



**Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica**

VITOR CARVALHO BORGES DE MORAIS

**ANÁLISE DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO DE BISTURIS
ELETROCIRÚRGICOS DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE UBERLÂNDIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Uberlândia
2019

VITOR CARVALHO BORGES DE MORAIS

**ANÁLISE DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO DE BISTURIS
ELETROCIRÚRGICOS DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE UBERLÂNDIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Trabalho apresentado como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Pasquini Santos

Assinatura do Orientador

Uberlândia
2019

Dedico este trabalho ao meu Pai, Renato, minha Mãe, Monair e ao meu Irmão Marcelo, por sempre estarem ao meu lado e me ajudarem nos momentos importantes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus a oportunidade de estar no curso de Engenharia Biomédica da UFU, por ter condições de percorrer toda a difícil caminhada da graduação até aqui, e pelo conhecimento adquirido ao longo dos anos.

Agradeço ao meu orientador Professor Fernando, que durante a disciplina de Eletromagnetismo que me ministrou e a orientação do TCC, sempre se mostrou paciente, disposto a me ajudar no que for preciso, e compreensivo.

Agradeço a Professora Selma, que apesar de não ser minha orientadora, me ajudou sempre que precisei, sempre também, mostrando aos alunos durante todo o curso, as necessidades, exigências e especialidades que nos esperam no mercado de trabalho.

Meus agradecimentos em especial para a minha família, minhas tias, em especial à minha tia Marly que foi e continua sendo uma segunda mãe, e a minha tia Maria Luiza que ultimamente vem me dando grande apoio emocional, em busca da graduação, as minhas duas avós: Alayde L. M. Borges e Maria de Lourdes Carvalho, que sempre enfatizaram a importância dos estudos e sempre fizeram questão de ressaltar o quão inteligente me achavam, embora ao longo do curso eu partilhei de algumas dúvidas.

Agradeço à minha namorada, Dra. Ligia Carolina Prado, que se esforçou para me auxiliar neste trabalho, com sua experiência em trabalhos acadêmicos ao longo da sua carreira.

Agradeço às amigas adquiridas durante o curso, que embora poucas, foram verdadeiras, me considero com sorte por ter conhecido pessoas como meus amigos Homero Castro, Natália Policena, Geyza Rocha, Rodrigo Paroli, Justino Neto e Caio Tonus Ribeiro, por sempre terem sido tão gentis e importantes nessa caminhada.

Aos meus dois companheiros de república, Lucas Eduardo Martins Dutra, e Edison Baptista Godoy Neto, que durante os anos de convivência se tornaram irmãos, e embora não saibam, me ofereceram um grande amparo emocional para seguir em frente sempre, com tranquilidade e confiança.

E meus maiores agradecimentos, ao meu irmão Marcelo Carvalho Borges de Moraes, a pessoa mais bondosa que conheço, ao meu Pai Renato Borges de Moraes, capaz de fazer o que for preciso pelos filhos, o melhor pai que existe, e a minha Mãe Monair, na qual busco sempre exemplos de disciplina, honestidade, bom senso e força de vontade.

Não existem palavras para descrever o que significam para mim, são os responsáveis por eu chegar até aqui, sou eternamente grato a eles.

RESUMO

O bisturi elétrico ou eletrocirúrgico (BEC) é um equipamento médico assistencial (EMA) utilizado em cirurgias denominadas eletrocirurgias ou diatermias. Ele pode ser usado em praticamente todas as especialidades cirúrgicas, e apresenta como vantagem incisões rápidas, mais precisas e uma maior facilidade na remoção de tecido hipertrófico. Este estudo teve como finalidade analisar a manutenção dos bisturis eletrocirúrgicos presentes no Hospital de Clínicas de Uberlândia (HCU), obtendo os indicadores de manutenção, para definir medidas de melhorias nesse processo. Os indicadores são: disponibilidade (DISP), tempo de reparo (TMR) e tempo médio entre falhas (TMEF). Usando esses indicadores, objetivou-se propor soluções para a melhoria da manutenção destes equipamentos. Para isso, foi utilizado o software SisBiE (sistema de bioengenharia) para coletar dados referentes aos bisturis elétricos desde sua implementação em janeiro de 2014 até maio de 2019. Foram feitos os cálculos dos indicadores citados acima, DISP, TMR e TMEF de acordo com definições da literatura e as práticas já realizadas pelo setor de bioengenharia do HCU. O trabalho mostrou que os BECs do HCU possuem grande disponibilidade dentro do estabelecimento devido à competência do setor de bioengenharia em catalogar e realizar o processo de manutenção dos mesmos. Salvo algumas exceções, as quais foram discutidas e analisadas, a maioria dos equipamentos esteve disponível, até a data analisada, cerca de 98% do tempo.

ABSTRACT

The electrical or electrosurgical scalpel (BEC) is a medical assistance equipment (EMA) used in surgeries called electrosurgesis or diathermy. It can be used in practically all surgical specialties, and has the advantage of faster, more accurate incisions and greater ease in the removal of hypertrophic tissue. The purpose of this study was to analyze the maintenance of electrosurgical scalpels present at the Hospital de Clínicas de Uberlândia (HCU), obtaining the maintenance indicators to define improvement measures in this process. The indicators are: availability (DISP), time of repair (TMR) and mean time between failures (TMEF). Using these indicators, the aim was to propose solutions to improve the maintenance of these devices. For this, the software SisBiE (Bioengineering System) was used to collect data referring to the electric scalpel from its implementation in January 2014 until May 2019. Calculations were made of the indicators mentioned above, DISP, TMR and TMEF according to definitions of the literature and the practices already performed by the Bioengineering sector of the HCU. Our work showed that the HCU BECs have great availability within the establishment due to the competence of the bioengineering sector to catalog and carry out the maintenance process of the same. Except for a few exceptions, which were discussed and analyzed, the majority of the devices were available, up to the analyzed date, about 98% of the time.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma de Manutenção Corretiva.....	10
Figura 2: Fluxograma: Planejamento, execução, controle e indicadores.....	14
Figura 3: Relações dos indicadores com ocorrência de falhas ao longo do tempo.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relações de marcas e modelos dos bisturis eletrocirúrgicos utilizados no HCU.....	18
Tabela 2: Data de aquisição e data dos PSM's do aparelho A modelo A1. Segundo dados do software SisBiE.....	18
Tabela 3: Valores das médias dos indicadores, por marca. Valores utilizados da tabela 4.....	19
Tabela 4: Indicadores de manutenção, para TMEF (tempo médio entre falhas), TMR (tempo médio de reparo) e DISP (disponibilidade), seguindo as equações da literatura.....	20
Tabela 5: Indicadores de manutenção, para TMEF (tempo médio entre falhas), TMR (tempo médio de reparo) e DISP (disponibilidade), seguindo as equações da bioengenharia.....	21
Tabela 6: Problemas relacionados ao aparelho 17 da marca A e modelo A6.....	25
Tabela 7: Detalhes dos PSM'S do aparelho 39.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BEC – Bisturi Eletrocirúrgico

DISP – Disponibilidade

EAS – Estabelecimento Assistencial de Saúde

EMA – Equipamento Médico-Assistencial

HCU – Hospital de Clínicas de Uberlândia

MEC – Ministério da Educação

PSM – Pedido de Serviço de Manutenção

SESMT – Setor Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho

SisBiE – Sistema de Bioengenharia

TMEF – Tempo Médio Entre Falhas

TMR – Tempo Médio de Reparo

SUMÁRIO

RESUMO	vi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
SUMÁRIO	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. DESENVOLVIMENTO	4
3.1 FUNCIONAMENTO DO BISTURI ELETROCIRÚRGICO (BEC)	4
3.1.1 BISTURI ELETROCIRÚRGICO E OS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO.....	6
3.2 ENGENHARIA CLÍNICA	7
3.3 HOSPITAL DE CLÍNICAS DE UBERLÂNDIA.....	7
3.3.1 BIOENGENHARIA.....	8
3.4 MANUTENÇÃO	9
3.5 MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.5.1 INDICADORES.....	14
3.5.2 EQUAÇÕES PARA OS CÁLCULOS DOS INDICADORES.....	15
3.5.3 DADOS DE MANUTENÇÃO	17
3.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
4. CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

As boas práticas de serviços de saúde têm a finalidade de demonstrar confiabilidade e a responsabilidade de um órgão público ou privado no tocante ao serviço prestado. No Brasil, o órgão que regula os insumos e tecnologias relacionadas a saúde, é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA):

Criada pela Lei nº 9.782, de 26 de janeiro 1999, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é uma autarquia sob regime especial, que tem sede e foro no Distrito Federal, e está presente em todo o território nacional por meio das coordenações de portos, aeroportos, fronteiras e recintos alfandegados. Tem por finalidade institucional promover a proteção da saúde da população, por intermédio do controle sanitário da produção e consumo de produtos e serviços submetidos à vigilância sanitária, inclusive dos ambientes, dos processos, dos insumos e das tecnologias a eles relacionados, bem como o controle de portos, aeroportos, fronteiras e recintos alfandegados (ANVISA, 2019).

