

ANÁLISE DE FALHAS E MANUTENÇÃO EM CARDIOVERSORES

¹Faculdade de Tecnologia de FATEC Ribeirão Preto (FATEC)

Ribeirão Preto, SP – Brasil

Resumo

O procedimento de cardioversão sempre realizado por um profissional habilitado, consiste em uma descarga elétrica aplicada sob o tórax anterior do paciente. Torna-se procedimento mais utilizado a fim de estimular o coração a voltar a seu ritmo. O cardioversor é um equipamento usado na reversão de quadros de arritmia, através da administração de uma corrente direta e sincronizada que despolariza o miocárdio. Diante disso, é essencial que esse equipamento tenha um programa de manutenção preventiva. Assim, através do programa de manutenção é possível estabelecer procedimentos eficazes de manutenção. Sendo assim, este artigo irá descrever quais são as possíveis falhas que o equipamento venha a sofrer, e que, com medidas preventivas de manutenção e gerenciamento fará com que o equipamento opere em seu método seguro e eficaz, garantindo segurança a integridade física do operador e do paciente.

Abstract

The cardioversion procedure, always performed by a qualified professional, consists of an electrical discharge applied under the patient's anterior chest. It becomes the most used procedure to stimulate the heart to return to its rhythm. The cardioverter is a device used in the reversal of arrhythmia, through the administration of a direct and synchronized current that depolarizes the myocardium. Therefore, it is essential that this equipment has a preventive maintenance program. Thus, through the maintenance program it is possible to establish effective maintenance procedures. Therefore, this article will describe what are the possible failures that the equipment may suffer, and that, with preventive maintenance and management measures, will make the equipment operate in its safe and effective method, guaranteeing the safety of the operator's physical integrity and of the patient.

1. Introdução

O cardioversor é um equipamento manuseado na reversão de quadros de arritmia, através da administração de uma corrente direta e sincronizada que despolariza o miocárdio.

Os estímulos que em contrações normais, inicialmente aparecem na região do átrio direito, chamada nódulo átrio sinusal (SA), que é um marca passo natural do coração.

Com o passar do tempo, foi possível notar toda uma evolução tecnológica para que se chegasse a equipamentos médicos que temos hoje. Essa tecnologia oportuniza ao profissional da saúde mais ferramentas para propiciar um atendimento de maior qualidade aos pacientes. Segundo CALIL (2002), a cronologia da desfibrilação e da cardioversão ocorreu:

1947: Beck relatou a 1ª desfibrilação em ser humano bem-sucedida, também com

aplicação direta de corrente alternada (60 Hz) durante cirurgia;
1956: Zoll desenvolveu o primeiro desfibrilador de corrente alternada com aplicação clínica;
1961: Lown foi o responsável pela 1ª desfibrilação usando pulso de corrente contínua sincronizado com o ECG (cardioversão);
1967: Pantridge e Geddes relataram o aumento da sobrevivência de pacientes acometidos por parada cardíaca, atendidos fora do hospital por unidade móvel equipada com desfibrilador alimentado com bateria;
1970: Advento dos desfibriladores externos com detecção automática de fibrilação ventricular;
Década de 80: Primeiro desfibrilador interno automático implantado em ser humano;
Década de 90: Desfibriladores ou cardioversores portáteis computadorizados com programas que analisam a atividade elétrica cardíaca detectam e classificam arritmias, orientam o operador em todos os passos da desfibrilação, para uso doméstico (home care). (Calil, Saide J.; Teixeira, Marilda S, 2002, p.251).

As causas das arritmias, de acordo com Guyton e Hall, 2011, são combinações de anormalidades presentes no sistema de ritmicidade da condução do coração, dentre essas anormalidades podemos citar a ritmicidade anormal do marca-passo, mudança do marca-passo do nodo SV para outro ponto do coração; bloqueios em diferentes pontos da propagação do impulso no coração; vias anormais de transmissão dos impulsos do coração e geração espontânea de impulsos falsos em quase qualquer parte do coração. (GUYTON e HALL, 2011, p. 153).

