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

Trabalho de Conclusão de Curso

SIMPRED: SISTEMA PARA AUXÍLIO NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM APARELHOS DE ANESTESIA

DIOGO FEITOSA SETÚBAL

Natal/RN
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

SIMPRED: SISTEMA PARA AUXÍLIO NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM APARELHOS DE ANESTESIA

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

Graduando: Diogo Feitosa Setúbal

Orientador: Msc. Philippi Sedir Grilo de Morais

Natal/RN

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

SIMPRED: SISTEMA PARA AUXÍLIO NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM APARELHOS DE ANESTESIA

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso:

Prof. Dra. Karilany Dantas Coutinho _____

UFRN – Orientadora

Prof. MSc. Philippi Sedir Grilo de Morais _____

UFRN – Co-Orientador

Prof. MSc. Cayo Eduardo Leal de Menezes _____

MEJC-UFRN – Avaliador Externo

Prof. MSc. Daniele Montenegro da Silva Barros _____

UFRN – Avaliador Externo

Natal/RN

2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Raimundo Nunes Setúbal Filho, minha mãe Doriana Silvia de Sousa Feitosa Setúbal e aos meus irmãos e demais membros da família, que de uma forma ou de outra sempre me apoiaram e incentivaram durante a minha vida acadêmica.

Dedico também a todos os professores do departamento de engenharia biomédica que acompanharam-me durante a graduação, em especial ao Prof. Philippi Sedir e à Profa. Karilany Dantas Coutinho, Coordenadora do curso de engenharia biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, que ajudaram na realização deste trabalho.

Dedico aos meus amigos, a minha namorada Chirleide Dayane de Sá Rodrigues, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas com vocês, e por terem sempre me dado forças para que alcançasse o meu objetivo durante a graduação.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades do curso de engenharia biomédica.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador Philippi Sedir Grilo de Morais, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções, incentivos e orientações no que compete ao trabalho de conclusão de curso.

Agradeço a todos os professores do departamento de engenharia biomédica por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA 4

AGRADECIMENTOS 5

SUMÁRIO 6

LISTA DE FIGURAS 8

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SIMBOLOS 9

RESUMO 10

ABSTRACT 11

1. INTRODUÇÃO 12

2.1 GERAL 14

2.2 ESPECÍFICO 14

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15

3.1 A ENGENHARIA CLÍNICA 15

3.1.2 MANUTENÇÃO E A ENGENHARIA CLÍNICA 16

3.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO 17

3.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA 18

3.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA 18

3.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA 19

3.2.3.1 A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDITIVA NO EAS 21

3.3 APARELHOS DE ANESTESIA 24

3.3.1 INTRODUÇÃO SOBRE O APARELHO DE ANESTESIA 24

3.3.2 O APARELHO DE ANESTESIA 24

3.3.2.1 SEÇÃO DE FLUXO CONTÍNUO 25

3.3.2.2 SISTEMA RESPIRATÓRIO 25

3.3.2.3 VENTILADOR 26

3.3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA E SEGURANÇA DO APARELHO DE ANESTESIA 27

3.4 O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS PARA INTERNET 28

3.4.1 O FRONT-END 29

3.4.2 O BACK-END 29

3.5 O PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM APARELHOS DE ANESTESIA REALIZADOS NA MEJC 31

4. METODOLOGIA 33

4.1 ANÁLISES DO PROCESSO ATUAL DE MANUTENÇÃO PREDITIVA NOS APARELHOS DE ANESTESIA 33

4.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA 35

4.3 O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA 35

4.3.1 DIAGRAMA DE CASO DE USO DO SISTEMA 35

4.4 A INFORMATIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM APARELHOS DE ANESTESIA 37

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 41

6. CONCLUSÕES 45

7. REFERÊNCIAS 46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama ilustrando a complexidade de interações, a qual o engenheiro clínico está submetido em um ambiente de saúde 16
Figura 2 - Tipos de Manutenção 18
Figura 3 - Relação de custos com os tipos de manutenção. 22
Figura 4 - Diagrama simplificado do aparelho de anestesia..... 26
Figura 5 - Imagem do aparelho de anestesia da marca Dragger e suas partes 27
Figura 6 - Diagrama de Funcionamento do Framework Django..... 31
Figura 7 - Formulário tradicional de manutenção preditiva em aparelhos de anestesia. 32
Figura 8- Fluxograma do processo de manutenção preditiva antes da implantação do sistema 34
Figura 9- Diagrama de Casos de Uso do Sistema de Manutenção Preditiva 37
Figura 10 - Fluxograma de funcionamento do sistema de manutenção preditiva 39
Figura 11 - Tela de autenticação de usuário 42
Figura 12 - Tela menu inicial do sistema 42
Figura 13 - Tela do formulário do sistema 43
Figura 14 - Tela dos relatórios enviados 44
Figura 15- Tela de Dados do usuário.....43

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SIMBOLOS

EC- ENGENHARIA CLÍNICA

EMH – EQUIPAMENTO MÉDICO-HOSPITALAR

EAS- ESTABELECIEMENTO DE ASSISTÊNCIA A SAÚDE

MC – MANUTENÇÃO CORRETIVA

MEJC – MATERNIDADE ESCOLA JANUÁRIO CICCO

MP – MANUTENÇÃO PREVENTIVA

MPD- MANUTENÇÃO PREDITIVA

SGBD- SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE BANCO DE DADOS

UFRN- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

SETÚBAL, Diogo Feitosa. **Título.** SimPred: Sistema Para Auxílio no Processo de Manutenção Preditiva em Aparelhos de Anestesia, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 48 p., 2017.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão do curso de engenharia biomédica é apresentar um sistema informatizado para o processo de manutenção preditiva em equipamento médico hospitalar, mais precisamente nos aparelhos de anestesia. Alguns dos objetivos com a implementação do processo informatizado é a otimização e rapidez do processo para entrega dos dados da manutenção preditiva, melhoria na forma de armazenamento dos dados obtidos da manutenção, pois os arquivos passariam a ser digitais, e também existe a possibilidade de utilização desses arquivos digitais para utilização estatística e demonstrativa em hospitais e unidades de saúde. Esses são alguns dos objetivos pretendidos com este trabalho. Com isso foi utilizado como metodologia o uso do diagrama de casos de uso e fluxograma para demonstrar o funcionamento do sistema e de seus usuários. Logo é pretendido que esse sistema seja utilizado em rede interna de internet do estabelecimento de assistência em saúde. No sistema é possível salvar, enviar dados e relatórios para o setor de engenharia clínica de forma automática após a realização da manutenção preditiva, além disso permite consultar as manutenções concluídas e também a possibilidade para agendamento de manutenções futuras. Portanto com este sistema em uso espera-se que o gerenciamento das manutenções preditivas em aparelhos de anestesia sejam realizadas de forma mais clara e objetiva possível e que se tenha um acesso facilitado para as informações relacionadas as manutenções realizadas.

Palavras-chave: Manutenção.Informatização.Equipamento.

SETÚBAL, Diogo Feitosa. **Title** SimPred: A System Proposal to Aid in Predictive Maintenance Process in Anesthesia Cars, Biomedical Enginnering Bachelor Degree, Federal University of Rio Grande do Norte, 48 p., 2017

ABSTRACT

The present work of conclusion of the biomedical engineering course is to present a computerized system for the process of predictive maintenance in hospital medical equipment, more precisely in anesthesia devices. Some of the objectives with the implementation of the computerized process are the optimization and rapidity of the process for delivery of the data of the predictive maintenance, improvement in the way of storage of the data obtained from the maintenance as the files would become digital, the possibility of using these digital files to Statistical and demonstrative use in hospitals and health facilities. These are some of the objectives sought with this work. The use of the use case diagram and flowchart to demonstrate the functioning of the system and its users was used as methodology. Therefore, it is intended that this system be used in the internal internet network of the health care establishment. In the system it is possible to save, send data and reports to the clinical engineering sector automatically after performing the predictive maintenance, in addition allows to consult the completed maintenance and also the possibility to schedule future maintenance. Therefore, with this system in use, it is expected that the management of predictive maintenance in anesthesia devices will be performed in the most clear and objective way possible and that there will be an easy access to the information related to the maintenance performed.

Key words: Maintenance.Informatization.Equipment.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da existência do homem no planeta terra esse precisou confeccionar ferramentas que o auxiliassem nas tarefas diárias para manutenção da sua sobrevivência. A partir da revolução industrial ocorreu uma expansão na criação de novas máquinas e de ferramentas cada vez mais complexas, ocorrendo assim melhorias na indústria, nas linhas de produção e nas instalações de diversos equipamentos que ajudaram no desenvolvimento e manutenção do trabalho técnico em todos os campos de atuação da ciência.

Neste sentido, observou-se a necessidade de especialização técnica voltada para a manutenção de equipamentos e máquinas que promovessem cada vez mais a abertura para novos campos de conhecimento, objetivando a melhoria das condições de sustentação das atividades laborais de forma organizada e produtiva.

Nas últimas décadas, os equipamentos mecânicos, elétricos e eletrônicos têm sido utilizados em várias áreas, inclusive na área médica, na qual obtiveram grande repercussão através dos resultados satisfatórios obtidos quando utilizados, contribuindo sobremaneira para a difusão dos mesmos nesta área de conhecimento. Isto ocorreu de tal forma que muitos estabelecimentos de assistência em saúde (EAS) estão utilizando cada vez mais aparelhos para monitorização de pacientes, equipamentos de suporte a vida e equipamentos que realizem cirurgias de forma segura e rápida, tais como os robôs.