Um dos aparelhos mais importantes no setor cirúrgico atual, devido à sua versatilidade e praticidade, é o bisturi eletrocirúrgico (BEC). Os bisturis elétricos são equipamentos que surgiram por volta de 1925 e são equipamentos eletrônicos que geram correntes de alta frequência com as quais é possível incisionar tecidos moles. O aperfeiçoamento dos acessórios, sua variedade e versatilidade têm tornado possível ao eletrobisturi ser um dos equipamentos mais práticos e úteis na técnica cirúrgica (VASCONCELOS et al., 2003). O bisturi eletrocirúrgico possibilita que determinada operação cirúrgica seja feita de maneira rápida e eficiente tornando a cirurgia mais segura, tanto para o cirurgião quanto para o paciente, que é exposto a um tempo menor de operação. Estes tipos de bisturis eletrocirúrgicos se dividem em duas categorias, sendo elas: o bisturi eletrocirúrgico monopolar e o bipolar. O bisturi também apresenta uma particularidade durante operações em pacientes portadores de marca-passo, visto que a corrente de alta frequência pode desativar o marca-passo (SCHNEIDER JR., 2004).

Porém, como todo equipamento médico assistencial composto por partes eletrônicas, o bisturi eventualmente apresenta problemas durante seu uso. Entre eles, problemas na eficiência da cirurgia devido à falta de troca de calor entre a caneta do bisturi e no tecido submetido ao corte, além da deficiência no isolamento, promovendo descargas elétricas indesejáveis durante o processo cirúrgico, o que no bisturi, tem a particularidade de afetar diretamente os eletrodos gerando uma incisão cirúrgica indesejada, entre outros. (SCHNEIDER JR., 2004).

Os processos de manutenção têm passado por uma evolução e novos métodos surgem para modernizar e evitar paradas desnecessárias de equipamentos. A manutenção corretiva, baseada no conserto da falha funcional, tanto pode ser empregada na correção de um fato não previsto como também pode ser implantada através de um estudo prévio. A manutenção preventiva tenta evitar a falha antes que essa ocorra, especificando intervalos de tempo para as intervenções, já a preditiva baseia-se na falha potencial, que é identificada através de um monitoramento contínuo (PINTO e XAVIER, 2001).

A norma da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), NBR 5462/1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade (ABNT, 2019), define manutenibilidade como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas, mediante procedimentos e meios prescritos. Assim, analisar os indicadores de manutenção desse aparelho tão importante é essencial para determinar o tempo de inatividade do mesmo e a real necessidade de manutenção preditiva e preventiva, determinar métodos para melhorar a eficácia com que os equipamentos serão reabilitados, bem como analisar os problemas recorrentes, incluindo até mesmo uma má utilização do aparelho pelo operador.

Este estudo analisa os dados presentes nos Pedidos de Serviço de Manutenção (PSM's) fornecidos, calculando Tempo Médio Entre Falhas (TMEF), Tempo Médio de Reparo (TMR) e Disponibilidade (DISP).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi calcular os indicadores de manutenção dos bisturis eletrocirúrgicos do HCU (Hospital de Clínicas de Uberlândia) no período de janeiro de 2014 a maio de 2019. Com isso, pode-se evidenciar possíveis melhoras no processo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar o funcionamento do BEC, particularidades, conceitos de eletrodos bipolar, monopolar e eletrocirurgia, tendo em vista um melhor entendimento sobre as possíveis falhas e suas necessidades de manutenção;
- Analisar os resultados dos indicadores e evidenciar os mais relevantes;
- Analisar os dados de Tempo Médio de Reparo (TMR), Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) e Disponibilidade (DISP);
- Realizar comparações entre os resultados da literatura e os da bioengenharia do HCU;
- A partir desses resultados, sugerir algumas soluções para o processo de manutenção.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 FUNCIONAMENTO DO BISTURI ELETROCIRÚRGICO (BEC)

O BEC promove o que se chama de eletrocirurgia ou diatermia, que se caracteriza por ser um processo onde os tecidos biológicos são destruídos através de eletricidade aplicada, coagulando os vasos sanguíneos. A corrente elétrica que circula no aparelho é produzida por um gerador interno e a corrente chega ao corpo do paciente através do eletrodo colocado no tecido cirúrgico alvo, encontrando sua saída por uma placa de metal, com potencial neutro, colocada junto ao corpo do paciente (SCHNEIDER JR., 2004). A importância da placa metálica de potencial neutro colocada no corpo do paciente, é justamente promover o conceito de aterramento de circuitos elétricos. Ela permite, portanto, que a corrente passe pelo corpo do paciente sendo eliminada logo em seguida para o potencial zero (aterrado), através da placa dispersiva (FHB MEDICAL, 2017).

O corte ou a coagulação ocorrem quando a corrente encontra o corpo humano, que tem uma determinada resistência, pois ao encontrar o tecido biológico, através de algo semelhante ao efeito Joule, a corrente converte parte da energia elétrica em energia térmica, agindo no tecido alvo. E baseado nas características dessa corrente e do calor produzido, é que o processo cirúrgico será definido como corte ou coagulação (SCHNEIDER JR., 2004).

Se o aquecimento for lento e fraco, de forma contínua, o calor gerado dentro da célula humana irá fazer com que a água presente no tecido evapore, caracterizando o efeito de coagulação. Caso o aquecimento seja promovido de forma rápida e intensa, a abrasão térmica promove o rompimento do tecido, causado pela destruição brusca da membrana celular e evaporação da água, caracterizando o efeito de corte (FHB MEDICAL, 2017).

Tais processos, com envolvimento de aquecimento direto no tecido, promovendo em ambas funcionalidades a evaporação de água do meio intracelular, permitem que processos cirúrgicos com a utilização do BEC, ocorram com pouco sangramento do paciente (SCHNEIDER JR., 2004).

Os aparatos para eletrocirurgia são compostos por três itens:

- Caixa de controle que transforma a corrente alternada de baixa frequência, em uma corrente contínua de alta frequência, por meio de retificadores e transistores. Esta caixa de controle contém um seletor com os diferentes tipos de corrente: totalmente retificada, parcialmente retificada, retificada e filtrada e fulguração e, ainda, um potenciômetro para regular a intensidade da corrente, uma tomada para o pedal, uma tomada para a peça de mão, uma luz piloto para acender e outra para passagem da corrente;
- Pedal: é o dispositivo que aciona a passagem da corrente na peça de mão. Existem, também, interruptores manuais que são úteis em intervenções cirúrgicas não críticas, operações de clareamento ou dessensibilização;
- Peça de mão: é o bisturi propriamente dito, que leva em sua extremidade eletrodos, peças de tungstênio que realizam o corte. Os eletrodos podem ter formas distintas para realizar diferentes funções. Existem os de posição fixa e atualmente os eletrodos que se dobram, permitindo uma completa angulação (VASCONCELOS et al., 2003).

O BEC utiliza dois sistemas para realizar suas operações:

- **Sistema Monopolar:** Pode ser utilizada em várias modalidades, incluindo corte e cauterização. Através do eletrodo denominado ativo, a energia entra no corpo do paciente e pode promover as duas funcionalidades citadas acima. O eletrodo dispersivo é colocado na parte alvo do corpo do paciente, promovendo a descarga da energia elétrica necessária para a cirurgia. O retorno da corrente se dá pela placa do neutro (placa dispersiva). É uma modalidade versátil e eficaz do bisturi elétrico (FHB MEDICAL, 2017).
- **Sistema Bipolar:** É caracterizado por trabalhar com tensões mais baixas, gerando, para uma resistência constante dentro do corpo do paciente, uma menor corrente. Isso faz com que o aquecimento seja pequeno e lento, fazendo com que o processo cirúrgico característico seja apenas de coagulação, podendo coagular e cauterizar inclusive grandes áreas de tecido. O sistema é denominado bipolar pois sua operação se dá com a utilização de duas pinças em forma reta, curva ou baioneta. Dessa forma, o caminho da corrente elétrica não acontece por mais de um eletrodo para a placa dispersiva, mas sim entre o tecido biológico contido entre as duas pinças, diminuindo o risco de desvio de corrente (FHB MEDICAL, 2017).

Existem quatro modalidades de cirurgia com o BEC:

- **Eletrocoagulação:** formas de onda com potência média, gerando energia térmica suficiente para a coagulação, sendo utilizada para a destruição de tecidos patológicos (BISINOTTO, 2015).
- **Corte:** Corte do tecido alvo, dissecação da área desejada. Promovido por uma descarga brusca de energia, como citada acima (SCHNEIDER JR., 2004).
- **Fulguração:** Coagulação superficial, geralmente utilizada em processo estético, para remoção de manchas (SCHNEIDER JR., 2004).
- **Hemostasia:** Processo comum durante cirurgias, onde se busca estabilizar o fluxo sanguíneo do paciente, prevenindo sangramentos (SCHNEIDER JR., 2004).

3.1.1 BISTURI ELETROCIRÚRGICO E OS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO

Todas as modalidades e funcionalidades do BEC devem ser utilizadas após uma análise contextual da cirurgia, portanto aplicadas pelo cirurgião responsável, visto que é um Equipamento Médico-Assistencial (EMA) que promove vantagens e desvantagens durante sua utilização.

