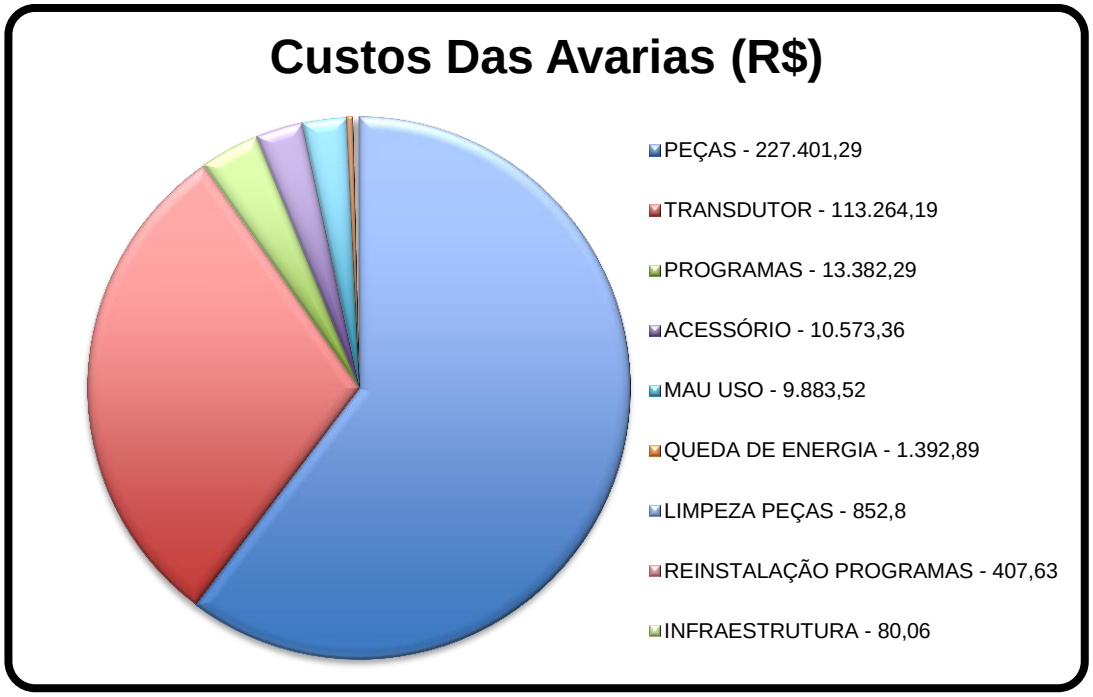
Os tipos de avarias na amostra total de equipamentos estão representados no gráfico 2.

Gráfico 2 – Tipos de Avarias nos Equipamentos



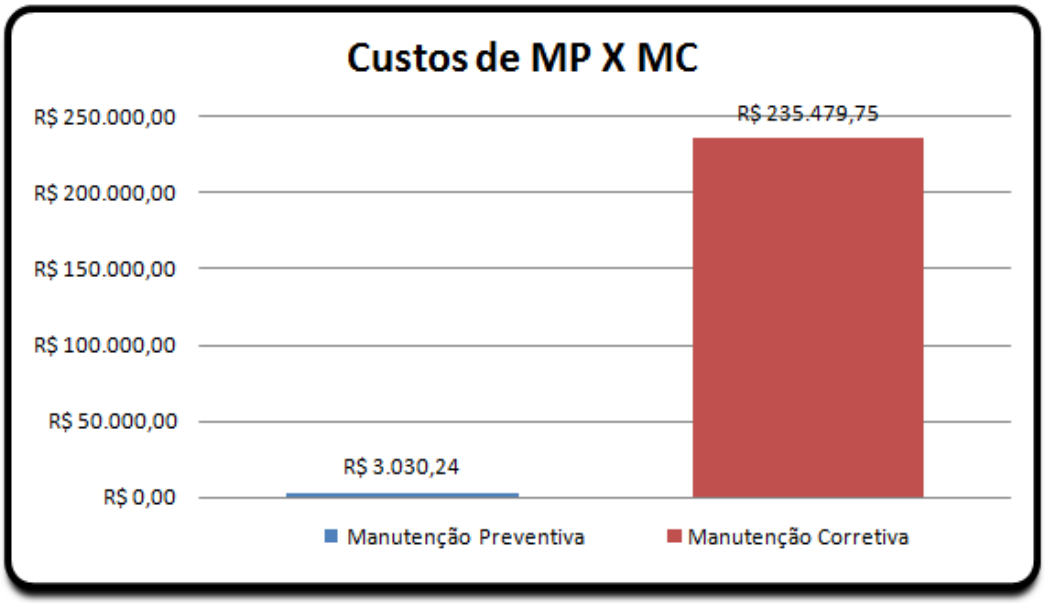
O gráfico 3 representa os custos das avarias na amostra total de equipamentos.

Gráfico 3 – Custos das Avarias nos Equipamentos.