Agregando valores à experiência médica esses equipamentos introduzem na prática dos profissionais de saúde a tecnologia adequada para a promoção de resultados mais fidedignos, procedimentos mais adequados e diagnósticos mais assertivos.

Diante da repercussão, difusão e consequente expansão da entrada de equipamentos eletro-médicos em EAS, observou-se a necessidade da criação de um setor especializado no gerenciamento dessas tecnologias que garantissem a qualidade e segurança na utilização desses instrumentos facilitadores do trabalho clínico. Desta forma surgiu o setor de engenharia clínica (EC), responsável pela gestão e uso das tecnologias médicas inseridas nos ambientes hospitalares.

A partir desta realidade tornou-se imprescindivel a concentração e atenção nas tecnologias em equipamentos médicos, já que estes representam uma parcela importante

e significativa dos custos de um EAS, pois estão relacionados aos diversos processos de manutenção, instalação, treinamento adequado de usuários e outros fatores que influenciam os gastos dentro de ambientes onde exista a necessidade desses equipamentos. Neste sentido é inevitável a observância dos processos de manutenção desses equipamentos, pois seu funcionamento adequado é fundamental dentro dos EAS.

Sabemos que processos de manutenção, em sua maioria, ocorrem de forma lenta, sem organização estabelecida, sem critérios de prioridades de equipamentos, com problemas para o armazenamento de arquivos físicos, de confecção de laudos técnicos, dentre outros problemas que podem ser encontrados.

Dessa forma, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema para ser utilizado na *intranet (rede interna de internet)* de um EAS no processo de manutenção preditiva. Conceitualmente manutenção preditiva implica em um conjunto de atividades relacionadas ao acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam o desempenho dos equipamentos de modo sistemático, visando definir a necessidade ou não de intervenção, utilizando qualquer recurso de predição (Borges et al 2009).

Com a informatização da manutenção preditiva é esperado que ocorra uma maior agilidade nos processos deste tipo de manutenção, assim como uma melhoria no armazenamento dos dados e relatórios, visto que todos esses seriam digitais e, consequentemente, otimizaria o setor de EC do EAS tornando mais eficaz o, planejamento, acompanhamento e desempenho dos equipamentos inseridos no parque tecnológico do hospital.

2. OBJETIVOS

Este trabalho visa apresentar os seguintes objetivos gerais e específicos.

2.1 GERAL

Desenvolver um sistema para auxiliar no processo de manutenção preditiva em aparelhos de anestesia, a ser implementado na rede interna do EAS.

2.2 ESPECÍFICO

Os objetivos específicos são:

- Aperfeiçoar o processo de manutenção preditiva nos aparelhos de anestesia através do desenvolvimento de um sistema de manutenção.
- Compactar e otimizar o armazenamento dos dados obtidos através do sistema das manutenções preditivas, transformando-os em arquivos digitais.
- Melhorar o acesso às informações sobre a manutenção preditiva para o setor de engenharia clínica e manutenção do EAS.
- Realizar levantamentos de dados sobre a situação da manutenção preditiva dentro do parque tecnológico do hospital.
- Auxiliar ao setor de engenharia clínica no gerenciamento das manutenções preditivas do equipamento médico hospitalar (EMH).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A ENGENHARIA CLÍNICA

Na contemporaneidade a criação e evolução de equipamentos médico-hospitalares (EMH) têm ocorrido de forma notável. Este processo evolutivo da tecnologia que agrega conhecimento e técnica aos usuários de unidades hospitalares e/ou EAS, promove a expansão da modernidade dos parques tecnológicos (conjunto de todos os EMH) que estão inseridos nos ambientes de saúde.

Decorrente dessa evolução e modernidade dos equipamentos médico hospitalares que integram o parque tecnológico de um EAS, surge à necessidade da criação de uma área especializada. Essa área incumbida da gestão e manutenção dos equipamentos é a engenharia clínica.

Segundo o ministério da saúde, a engenharia clínica é dita como uma subárea da engenharia biomédica atua diretamente nos estabelecimentos assistenciais de saúde desenvolvendo atividades baseadas em métodos de engenharia e em conhecimentos de gerenciamento aplicados aos equipamentos médicos hospitalares. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

Devido a esses fatos mencionados anteriormente pode-se afirmar que se tornou essencial e indispensável à presença de um profissional especializado na área de engenharia clínica. O ACCE (American College of Clinical Engineering) define o profissional da engenharia clínica como “um profissional que mantém e melhora a assistência ao paciente aplicando as habilidades de engenharia e administração para a tecnologia de assistência médica” (ACCE, 2005a) (FILHO; CALDAS; NETO, 2015).

Porém o papel dos engenheiros clínicos na saúde mudou consideravelmente ao longo das últimas duas décadas. Passou de um funcionário que realizava somente manutenções nos equipamentos, para um funcionário que é interdisciplinar e interage com outros profissionais e isso é notado na Figura 1. (TERRA, T. G.; GUARIENTI, A.; SIMÃO, E. M.; JÚNIOR, L. F. R.; 2014).

Atualmente, profissionais de engenharia clínica fazem parte da equipe de prestação de serviços da saúde e atuam em grupos interdisciplinares. Neste ambiente, o profissional deve auxiliar e contribuir nas práticas dos diversos profissionais de saúde,

administração hospitalar, terceiros e agências regulatórias. Deve garantir que equipamentos estejam funcionando em perfeitas condições, que custos sejam reduzidos, normas e padrões técnicos sejam respeitados e manter um estreito relacionamento com o poder público. (TERRA, T. G.; GUARIENTI, A.; SIMÃO, E. M.; JÚNIOR, L. F. R., 2014).

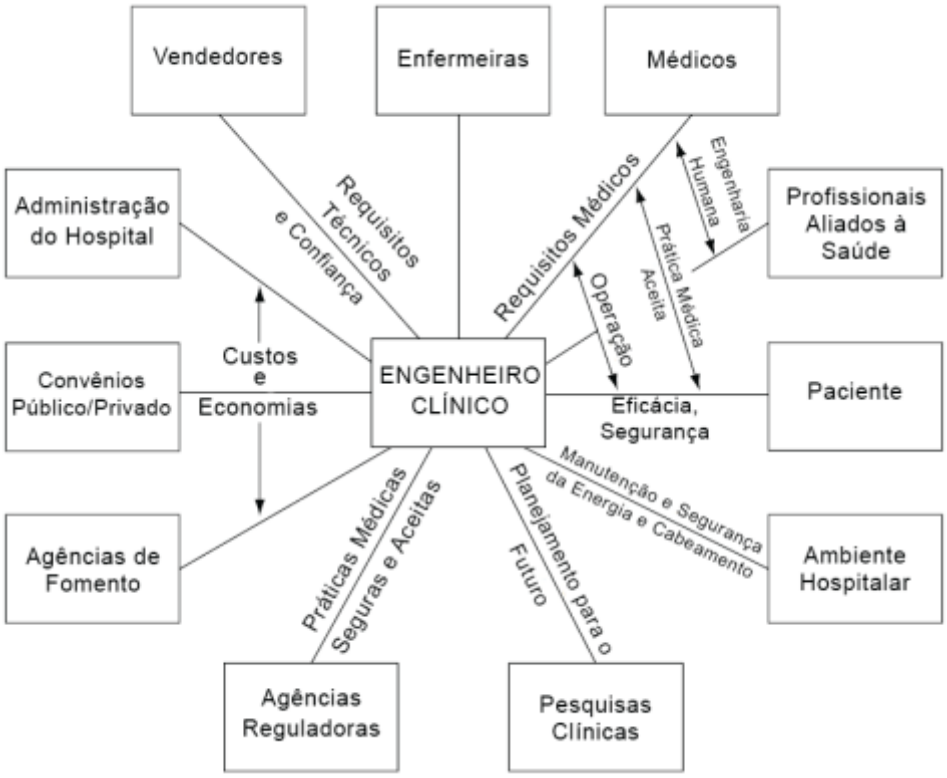

Figura 1 - Diagrama ilustrando a complexidade de interações, a qual o Engenheiro Clínico está sujeito em um ambiente hospitalar
Fonte: Bronzino (2004).

3.1.2 MANUTENÇÃO E A ENGENHARIA CLÍNICA

De acordo com a Norma brasileira ABNT-NBR 5462-1994, a manutenção é definida como o conjunto de ações destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual ele possa executar sua função requerida.

A manutenção e a produção são importantes áreas dentro de uma empresa, pois ambas têm a função de manter em funcionamento a estrutura produtiva (FUENTES, 2006). A manutenção se torna importante ferramenta para a garantia da entrega do produto final, sendo responsável por manter a disponibilidade de equipamentos, a segurança da equipe e a qualidade do produto entregue ao cliente. Atualmente, muitos pesquisadores desenvolvem trabalhos focando na importância da manutenção dentro da

estratégia de crescimento das empresas. Desta forma, para uma empresa alcançar níveis internacionais de qualidade e produtividade terá que invariavelmente investir em manutenção e na gestão do seu parque tecnológico (SWANSON, 2001).

A mesma situação ocorre nos EAS, pois, com o aumento da entrada de tecnologias para os ambientes de saúde, houve aumento no investimento em manutenções para garantir o bom funcionamento e atestar a qualidade dos EMH que prestam serviço para saúde. Portanto, a manutenção tornou-se um dos principais pontos em estudos de confiabilidade (LUCATELLI, 2000).