Antes de uma cirurgia com o bisturi eletrocirúrgico, os EMA's devem ser analisados para validar o funcionamento correto do aparelho, ou seja, garantir que irá funcionar corretamente durante o tempo da cirurgia verificando se ainda há necessidade de manutenção ou reparo. Por isso, qualquer EMA a ser utilizado está intimamente relacionado com o processo de manutenção. É importante ressaltar que a primeira e mais indicada forma de manutenção é a preditiva e, depois, com a mesma importância, a manutenção preventiva, necessária para garantir o funcionamento do aparelho em tempo integral no seu melhor estado. Visto que o BEC é um equipamento extremamente importante dentro do HCU, amplamente utilizado nas cirurgias realizadas diariamente, ele não deve apresentar problemas técnicos com alta frequência nem deve permanecer muito tempo em manutenção, pois sua disponibilidade é extremamente necessária nos processos supracitados.

3.2 ENGENHARIA CLÍNICA

Sabe-se que no Brasil, na década de 80, o país enfrentou uma grande defasagem em seus equipamentos médicos. Além de muitos desses equipamentos médicos estarem parados devido à falta de manutenção, calibração, entre outros, o Ministério do Bem-Estar Social, à época, após análises, detectou uma grande falta de pessoal especializado na manutenção destes equipamentos, falta de treinamento para a sua correta utilização e uma grande barreira burocrática imposta pelo governo da época para a compra destes materiais, que eram em maioria importados e não produzidos em território nacional (CENTENARO, 2010). Os profissionais de Engenharia Clínica no Brasil começaram a ganhar espaço durante a década de 80 para suprir tais necessidades dos ambientes de saúde em lidar com os EMA's e realizar a correta manutenção dos equipamentos. Vários cursos de especialização foram surgindo desde aquela época, existindo hoje cursos de graduação completamente relacionados ao entendimento do funcionamento eletrônico dos equipamentos, manutenção, aplicabilidade, gestão, entre outros, tendo como o principal deles o curso de Engenharia Biomédica (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2017).

Atualmente, hospitais de grande porte necessitam do setor de Engenharia Clínica para realização dos procedimentos de manutenção, calibração, instalação, conserto, catalogação, entre outros, do contrário ficaria muito penoso tomar conta de tantos equipamentos dentro do ambiente hospitalar, visto que muitos deles são equipamentos de suporte à vida, e essenciais durante a estadia do paciente no hospital.

Tendo em vista tal contexto, ressalta-se a importância do setor de bioengenharia, formado por profissionais como engenheiros clínicos, engenheiros civis, engenheiros eletricitas, técnicos, entre outros. O setor se torna indispensável em um hospital de grande porte como o Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HC-UFU), e que deseja entregar aos seus pacientes o melhor atendimento.

3.3 HOSPITAL DE CLÍNICAS DE UBERLÂNDIA

O Hospital de Clínicas de Uberlândia (HCU) foi inaugurado em 1970 com a finalidade de auxiliar na linha de extensão para estudantes de Medicina da Escola de Medicina e Cirurgia de Uberlândia. Com o passar do tempo, e devido à competência dos profissionais ali instalados o hospital cresceu no conceito regional, tornando-se, hoje, o

maior prestador de serviços do SUS dentro do estado de Minas Gerais e o terceiro maior hospital dentro das universidades da rede de ensino do Ministério da Educação (MEC) (HCU-UFU, 2019).

O Hospital atende por dia cerca de 3.000 pacientes, incluindo atendimentos básicos no pronto socorro, cirurgias de alta complexidade, entre outros. Ele fornece diversos empregos para os habitantes da região e, somando todas as cidades vizinhas, atende um público de aproximadamente 2 milhões de pessoas, contadas na região ao redor da cidade de Uberlândia, que o possuem como hospital mais próximo para realização de atendimentos (HCU-UFU, 2019).

Devido à grande demanda e responsabilidade em torno da instituição, o hospital necessita de vários profissionais divididos entre seus setores, sendo eles: pronto socorro, centro cirúrgico, SESMT (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho), abrigo de resíduos, central de esterilização, Bioengenharia, propedêutica, etc.

3.3.1 BIOENGENHARIA

O setor de bioengenharia do HCU atua em diversos aspectos dentro do hospital, principalmente na manutenção de equipamentos. A bioengenharia atua também em outras áreas, sendo elas: elétrica, mecânica, almoxarifado, tapeçaria, hidráulica, manutenção predial, marcenaria, entre outros. O setor conta com diversos funcionários para realizar as tarefas citadas (HCU-UFU, 2019).

A solicitação de manutenção de um equipamento pode ser realizada pela plataforma IntraNet e cada solicitação gerada, recebe um número de protocolo e é denominada de Pedido de Serviço de Manutenção (PSM). Diversos PSMs podem ser criados para cada tipo de EMA.

A aquisição e o gerenciamento de dados sobre manutenções são realizados através do software SisBiE (sistema de bioengenharia), implementado em 2014. O SisBiE atua justamente na manipulação dos dados da manutenção preventiva e corretiva, dados tais que quando estudados permitem a análise dos indicadores de manutenção do equipamento.

3.4 MANUTENÇÃO

A manutenção dos EMA's envolve manter o equipamento em uma condição ideal para o seu funcionamento, além de promover a correta instalação do mesmo no setor. Para tal realização é necessário seguir um conjunto de normas de acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), mais precisamente a NBR 5.462/1994 (ABNT, 2019). Para melhor exemplificação serão citados os três tipos de manutenção mais utilizados, sendo eles: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva:

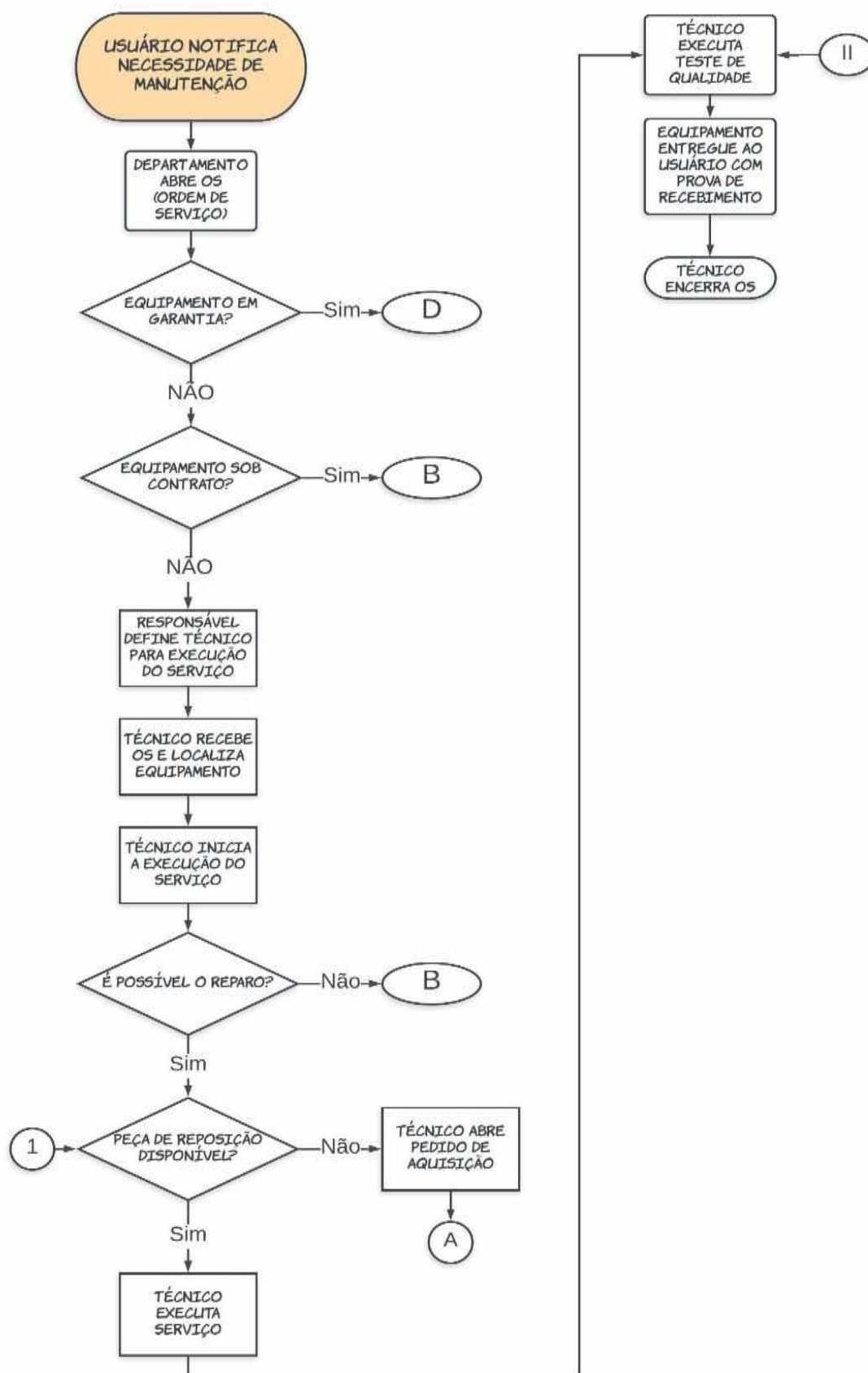
- **Manutenção Corretiva:** Manutenção que consiste em substituir peças ou componentes que se desgastaram ou falharam e que levaram a máquina ou o equipamento a uma parada, por falha ou pane em um ou mais componentes. É o conjunto de serviços executados nos equipamentos com falha. Normalmente, os reparos são executados sem planejamento e em caráter emergencial (BRASIL, 2002).