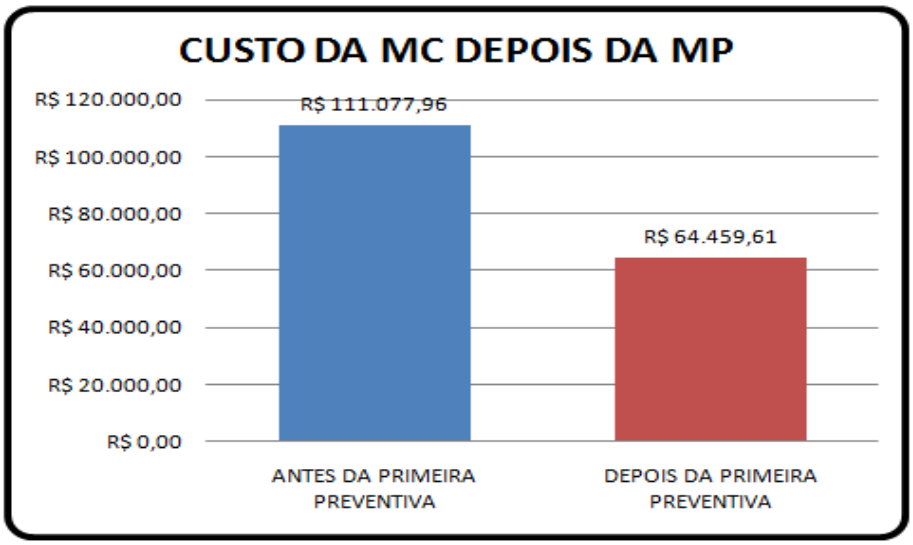
O gráfico 4 representa os custos com manutenção preventiva *versus* os custos com manutenção corretiva na amostra total de equipamentos

Gráfico 4 – Custos em Manutenção Preventiva Versus Custos de Manutenção Corretiva



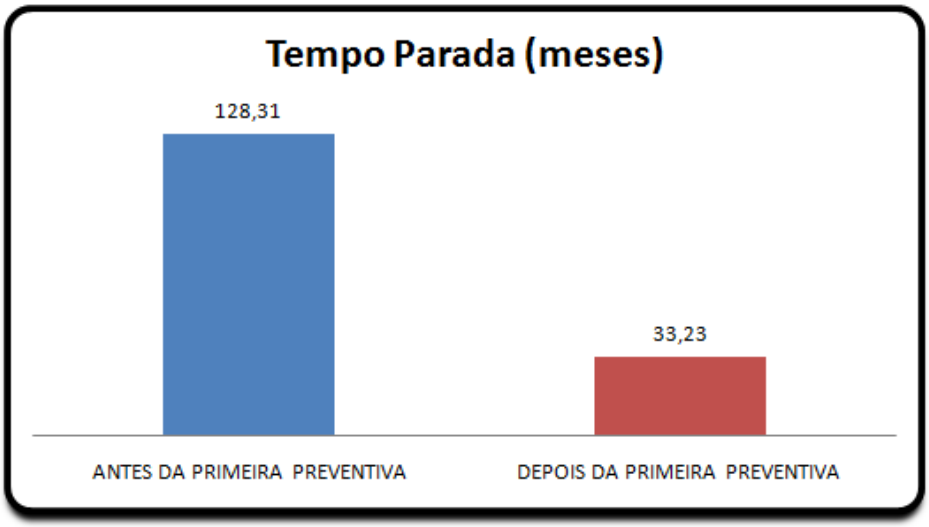
Quando analisados comparativamente os custos com manutenção corretiva de acordo com o marco temporal de antes ou após a implementação do processo de manutenção preventiva interno, realizado pelo CEC do HCRP, nota-se que os valores caem significativamente após a implementação deste processo (GRÁFICO 5).

Gráfico 5 – Custos em Manutenção Corretiva antes e depois da Manutenção Preventiva



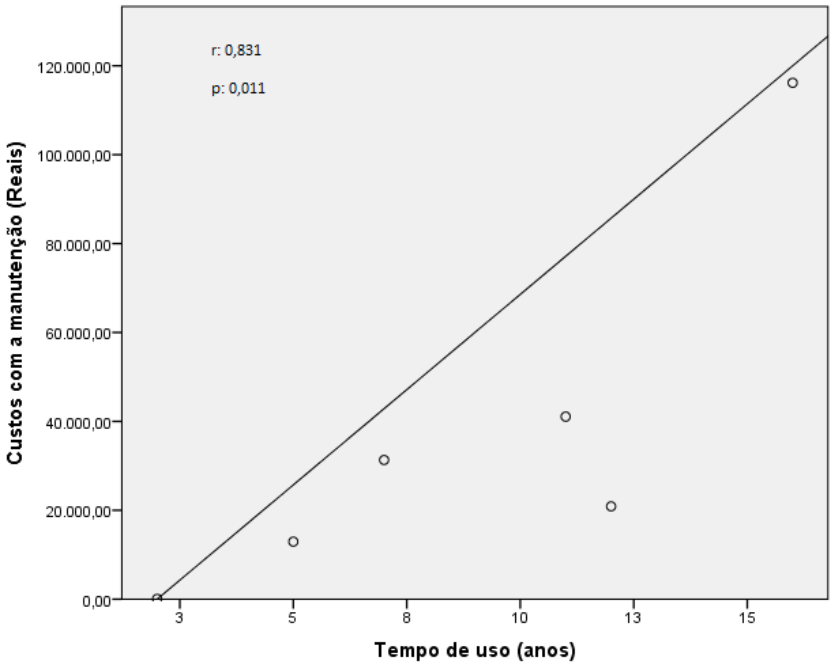
Ainda, nota-se também mudança no tempo de parada dos equipamentos quando analisados antes e depois da implementação do processo de manutenção preventiva.