Como comentado anteriormente, cada vez mais os EAS são dependentes de tecnologias para fornecer um diagnóstico de melhor qualidade e com maior rapidez aos seus pacientes e muitas vezes se torna complicado acompanhar estes custos, pois mesmo tecnologias difundidas, como de equipamentos de ressonância magnética, ainda são extremamente elevadas (ANTUNES, 2002).

Segundo David (1985), percebe-se que houve o crescimento em tecnologias ao longo dos anos, por isso é necessário criar uma abordagem racional para aquisição, integração e operação dessas tecnologias, para que assim a gestão seja realizada de maneira eficiente. Para tanto, a manutenção deve ser vista dentro dos EAS com uma parte importante da gestão hospitalar e não como um serviço secundário. Através da participação no plano estratégico das instituições, o engenheiro clínico pode ajudar a aperfeiçoar a utilização dos recursos e minimizar os custos de operação.

3.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Diante do exposto anteriormente, pode-se dividir a manutenção em três tipos principais que ocorrem na maioria dos EAS, a manutenção corretiva, preventiva e a manutenção preditiva de acordo com a Figura 2 abaixo.

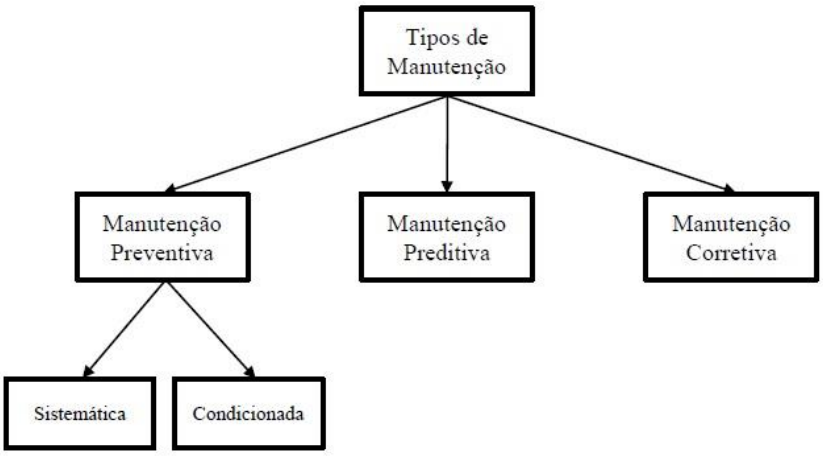

Figura 2 - Tipos de Manutenção

Fonte – FARINHA, J. M. T. (1997)

3.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Na manutenção corretiva incluem-se todas as intervenções não programadas, ou seja, neste tipo de manutenção só é efetuada alguma ação de manutenção após a falha dos equipamentos ou dos seus componentes (FARINHA, 1997).

Para Borges (2009), a manutenção corretiva não planejada é correção da falha de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado após a ocorrência do fato. Esse tipo de manutenção implica em altos custos, pois causa perdas de produção; a extensão dos danos aos equipamentos é maior.

A manutenção corretiva é considerada a última opção, quando realmente deve ser realizada a trocas de peças e ajustes mais drásticos nos equipamentos.

3.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

De acordo com Lafraia (2001 apud MORAIS 2004, p. 22), "É um conjunto de procedimentos que procura reter o sistema em estado operacional ou disponível através da prevenção da ocorrência de falhas".

Para Casconi (1992), a manutenção preventiva (MP) é a manutenção efetuada para se reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do serviço prestado pela mesma. É uma intervenção de manutenção programada com regularidade antes do possível aparecimento da falha. É a atuação realizada para reduzir ou evitar falhas ou

queda no desempenho, obedecendo a um planejamento baseado em intervalos definidos de tempo (BORGES, 2009).

Segundo Farinha (1997), na manutenção preventiva as intervenções podem ocorrer de um modo sistemático ou condicionado e obedecem a um programa previamente estabelecido que vise diferentes objetivos:

- Evitar ocorrências de avarias;
- Equilibrar a carga de trabalho de manutenção;
- Compatibilizar as intervenções com o programa de serviço dos equipamentos;
- Preparar antecipadamente os recursos para tornar as intervenções mais económicas e eficazes.

Quando são realizadas de modo sistemático, as intervenções obedecem a um programa que se destina a ser executado periodicamente, sendo os intervalos medidos numa determinada unidade de tempo ou noutro parâmetro de utilização que traduza o funcionamento do equipamento.

Quando são realizadas de modo condicionado, as intervenções são executadas de acordo com o estado de "saúde" do equipamento, ou também o de avaria, se for esta a condição previamente planejada. Mas, de uma forma geral, associam-se um ou vários parâmetros ao equipamento que, quando atingem determinado limite, dão origem a uma intervenção (FARINHA, 1997).

3.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

O termo associado á manutenção preditiva é o de predizer. Esse é o grande objetivo da manutenção preditiva: predizer (ou prevenir) as falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento dos diversos parâmetros, permitindo a operação contínua pelo maior tempo possível. Ou seja, a manutenção preditiva privilegia a disponibilidade á medida que não promove intervenções nos equipamentos em operação (NASCIF, 2002).

Como foi dito anteriormente manutenção preditiva tem como objetivos: predizer a ocorrência de uma falha ou degradação, determinar, antecipadamente, a necessidade de correção em uma peça específica, eliminar as desmontagens desnecessárias para inspeção, aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos para operação, reduzir o trabalho de emergência e urgência não planejada, impedir a ocorrência de falhas e o

aumento dos danos, aproveitar a vida útil total de cada componente de um equipamento, aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento e de seus componentes. E como consequência consegue-se obter uma redução de custos com manutenção e aumentar a produtividade do equipamento.

A condição básica para se adotar a manutenção preditiva são as seguintes:

- O equipamento, sistema ou instalação devem permitir algum tipo de Monitoramento ou medição;
- O equipamento, sistema ou instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos;
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico sistematizado.

Pode-se dizer que a manutenção preditiva é uma inspeção sistemática das condições dos equipamentos e a qual permite ter um maior controle sobre possíveis falhas de peças que estão no limite operacional. Tudo isso leva a uma considerável redução de gastos por parte do setor da manutenção pois é detectado o problema antes que este se agrave, e faça quebrar mais componentes. Este é o verdadeiro valor da manutenção preditiva detectar e sanar o problema antes que ele ocorra. Isso é feito através de inspeções de várias maneiras, utilizando equipamentos específicos ou não, ou simplesmente fazendo a inspeção visual e checando todos os itens e conexões que o equipamento venha a ter. Algumas técnicas de manutenção preditiva que podem ser utilizadas estão citadas abaixo.

As técnicas de monitoramento preditivas, ou seja, baseadas em condições, incluem:

- Termografia
- Análise de vibrações
- Análise de lubrificantes
- Propriedades físico-químicas
- Cromatografia gasosa
- Espectrometria
- Ferrografia
- Radiografia
- Energia acústica (ultrassom)
- Energia eletromagnética (partículas magnéticas, correntes parasíticas)
- Fenômenos de viscosidade (líquidos penetrantes)

- Radiações ionizantes (Raios-X ou Gamagrafia)
- Tribologia
- Monitoria de processos
- Inspeção visual
- Outras técnicas de análise não destrutivas

As técnicas mais usadas em EAS são a monitoria dos processos, inspeções visuais e outras técnicas não destrutivas, elas são utilizadas com mais frequência, pois vários EMH dentro de um EAS não podem parar de funcionar como o caso de equipamentos de suporte à vida, usinas de geração de oxigênio e ar medicinal, que constantemente tem que ser feita as manutenções preditivas para evitar falhas e também de não deixar o equipamento parado por peça quebrada ou por estar em conserto.

Por fim Segundo Casali (2011), o papel da manutenção preditiva além de fazer as análises e agir preventivamente, tem como objetivo orientar as pessoas, com isto o trabalho em equipe se torna mais eficiente e reduz custos para a empresa.

3.2.3.1 A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDITIVA NO EAS

Como foi mencionada anteriormente a manutenção preditiva é o tipo de manutenção que tem por objetivo predizer como está o estado atual do equipamento, e se for necessário intervir em situações de pré-falha, antes que ocorram danos mais severos a todo o equipamento.

Sabe-se que a maioria dos EAS conta com um parque tecnológico bastante vasto e muitos desses EMH possuem controles que envolvem microeletrônica, sistemas complexos, que atuam muitas vezes initerruptamente para poder atender a demanda de pacientes que chegam todo dia a um EAS. Para isso os setores de manutenção e EC de EAS elaboram programas internos de ciclos de manutenção e dentre elas a preditiva por ser a mais viável economicamente e por ter resultados bastante satisfatórios.

Lima e Sales (2008) relatam que a utilização da manutenção preditiva proporciona detalhamento de itens específicos, como manutenção da qualidade do produto final e o controle gerado no equipamento ou instalação, reduções significativas de insumos descartados no meio ambiente. Portanto, a correta adoção e solidificação de modalidades de manutenção preditiva alinham-se com as estratégias anunciadas estudadas e implementadas em manutenção e manufatura, onde se pode destacar o papel

da manutenção preditiva como modalidade de manutenção fundamental como diferencial de produtividade.