Durante o processo de manutenibilidade de qualquer equipamento dentro do hospital, a manutenção corretiva é aquela que se deseja evitar por uma série de fatores: não é interessante deixar o aparelho parado no setor durante muitos dias, não é possível determinar se o conserto será realizado de forma eficiente, pois podem faltar algumas peças para o processo, durante a corretiva geralmente é onde se emprega o maior custo, com ferramentas, peças, tempo, entre outros.

Portanto idealmente, as manutenções desejáveis para um aparelho são a preditiva e a preventiva. Durante a análise deste trabalho foram consideradas apenas as manutenções corretivas dos equipamentos do hospital.

A figura 1, traz um fluxograma relacionado ao processo de manutenção corretiva.

Figura 1: Fluxograma de Manutenção Corretiva



Fonte: Autor. Adaptado de: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002.

- **Manutenção Preventiva:** Manutenção efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de uma máquina ou equipamento, ou ainda a degradação de um serviço prestado. É uma intervenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha, ou seja, é o conjunto de serviços de inspeções sistemáticas, ajustes, conservação e eliminação de defeitos, visando a evitar falhas (BRASIL, 2002).

A manutenção preventiva é realizada em conformidade com um cronograma ou com índices de funcionamento da máquina. Normalmente, o período de revisão é baseado em históricos ou recomendações do fabricante. Enquadram-se nessa categoria as revisões sistemáticas do equipamento, as lubrificações periódicas, os planos de inspeção de equipamentos e os planos de calibração e de aferição de instrumentos. Devido à desmontagem do equipamento para revisão, alguns componentes são substituídos antes do fim da sua vida útil, e componentes substituídos apresentam falhas prematuras ou falhas de montagem. Outra desvantagem deste sistema é o alto custo envolvido na revisão (CALIL e SOLON, 2002).

A manutenção preventiva por tempo são os serviços preventivos preestabelecidos através de programação (preventiva sistemática, lubrificação, inspeção ou rotina) definidas por unidades de calendário (dia, semana) ou por unidade não-calendário (horas de funcionamento, quilômetros rodados, etc. A manutenção preventiva por estado são os serviços preventivos executados em função da condição operativa do equipamento (reparos de defeitos, preditiva, reforma ou revisão geral (CALIL e SOLON, 2002).

- **Manutenção Preditiva:** é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se de um processo que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. Assim, atua-se com base na modificação de parâmetro de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. A manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos (CALIL e SOLON, 2002).

Ao adentrar o ambiente hospitalar, um aparelho deve passar pelo processo de instalação, que se caracteriza por diversas análises referentes à instalação correta,

manutenção preditiva e preventiva, calibração, teste de isolamento elétrico entre outros, sendo o processo de manutenção, tanto preventiva quanto preditiva, apenas uma das análises necessárias para instalação do equipamento. Como afirma o Ministério da Saúde:

O recebimento técnico do equipamento deve sempre ser executado por um grupo composto de técnicos e médicos para que seja avaliado se todas as condições impostas pelo edital foram atendidas pelo vencedor da licitação. Somente então, com liberação deste grupo é que o pagamento deverá ser efetuado. São frequentes a entrega de equipamentos com partes faltantes e danificadas, material técnico faltante, fora das especificações técnicas e sem os ajustes e calibrações necessárias à operação. Neste mesmo processo de aceitação, deve ser exigido do fornecedor que verifique todas as exigências técnicas ambientais que foram previamente estabelecidas pelo próprio fabricante. Este procedimento é de extrema importância para que não haja dúvidas quanto à operação adequada do equipamento, assim como, para evitar futuros problemas de paralisação excessiva do mesmo, devido à falta de condições ambientais adequadas. Este procedimento é denominado pré-instalação (BRASIL, 2002).

A pré-instalação é o conjunto de requisitos de arquitetura e de engenharia, especificados pelo fornecedor, que devem ser atendidos pela instituição para instalação de equipamentos médicos. O grupo de manutenção é responsável pela verificação dos requisitos de pré-instalação. Esta tarefa deve ser executada cuidadosamente para evitar problemas na hora da instalação do equipamento. Os itens a serem verificados dependem do tipo de equipamento a ser instalado, mas basicamente são:

1) Condições físicas:

- Área necessária para a instalação do equipamento, espaço livre recomendado pelo fabricante ou normas e área para circulação;
- Rota de passagem para o equipamento chegar ao local da instalação;
- Resistência do piso do local de instalação e da rota de passagem;
- Necessidade da construção de base ou suporte para o equipamento;
- Área de suporte (determinados equipamentos requerem uma área de suporte muito maior do que a área para a instalação do equipamento).

2) Condições de alimentação:

- Elétrica;
- Hidráulica;
- Gases;
- Sistema de estabilização eletrônica de tensão.

3) Condições de proteção e normativas:

- Sistema de aterramento;

- Sistema de proteção contra descargas elétricas;
- Sistema de radioproteção;
- Sistema de alimentação de emergência;
- Compatibilidade eletromagnética (no caso de equipamento que geram campo eletromagnético - ressonância magnética - verificar se as áreas adjacentes consideram as questões relativas a influência dos campos gerados).

4) Condições ambientais:

- Controle da temperatura;
- Controle da umidade;
- Controle de ventilação.

É fundamental garantir que os Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) tenham uma política de responsabilidade em torno dos equipamentos médicos instalados dentro do hospital, pois sua correta instalação define fatores da manutenção preventiva e compõe também parcela da manutenção preditiva, já que a mesma envolve acentuar as capacidades de durabilidade de um aparelho, a respeito de seus valores nominais de alimentação elétrica, condições de funcionamento, temperatura, manuseio, limpeza, etc. Todos os tópicos citados acima contribuem para o bom funcionamento do aparelho e, portanto para a extensão da vida útil do mesmo.

3.5 MATERIAIS E MÉTODOS

A análise de indicadores é uma ferramenta de grande relevância no gerenciamento de EMA's, que são parte fundamental nos cuidados ao paciente. Os indicadores não são usados para medir, de forma direta, a qualidade de um serviço, realizando a análise do mesmo é possível fazer uma comparação entre a meta que se deseja e o estado real da situação, possibilitando a criação de parâmetros e estratégias, seja interno ou externo, em EAS (VIEIRA, 2010). Os indicadores de manutenção são grandezas que medem determinados aspectos da manutenção de EMA's. Os indicadores que serão abordados neste trabalho são os seguintes: tempo médio de reparo (TMR), tempo médio entre falhas (TMEF) e disponibilidade (DISP).

De acordo com Abreu, Olivio e Ricco (2017), a análise dos indicadores do processo de manutenção é parte fundamental na melhoria do mesmo, sendo necessária

em qualquer setor de engenharia clínica, que oferece tal prestação de serviço. Analisando a figura 2, é possível perceber as etapas envolvidas nas análises de indicadores:

- Identificação de um objetivo;
- Planejamento e programação;
- Planos de execução, como será executado o planejamento realizado na etapa anterior;
- Análise dos resultados obtidos;
- Controle e avaliação, essa etapa analisa qual a real capacidade do setor de trabalhar em cima dos resultados obtidos;
- Indicadores, variáveis estatísticas que possibilitam melhorias no processo de manutenção, entram diretamente na etapa de planejamento e programação.

Figura 2: Fluxograma: Planejamento, execução, controle e indicadores.



Fonte: Autor. Modificado de: (ABREU; OLIVIO e RICCO, 2017).

Por isso é necessário que ao fazer os cálculos, saiba-se o objetivo final da análise, o que é preciso melhorar, o que se deseja descobrir, o que é desejável inserir na variável de controle, etc. Na literatura muitas vezes encontramos os indicadores em questão descritos como: tempo médio entre falhas, tempo médio para reparo e índice de disponibilidade.

3.5.1 INDICADORES

Ao analisar a literatura, foi possível observar equações que relacionam os intervalos de tempo do equipamento dentro do hospital, sendo eles: data de aquisição, data presente do estudo, data de entrada no setor para manutenção, e data de saída do setor após o processo de conserto. Neste estudo, foram utilizadas as equações da literatura e as equações do setor de bioengenharia do HCU. É importante ressaltar que no setor do hospital, existem equações ligeiramente diferentes que lidam com o cálculo destes

indicadores. As equações a seguir foram encontradas nos livros, e utilizam as grandezas em horas. As do setor de bioengenharia utilizam grandezas em dias e serão exemplificadas em sequência.

3.5.2 EQUAÇÕES PARA OS CÁLCULOS DOS INDICADORES

As equações foram para os cálculos dos indicadores: TMEF, TMR e DISP.

Começando pelo TMEF, **Tempo Médio Entre Falhas**, conhecido em alguns livros pela sigla: MTBF, que significa *Mean Time Between Failures*, o cálculo é realizado analisando duas grandezas, de acordo com (ABREU; OLIVIO e RICCO, 2017):

- Somatório das horas entre falhas;
- Número de falhas.