Gráfico 6 – Tempo de parada antes e depois da manutenção preventiva



Houve correlação (p= 0,011; r= 0,831) dos custos de manutenção corretiva com o tempo de uso dos equipamentos (GRÁFICO 7).

Gráfico 7 – Relação do custo de manutenção corretiva versus tempo de uso de cada equipamento.

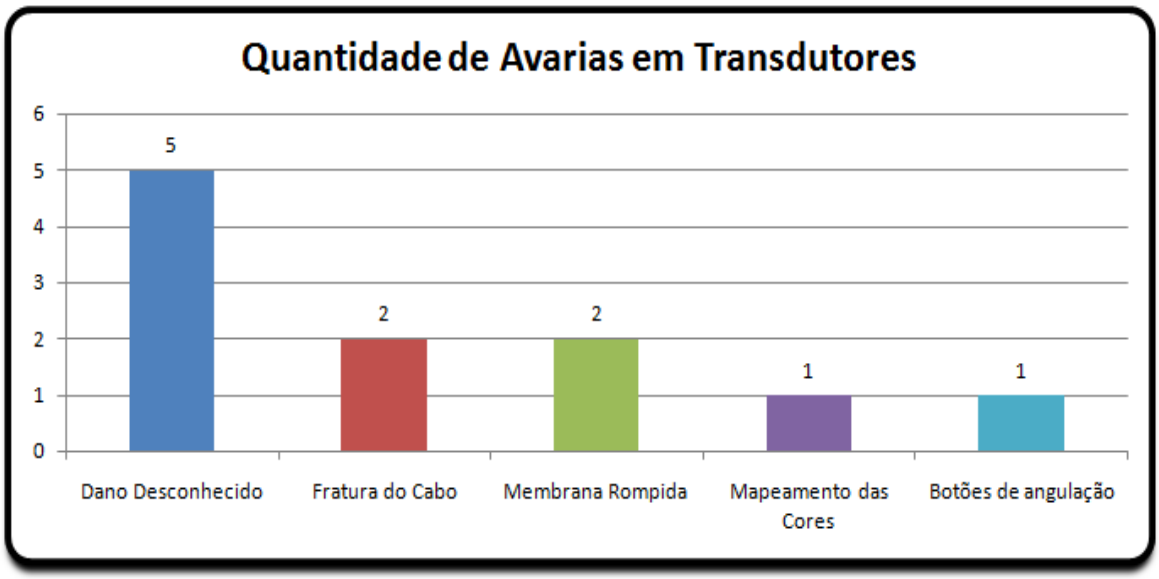


Os custos de manutenção corretiva foram maiores quando o equipamento se aplica à modalidade ETE comparado às demais modalidades (GRÁFICO 8).

Gráfico 8 – Custos de Manutenção Corretiva dependendo da aplicação

Quando analisados os tipos de avarias especificamente a transdutores, nota-se porcentagem significativa de fraturas de cabo e danos à membrana dos mesmos (GRÁFICO 9).

Gráfico 9 – Quantidade de avarias em transdutores



7. DISCUSSÃO

Avarias a equipamentos médicos constituem um sério problema para as instituições de saúde. Além dos prejuízos econômicos, a retirada de um equipamento em uso para os reparos leva a uma perda de atendimento de um volume significativo de pacientes, com prejuízos para a saúde dos mesmos, seja pela demora do diagnóstico ou retardo das ações terapêuticas.

Nas instituições públicas, existem agravantes médicos sociais adicionais, pois os pacientes não têm recursos para procurar outras clínicas de atendimento. Além disso, os procedimentos para reparos nos equipamentos demonstram ser um sério problema, pois a morosidade burocrática, com frequência se depara com a falta de recursos orçamentários para a sua autorização. Somado a estes fatos, está ainda o despreparo dos fornecedores para atender com presteza a demanda, visto que, com frequência, não dispõem de peças de reposição imediata, mas dependem da importação das mesmas.

Neste Laboratório de Ecocardiografia de médio porte, em instituição pública e de ensino, os equipamentos são usados para diversas aplicações ou modalidades de exames Ecocardiográficos. Porém as modalidades de ETE ou de estresse, dependem de apenas um equipamento em geral. Assim, avarias a um destes equipamentos tem ainda maior impacto clínico.

O conceito de portabilidade em equipamentos de ecocardiografia pode ser conflitante. Por definição, portabilidade é a capacidade de movimentação do equipamento, utilizando bateria interna ou não. No entanto, devido à alta instabilidade elétrica na instituição, a utilização dos equipamentos depende de dispositivos de bateria externa, chamados de "nobreaks". Embora os "nobreaks" possam ser também transportados por sistema de rodízios, este fato dificulta em muito a locomoção de um equipamento por um usuário sozinho. Assim, em nosso trabalho, foram considerados como portáteis, os equipamentos compactos, estes apoiados em carrinhos de transporte e que não requerem a utilização de "nobreaks", tendo sua própria bateria interna.

Nosso estudo identifica e categoriza as avarias relacionadas aos equipamentos ecocardiográficos. Esta análise deve ser interpretada com base no grande volume de procedimentos realizados, muitos deles a pacientes no leito,

associado à característica de hospital de treinamento ao qual este laboratório está vinculado. Outros estudos como o de Souza et al. (2017) demonstram, de maneira semelhante ao nosso, alta incidência de avarias em setores com elevado número de profissionais em atuação.