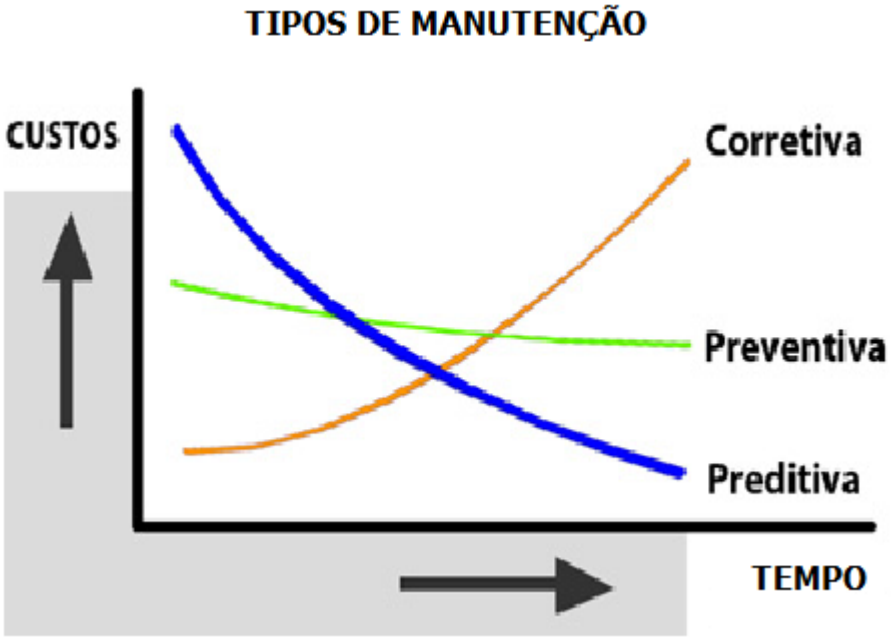

Figura 3 - Relação de custos com os tipos de manutenção.
Fonte – Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN)

De acordo com a Figura 3 acima é mostrado um comparativo entre os tipos de manutenções e suas formas de como reduzir os custos, seja com troca de peças ou com outros serviços como reparação entre outros. Nota-se que a manutenção corretiva tende a uma curva exponencial crescente, ou seja, a médio e longo prazo. As empresas que priorizarem apenas em manutenção após a falha ou quebra do equipamento terão um custo mais elevado se comparado aos outros dois tipos de manutenção. Logo, conclui-se que a manutenção corretiva (MC) apresenta pior cenário em ralação aos outros tipos de manutenções citadas no gráfico.

A manutenção preventiva mostra uma curva quase linear constante, ou seja, empresas que realizam a MP tendem a médio e longo prazo não ter muitos gastos com peças de reposição ou serviços de reparação de peças, e se mostrou um tipo de manutenção um pouco melhor que a MC, porém não melhor do que a manutenção preditiva.

A manutenção preditiva é uma curva exponencial decrescente, onde se percebe então, que quando uma empresa ou EAS promove este tipo de manutenção a médio e longo prazo tende a gastar muito menos com troca de peças ou com reparos indesejados,

e se comparando com as MC e MP a manutenção preditiva (MPD) tem um custo benefício extraordinário, o que nos leva a pensar que em setores de manutenção de empresas, hospitais ou EAS deve-se sempre ter a MPD no programa de ações nos setores que cuidam dos equipamentos. No caso do EAS o setor de EC é o responsável por gerenciar este programa de manutenções e por cumprir todas as normas e legislações que um ambiente de saúde exige.

Segundo Abreu, Bandeira e Gianelli (2010), os objetivos da manutenção preditiva são:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

A partir dos objetivos listados acima e sendo implantado o programa de manutenção preditiva em EAS é possível reduzir os gastos desnecessários com trocas de peças ou esperar peças de reposição com o equipamento parado, este ultima pode gerar muitas vezes prejuízos em hospitais ou clínicas particulares que precisam muito que os EMH estejam em perfeito estado de funcionamento pois eles só dão retorno ao EAS se estiverem funcionando.

De acordo com Nepomuceno (1989), do ponto de vista econômico, parar uma máquina ou equipamento, desmontá-lo para verificação se o mesmo apresenta condições de operar com desempenho amplamente satisfatório durante tempo considerado longo, é um procedimento totalmente inadmissível. Por outro lado, esperar

que a máquina ou equipamento entre em pane para então repará-lo pode dar origem a um procedimento economicamente catastrófico.

Portanto tudo nos leva a pensar em colocar em prática a manutenção preditiva e assim poder ter uma maior eficiência, diminuir gastos desnecessários e poder exigir sempre o máximo de um EMH sem que ele corra risco de falhar inesperadamente ou que ele leve risco a causar algum acidente a terceiros ou operadores.

3.3 APARELHOS DE ANESTESIA

3.3.1 INTRODUÇÃO SOBRE O APARELHO DE ANESTESIA

Anestesia é um estado do sistema nervoso central no qual a resposta a estímulos nocivos é suprimida reversivelmente. Poucos procedimentos cirúrgicos podem ser realizados sem a indução de anestesia geral (CARRILO, 1994).

O moderno aparelho de anestesia consiste de um conjunto de máquinas para administrar anestésicos e monitorar o comportamento do paciente. O aparelho de anestesia é responsável pela administração de gases e, ou vapores anestésicos ao paciente, através de ventilação mecânica.

Embora o modo preciso de ação dos anestésicos não seja completamente compreendido, é claramente reconhecido que o local de ação primária é o cérebro. O objetivo na anestesia clínica é atingir uma pressão parcial adequada do anestésico no cérebro para que ele possa exercer o efeito desejado.

3.3.2 O APARELHO DE ANESTESIA

Os aparelhos de anestesia fornecem uma mistura de gases com proporções variadas para controlar o nível de consciência do paciente durante a cirurgia. Um aparelho de anestesia deve ser tão leve quanto possível para ser facilmente deslocado. Não deve ter bordas ou pinos agudos e todos os controles devem ser claramente visíveis. É constituído de três partes: Seção de fluxo contínuo, Sistema respiratório e Ventilador (NBR 13730).

3.3.2.1 SEÇÃO DE FLUXO CONTÍNUO

Parte do aparelho que tem a função de misturar os gases ou vapores anestésicos para serem administrados ao paciente através do sistema respiratório (NBR13730). Composto por: fluxômetros e vaporizadores.

Os fluxômetros ou o conjunto de fluxômetros são dispositivos que permitem a mistura de gases em concentrações e fluxos adequados. São dotados de válvulas e dispositivos de segurança. O controle de fluxo do oxigênio deve ser distinguido fisicamente dos demais, mas não deve ser menor que os demais controles.

Os controles devem obedecer às normas brasileiras e serem claramente identificáveis com as cores padronizadas e as fórmulas químicas.

Após a entrada, os gases passam pelas válvulas reguladoras de pressão onde as pressões das redes são reduzidas os fluxos dos gases são misturados antes da conexão de saída, sendo então enviados ao vaporizador.

O vaporizador é usado para fazer a mudança do estado físico de um agente volátil de líquido para vapor e diluí-lo em concentrações compatíveis com a utilização clínica. O vaporizador deve liberar de maneira quantificada e controlada o fluxo de gases que vai para o paciente. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

3.3.2.2 SISTEMA RESPIRATÓRIO

A seção do sistema respiratório é constituída de tubos, conexões, válvulas e balão de anestesia e permite ao anestesista fornecer uma mistura de gases e vapores anestésicos provenientes do equipamento de anestesia.

Este conjunto de dispositivos que permite ao anestesista fornecer uma mistura de gases e vapores anestésicos ao paciente (NBR 13730). Classifica-se em:

- Sem absorvedor de CO_2
- Com absorvedor de CO_2

O sistema sem absorvedor de CO_2 não possui o componente químico capaz de reagir com CO2 para eliminá-lo do sistema.

No sistema com o absorvedor de CO_2 existem conexões através de tubos entre o paciente e um recipiente chamado “canister”, onde se coloca um composto químico, geralmente o hidróxido de sódio, responsável por reter o CO_2 que é exalado pelo paciente durante o procedimento cirúrgico.

3.3.2.3 VENTILADOR

É o equipamento conectado às vias aéreas do paciente para promover ou completar a ventilação pulmonar, devido à diminuição da respiração com a aplicação dos anestésicos (NBR 13763).

A ventilação artificial deve propiciar o fornecimento de gases umidificados, aquecidos e não poluídos às vias aéreas e é usada para exercer duas funções básicas:

- Manutenção da ventilação alveolar apropriada para suprir as demandas metabólicas do paciente. Portanto, busca promover uma eliminação adequada de CO_2 e uma oferta suficiente de 0_2 para manter o equilíbrio acidobásico.
- Manutenção de volumes e das características elásticas dos pulmões para impedir a deterioração da mecânica pulmonar.

Um ventilador deve ser capaz de insuflar os pulmões do paciente (fase inspiratória), permitir a deflação pulmonar (fase expiratória).(MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002). Abaixo na Figura 4 é mostrado todo o diagrama completo do fluxo de atividades que são realizadas durante o procedimento de funcionamento do aparelho de anestesia e na figura 5 é mostrado o aparelho de anestesia por completo.

Figura 4 - Diagrama simplificado do aparelho de anestesia.

Fonte: Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção, 2002.

Figura 5 - Imagem do aparelho de anestesia da marca Dragger e suas partes

Fonte: Manual Dragger Fabius Plus.

3.3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA E SEGURANÇA DO APARELHO DE ANESTESIA

É de entendimento fundamental que ciclos de manutenções são imprescindíveis para manter os EMH sempre aptos e com todas as suas funcionalidades em perfeitas condições de uso, assim como também garantir a segurança para usuários e pacientes quando forem utilizar o EMH.