O MTBF é um indicador de confiabilidade da vida média, aplicável aos elementos ou componentes que podem ser reparados (KARDEC; NASCIF, 2009). A equação 1, utilizada para o cálculo, é escrita da seguinte forma:

$$TMEF = \frac{\sum \text{Horas entre falhas}}{\text{Número de falhas}} \quad (1)$$

Fica claro, de acordo com a equação acima, que o numerador se trata de uma análise de um intervalo (delta) de tempo, igual ao número de horas que o equipamento permaneceu funcional entre PSM's.

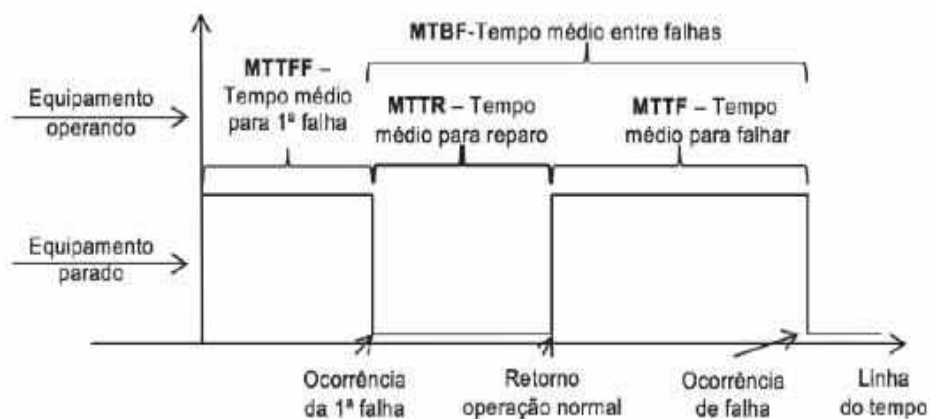
O *número entre falhas*, é a quantidade de PSMs que está sendo analisada.

A equação 2, utilizada no setor de Bioengenharia – HCU, é:

$$TMEF = \frac{\text{Dias de funcionamento}}{\text{Número de PSM}} \quad (2)$$

Dias de funcionamento é a variável que representa o número de dias desde o seu cadastro, até a data que está sendo analisada. A figura 3 mostra as relações dos indicadores analisados com ocorrência de falhas subsequentes em uma análise ao longo do tempo.

Figura 3: Relações dos indicadores com ocorrência de falhas ao longo do tempo.



Fonte: (ABREU; OLIVIO e RICCO, 2017).

O *Tempo Médio de Reparo* (TMR) é medido analisando as grandezas fornecidas de uma outra forma, de acordo com (ABREU; OLIVIO e RICCO, 2017):

- Somatório das horas de reparo;
- Número de falhas.

A equação 3, utilizada para realização do cálculo, vem da seguinte forma:

$$TMR = \frac{\sum \text{Horas de reparo}}{\text{Número de falhas}} \quad (3)$$

Já a equação 4 é a utilizada na Bioengenharia:

$$TMR = \frac{\sum (\text{Data de fechamento do PSM} - \text{Data de abertura do PSM})}{\text{Número de PSM analisados}} \quad (4)$$

É possível perceber que a variável *Horas de reparo*, mede o tempo médio de reparo da mesma maneira praticamente, sendo $\sum \text{Horas de reparo}$ semelhante novamente ao delta de TMEF do aparelho, sendo: data de fechamento do PSM, e data de início do PSM. De acordo com Souza (2010), o tempo médio de reparo envolve todas as variáveis presentes no reparo do aparelho, podendo englobar vários aspectos, sendo eles:

- Tempo que o técnico levaria para chegar ao local da manutenção (Tt);
- Tempo necessário para que a falha seja diagnosticada (Td);
- Tempo necessário para acessar o equipamento e perceber o componente que está em falha (Tg);
- Tempo que uma peça essencial demora para chegar, caso seja necessária a compra da mesma (Ta);

- Tempo de manutenção básica, remover o componente com defeito e trocá-lo (Tr);
- Tempo para restaurar o sistema operacional (Ts);
- Tempo de verificação final, analisar se a manutenção foi realizada corretamente (Tc);
- Tempo dedicado a limpeza do ambiente de trabalho (Tu).

A disponibilidade do aparelho é analisada da seguinte forma:

A norma ABNT NBR 5.462/1994 define disponibilidade como a capacidade e as condições de um equipamento para realizar funções específicas em dado instante em um período de tempo determinado. É importante considerar a combinação dos aspectos de confiabilidade, possibilidade de manutenção e suporte técnico, além de assegurar recursos externos requeridos. O indicador “disponibilidade” mede o desempenho da disponibilidade do equipamento ou da linha completa para a produção (ABREU; OLIVIO e RICCO, 2017).

O cálculo é realizado de acordo com a equação 5:

$$DI SP = \frac{TMEF}{TMEF + TMR} * 100 \quad (5)$$

A equação 6, utilizada no setor de Bioengenharia, é:

$$DI SP = \frac{Di asde funci onamento - TMR}{Di asde funci onamento} * 100 \quad (6)$$

3.5.3 DADOS DE MANUTENÇÃO

Os dados de PSMs fornecidos pelo SisBiE trazem informações sobre marca e modelo dos BECs, data de entrada do PSM e a data de saída do mesmo, no período de janeiro de 2014, até maio de 2019. Com os dados da planilha, calcula-se os indicadores de manutenção sendo que, primeiramente seguiu-se a literatura, de acordo com Abreu, Olivio e Ricco (2017), e depois utilizou-se as equações do setor de bioengenharia. As relações de marca e modelo com suas respectivas letras são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Relações de marcas e modelos dos bisturis eletrocirúrgicos utilizados no HCU.

MARCAS	A	B	C	D
MODELOS	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 e A8	B1, B2 e B3	C1	D1

Fonte: Autor.

Para o cálculo, as grandezas foram utilizadas da seguinte maneira: primeiro observou-se a data em que o aparelho deu entrada no hospital (tabela 2 – Data de Aquisição) segundo dados do SisBiE.

Em seguida, foram observadas as datas que o aparelho da marca A modelo A1, (tabela 2), deu entrada no setor de Bioengenharia (tabela 2 – Data do PSM), com pedido de serviço de manutenção (PSM). Sendo as datas 09/09/2014 e 23/09/2014.

Tabela 2: Data de aquisição e data dos PSM's do aparelho A modelo A1 segundo dados do software SisBiE.

EQUIPAMENTO	MODELO	DATA DE AQUISIÇÃO	DATA DO PSM	FINALIZAÇÃO DO PSM
A	A1	30/07/1996	09/09/2014	19/09/2014
A	A1	30/07/1996	23/09/2014	23/09/2014

Fonte: Autor.

Conhecendo as duas datas, é possível fazer a subtração (*DATA ANALISADA – DATA DE AQUISIÇÃO*), para obter o número de dias que o aparelho permaneceu funcional dentro do hospital. Subtraindo deste número de dias funcionais, a quantidade de dias que o mesmo permaneceu parado durante a manutenção. Sendo que essa quantidade de dias em manutenção, equivale à diferença das datas dada pela equação 7:

$$\sum(PSM DATA FINALIZAÇÃO - PSM DATA). (7)$$

Obtém-se, assim, o número de dias de funcionamento. Em seguida, para a obtenção dos valores de TMEF, TMR e DISP, foram utilizadas as Equações (1), (3) e (5), para os cálculos da literatura, e as Equações (2), (4) e (6), para os cálculos de acordo com a Bioengenharia.

3.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a análise dos resultados obtidos seguiu-se a literatura, que apresenta equações lidando com grandezas em horas, logo em seguida as horas foram transformadas em dias para obter valores mais adequados para o estudo, pois as medidas em horas teriam uma ordem de grandeza maior.

Também foi considerado importante realizar além do cálculo da média geral, o cálculo da média dos indicadores por marca (tabela 3), possibilitando uma melhor análise. Visto que o fundamento do trabalho ao separar por marca e modelo é justamente poder diferenciar melhor as características de cada equipamento.

Os valores das médias separadas por marca:

Tabela 3: Valores das médias dos indicadores, por marca. Valores utilizados da tabela 4.

MARCA	A	B	C	D
TMEF MÉDIO (dias)	1985,24	9141,25	868,34	7316
TMR MÉDIO (dias)	13,333	7	36,18	13
DISP MÉDIA (%)	98,68	99,88	95,31	99,82

Fonte: Autor.

É possível analisar os valores da tabela acima ressaltando os seguintes tópicos:

MARCA A: Maior quantidade de equipamentos (24 no total) dentro da planilha dos PSM's, o que faz com que a média tenha um denominador maior, portanto a média do TMEF da marca A, apresenta um valor menor do que da marca B, que também apresentou menos falhas durante o estudo.

MARCA B: Marca com maior média do TMEF, menor de TMR e maior DISP, provavelmente analisando apenas os dados puros, seria a melhor marca, porém provavelmente são equipamentos não utilizados dentro do hospital, e seu PSM foi gerado para corrigir um problema antigo do mesmo, o que leva a crer que os dados acima são irrelevantes para a marca.