No CEC do HCRP, a quantidade de OS é definida pela quantidade total de chamadas (atendimentos) internos (prestados pela própria Engenharia do HCRP) e externos (prestados por empresas externas ao HCRP). Os chamados (OS) podem abranger tanto avarias de acessórios, pedidos de compras de tradutores, de peças dos equipamentos, quanto às ações de manutenções corretivas e preventivas. A quantidade de OS interna é o número de atendimentos para manutenção de determinado equipamento, acessórios, transdutores e preventivas efetuadas dentro de nossa instituição, executadas pelo CEC em algum nível de sua cadeia de atendimento. A quantidade de OS interna, em sua maior parte, é o primeiro atendimento para identificação da causa da avaria. Após essa identificação, são tomadas as medidas necessárias para resolução do problema internamente, caso não ocorra, sequencialmente, será gerada uma OS externa.

Nossos resultados demonstram grande heterogeneidade no número de OS para a população amostral de equipamentos, independente de sua data de incorporação ou aplicação.

Em nosso estudo quantificamos o tempo de parada dos equipamentos e ainda separamos o tempo de parada por acessórios. O tempo de parada de acessórios isola especificamente quanto tempo o referido equipamento ficou esperando a compra ou reparo de algum acessório como cabos de ECG (eletrocardiograma) ou transdutores. O equipamento em si pode ter tido tempos de parada mais amplos se sofreu outros tipos de avarias. Assim, o tempo de parada de acessórios é menor ou igual, mas nunca maior que o tempo de parada pois este último o inclui.

Nosso trabalho foi capaz de identificar uma variedade de tipos de avarias nesta população de equipamentos. É importante ressaltar a proporção significativa de avarias por danos de programas operacionais e/ou por oscilações de energia. Estes danos têm relação direta entre si. Em teoria, as empresas fabricantes dos equipamentos não costumam disponibilizar "back up" dos programas operacionais dos mesmos. Com isto, as OS necessárias para corrigir estes danos podem ser externas. Reconhecendo esta dinâmica e sua frequência, o CEC, nos últimos anos

desta observação optou por iniciativa própria por fazer "backup" de alguns sistemas operacionais quando possível. Esta ação pode ter sido responsável por uma redução da necessidade de OS externas e consequentemente de custos, de uma monta que este trabalho não pode quantificar.

Outros tipos de avarias foram reconhecidas com este estudo. Avarias por "mau uso" que foram identificadas nas ordens de serviços são definidas pelas quebras ou defeitos ocorridos por consequência da utilização errada do equipamento, identificadas pela falta de treinamento ou falta de conhecimento, do usuário quanto ao seu uso. Esse tipo de avaria pode ser reduzido com treinamentos constantes e implantação de protocolos de utilização. Embora seja um hospital de treinamento, ou, por outro lado, talvez por ser um hospital de treinamento, onde médicos de menos experiência manuseiam os equipamentos, identificamos uma proporção ainda significativa deste tipo de avaria.

A avaria de limpeza de peças está relacionada com a limpeza insuficiente do equipamento e filtro de ar, que são utilizados para resfriamento dos seus componentes internos que geram calor. A falta de limpeza pode gerar outras avarias maiores e mais complexas com custos mais elevados, como, avaria de programa. A utilização de protocolos para a limpeza, e sua periodicidade, são as ações preventivas para este tipo de avarias.

Equipamentos de ultra-som em geral, o que inclui equipamentos de Ecocardiografia, tem um "calcanhar de aquiles" que são seus transdutores. Os transdutores, por serem manuseáveis, são sujeitos a movimentos repetitivos e em alguns casos bruscos, quedas, e por consequência sofrem danos com uma frequência ainda maior que outros componentes do equipamento de Ecocardiografia.

Em nosso estudo, grande parte dos danos a transdutores não foi identificado, ou esta informação não foi corretamente registrada nos arquivos de OS. Dentre os danos reconhecidos, é grande a causa por fraturas no cabo e rotura da membrana. A membrana é a estrutura que protege os cristais piezoelétricos. Esse material piezoelétrico é delicado e de custo elevado, e nem sempre é possível de ser reparado. A manutenção a transdutores é aplicável, em alguns casos de quebra, em cabos, conectores e membranas, nunca com o fabricante, mas com empresas externas específicas, sendo que a troca dos mesmos gera custos sempre elevados.

Segundo Souza et al. (2017) que estudando 10 equipamentos de ultrassom de marcas e modelos diferentes em setores variados dentro da instituição de estudo, concluiu, diferentemente deste estudo, que a maior proporção de avarias está nos transdutores. Os autores interpretaram que tal fato era consequência da alta utilização em um dos setores em específicos. Porém apenas quatro tipos de avarias foram elencadas: defeito monitor, defeito teclado, defeito transdutor e demais defeitos, não considerando os defeitos em sistemas operacionais que, como descrito acima, são importantes responsáveis pelo tempo de parada de equipamentos. Equipamentos de uso médico agregam um alto custo, não só de implementação, mas ainda de manutenção. Em um cenário público de um país em desenvolvimento que, ao longo do tempo deste estudo, enfrentou período significativo de recessão econômica, este aspecto tem impacto direto na redução da capacidade e qualidade de atendimento justamente à população mais afetada pela situação econômica. Somado a isto ainda está à desvalorização da nossa moeda frente ao dólar americano, moeda que rege os custos de tais tecnologias.