No que diz respeito à reversão de quadros de fibrilação e taquicardia, a desfibrilação é a indicada, por existirem nos cardioversores circuitos que detectam a elétrica do coração e sincronizam a aplicação do pulso desfibrilatório com a onda R que evita que o pulso desfibrilatório seja aplicado no momento de relaxamento das fibras, caracterizando o cardioversor como tratamento, principalmente, em arritmias menos severas e em fibrilações atriais.

Os cardioversores e desfibriladores têm um mérito individual, em razão de sua natureza de desempenho e das patologias que podem ajudar a estabilizar o caso clínico. Uma vez que são dispositivos resultantes de pesquisas nas áreas fisiológicas e médicas.

A correta e cuidadosa avaliação do desempenho destes equipamentos constitui em uns equipamentos eletromédicos. Essa eficácia avaliada durante as manutenções preventivas, corretivas e de calibrações só é possível por meio da utilização de padrões exigência obrigatória para garantir tanto a segurança quanto à eficácia dessa categoria de denominados analisadores. Esses analisadores são utilizados para testar o desempenho do equipamento que se deseja avaliar.

Por ser um equipamento eletromédico, há uma série de diretrizes e normas que devem ser seguidas garantindo requisitos de segurança e funcionamento mínimos para se firmar que,

ao escolher determinado pulso elétrico, o mesmo, será entregue ao paciente sem que ocorra algum efeito fisiológico (choque elétrico) indesejável.

2. Metodologia

O trabalho foi dividido em quatro partes. Na primeira são apresentados os resultados discutidos diante das pesquisas feitas. Já a segunda parte tem a finalidade de apresentar e descrever o que seria o cardioversor e a cardioversão. Na terceira parte será apresentado o que é manutenção e os tipos de manutenções a serem feitas nos equipamentos pesquisados. E, por fim, na quarta parte apresenta-se a manutenção preventiva no desfibrilador e as possíveis falhas que podem ocorrer nesse equipamento, mostrando o impacto que poderia ocorrer caso haja a falta de planejamento nas manutenções.

A metodologia utilizada é a pesquisa descritiva, iniciada pelas descrições dos equipamentos, seguida de manutenções a serem feitas e problemas e soluções que foram baseadas em um levantamento bibliográfico. Foram utilizadas bases de dados acadêmicas como Google Acadêmico e Portal Regional da BVS. Os descritores utilizados na pesquisa foram NBR462, cardioversor, desfibrilador, manutenções, especificações. O Filtro aplicado foi o período de 2005 a 2021 para maioria das referências.

3. Resultados e Discussões

Ao discutir podemos chegar à conclusão de que entre as manutenções a preventiva se torna a mais eficaz e a que mais reduz custos, pois essa manutenção se torna mais barata que a manutenção corretiva.

Com o planejamento de manutenção e a execução do mesmo em dia, as ocorrências de falhas ou deterioração dos equipamentos e desgastes prematuros são reduzidas simbolicamente, o que garante que ele esteja funcional e sem perda de desempenho.

4. Cardioversor

Usado para identificar variadas arritmias cardíacas o cardioversor é capaz de realizar análises, diagnósticos e tratar essas anomalias através da desfibrilação, cardioversão e até do marcapasso.

Utilizado em casos de contingência e eletivas, também pode ser usado para o acompanhamento de pressão arterial, nível de oxigenação no sangue, entre outras funções

vitais que devem ser acompanhadas em certos pacientes. O cardioversor é o aparelho ideal para ser operado em situações emergenciais, seja em hospitais ou ambulâncias, em salas de cirurgias e ambientes em que os pacientes têm necessidade de ser monitorados constantemente, como CTIs por exemplo.