MARCA C: Apresentou os valores menores da média do TMEF, maior média do TMR e menor média de DISP, portanto foi a marca que no período analisado apresentou maior tempo de reparo, e esteve menos disponível no hospital, cerca de 95% do tempo.

MARCA D: Apenas um PSM, porém é possível comparar com as outras marcas, apresentando valores médio de TMEF próximo ao da marca B, TMR, semelhante ao da marca A e DISP, próximos da marca B, levando em consideração que entre as marcas A, B e D os valores de DISP foram próximos.

Com a utilização dos métodos de cálculo, foi possível obter duas tabelas, uma com as medidas fornecidas pela literatura (Tabela 4) e outra com os cálculos realizados na bioengenharia (Tabela 5).

Tabela 4: Indicadores de manutenção, para TMEF (tempo médio entre falhas), TMR (tempo médio de reparo) e DISP (disponibilidade), seguindo as equações da literatura.

Nº Equipamento	Marca	Modelo	Dias	Nº	TMEF (dias)	TMR (dias)	DISP (%)
			Func.	PSM			
1	A	A1	6619	2	4158	7	99,8319328
2	A	A2	5958	2	3468,5	4	99,8848092
3	A	A3	1426	10	173,2	9	95,0603732
4	A	A3	1560	7	249,7143	5	98,0370163
5	A	A3	1658	2	799	9	98,8861386
6	A	A4	3772	1	5436	11	99,798054
7	A	A4	2409	1	4137	2	99,9516791
8	A	A5	1133	1	2797	4	99,8571939
9	A	A5	2402	7	393,1429	8	98,005698
10	A	A5	2554	1	2797	1	99,9642602
11	A	A5	2655	5	552,4	7	98,7486593
12	A	A6	4207	6	889,5	4	99,5523223
13	A	A6	4369	2	2398	30	98,7644152
14	A	A6	4798	8	601,125	5	99,1750876
15	A	A6	3661	2	2393,5	23	99,0482102
16	A	A6	3752	2	2193,5	96	95,8069447
17	A	A6	3555	16	274,0625	8	97,1637492
18	A	A6	4027	5	864,8	51	94,4310985
19	A	A7	5094	2	3332	3	99,910045
20	A	A7	3661	1	4890	1	99,9795543
21	A	A7	4814	6	808,1667	5	99,3851199
22	A	A8	3796	5	965,6	3	99,6902746
23	A	A8	4098	3	1531,333	18	98,83821
24	A	A8	4094	3	1543,333	6	99,6127367
25	B	B1	6643	1	8516	1	99,9882588
26	B	B2	12252	1	13980	1	99,9928474

Nº Equipamento	Marca	Modelo	Dias Func.	Nº PSM	TMEF (dias)	TMR (dias)	DISP (%)
27	B	B2	8883	1	10777	16	99,8517558
28	B	B3	2052	1	3292	10	99,6971532
29	C	C1	2459	3	845,3333	4	99,5290424
30	C	C1	2537	7	349	15	95,8791209
31	C	C1	1624	4	628	9	98,5871272
32	C	C1	1886	2	1269	5	99,6075353
33	C	C1	2331	2	1272	2	99,8430141
34	C	C1	1093	2	978	256	79,2544571
35	C	C1	1434	3	781,3333	68	91,9937206
36	C	C1	1169	2	1273	1	99,9215071
37	C	C1	1816	2	1263	11	99,1365777
38	C	C1	1640	4	631	6	99,0580848
39	C	C1	2258	9	262,1111	21	92,5824176
40	D	D1	5566	1	7316	13	99,8226225

Fonte: Autor.

Tabela 5: Indicadores de manutenção, para TMEF (tempo médio entre falhas), TMR (tempo médio de reparo) e DISP (disponibilidade), seguindo as equações da bioengenharia.

Nº Equipamento	Marca	Modelo	Dias Func.	Nº PSM	TMEF (dias)	TMR (dias)	DISP (%)
1	A	A1	6619	2	8316	14	9,83164983
2	A	A2	5958	2	6937	8	9,88467637
3	A	A3	1426	10	1732	90	4,80369515
4	A	A3	1560	7	1748	35	7,99771167
5	A	A3	1658	2	1598	18	3,87359199
6	A	A4	3772	1	5436	11	9,79764533
7	A	A4	2409	1	4137	2	9,95165579
8	A	A5	1133	1	2797	4	9,85698963
9	A	A5	2402	7	2752	56	7,96511628
10	A	A5	2554	1	2797	1	9,96424741
11	A	A5	2655	5	2762	35	3,73280232
12	A	A6	4207	6	5337	24	9,55030916
13	A	A6	4369	2	4796	60	3,74895746
14	A	A6	4798	8	4809	40	9,16822624
15	A	A6	3661	2	4787	46	9,03906413
16	A	A6	3752	2	4387	192	5,62343287
17	A	A6	3555	16	4385	128	7,08095781
18	A	A6	4027	5	4324	255	4,1026827
19	A	A7	5094	2	6664	6	9,90996399
20	A	A7	3661	1	4890	1	9,9795501
21	A	A7	4814	6	4849	30	9,38131574
22	A	A8	3796	5	4828	15	9,68931234

Nº Equipamento	Marca	Modelo	Dias Func.	Nº PSM	TMEF (dias)	TMR (dias)	DISP (%)
23	A	A8	4098	3	4594	54	3,82455377
24	A	A8	4094	3	4630	18	9,6112311
25	B	B1	6643	1	8516	1	9,9882574
26	B	B2	12252	1	13980	1	9,99284692
27	B	B2	8883	1	10777	16	9,85153568
28	B	B3	2052	1	3292	10	9,69623329
29	C	C1	2459	3	2536	12	9,52681388
30	C	C1	2537	7	2443	105	5,70200573
31	C	C1	1624	4	2512	36	3,56687898
32	C	C1	1886	2	2538	10	9,60598897
33	C	C1	2331	2	2544	4	9,8427673
34	C	C1	1093	2	1956	512	3,82413088
35	C	C1	1434	3	2344	204	1,29692833
36	C	C1	1169	2	2546	2	9,9214454
37	C	C1	1816	2	2526	22	9,1290578
38	C	C1	1640	4	2524	24	9,04912837
39	C	C1	2258	9	2359	189	1,98813056
40	D	D1	5566	1	7316	13	9,82230727

Fonte: Autor.

Os resultados da literatura e da Bioengenharia do HCU-UFU apresentaram resultados próximos. Através dos dados obtidos foi possível analisar fatores relevantes nos resultados, como equipamentos com um TMR alto, ou um TMEF baixo, em comparação com os demais, equipamentos com baixa disponibilidade, equipamentos antigos que talvez estavam ainda em funcionamento, etc. Não existem dados dos problemas relacionados ao aparelho, apenas o pedido preenchido, que traz consigo informações básicas, como por exemplo com o aparelho da marca A e modelo A3, que apresentou problemas no processo de coagulação. A causa do problema citado e a metodologia para o conserto não constam na planilha fornecida para esta monografia. Porém, ainda assim, é possível teorizar sobre os problemas relacionados ao alto tempo de reparo, ou a um TMEF baixo, onde o aparelho está constantemente em conserto, e passa boa parte do tempo no setor de Bioengenharia, com problemas recorrentes.

A maioria dos equipamentos apresentou indicadores considerados bons, tendo em vista que a média geral do TMEF foi de 1.969 (mil novecentos e sessenta e nove) dias, o que significa que os equipamentos ficaram em média quase 2000 dias sem apresentar falhas. A média do TMR, foi de 20 dias, ou seja, os equipamentos ficaram em média 20 dias em processo de manutenção de reparo. E a disponibilidade média foi de 96.96%, significando que em cerca de 97% do tempo, o aparelho estaria disponível caso

fosse requisitado dentro do hospital. Lembrando que tais valores são médias gerais, as média separadas por marca e modelo estão presentes na tabela 3.

Primeiramente analisando a marca A, é possível perceber que o equipamento de número 3 apresenta um número alto de PSMs, 10 (dez) no total, juntamente com outro aparelho o de número 4 o qual apresenta 7 (sete) PSM's, ambos da marca A e modelo A3. Os PSMs seguem com a descrição do problema, que no caso dos dois equipamentos são variadas, sendo:

- Problemas na coagulação;
- Problemas no suporte do carrinho do bisturi;
- Aparelho desligando constantemente;
- Isolamento deficiente e presença de faíscas na parte traseira da caixa de controle do aparelho de número 3;
- Aparelho 4 apresentou cheiro de componentes queimados;
- Problemas no pedal.

Analisando a data de aquisição do equipamento 3 e do equipamento 4, 12/06/2014, percebe-se que é um equipamento novo, com repetidos problemas relacionados a diversos fatores, como isolamento, desligamento repentino, talvez por conta da frequência da rede hospitalar. É importante ressaltar também que o aparelho 3, teve seu cabo de energia danificado, talvez por falha humana, e precisou passar por processo de manutenção, desde então os problemas relacionados a este aparelho foram em grande parte relacionados ao fio de energia, como por exemplo, desligamentos repentinos e faísca na parte traseira.

O equipamento 4 apresentou apenas um PSM relacionado a problemas de componentes queimados, e funcionalidade de coagulação da pinça cirúrgica.