Considera-se como custo de manutenção o valor total de todos os gastos com manutenção desde a data de incorporação até final da vida útil do equipamento. Este custo engloba todos os tipos de manutenção, preventivas ou corretivas. Esta variável utilizada para gerenciamento de aprovações futuras de manutenção e ou compra de peças e transdutores. Vale ressaltar que muitas vezes, a tomada de decisão de compra de equipamentos em uma instituição pública está vinculada a existência de verbas mais do que à necessidade clínica da substituição isoladamente. Segundo Wright (2012), que estudou a vida útil de equipamentos de radiologia incluindo ultra-som e outros, concluiu que, a análise dos custos da manutenção corretiva é fundamental para tomada de decisões em relação à aquisição de novas tecnologias. Os custos de manutenção corretiva a equipamentos hospitalares em geral variam entre 9% a 11% do custo de aquisição equipamento, o que ressalta a importância desta análise (BRONZINO, 1999).

Uma análise de custos em manutenção de equipamentos pode guiar o administrador na difícil tomada de decisões acerca da desincorporação de um equipamento, principalmente neste cenário econômico descrito acima. Casaroto (1986) cita que as decisões de desincorporação são de grande importância para qualquer organização, pois em geral são irreversíveis, ou seja, uma decisão inadequada pode comprometer grandes quantias de dinheiro.

Nossos dados mostram que o custo com manutenções preventivas, como são realizadas internamente pelo próprio CEC, são bastante inferiores aos custos com manutenções corretivas. Ainda, quando analisados os custos totais para o grupo de equipamentos analisado, há diferença significativa antes e após o momento da implementação do processo interno de manutenção preventiva. Portanto, uma ação de baixo custo como a manutenção preventiva pelo próprio CEC pode impactar de maneira imediata e significativa os custos de manutenção de um Laboratório de Ecocardiografia. Verificou-se que ocorreu uma diminuição das manutenções corretivas, após iniciar o processo de preventivas. Esse entendimento, embora também já aplicado a outras áreas de nossa instituição, não tinha tido seu impacto ainda quantificado, à maneira que realizamos com este trabalho.

Nossos dados permitiram ainda comprovar o quão alto é o custo com manutenções corretivas ligadas a reparo de peças (segunda maior causa de avarias como pudemos mostrar) em equipamentos de Ecocardiografia. Isto acontece, dentre outros fatores, pelo fato de as peças não serem de fabricação local, necessitando, portanto de importação.

Embora as análises por tipos de avarias tenham demonstrado que as avarias em transdutores não tenham sido o tipo de avarias mais prevalente, mas o quinto tipo em prevalência, os custos de reparos em avarias por transdutores ocupa a segunda posição na proporção de custos. Portanto, mesmo com cuidados que possam evitar danos aos transdutores, quando os danos acontecem, eles demandam alto custo de reparo. Isto acontece, pois, como já foi descrito acima, na maioria das vezes estes transdutores danificados tem que ser substituídos por novos.

Uma vez que grande parte destes danos a transdutores foi identificada como fratura de cabo, o uso de protetores do cabo de transdutores, que são dispositivos comercialmente disponíveis, funcionando como uma capa rígida na origem dos cabos pode ser uma alternativa de prevenção a este tipo de dano.

Os custos com re-instalação de programas operacionais ocupam o terceiro lugar na prevalência total e são decorrentes de chamados externos para re-instalação de programas corrompidos. A partir da implementação de algumas medidas internas pelo CEC, no ano de 2013 como manter cópias de alguns programas quando possível e de configurações definidas pelo operador o próprio

CEC pode corrigir estas avarias a programas sem a necessidade do custo de chamada externo das empresas fabricantes.

Percebemos ainda, com este trabalho, que o custo de manutenção corretiva por equipamento é reduzido quase que a 50% após a primeira manutenção preventiva. Isso demonstra que a preventiva é importante para prever possíveis problemas que o equipamento pode vir a apresentar futuramente. Podemos dizer que a manutenção preventiva começa com a consciência e treinamento do usuário para a melhor utilização do equipamento, seguindo da limpeza e cuidado com o mesmo e termina com a própria execução da preventiva, que é a verificação e realização de testes do equipamento pelo CEC.

Nossos dados permitiram ainda comprovar que há relação direta do custo de manutenções corretivas com o tempo de uso dos equipamentos. Não há ao certo uma definição de "validade" de um equipamento de Ecocardiografia. Algumas empresas fabricantes sugerem tempos de 5 a 10 anos.

Quando relacionados de acordo com o tipo de aplicação, ou modalidade de exame, os custos de manutenção a equipamentos que realizam ETE são significativamente maiores. Isto está claramente relacionado aos custos com transdutores nesta modalidade que, como já discutido anteriormente, são mais elevados. Assim, Laboratórios de Ecocardiografia que disponham desta modalidade como este estudado devem prever este custo maior, inclusive, contando com redundância de sondas para que a modalidade não fique indisponível com frequência. Tais informações podem ser importantes no planejamento de aquisições de equipamentos.

Conhecer os custos de manutenções corretivas de cada equipamento permite a identificação se o equipamento está em declínio de sua vida útil (Santos, 2009), como demonstrado no ciclo de vida útil de equipamento médico, e apoia a decisão de substituição dos mesmos. De acordo com Manso (2012) os custos da aquisição somados aos custos com manutenção, preventivas e corretivas, fornecem elementos na determinação do término do ciclo de vida de um equipamento.