O equipamento é capaz de tratar as arritmias cardíacas, além de realizar o papel de monitor multiparamétrico, isto é, acompanhar sinais vitais do paciente através de seus sensores, exibindo-os na tela do equipamento. Além do mais, o cardioversor é indicado em ocorrências com pacientes em situação crítica, monitoramento de pacientes no decorrer de cirurgias, ocorrências de emergências cardíacas e tratamentos clínicos de bradicardia e outras arritmias.

Figura 1. Aparelho Cardioversor



Fonte: (CMOS DRAKE, 2021)

Podemos identificar na figura 1 um modelo de aparelho cardioversor, onde se pode ver enumerado as partes desse equipamento. No número 1. Liga/desliga e indicações de rede e carga da bateria; 2. Pás de choque permanentes intercambiáveis adulto/infantil; 3. Display; 4. Teclas de acesso Rápido; 5. Botão de Navegação e seleção/Confirmação de energia; 6. Teclas acesso rápido Marcapasso; 7. Alça de transporte;

O equipamento cardioversor geralmente conta com a função cardioversão, desfibrilação e ECG de série. Alguns modelos também contêm software para drogas e ventilação.

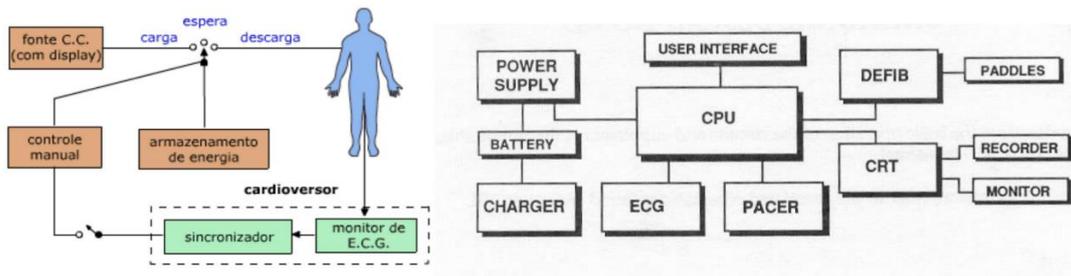
Além desses usos principais, é possível que sejam acrescentados parâmetros de monitorização como Oximetria de Pulso, Pressão Não Invasiva, Modo DEA, Marcapasso

Externo Não Invasivo, Capnografia (Tecnologia Respironics), Impressora Térmica para ampliar o uso do equipamento.

4.1. Diagrama em Blocos e Descrição Funcional

Os cardioversores armazenam energia elétrica em um capacitor, conserva essa energia na condição de carga, que por sua vez é descarregada no paciente quando o instante de descarga depende do momento em que se encontra a contração dos ventrículos, o que é detectado através de monitoramento por ECG (cabo de 3 vias).

Figura 2. Diagrama de blocos.



Fonte: (Medsystem, 2019)

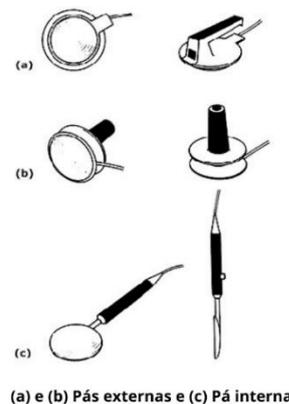
4.2. Pás e eletrodos

Instrumentos responsáveis pela realização da descarga desfibrilatória através de eletrodos descartáveis ou pás, cujos aspectos construtivos variam segundo os fabricantes, porém devem atender a norma ABNT NBR IEC 60601-2-4:2014, item 201.15.4.101 com relação à área mínima da superfície. As superfícies mínimas devem ser: 50 cm² (uso externo – adultos), 32 cm² (uso interno – adultos), 15 cm² (uso externo – pediátrico), ou 9 cm² (uso interno – pediátrico).