No tocante aos dois equipamentos 3 e 4 o problema mais comum entre eles, foi relacionado ao processo de coagulação da pinça cirúrgica. Isso leva a crer que bisturis da marca A e modelo A3 apresentam uma alta probabilidade de problemas relativos a esta funcionalidade.

Apesar do grande número de PSM's em torno dos dois equipamentos, o TMR foi baixo, indicando uma alta eficiência do setor de bioengenharia para solucionar o

problema relevante, o que também denota uma alta disponibilidade de peças para conserto.

É possível perceber também que um aparelho com um TMR relativamente alto é o aparelho 6, da marca A e modelo A4, que apresentou em sua descrição o mesmo problema relacionado à coagulação. O aparelho permaneceu em manutenção durante onze dias, para apenas um PSM, o que denota o alto TMR, indicando uma possível dificuldade para solucionar o problema. Apesar do alto tempo de reparo, o aparelho apresentou funcionalidade normal até a data presente, indicando uma disponibilidade alta, e um alto TMEF.

O próximo aparelho com um baixo TMEF e um alto TMR é o aparelho 9, que em sua descrição apresenta apenas um problema relacionado sempre ao pedal. O aparelho é da marca A modelo A5, adquirido em 08/02/2006, um aparelho relativamente antigo dentro do hospital, apresentando até a data analisada (de seu último PSM) 13 anos dentro da instituição. Por apresentar problemas apenas no pedal, esse aparelho apresenta provavelmente sua composição eletrônica mais confiável, referente tanto a fatores de segurança quanto de funcionamento (coagulação, abrasão, entre outros). O diferencial deste aparelho, o qual a empresa enfatiza é o fato de que ele é microprocessado, o que indica que o aparelho possui certo avanço em sua constituição proporcionada por peças menores apresentando maior portabilidade e praticidade (MEDTRONIC, 2019).

Analisando os equipamentos 11, 12 e 13, é possível perceber para os dois primeiros um TMEF baixo, o que é reforçado pelo número de PSM's altos. Apesar de serem de modelos diferentes, são da mesma marca A. O primeiro aparelho analisado neste caso (aparelho 11 – marca A modelo A5), apresentou problemas no pedal, e retornou ao setor diversas vezes, ficando dentro do setor em manutenção por sete dias somados. Isso leva a crer que o grande índice de equipamentos com defeitos no pedal proporciona dificuldade para oferecer manutenção nesse aspecto repetidas vezes, pois haviam no setor mais equipamentos nesta data analisada, com o mesmo problema.

O aparelho 12 da marca A modelo A6 apresentou problemas em relação também ao pedal, e problemas na conexão. Fica mais evidente que os equipamentos da marca A tendem a apresentar problemas relacionados principalmente ao pedal. A figura 4 mostra um pedal simples utilizado em BEC's.

Continuando a análise da Tabela 3, o aparelho 13, de mesma marca e modelo do aparelho 12 (marca A modelo A6) apresentou um alto tempo de reparo, devido à um problema não especificado, com base na data de aquisição do aparelho, e na duração do reparo, é possível concluir que o aparelho não foi reabilitado, pois em seu segundo PSM, o pedido foi para dar baixa, devido a aquisição de um outro aparelho, de mesma marca e modelo.

Referente às Tabelas 3 e 2 a parte mais importante para análise, apresenta dois equipamentos com um TMR muito alto, equipamentos 16 e 18, e o aparelho com o maior número de PSM's listados na planilha, aparelho 17.

Começando a análise pelos equipamentos 16 e 18, que apresentaram problemas no pedal, com a particularidade do aparelho 16 ter apresentado problemas no cilindro de argônio, que necessitava de ser recarregado, mais relacionado à uma manutenção preventiva do que corretiva, caso a recarga tivesse sido feita com antecedência. O aparelho 17 (marca A modelo A6) apresentou o maior número de PSM's estudados no período analisado. Entre todas as marcas e todos os modelos. Todos os problemas foram referentes ao pedal do bisturi, exceto o primeiro PSM que afirmava que o bisturi não cortava e nem coagulava, provavelmente devido à um problema no pedal e controle do envio de corrente para os processos. Os problemas relacionados ao pedal vieram das mais variadas formas:

- Pedal não funciona, com mal contato;
- Pedal ligado constantemente;
- Pedal com baixa resposta ao estímulo do cirurgião;
- Pedal quebrado.

Tabela 6: Problemas relacionados ao aparelho 17 da marca A e modelo A6.

DATA E HORA DA FINALIZAÇÃO DO PSM	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA
05/02/2014 09:15:20	Não corta e não coagula
06/02/2015 13:12:56	Manutenção corretiva solicitada
31/03/2015 09:17:42	Travando no pedal da coagulação
06/07/2015 14:48:52	Manutenção corretiva solicitada
29/07/2015 13:25:33	Problema no pedal

30/07/2015 08:23:03	Problema no pedal
12/08/2015 12:19:36	Problema no pedal
19/08/2015 10:53:20	Problema no pedal
04/09/2015 07:53:01	Problema no pedal
07/10/2015 07:51:05	Não responde aos comandos
13/10/2015 14:58:23	Placa dispersiva com problema
28/10/2015 08:49:51	Pedal não funciona
29/10/2015 09:59:25	Pedal com problema
10/03/2016 14:53:06	Mau contato
15/04/2016 13:48:26	Não responde aos comandos
10/03/2017 08:15:16	Manutenção corretiva solicitada

Fonte: Autor. Modificado de: Software SisBie.

Os restantes dos equipamentos (analisados separando as marcas e desconsiderando os com alto desvio padrão) apresentaram resultados considerados dentro da média, para os processos de manutenção, em comparação com as médias calculadas para os 40 equipamentos estudados, separando cada média calculada por marca. Isso significa que o restante de equipamentos da marca A, não apresentaram resultados de TMEF, TMR ou DISP, que apresentaram grande diferença da média observada.

Em relação aos equipamentos da marca seguinte marca B das tabelas, todos eles apresentaram resultados satisfatórios quando comparados com os valores da marca A, exibindo um alto TMEF, baixo TMR e alta disponibilidade. A maioria dos bisturis da marca B presentes no hospital são bastante antigos, da década de 80, e apresentaram ao longo do tempo baixo índice de problemas, possivelmente após a implementação do SisBie, estes equipamentos já não eram mais utilizados dentro do hospital. Os únicos dois problemas reais relatados foram que o pino das tomadas saiu, impossibilitando a conexão na tomada, e um problema que fazia com que o aparelho não ligasse. O aparelho foi adquirido em 1981, e desde então não havia apresentado problemas catalogados no SisBiE. Levando em consideração a idade do equipamento e a baixa aparição de problemas, é muito provável que era pouco utilizado, ou não era utilizado de fato, e resolveu-se realizar o pedido de manutenção para corrigir problemas antigos e posteriormente dar baixa no equipamento.

O aparelho nº 26, apresentou poucos problemas durante seu período no HCU. De fabricação antiga, o bisturi apresenta relativa simplicidade em sua confecção e opera com pedal simples. Da planilha fornecida os bisturis da marca B foram os que apresentaram melhor funcionamento ao longo do tempo analisado.

Os bisturis da marca C, apresentaram problemas relacionados à passagem de corrente, coagulação, alteração de valor do corte sozinho, cheiro de queimado, faíscas, falhas no isolamento, problemas no pedal, choque no paciente, etc. Diversos problemas ao serem adquiridos, todos os bisturis da marca C, foram adquiridos na mesma data (28/05/2012), e apresentaram vários PSM's. Entre eles vários foram sobre recolhimento do aparelho para realização de teste de qualidade.

Ressaltando que entre os equipamentos da marca C, houve o que apresentou o maior tempo médio de reparo, 256 dias, o aparelho nº 34 da tabela, que por consequência apresenta a menor disponibilidade pois durante quase dois anos o aparelho ficou indisponível. O primeiro PSM foi para recolhimento para realização de teste de qualidade, período que o aparelho ficou afastado por apenas um dia. Em seguida, o mesmo entrou no setor com a descrição de que o equipamento não transmitia corrente para a caneta do bisturi, e para a resolução desse problema, o aparelho permaneceu 512 dias dentro do setor. É possível levantar diversas hipóteses para o maior TMR da planilha, entre elas: falta de equipamento para manutenção corretiva, problematização para resolução da falta de transmissão de corrente, podendo vir desde o recebimento da corrente pelo terminal de conexão, condução da corrente para a caneta e estabelecimento da diferença de potencial entre a pele do paciente e a caneta, gerando a descarga elétrica, além de possibilidades de problemas com os diversos componentes dentro do bisturi responsáveis pela transmissão do sinal. Possivelmente isso se deve a algum componente que estava queimado agindo com uma chave aberta impossibilitando a passagem. O fato é que, para a resolução do problema deste aparelho, foram necessários 512 dias, pouco menos de dois anos, tempo considerável quando comparado com os outros equipamentos presentes. Isso leva a crer que, devido a simplicidade do exemplo citado acima, provavelmente não havia peças suficientes para correção do aparelho. E o mesmo permaneceu parado durante todo esse tempo.