No ponto de vista de manutenções, como já foi explicado anteriormente, são realizados basicamente 3 tipos: a corretiva, que atua apenas quando o maquinário falha ou quebra alguma peça; tem-se a manutenção preventiva que é realizada como forma de prevenção e atua com troca de peças antes que seus componentes possam falhar e, finalmente, a manutenção preditiva, que é a que tem a capacidade de predizer quando uma peça está na iminência de quebrar, através de manutenções de inspeções e *checkouts* constantes nos EMH, mesmo eles estando em funcionamento no EAS, e só trocando a peça quando realmente for necessário, deixando o equipamento o menor tempo possível parado, aumentando assim a produtividade do EMH.

Em equipamentos como o aparelho de anestesia se faz necessário que o mesmo esteja sempre com todos os seus recursos e sistemas de segurança em perfeito estado de funcionamento, uma vez que este EMH é extremamente importante em processos de cirúrgicos realizados diariamente em quase todos os EAS. E por se tratar de um EMH

de suporte à vida não pode apresentar o menor defeito, pois pode ser fatal para o paciente que irá utiliza-lo e pode também representar riscos para os operadores que no caso são os médicos da equipe cirúrgica.

Geralmente os aparelhos de anestesia que são utilizados em EAS são similares a imagem mostrada anteriormente na Figura 5. Esses aparelhos possuem diversas conexões de tubos e mangueiras para realizar a mistura dos agentes anestésicos com o oxigênio e o ar medicinal estes gases são fornecidos por meio da rede de tubulação de gases do EAS ou por meio de cilindros móveis conectados ao aparelho de anestesia. Uma manutenção inadequada em uma unidade de anestesia pode causar lesões e até morte para o paciente e para a equipe médica que utiliza o aparelho. Se a unidade de anestesia usa agentes anestésicos inflamáveis, todo o cuidado é requerido.

Por se tratar de um EMH complexo exige um maior cuidado e atenção na sua manutenção, sendo imprescindível a manutenção preditiva, para ajudar a detectar componentes que possam vir a falhar ou que esteja há muito tempo em uso e também que este tipo de manutenção ofereça maior segurança a pacientes e usuários do aparelho de anestesia.

Portanto, observa-se a necessidade de haver manutenções preditivas regulares e um estoque de peças para manutenção, principalmente, de válvulas e partes de borrachas, pois estas são as que sofrem maiores desgastes e assim evitar maiores problemas no futuro.

3.4 O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS PARA INTERNET

Uma aplicação em *internet* consiste em um conjunto de páginas que interagem com o usuário, provendo, armazenando e processando informações. (SOUZA, 2007).

Para se desenvolver sites ou sistemas voltados para *internet* é necessário de conhecimento de algumas linguagens de programação especificas que são bastante utilizadas por desenvolvedores e programadores de sites para *internet*.

Algumas das linguagens mais usadas são o *HTML, CSS, Javascript*, e o *Python*. Essas linguagens podem ser divididas em dois conceitos a partir de suas funções no sistema. As linguagens de *front-end* são aquelas responsáveis por, segundo Dantas (2016), ser uma abstração para algumas funções do *software* que terão como objetivo a interação direta com o usuário. Já o *back-end* é a abstração que processa as informações

para o *front-end*. O código do *front-end* é interpretado pelo navegador, enquanto que o código do *back-end* pela máquina que exerce a função de servidor da aplicação. As linguagens de código padrões para *front-end* são HTML, CSS e *Javascript*. Podem-se apontar algumas linguagens de *back-end* como: *Python*, *Java*, *PHP*, *Ruby*, dentre outros.

3.4.1 O FRONT-END

Segundo Stefanini (2016), enquanto o *HTML* (*Hypertext Markup Language* ou Linguagem de Marcação de Hipertexto) é a linguagem de publicação utilizada para estruturar conteúdos, o *CSS* (*Cascading Style Sheets*, ou Folhas de Estilo em Cascata) é a linguagem responsável pela aparência da página, como o posicionamento dos elementos, cores e tudo que torne o site mais visualmente agradável para a navegação.

O Javascript que foi falado anteriormente é a linguagem utilizada para dar funções a página web e controlar o conteúdo escrito em *HTML*.

3.4.2 O BACK-END

Discutindo um pouco mais sobre os códigos de *back-end*, o *Python*, citado anteriormente, é uma linguagem de altíssimo nível (em inglês, *Very High Level Language*) orientada a objeto, de tipagem dinâmica e forte, interpretada e interativa (BORGES, 2010). Onde se pode destacar também sua sintaxe clara e concisa, que favorece a legibilidade do código fonte, tornando a linguagem mais produtiva e permitindo que o programador possa focar no problema ao invés de se preocupar com a sintaxe e estrutura da linguagem de programação (DANTAS, 2016). Uma ferramenta bastante utilizada entre desenvolvedores de páginas para *internet* são os *frameworks*.

Um *framework* é um conjunto de componentes e de códigos que ajuda a desenvolver sites de forma mais rápida e fácil. Um *framework* para *web* muito utilizado é o *Django*, de alto nível escrito em *Python* que estimula o desenvolvimento rápido e limpo (Django Project, 2016).

O seu desenvolvimento é modelado de acordo com o princípio DRY – *Don't Repeat Yourself*, evitando ao máximo código duplicados e fazendo com que o desenvolvimento da aplicação seja mais ágil e eficiente (HOLOVATY, A., KAPLAN-MOSS, J., 2009).

O framework Django se destaca por complementar uma característica do *Python* conhecida como *batteries included*. Isto é, ele possui uma coleção de recursos que auxiliam o desenvolvimento de *softwares*, quebrando problemas complexos em tarefas mais triviais cujas soluções o *framework* já oferece por padrão (DANTAS, 2016).

O padrão de desenvolvimento do *Django* baseia-se no padrão MVC (*Model – View – Controller*), sendo a camada *Model* responsável pelo banco de dados, a camada *View* pela interface do sistema e a camada *Controller* pelas regras de negócio**.**

Apesar de ser um *framework* MVC, o *Django* denomina a camada *Controller* de "*View*" e a *View* de "*Template*", ou seja, torna-se o padrão MTV (*Model – Template – View*). Sendo assim, na arquitetura MTV, o *Controller* não é responsável pela lógica do negócio e sim pelo funcionamento do sistema, cabendo essa função à camada *View*. Já a interface fica a cargo da camada *Template* (FERNANDES, 2016). A Figura 6 abaixo demonstra o funcionamento do framework Django e seus recursos que são utilizados.

Uma camada de *back-end* que é também bastante importante é o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) – (do inglês *Data Base Management System)* (DBMS), responsável por armazenar os dados geridos pelo sistema. Dentre alguns modelos existentes, destacam-se: PostgreSQL, MySQL, SQLite, Oracle e Microsoft SQL Server (DANTAS, 2016)**.** É importante acrescentar que o *framework* Django possui suporte nativo ao banco de dados SQLite e que o mesmo vem incluso nas configurações do próprio *Django* devendo o programador apenas configurar da forma que for mais conveniente para o seu trabalho.

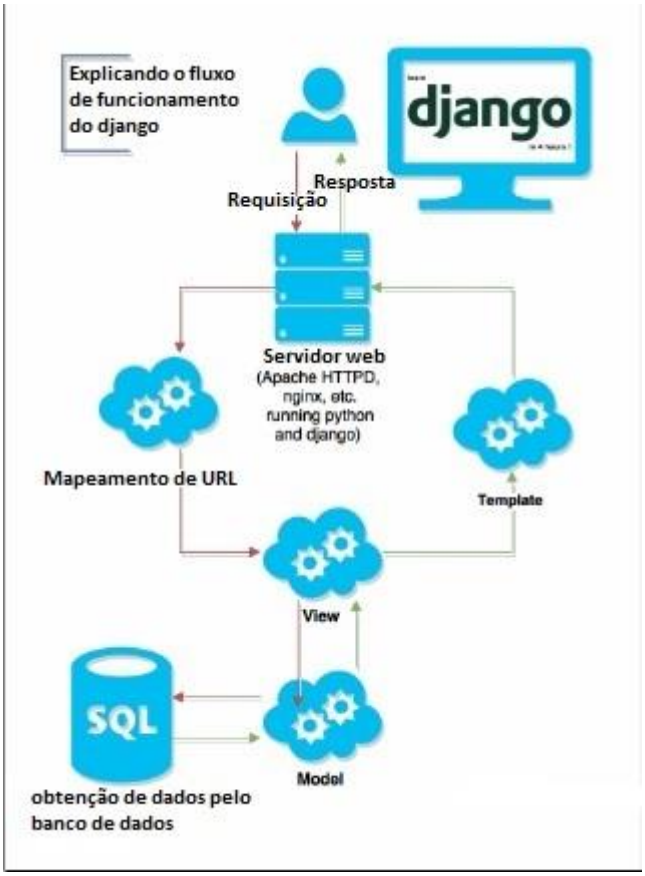

Figura 6 - Diagrama de Funcionamento do Framework Django

Fonte – Blog slash4

3.5 O PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM APARELHOS DE ANESTESIA REALIZADOS NA MEJC

O processo de manutenção preditiva que já foi explicado ser o tipo de manutenção mais simples para analisar as partes e ou peças mais aparentes do EMH, e tentar evitar ou quem sabe até anular falhas por quebra mecânica, devido ao desgaste dos componentes que ocorrem de forma natural, por estarem em constante uso.

Nos os aparelhos de anestesia que são utilizados diariamente em EAS, os processos de manutenção preditiva encontram-se sendo realizados geralmente em fichas de papel para coletar os dados e realizar este tipo de manutenção.

Com isso o processo fica mais demorado além de ter um gasto com papel e também se devem destinar espaços próprios para os arquivos físicos, que devem ser destinados com o intuito de armazenar esses dados obtidos das manutenções preditivas.