Pá externa com duplo eletrodo (adulto e pediátrico)

Figura 3. Pás



(a) e (b) Pás externas e (c) Pá interna

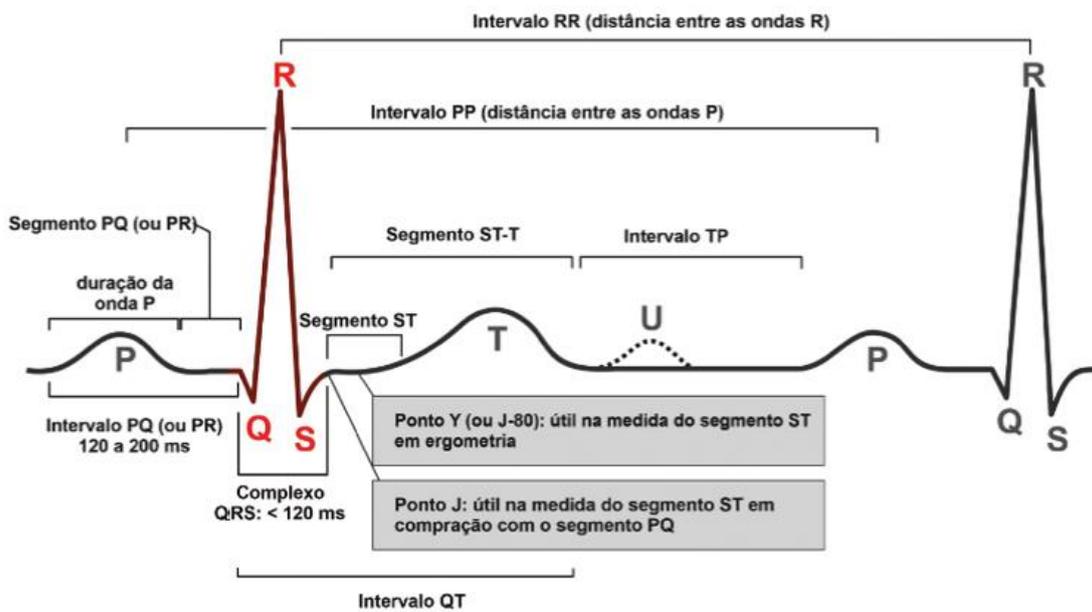
Fonte: (Medsystem, 2019)

4.3. Cardioversão

A cardioversão é utilizada para controlar os batimentos cardíacos que estejam excessivamente acelerados ou lentos. Essa irregularidade é chamada de arritmia cardíaca, o coração bate fora do seu ritmo, e como consequência o bombeamento sanguíneo pelo miocárdio para outros sistemas fica comprometido colocando o paciente em situação de risco, ocasionando a ocorrência de paradas cardiorrespiratórias, ataques cardíacos e AVC.

Essa prática consiste na liberação de cargas elétricas no coração, a fim de estimular o órgão a voltar seu ritmo normal. Esse procedimento é utilizado para tratar arritmias que causam sintomas danosos ao cotidiano do paciente, como fadiga extrema, falta de ar, tontura e dores no peito. A Fibrilação Atrial é um exemplo de doença que pode ser tratada com a cardioversão elétrica, que utiliza a função SINCRONISMO para identificar a onda QRS.

Figura 4. Ondas do ECG.



Fonte: (Sarnamed, 2021)

4.4. Manutenção

Segundo a norma NBR5462 de Confiabilidade e Maneabilidade, manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas que ajudam no funcionamento apropriado de um item, mantendo ou recolocando o mesmo em um estado no qual possa

desempenhar sua função corretamente.

A palavra manutenção também está associada à conservação periódica, isto é, com os cuidados e reparos que são realizados entre períodos determinados com o objetivo de preservar o produto.

Diante disso, é primordial para qualquer empresa realizar uma gestão de manutenção na unidade, pois por meio de uma gestão será possível fazer a identificação de problemas futuros e solucioná-los, além de possibilitar eficiência ao aparelho e contribuir no controle de custos.