8 IMPACTO CLÍNICO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Com base nos dados aqui apresentados, novos protocolos de fluxo de trabalho do Centro de Engenharia Clínica podem ser desenvolvidos. Estes protocolos podem ser aplicados não só ao Laboratório de Ecocardiografia, mas provavelmente, estendidos a outros Laboratórios de Ultrassonografia de instituições com características semelhantes aqui estudada.

As medidas que podem ser sugeridas, reforçadas ou agregadas são:

1- Coleta de informações de OS padronizada, de forma que seja apenas selecionado, de uma lista já definida, a causa para o chamado, o que classificaria a causa da avaria, e na sequência, confirmada ou não pelo responsável pelo diagnóstico da avaria;
2- Manutenções preventivas periódicas que incluem limpezas internas e de filtros;
3- Treinamento de usuários médicos ou não médicos quanto a limpeza de filtros removíveis, exportação periódica de imagens arquivadas preservando memória interna dos programas operacionais;
4- Capacitação do CEC para ter "backup" dos programas operacionais e das configurações dos mesmos, ajustados de acordo com a preferência do usuário;
5- Sugestão de uso de protetores de cabos dos transdutores e treinamento dos usuários para este uso, mantendo a adequada higiene das cabeças dos transdutores;
6- Sugestão de uso de dispositivos de bateria externa aos equipamentos que trabalham fixos em salas do laboratório ou de investimento em equipamentos portáteis e compactos quando os exames forem feitos fora dos laboratórios (no leito);
7- Dedicar funcionários do Centro de Engenharia Clínica a laboratórios com demandas específicas como os de ultra-som ou Ecocardiografia;
8- Propor que os trabalhos de gestão e de planejamento de incorporação de equipamentos avaliem tanto os indicadores de avarias quanto de custos de manutenção aqui elencados para o

planejamento não só do produto a ser adquirido como ainda da periodicidade de substituições.

Com base no exposto acima, uma nova ficha de trabalho para gerenciamento de OS foi proposta e anexada (Anexo B) foi proposto também um fluxograma para atendimento de manutenção preventiva e anexada (Anexo C). Para utilização das ferramentas será necessário realizar uma fase de treinamento e adaptação, de toda equipe que utiliza o sistema de OS.

9 LIMITAÇÕES

Este estudo embora tenha abrangido um amplo período de tempo, teve desenho observacional retrospectivo, baseando-se, pôr isto, em coleta de informações arquivadas nas OS, o que pode ter sido falho. Além disto, no período de estudo, alguns equipamentos do grupo já estavam em evolução avançada de sua vida útil, portanto, os equipamentos não tinham o mesmo tempo de vida. A coleta de dados para este estudo aconteceu ao longo dos anos de 2016-2019, e algumas mudanças no fluxograma de trabalho já foram sendo agregadas naturalmente neste tempo, o que pode gerar uma viés de análise durante estes últimos anos deste estudo.

10 CONCLUSÃO

O processo de manutenção e o fluxograma de trabalho do Centro de Engenharia Clínica a um Laboratório de Ecocardiografia de médio porte e de multimodalidades pode ser aperfeiçoado e modificado incluindo indicadores que se provaram de utilidade na caracterização de avarias e de custos de manutenções.

Os danos a equipamentos de Ecocardiografia são significativos, não só a transdutores e peças internas, como também a acessórios e programas operacionais. Os danos a programas operacionais, muitas vezes, são causados por oscilações de energia. O custo relacionado a estes danos, especificamente, pode ser reduzido com a capacitação do Centro de Engenharia Clínica para backup dos programas. As manutenções preventivas realizadas pelo próprio Centro de Engenharia Clínica reduzem de maneira significativa os custos com manutenções corretivas.

11. REFERÊNCIAS

ANTUNES, E; VALE, M.; MORDELET, P.; GRABOIS, V. (2002), **Gestão da Tecnologia Biomédica – Tecnovigilância e Engenharia Clínica.** Paris: Éditions Scientifiques ACODESS, 210 p.

ASSEF, R. **Guia prático de formação de preços: aspectos mercadológicos, tributários e financeiros para pequenas e médias empresas**. Rio de Janeiro, Campus, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Confiabilidade e mantenabilidade: **NBR ISO 5462.** Rio de Janeiro, 1994.

BONACIM, C.A.G.; ARAÚJO, A.M.P. Gestão de custos aplicada a hospitais universitários públicos: a experiência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP. **Revista de Administração Pública**, v. 44, n. 4, p. 903-931, 2010.

BRANCO FILHO, G. **Indicadores e Índices de Manutenção.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.

BRANCO FILHO, Gil. A organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção. São Paulo: Ciência Moderna, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Equipamentos Médico-hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção**. Brasília, DF, 2002.

BRONZINO, J.D. **Management of Medical Technology:** A Primer for Clinical Engineers. 2. ed. Boston (MA): Buttenivorth-Heinemann. 1999.

CALIL, S.J.; TEIXEIRA, M.S. **Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998. 11 v. (Coleção Saúde & Cidadania).

CARVALHO, M.M; PALADINI, E.P. (Coord). **Gestão da qualidade: teorias e casos.** 2. ed. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2012. 430 p.

CORREIA, K.S.A., ALMEIDA, D.A.A. Aplicação da técnica de mapeamento de fluxo de processo no diagnóstico do fluxo de informações da cadeia cliente-fornecedor. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Curitiba - PR; 2002. p. 1-8.

FERREIRA, F.R. **Proposta de Implementação de Indicadores em Estruturas de Engenhara Clínica – EEC**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2001.