Mais abaixo na Figura 7 que mostra uma ficha de manutenção preditiva do aparelho de anestesia que é preenchida pela equipe de manutenção da empresa prestadora de serviços da MEJC, pode-se notar que ela contém todas as peças ou a maioria das peças mais aparentes e que podem ser visualizadas de forma clara sem a necessidade de abrir o EMH, e todas essas peças são checadas e avaliadas pela equipe durante a manutenção.

CHECK – LIST MANUTENÇÃO PREDITIVA		
Titulo: CL.MPR – APARELHO DE ANESTESIA - DRAGER	Codigo: CL.MPR – ENG / DL 010	Revisão: 1
Padronização em Eng' Clinica	Data Emissão: 05/05/2012	Data revisão: 01 /03/2015
Modelo: FABIUS GS ( ) PLUS ( )	Cod. DL:	N/S:
Patrimônio:	Setor:	O. Serviço:
Executor:	Data Execução :	Unidade:

1. LIMPEZA

1.1	Limpeza Externa	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐

2.TESTES QUALITATIVOS

2.1	GABINETE	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.2	CONECTORES	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.3	CONTROLES/ CHAVES/ BOTÕES	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.4	MANÔMETROS	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.5	ROTÂMETROS	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.6	CAMPÂNULA / FOLE	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.7	MÓDULO CONTROLADO (COZY)	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.8	VÁLVULA LIMITADORA DE PRESSÃO (APL)	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.9	ALARMES	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.10	CHASSI	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.11	PLUGUE A/C CABO DE FORÇA	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.12	FUSIVÉIS	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.13	DISPLAY / INDICADORES/ LED	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.14	RODÍZIOS/FREIOS E TRAVAS	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.15	TUBOS E MANGUEIRAS	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.16	VALVULAS REGULADORAS	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.17	ALIMENTAÇÃO DE GASES	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.18	FILTROS	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.19	TESTE DE VAZAMENTO	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.20	SENSOR DE OXIGÊNIO	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.21	CABO DO SENSOR DE OXIGÊNIO	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐
2.22	TESTE DA BATERIA - _____ min	Aprovado ☐	Reprovado ☐	Não se aplica ☐

OBSERVAÇÕES.

Figura 7 - Formulário tradicional de manutenção preditiva em aparelhos de anestesia

Fonte – Dealers soluções hospitalares

Portanto é verificado o quão antiquado e moroso é realizado o processo de manutenção preditiva nos sistemas de anestesia dos EAS, além de também ocupar muito espaço físico, pois é preciso destinar algum espaço para armazenamento desses documentos, logo são eles que comprovam ou atestam que o equipamento está em

perfeitas condições de uso e fornece segurança tanto para o operador como para pacientes.

Foram observados todos esses pequenos detalhes e então surgiu a ideia de informatizar esse processo, torna-lo mais ágil, prático e dinâmico possível, além disso, aperfeiçoar ao máximo o espaço de armazenamento dos arquivos tornando-os digitais.

4. METODOLOGIA

A proposta deste trabalho foi de desenvolver um *sistema* cujo intuito principal foi a de promover a informatização do processo de manutenção preditiva, de forma que esse sistema seja utilizado na *intranet (rede interna de internet)* de um EAS. E, portanto fornecer uma ferramenta para o setor de engenharia clínica para o gerenciamento desse processo.

Para a construção desse sistema foi primeiramente analisado o processo atual de manutenção preditiva, foram detectados pontos dentro do processo que podiam ser aprimorados. E assim foi elaborada uma proposta de informatização da manutenção preditiva por meio do desenvolvimento de um *sistema,* e que este irá servir como uma ferramenta de trabalho para o setor da engenharia clínica.

4.1 ANÁLISES DO PROCESSO ATUAL DE MANUTENÇÃO PREDITIVA NOS APARELHOS DE ANESTESIA

O levantamento dos requisitos do sistema e o seu desenvolvimento ocorreram conforme foram vistos no local as necessidades que se apresentavam durante os processos de manutenções preditivas em aparelhos de anestesia, as quais foram observadas na da Maternidade Escola Januário Cicco (MEJC) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

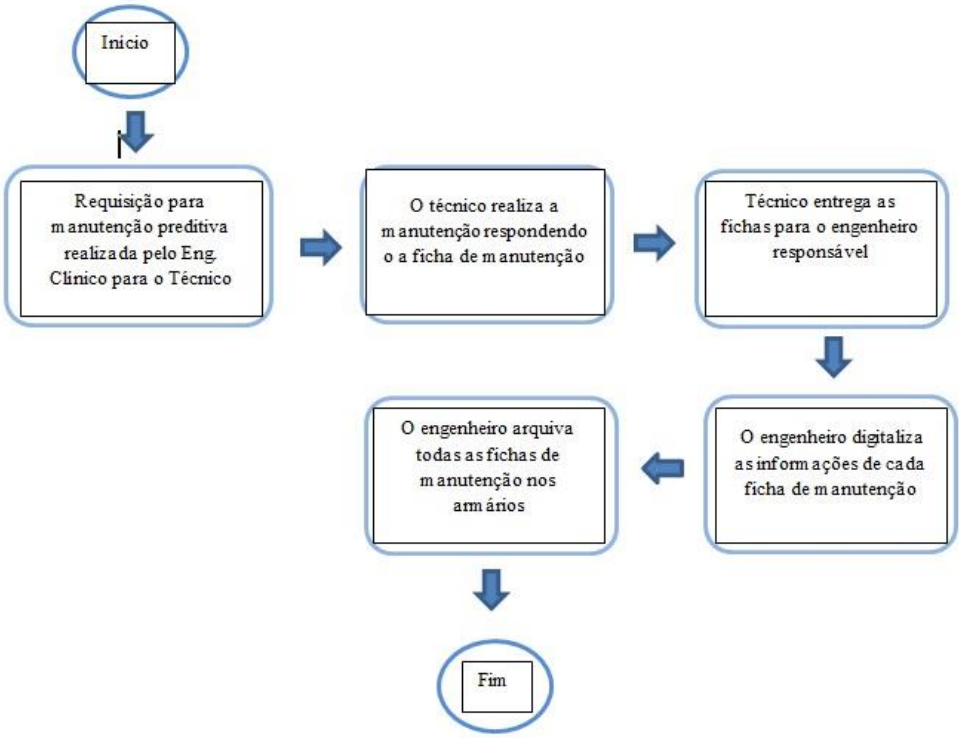

Figura 8- Fluxograma do processo de manutenção preditiva antes da implantação do sistema

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a figura 8 acima, se observou o processo realizado ainda de forma primitiva da manutenção preditiva de aparelhos de anestesia. Onde se tem o processo feito por meio de fichas em papel mostradas a Figura 7 do capítulo anterior.

Esse processo é lento e algumas vezes ficam informações incompletas, pois alguns campos não são preenchidos. Depois de ser realizada a manutenção junto ao preenchimento das fichas, ocorre o processo de digitalização desses dados de forma manual realizada pelo engenheiro clínico, utilizando o recurso de planilhas eletrônicas para armazenamento dos dados obtidos nas manutenções. E por último ocorre o arquivamento dessas fichas em armários.

Analisando o fluxograma do processo atual foi idealizado um sistema informatizado que aprimorasse o método como é realizado a manutenção preditiva.

Para a realização do sistema foi necessário à elaboração do diagrama de casos de uso e de um fluxograma de funcionamento do sistema que serão vistos mais adiantes.

4.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA

O sistema foi desenvolvido utilizando principalmente a linguagem de programação Python com o framework *Django*. O *front-end* foi desenvolvido usando as linguagens *HTML*, *CSS*. O software *Pycharm* da JetBrains foi utilizado como ferramenta para escrita dos códigos em *Python e Django* do sistema no *Back-end*. O *GitLab* foi utilizado como repositório web da codificação do *sistema*

O banco de dados utilizado foi o padrão do *Django* que é o *SQLite 3* e que foi configurado de acordo com as necessidades que o sistema em desenvolvimento exigiu.

Todas as funcionalidades foram testadas em servidor local de uma máquina com sistema operacional *windows* 10 x64bits, processador Intel i3 3337U 2.40GHz, 4GB RAM.

4.3 O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

4.3.1 DIAGRAMA DE CASO DE USO DO SISTEMA

Para o desenvolvimento do sistema foi elaborado um diagrama de casos de uso que serve para demonstrar uma visão geral do sistema e suas possíveis interações com o usuário.

Esse diagrama documenta o que *o sistema* faz do ponto de vista do usuário. Em outras palavras, ele descreve as principais funcionalidades do sistema e a interação dessas funcionalidades com os usuários do mesmo sistema. Nesse diagrama não se aprofunda em detalhes técnicos que dizem como o *sistema* faz. (DEVMEDIA, 2017).

Diagramas de casos de uso são compostos basicamente por quatro partes:

- Cenário: Sequência de eventos que acontecem quando um usuário interage com o sistema.
- Ator: Usuário do sistema, ou melhor, um tipo de usuário.
- Caso de Uso: É uma tarefa ou uma funcionalidade realizada pelo ator (usuário)
- Comunicação: é o que liga um ator com um caso de uso

O diagrama de caso de uso que foi idealizado para o sistema e explica bem as funcionalidades do *software*, assim como ilustra o que cada ator dentro do sistema pode executar de acordo com suas permissões dentro do *software*.

O termo <<extend>> significa dizer que só será gerado o relatório e serão enviados os dados se o formulário for preenchido. Já o termo <<include>> significa que a geração de alertas será feita de acordo com a inclusão de dados no campo de observação do formulário como é mostrado na figura 9.