4.5. Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é o conserto efetuado após o acontecimento de um imprevisto ou falha em alguma máquina, que vem a comprometer o funcionamento dele. Esse reparo é atribuído para recolocar o produto em condições de realizar sua função requerida. Além de atrapalhar a rotina de serviços médicos impedindo a realização de exames, interromper o atendimento aos pacientes, é a manutenção mais cara a se fazer, pois ela consome mais tempo e traz mais gastos a empresa.

4.6. Manutenção Preventiva

É uma manutenção realizada periodicamente, conforme um cronograma em periodicidade planejada, em que os equipamentos são avaliados e, caso seja necessário é realizado o procedimento para sua correção.

É uma averiguação muito importante para que se garanta um atendimento de qualidade e principalmente, a segurança de pacientes e profissionais da área da saúde. Quando realizada, faz com que o equipamento funcione com mais eficiência, reduz custos oriundos de problemas que possam surgir pela falta dela e, conseqüentemente, há o aumento da vida útil do equipamento.

4.7. Manutenção preventiva no cardioversor

Para a manutenção preventiva é preciso que seja feita uma inspeção visual, que seria averiguar se está dentro das conformidades os botões, adesivos, pás externas, cabo ECG, o gabinete externo de forma geral, impressora, chave seletora e a tela.

Nos equipamentos hoje em dia se tem os testes operacionais que são nomeados também

como testes diários, onde é possível testar várias etapas no equipamento. Esses testes podem ser feitos por quem opera o equipamento no dia a dia, porém na manutenção preventiva é necessário refazer esses testes e checar se todas as funções estão funcionando, no caso desses testes a própria tecnologia empregada no equipamento já vem com configurações para a realização deles.

Após a inspeção visual e o teste diário será dado início ao teste técnico de desempenho, onde será utilizado um analisador padrão que testará se a energia selecionada pelo técnico está sendo aplicada no choque. Para esse teste deve-se desconectar o equipamento da energia, pois o equipamento será testado somente com a bateria.

Para a segurança básica e o desempenho essencial do equipamento aplica-se a norma ABNT NBR IEC 60601-2-4 2014, que é uma norma para teste de desempenho em cardioversores e desfibriladores.

O teste se dá início com a aplicação de choques com o aparelho desligado da energia, é aplicado quinze choques na energia máxima selecionada, isso quer dizer que, se o equipamento vai de 1 a 270, será selecionado para o teste 270. Será feito quinze disparos, com o processo de carregamento da energia e descarregamento do choque pressionando o botão três, isso quinze vezes. Todos esses choques devem ser comparados na tabela de energia esperada.

O 15º choque é o tempo que depois de exigir o máximo da bateria durante quatorze choques, é selecionando no analisador e após o equipamento zerar (abrir a contagem) será pressionado o botão dois para carregar e disparar. O 15º choque é o tempo de carregar e disparar a energia que de acordo com a norma, diz que o tempo de carregamento da 15ª carga não pode exceder de quinze segundos, avaliando assim, se o equipamento conseguiu manter a sua efetividade e se está de acordo com a norma.

Após o teste de desempenho, é necessário ser feito o teste de segurança elétrica que é de extrema importância, visto que é ele que assegura que um equipamento não está entregando ou conduzindo correntes presumivelmente danosas ao paciente e ao operador do equipamento.

Em seguida deve ser efetuado o teste de diferentes impedâncias, o analisador permite que seja feita simulações de pacientes diferentes e com impedâncias diferentes. Para os testes se tem como opção a impedância para uso pediátrico, caracterizado por 25 ohms, adultos que é caracterizado por 50 ohms e para obesos que é caracterizado por 175 ohms.

Utilizando o teste pediátrico com impedância de 25 ohms, será utilizado a energia de 10, 50, 150 e 200 joules no teste, carregando e aplicando o choque três vezes para cada energia

selecionada, para que seja possível perceber se está dentro das tolerâncias disponível na tabela de energia esperada. Esse teste deverá ser feito com todas as impedâncias e todas as energias citadas. Após esse teste deverá ser feito novamente o teste de tempo de carga, que é o teste de tempo ao carregar a energia e disparar o choque.