GEORGAKOPOULOS D, HORNICK M. An Overview of Workflow Management: From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure. **Distrib Parallel Databases**, v.3, pp.119-53, 1995.

GOMES, A.; FAUSTINO, G.; TONANI, M.; PORCINCULA, S.; SOMERA, S.; BEICKER, W.; PAZIN-FILHO, A. Mapeamento do fluxo de trabalho das atividades em engenharia clínica: a experiência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo. **Medicina (Ribeirao Preto. Online)**, v.48, n.1, p. 41-47, 2015.

Governo do estado de São Paulo. **Relatório de atividades 2014 Hospital das clínicas da faculdade de medicina de Ribeirão Preto**. Disponível em: <http://www.hcrp.fmrp.usp.br/sitehc/upload/RelatoriodeAtividades_HCRP_2014.pdf> Acesso em: 10 de novembro de 2015.

HUNT, V.D. **Process mapping: how to reengineer your business processes.** 1sted. New York: John Wiley &Sons, Inc.; 1996.

KARDEC, A.; NASCIF, J.A. **Manutenção – Função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J.A. **Manutenção-função estratégica.** Qualitymark Editora Ltda, 2001.

KARMAN J.B.; FIORENTINI, D.; KARMAN, J.N.M. **Manutenção Hospitalar Preditiva**. São Paulo: Pini, 1994.

LIRA FILHO, et al. Recomendações para Acreditação de Laboratórios de Ecocardiografia. **Arq Bras Cardiol**: Imagem cardiovasc, v.31, n.2, pp.82-88, 2018.

MANCUSO, F.J.N. et al. Uso da Ecocardiografia Ultraportátil Direcionada em Serviço de Emergências Clínicas. Arq Bras Cardiol. 2014; [online].ahead print,

MANSO, J.M.D. **Práticas de Gestão de Equipamentos Médicos no Hospital da Luz.** Relatório de estágio. Mestrado em Engenharia biomédica e biofísica. Universidade de Lisboa. 2012.

MARTINS, D. B.; PORTULHAK, H.; VOESE, S. B. Gestão de custos: um diagnóstico em hospitais universitários federais. **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, v.12, n.3, p. 59-75, 2013.

MONTEIRO, G.A.; MONTEIRO, G.A. **Análise e proposta de melhoria na gestão de manutenção: um estudo de caso em uma unidade hospitalar pública.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal Fluminense, 2017.

NASCIMENTO, L.N. **Um método para a avaliação de custos dos equipamentos médico-hospitalares nos procedimentos de assistência à saúde.** Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas. 2008.

OLIVEIRA, D.F. A implantação de um sistema de gestão de custos no hospital universitário pela ebserh: um estudo de caso com utilização do PMBOK. **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, p.122-139, 2017.

PINHO, A.F; LEAL, F., MONTEVECHI, J.A.B; ALMEIDA, D.A. Combinação entre as técnicas de fluxograma e mapa de processo no mapeamento de um processo produtivo. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Foz do Iguaçu, PR; 2007. p.1-12.

SANTOS, F.A.S. **Proposta de Sistema para Obtenção de Indicador de Apoio no Processo de Decisão de Substituição de Tecnologia Médicohospitalar**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Normatização dos Equipamentos e Técnicas de Exame para Realização de Exames Ecocardiográficos. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v.82, n.2, p.1-10, 2004.

SOLIMAN F. Optimum level of process mapping and least cost business process re-engineering. **Int J Oper Prod Manag.** 1998; n.18, pp. 810-16.

SOUZA, A.M.; SIMÃO, E.M.; SALAZAR, R.F.S.; RODRIGUES JÚNIOR, L.F. Estudo da manutenção de equipamentos de ultrassom em um hospital escola do Rio Grande do Sul. **Disciplinarum Scientia**. Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 319-328, 2017.

STEFFEN, R.F. **Análise da Implantação do macroprocesso do crédito tributário como uma ferramenta de redução de custos e otimização da receita tributária**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011.

SULLIVAN, G.P.; PUGH, R.; MELENDEZ, A.P.; HUNT, W.D. **Operations & Maintenance Best Practices A Guide to Achieving Operational Efficiency. Pacific Northwest National Laboratory for the Federal Energy Management Program.** 2004.

THUESEN, G.J.; FABRYCKY, W.J.**"Engineering economy** (9th ed.)", Englewood Cliffs, PrenticeHall, 2001.

TINOCO, P.H.D.S. **Projeto sobre Implementação e Gestão de Técnicas de Manutenção para Melhorar Resultados Operacionais**/Pedro Henrique Dorea de Souza Tinoco. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2017.

VIANA, H.R.G. **Planejamento e Controle da Manutenção.** Qualitymark. Rio de Janeiro, 2009.

WEBSTER, J.G. **Medical Instrumentation, application and design**. 2ªed., 1992, p. 752-792.

WRIGHT, C.J. Radiology equipment maintenance and contract procurement in the UK. **Radiol Manage.,** v.34, n.5, pp.32-5, 2012.

ANEXO A

Ribeirão Preto, 13 de setembro de 2017

Ilma. Dra. Marcia Guimarães Villanova
Coordenadora do Comitê de ética em Pesquisa do HCFMRP e FMRP- USP

Venho por meio de este solicitar dispensa da análise do Comitê de Ética, uma vez que o estudo do Projeto de Mestrado Profissional consiste em análise de equipamentos médicos, suas avarias, e os valores financeiros. Segue o resumo para apreciação:

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - HCRP
16:30 h
Recebi
13/09/17

Sem mais,

Atenciosamente.