Seguindo o diagrama os cadastros de novos usuários, ou seja, os técnicos, serão feitos pelo administrador do sistema, no caso o engenheiro clínico. E o preenchimento de formulário e agendamento será realizado pelo técnico responsável e que irá realizar a manutenção preditiva no EAS.

O engenheiro e o técnico vão receber relatórios gerados pelo e-mail a partir do preenchimento do formulário, relatórios estes que serão formatados em arquivo em PDF de forma automática ao término do preenchimento do formulário de manutenção preditiva.

Da mesma maneira também serão enviados os alertas para informar ao engenheiro da troca de alguma peça que está prestes a falhar, ou como uma informação de que existem peças em fim de vida útil e que precisam ser trocadas ou feitas à manutenção corretiva. Estas informações são enviadas automaticamente se o campo de observações do formulário for preenchido.

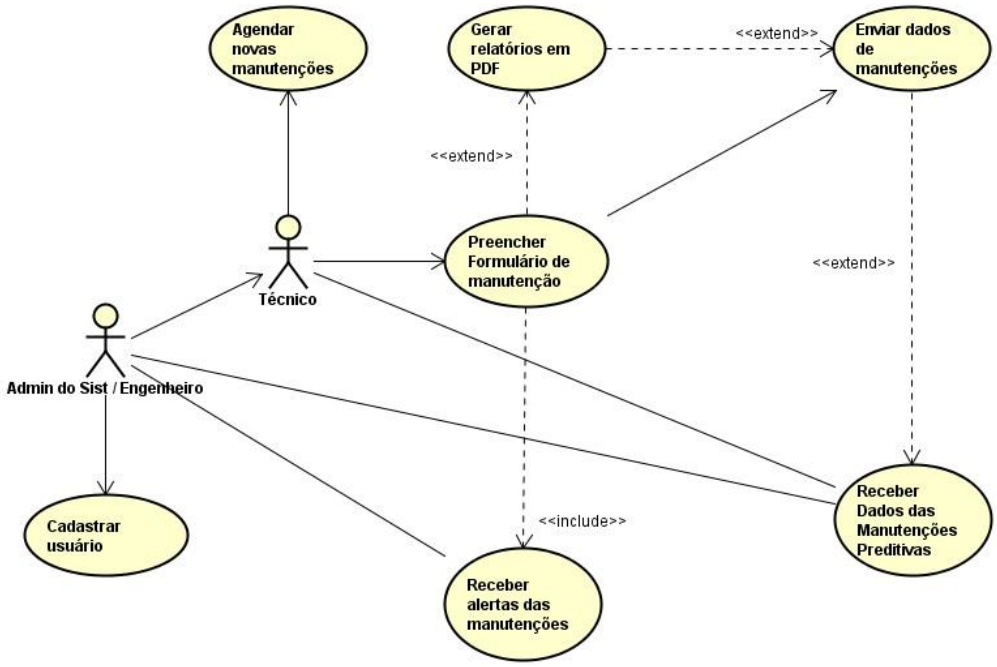

Figura 9- Diagrama de Casos de Uso do Sistema de Manutenção Preditiva

Fonte – Elaborado pelo autor

4.4 A INFORMATIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM APARELHOS DE ANESTESIA

Assim foi proposto desenvolver um sistema para auxiliar na informatização do processo de manutenção preditiva em aparelhos de anestesia, baseando-se pelo método realizado na MEJC, porém com incrementos de funcionalidades dentro do processo de informatização ou do programa que irão servir para que o engenheiro clínico possa obter mais informações sobre o estado de cada máquina que passou pela manutenção e também o setor de engenharia clínica irá obter esse documento da manutenção preditiva quase que instantâneo, pois ao término de cada sessão de vistoria os laudos das manutenções irão ser enviados pela rede interna de computadores do EAS e irá chegar a seu e-mail cadastrado no sistema.

Utilizando a linguagem de programação Python e Django é possível escrever códigos para desenvolver aplicações ou sistemas voltados para *internet*. Pois este tipo de linguagem consegue fracionar o problema de montar páginas de *internet* em várias camadas, para assim poder montar-se um sistema funcional e que possa armazenar

dados, além de facilitar as outras funcionalidades para o desenvolvedor e para quem irá ver o código posteriormente.

Para ilustrar melhor de como irá funcionar o processo é demonstrado em forma de fluxograma como irá ocorrer o passo a passo do processo informatizado da manutenção preditiva pelo sistema proposto através da Figura 10.

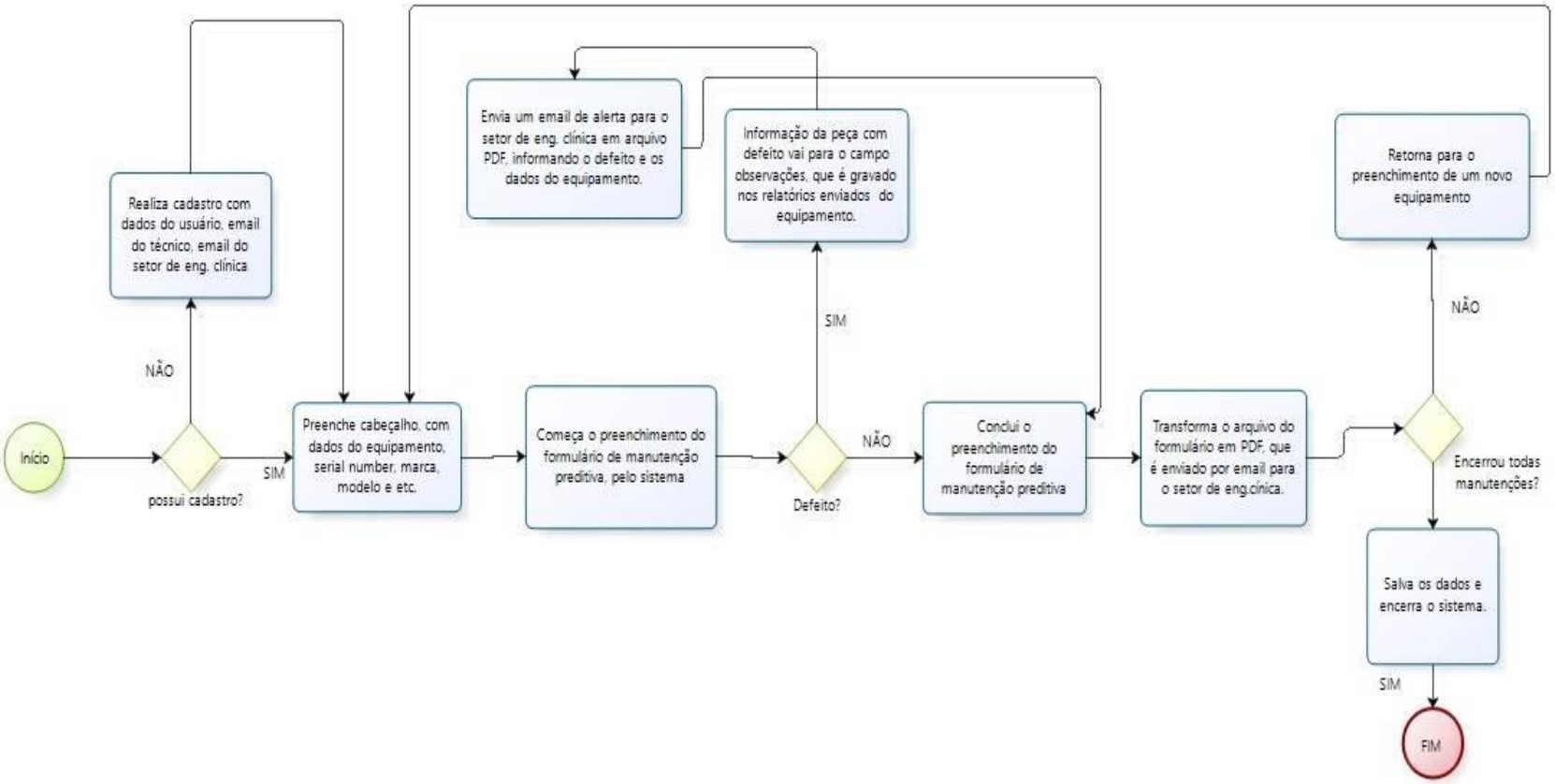

Figura 10 - Fluxograma de funcionamento do sistema de manutenção preditiva

Fonte – Elaborado pelo autor

O fluxograma da Figura 10 acima mostra o funcionamento básico do sistema de manutenção preditiva. Primeiramente é realizado o cadastro do usuário e se o mesmo não tiver uma conta dentro do sistema, este cadastro é feito por quem irá administrar o sistema.

Após o cadastro do usuário os dados obtidos serão salvos em uma base de dados dentro do sistema. Depois de feito o cadastro o novo usuário passa a ter acesso ao sistema e as funcionalidades oferecidas.

Com o sistema em funcionamento é permitido à utilização de algumas funções, dentre estas o preenchimento do formulário digital de manutenção preditiva. Durante o preenchimento deste formulário digital são checados todos os parâmetros exigidos constados no formulário pelo responsável da manutenção.

Se for encontrado alguma peça com defeito ou no limite de desgaste pelo responsável da manutenção esse defeito é relatado no campo de observações do formulário e após isso esta informação é enviada como e-mail de alerta para o setor de engenharia clínica em formato de relatório.