O desempenho do modo sincronizador, é um teste da função cardioversão, onde é simulada uma frequência cardíaca de um paciente de 60bpm (batidas por minuto) no analisador, selecionando também uma energia aplicada e fazendo o disparo. Essa função irá interpretar a curva QRS, selecionando 200 joules e usando a função cardioversão, se aperta o botão 2 para carregar a energia selecionada, assim, o equipamento analisará e avaliará o paciente. Depois de carregada a energia deve-se pressionar o botão três que se encontra nas duas pás externas, o equipamento continuará analisando o paciente até a chegada da curva QRS. O choque só vai ser disparado em cima da curva QRS, e o tempo de demora entre carregar e disparar em cima da curva de acordo com a norma da ABNT NBR 60601-2-4 2014 tem que ser menor ou igual a 60 milissegundos.

Dentro do equipamento cardioversor tem também a função DEA, que é possível utilizar para fazer testes pediátricos e em adultos, o DEA é um desfibrilador externo automático. Selecionado um paciente de 25 ohms e de 50 ohms, será avaliado o teste de desempenho de ECG. O que será colocado no equipamento seja 60 bpm ou 120 bpm, o que importa será se o analisador está analisando esse valor que foi selecionado e se o valor está dentro das tolerâncias, que de acordo com a norma a tolerância adotada é de mais ou menos 2% de bpm do ECG programado, que significa que se foi selecionado no equipamento 60 bpm ele tem que ter como resultado 62 bpm ou 58 bpm, que é o valor que está dentro da tolerância.

4.8. Falhas que ocorrem no Cardioversor

No teste diário, o cardioversor pode não identificar as pás podendo haver algum problema nelas que podem ser por motivos de que foram mal alocadas, se há excesso de gel nas pás e se não foi bem limpo na última vez que utilizou. Se durante o sincronismo, as pás não estão fornecendo o choque da respectiva carga selecionada, a derivação pode não estar selecionada corretamente, pás com mau contato, se estiver utilizando os cabos de ECG para avaliar o paciente deve-se verificar se ele está bem conectado, ou se o cabo está danificado.

As vezes pode ter situações em que o equipamento não esteja imprimindo, o usuário poderá verificar se o papel está na impressora, se o papel foi colocado corretamente, o circuito

que realiza a impressão está limpo.

Se o equipamento de cardioversor realizou 3 disparos de choque e desligou, pode ser que ele estava fora da energia, o equipamento pode ter sido utilizado anteriormente e não o colocaram na alimentação elétrica ou a bateria pode estar ruim.

Durante a MP observou-se que mesmo utilizando a tolerância no choque administrado, o equipamento está mostrando uma não conformidade, ou seja, os valores estão muito fora dos aceitos pela norma. Pode ser que o capacitor não esteja armazenando toda energia entregue, e que ele precise ser substituído.

Botão de carga e botões de choque não estão funcionando, a solução é verificar se os fios estão rompidos, ou na hora da limpeza pelo excesso de líquido utilizado, pode ter ocorrido uma oxidação das placas de contato.

4.9. Checklist de manutenção preventiva

Fazer um checklist de manutenção é ter uma certeza de que todos os equipamentos e peças tenham um monitoramento efetivo, evitando danos futuros no equipamento.

Ao identificar um padrão de irregularidades, será possível fazer um planejamento preventivo, evitando as manutenções de urgência. Isso auxilia a verificação das tendências que os defeitos seguem, como: em quanto tempo as ações repetem, se as intervenções surtiram efeito positivo, qual o intervalo entre as falhas.

Um checklist, seja, semestral ou anual, a fim de manter um histórico de todas as ações realizadas, todos os itens verificados devem ser anotados. Na verificação e procedimentos é analisada a limpeza externa do equipamento, com o equipamento desligado deve-se realizar a limpeza externa do equipamento com pano levemente umedecido em água e detergente líquido neutro.