Em seguida, o aparelho 39, também da mesma marca e modelo, apresentou nove PSM's. Em sua maioria, os PSM's foram pedidos relacionados à funcionalidade de corte e manutenção. É possível ver na figura a seguir as descrições dos pedidos:

Tabela 7: Detalhes dos PSM'S do aparelho 39. Fonte: SisBiE.

DATA E HORA DE FINALIZAÇÃO DO PSM	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA
11/12/2014 09:55:09	Manutenção corretiva solicitada
20/08/2015 08:43:16	Manutenção corretiva solicitada
09/10/2017 09:38:28	Função corte comprometida
06/12/2017 09:14:37	Não altera valores de corte e coagulação
22/03/2018 09:10:48	Defeito nos comandos
28/05/2018 13:43:12	Não altera a potência
11/06/2018 15:05:18	Não responde aos comandos – corte/coagulação
25/07/2018 09:39:35	Não responde aos comandos – corte/coagulação
08/08/2018 13:22:20	Não responde aos comandos – corte/coagulação

Fonte: Autor. Modificado de: Software Sisbie.

Em seguida foi analisado o último aparelho, da marca D, o qual apresentou um TMEF normal, com TMR de 13 dias, dentro do setor e uma DISP próxima de 99%, de 98.82%. De posse dessas análises é possível fazer algumas conclusões sobre cada marca:

- MARCA A: Marca em maior quantidade dentro do HCU – UFU, e que apresentou maior quantidade de problemas, talvez devido ao fato de estar mais presente. Os problemas são mais relacionados ao funcionamento do pedal, que apareceu na descrição do PSM, de todos equipamentos da marca.
- MARCA B: Marca não tão presente dentro do hospital. Os bisturis desta marca presentes no HCU, são mais antigos e apresentaram poucos problemas em relação ao funcionamento, aparentemente seria a marca de maior qualidade e mais confiável. Porém existem fatores relevantes, que contribuem para o fato de ter apresentado menos PSM's, como o fato de serem antigos, o que leva a crer que após a implementação do SisBie, a maioria desses equipamentos já não era mais utilizada. Portanto afirmar que os equipamentos da marca B são melhores é bastante relativo, podem ter ficado parados de

2014 até 2019, os PSM's podem ser sobre falhas da época que permaneceram sem resolução, entre outras constatações.

- MARCA C: A marca que apresentou maior variedade de problemas citados nas descrições dos PSM's. De acordo com a planilha fornecida pela bioengenharia todos os BEC's da marca foram adquiridos na mesma data 28/05/2012 e levados para controle de qualidade, apresentando logo em seguida problemas relacionados a coagulação, corte, cauterização, pedais, corrente, funcionalidade das modalidades cirúrgicas no geral, mal isolamento, entre outros, o que leva a crer que ou o teste de qualidade foi realizado de maneira a comprometer a funcionalidade do aparelho, ou esses defeitos seriam inevitáveis ao longo do tempo, porém se a segunda opção for verdade, o teste de qualidade deveria ter apontado tamanha variedade de falhas presentes. Apresentou a maior variedade de problemas, em um relativo curto intervalo de tempo presente dentro do hospital de clínicas.
- MARCA D: Apresentou, assim com os bisturis da marca A problema relativo ao pedal, porém como existe apenas um aparelho desta marca na planilha, com apenas um PSM, não é possível retirar conclusões significativas sobre ele, exceto quando comparado com outras marcas, onde pode-se perceber que o problema relativo ao pedal novamente se fez presente.

A sugestão para o setor de bioengenharia é principalmente que, ao adquirir equipamentos da marca A ou C, que tenham uma determinada quantidade de peças necessárias para a manutenção, para que a mesma seja mais rápida e possa diminuir o TMR, visto que as duas marcas apresentaram problemas relacionados aos pedais, com a segunda indo ainda além nos problemas, relacionados à operação do bisturi, como: corte, coagulação, choques no paciente, entre outros. Problemas que em sua maioria são relacionados à passagem da corrente de operação, e deficiência no aterramento do potencial do paciente (o que causa os choques). Levando a crer que estes equipamentos provavelmente chegam para o uso, já com alguma deficiência em seus componentes eletrônicos.

4. CONCLUSÕES

De posse dos resultados e discussões é possível concluir que a bioengenharia, apesar de todas as limitações no tocante a falta de peças para manutenção, realiza seu trabalho de maneira exemplar, e com comprometimento e competência.

A natureza exploratória deste trabalho pode trazer consigo conclusões e sugestões relevantes para o setor ao denotar um padrão presente em algumas marcas com relação aos defeitos recorrentes. Sugere-se que, no SisBiE, sejam acrescentados nos PSM's os detalhes da manutenção do aparelho, inclusive qual o real problema, e qual a peça que apresentou defeito, possibilitando uma melhor estimativa dos padrões de manutenção, visto que problemas repetitivos provavelmente devem ser por conta do mesmo dispositivo eletrônico com defeito. Por exemplo, a empresa da marca A, adquire componentes eletrônicos de uma outra empresa, que produz os mesmos com defeito, o que gera mal funcionamento do aparelho, de uma determinada leva de modelos, ou de uma marca por completo. Esta hipótese é apenas para exemplificar um possível motivo para a continuada presença de problemas nos pedais de bisturis da marca.

A análise de indicadores mostrou em sua maioria, que os BEC's do HCU, possuem uma alta disponibilidade, pois o TMR da maioria dos equipamentos é próximo da média. O indicador TMEF, analisado, mostra que os equipamentos possuem tempo médio entre falhas variados, com BEC's apresentando grande quantidade de PSM's e outros apresentando pequena quantidade. Quanto às diferentes formas de calcular os indicadores, os resultados da Bioengenharia levam consigo um maior tempo de reparo, mas a adequação da fórmula mostra que a disponibilidade se faz parecida com a analisada pela literatura.

É necessário ainda o detalhamento dos processos de conserto dos equipamentos, possibilitando alguma conclusão significativa em relação a alguma marca em especial. Esta será uma etapa futura do trabalho realizado dentro do setor.

Uma outra análise também importante, é sobre a usabilidade dos equipamentos, fator extremamente relevante durante as atividades diárias dentro do HCU, pois durante o manuseio do BEC, algum procedimento mal feito, pode acarretar complicações no aparelho, exemplificando uma situação de mau uso, consequentemente a má utilização ou mau manuseio do aparelho, gera complicações e acelera a necessidade

de manutenção corretiva. Lembrando que não é apenas o manuseio destes equipamentos que pode gerar defeitos prematuros, o transporte descuidado também, uma simples queda prejudica o funcionamento correto do BEC.

Os resultados são encorajadores, pois apesar da situação atual do país e dificuldades de investimento em todos os setores, a manutenção de um EMA, tão importante se faz presente e eficiente ao longo dos anos dentro do hospital.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABREU, M.V.S., OLIVIO, A., RICCO, A.V.L. *Gestão da Manutenção*. Ed. 1. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017.

BISINOTTO, F.M.B., DEZENA, R.A., MARTINS, L.B., GALVAO, M.C., SOBRINHO, J.M., CALCADO, M.S. Queimaduras relacionadas à eletrocirurgia: Relato de dois casos. **Rev Bras Anesthesiol**, v. 67,n.5, p.527-534, 2017.

BLOG ENGENHARIA. **Tudo o que você precisa saber sobre engenharia clínica**. Disponível em < <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2017/07/25/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-engenharia-clinica/>>. Acesso em: 16 de junho de 2019.

BLOG SESMT. **Diferença entre Manutenção Preventiva / Corretiva / Preditiva / Detectiva**. Disponível em: <<http://www.sesmt.com.br/Blog/Artigo/sesmt-diferenca-entre-manutencao-preventiva-corretiva-preditiva-detectiva>>. Acesso em: 16 de junho de 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Indicadores: Orientações Básicas Aplicadas a Gestão Pública**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília – DF, 2012. 64 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção**. Brasília -DF, 2002. 722p.

CALIL, S.J., SOLON, M.T. **Saúde & Cidadania Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos de Hospitais**. Ed. 11. São Paulo: Editora não disponível, 1998.

FHBMEDICAL. **Bisturi elétrico: o que é e como funciona**. Disponível em < <http://fhbmedical.com.br/bisturi-eletrico-o-que-e-e-como-funciona/>> . Acesso em: 16 de junho de 2019.

HC-UFU. **Institucional**. Disponível em < <http://www.hc.ufu.br/pagina/institucional>> . Acesso em: 16 de junho de 2019.

TRINDADE, M.R.M., GRAZZIOTIN, R.U., GRAZZIOTIN, R.U. Eletrocirurgia: sistemas mono e bipolar em cirurgia videolaparoscópica. **Acta Cir. Bras.**, São Paulo, v. 13, n. 3, 1998.

PINTO, A.K., XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.

VASCONCELOS, B.C.E., FROTA, R., PEREIRA, J. R.D., FREITAS, H.M., SANTOS, L.K.M. O uso da eletrocirurgia em procedimentos bucais. **Revista de cirurgia e traumatologia buco-maxilo-facial**. v.3, n.3. p. 35-42. 2003.

VIEIRA, A.P.M. Indicadores de qualidade no gerenciamento de recursos humanos em enfermagem: elementos constitutivos segundo percepção de enfermeiros. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 23, n. 1, 2010.