Aluno: Gabriel Peres Mazzoni NUSP 9064280

Ass.: _____

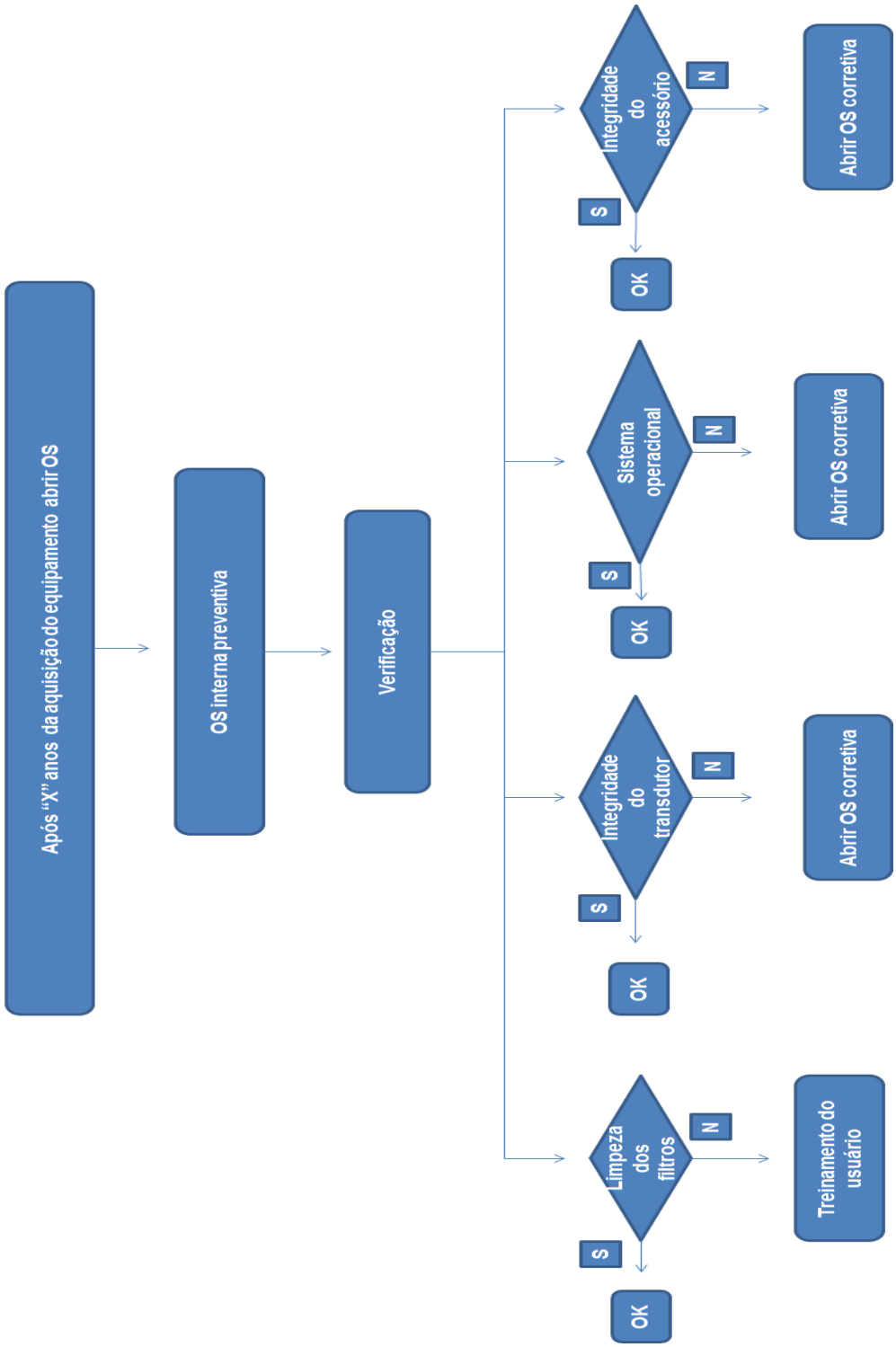
Não há necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa:

Dra. Marcia Guimarães Villanova
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa do HC e FMRP-USP
18/09/2017

ANEXO B

FICHA PARA GERENCIAMENTO DE OS		
Local da avaria	Diagnóstico da avaria	
( ) Equipamento	( ) Infraestrutura	( ) Rede de informática
		( ) Ar condicionado
		( ) Queda de energia
	( ) Reinstalação de programas	
	( ) Peças	
	( ) Limpeza	
	( ) Mau uso	
( ) Acessórios	( ) Cabo de ECG	
	( ) Cabo de energia	
( ) Transdutor	( ) Fratura do cabo	
	( ) Mapeamento das cores	
	( ) Botões de angulação	
	( ) Membrana danificada	
	( ) Outros	
( ) Tempo Atendimento	Data de Parada (/ /) Data da Resolução Avaria (/ /)	

ANEXO C


Após "X" anos da aquisição do equipamento abrir OS
OS interna preventiva
Verificação
Limpeza dos filtros
S
N
OK
Treinamento do usuário
Integridade do transdutor
S
N
OK
Abrir OS corretiva
Sistema operacional
S
N
OK
Abrir OS corretiva
Integridade do acessório
S
N
OK
Abrir OS corretiva