Em uma verificação dos parâmetros do cabo do ECG do paciente, pois se trata de uma importante ferramenta no ambiente hospitalar, pela segurança com o paciente, além de oferecer maior controle ao gestor e uma redução dos gastos, com alta valorização de qualidade.

Depois de implementar os checklists de manutenção preventiva, o ideal é monitorar os equipamentos. Verificar o volume de não conformidades ao longo do tempo para acompanhar a saúde do equipamento e buscar um aumento de sua vida útil.

Para uma verificação semestral, conectar o cabo do ECG ao desfibrilador, conectar todas as derivações de cabo ao simulador. Ligar o simulador e iniciar um ritmo, após alguns segundos, verifique se a tela exibe um ritmo e se nenhuma mensagem de derivações desligadas ou serviço

é exibida.

Já na verificação anual, efetuar a aferição e calibração do equipamento, efetuar a revisão geral no sistema elétrico. Serviço realizado por empresa terceirizada certificada. Necessita entrega de laudos técnicos após a realização.

Um checklist estruturado e organizado, com uma orientação eficiente, as manutenções ficam cada vez melhores, além do ganho de agilidade e produtividade do time.

5. Conclusão

O objetivo deste estudo foi desenvolver um Plano de Manutenção Preventiva para Equipamento Cardioversor, com vistas a auxiliar no controle, acompanhamento e gerenciamento das atividades relacionadas à prevenção de falhas, trazendo maior confiabilidade aos equipamentos.

Como parte essencial de todo trabalho científico, foi utilizado embasamento teórico para elaboração do referencial por meio de pesquisa bibliográfica, que serviu para subsidiar as ações práticas que devem ser praticadas para se prevenir possíveis panes e a degradação de equipamentos hospitalares.

O plano foi elaborado com a finalidade de servir como boa prática a ser adotada pelo hospital, gerando um histórico que pode contribuir para maior durabilidade dos equipamentos utilizados por profissionais operadores e pacientes e refletindo positivamente na redução de custos do Hospital.

A opção por elaborar formulários com a utilização de check-lists deixou o entendimento sobre o que deve ser feito com relação aos equipamentos de fácil compreensão, tendo em vista que pode ser complicado acompanhar os processos e garantir a qualidade sem uma ferramenta de controle.

Espera-se que o plano desenvolvido facilite o trabalho da equipe responsável pela manutenção desses equipamentos para aumentar sua vida útil e trazer mais segurança aos pacientes e operadores das máquinas. O plano elaborado também visa à redução de recursos empregados na manutenção, buscando evitar que procedimentos cirúrgicos atrasem ou sejam cancelados devido à quebra dos equipamentos.

6. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Boas práticas de aquisição de equipamentos médico-hospitalares. Brasília, (2003). Disponível em: <<http://www>

anvisa.gov.br/divulga/cartilha_licitacao.pdf>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR IEC 60601-1: Equipamento eletromédico – Parte I – Prescrições gerais para segurança. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. _____. NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994a.

BRONZINO, J. D. Management of Medical Technology: A Primer for Clinical Engineers Stoneham, Butterworth-Heinemann, (1992).

CALIL, Saide J.; TEIXEIRA, Marilda S. Gerenciamento de manutenção de equipamentos hospitalares. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, (1998). (Série Saúde & Cidadania, v. 11).

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica. 12ª edição.** Elsevier. IEC. International Standard IEC 60601 - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance. 2005. v. 2005. Disponível em: <http://www.ele.uri.edu/courses/bme484/iec60601-1ed3.0_parts.pdf>.

KARDEC, Alan. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualimark, (2013).

LUCATELLI, M. V.; GARCIA, R. Manutenção Centrada em Confiabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA (CBEB'2002), 28, São José dos Campos, SP, (2002).

SAÚDE, S. D. G. E. I. E. Equipamentos Médico Hospitalares e Gerenciamento da Manutenção. 1. ed. Brasília-DF. Ministério da Saúde, 2002. p. 1-379.