Se não existir nenhuma peça prestes a falhar ou danificada o responsável técnico não preencherá o campo observações. Sendo assim dará prosseguimento para finalizar o preenchimento do formulário, concluindo esta etapa o documento é convertido automaticamente pelo sistema e logo após é enviado em formato de PDF para o setor de engenharia clínica do EAS, com uma cópia para o e-mail do responsável que realizou a manutenção preditiva. Se for necessário realizar a manutenção em outro aparelho, o sistema direcionará para o preenchimento de novos dados e em seguida para o formulário a ser preenchido.

Com esse sistema espera-se reduzir o tempo de realização da manutenção preditiva assim como também evitar usar arquivos físicos, que estes ocupam muito espaço no setor de EC, e como esse setor geralmente em EAS são ambientes bastantes pequenos e com espaços reduzidos espera-se melhorar este aspecto, além do mais ficará uma via da manutenção com cada um que participou da manutenção preditiva, isso é importante pois se acontecer algum acidente com o equipamento o engenheiro e o técnico tem como defender-se judicialmente e o comprovar que a manutenção foi

realizada e o EMH estava em prefeitas condições e que realmente o que aconteceu foi um evento adverso.

Mais adiante, na parte dos resultados é mostrado um pouco de como ficou o sistema pois se encontra em desenvolvimento, uma vez que a ideia final é a utilização desse sistema com dispositivos móveis utilizando a rede interna de conexão com a *internet* dentro do EAS.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A manutenção preditiva como já foi dita anteriormente é a mais simples de todas as manutenções, pois boa parte dela requer checagem visual dos componentes e verificação se todas as partes do EMH, no caso o aparelho de anestesia, que é abordado neste trabalho de monografia, e se está em perfeitas condições de uso e isso tudo é feito de forma manual e com preenchimento de fichas em papel, que logo após as manutenções essas fichas se tornam arquivos físicos para o setor de engenharia clínica.

Como resultado foi projetado o sistema interno de manutenção preditiva (SIMPRED) e que posteriormente poderá vir a ser utilizado em dispositivos móveis para realizar as manutenções preditivas de forma mais eficiente e rápida por parte dos técnicos e funcionários que trabalham no ambiente hospitalar.

Seguindo a demonstração a primeira etapa no processo de construção do sistema de manutenção preditiva é a autenticação do usuário, ou seja, o responsável pela manutenção ou quem irá realizar o trabalho terá que ter uma conta com nome e senha para poder ter acesso ao sistema como é mostrado na Figura 11 à tela inicial de autenticação do usuário.

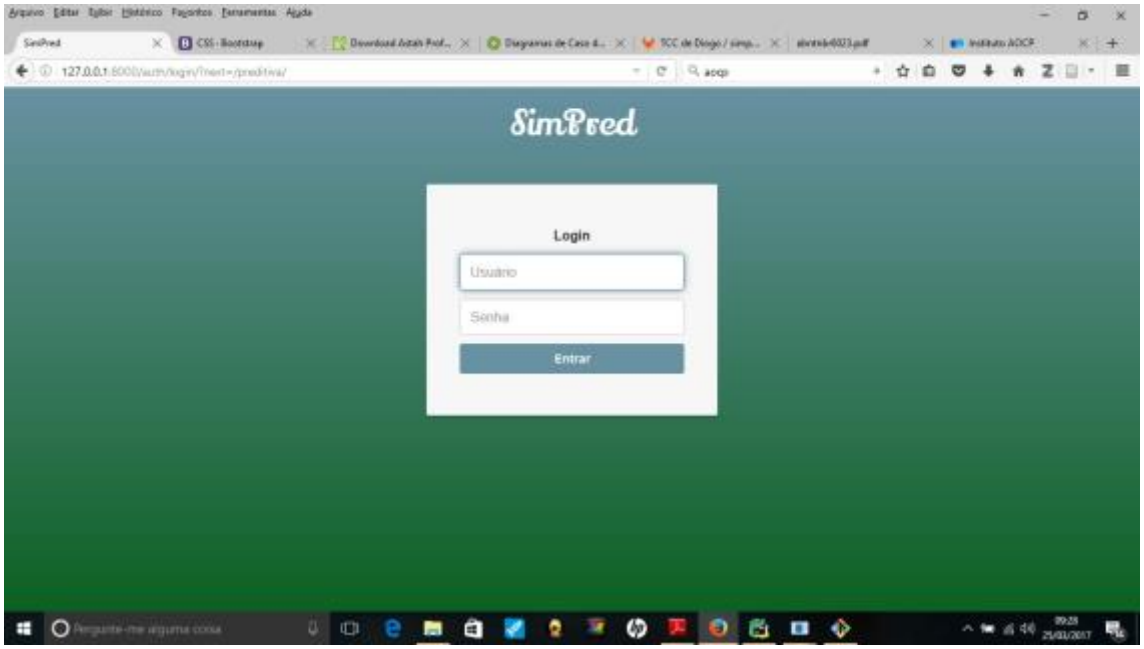

Figura 11 - Tela de autenticação de usuário

Fonte: Elaborado pelo autor

Para cadastrar um novo usuário no sistema é necessário que seja feito pelo administrador, que será no caso o engenheiro clínico, e somente ele terá acesso ao formulário de cadastramento. Neste formulário serão colocados os dados do técnico que irá realizar a manutenção.

Depois de realizado este cadastro os dados serão salvos dentro do sistema e o técnico terá acesso ao *menu* do sistema e suas funcionalidades para realizar seu trabalho.

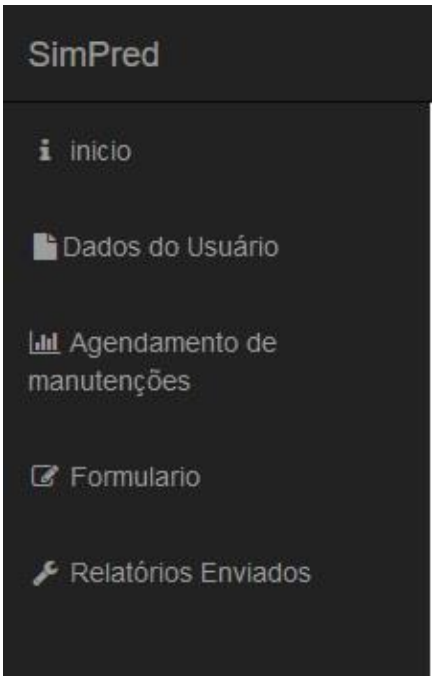

Figura 12 - Tela menu inicial do sistema

Fonte: Elaborado pelo autor

No *menu* inicial teremos a tela com todas as funcionalidades do sistema dentre elas o formulário para realizar a manutenção preditiva do equipamento de anestesia. Como é mostrado na Figura 12.

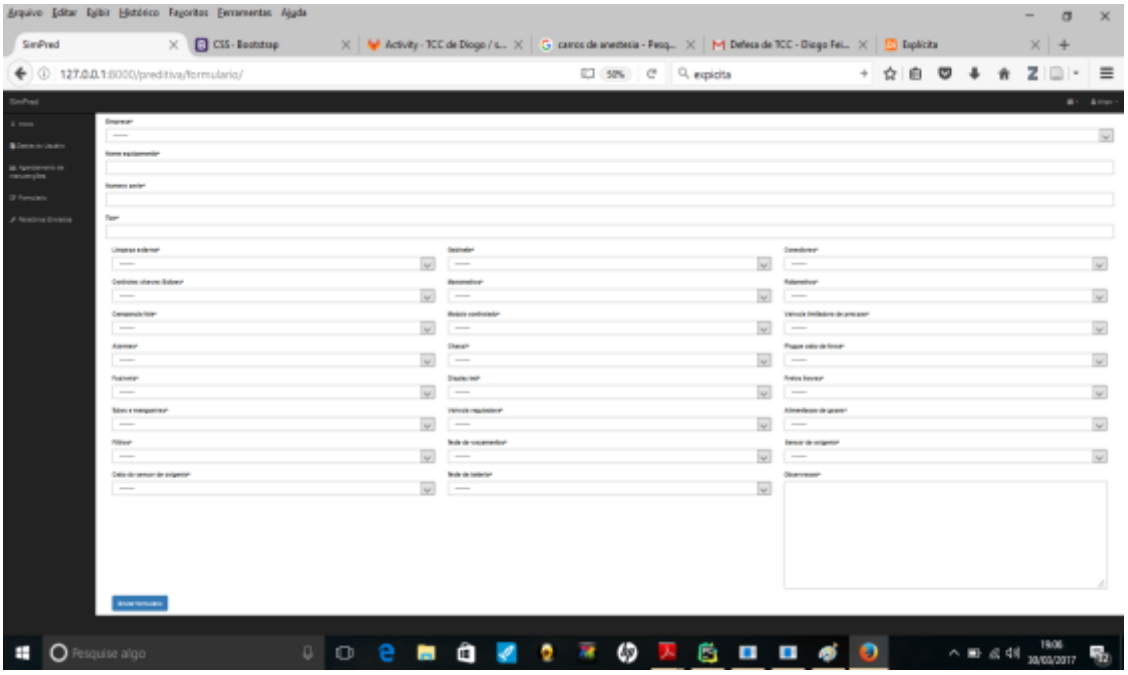

Figura 13 - Tela do formulário do sistema

Fonte: Elaborado pelo autor

No preenchimento do formulário terá múltiplas escolhas dentre opções definidas como (aprovado, reprovado , não se aplica) o responsável pela manutenção irá checar todos os componentes seguindo a ordem estabelecida e colocará o alguma das opções definidas no formulário. Após o término desse preenchimento ele irá salvar e enviar todos os dados colocados no sistema ao clicar no botão “salvar dados e enviar ”. Como é mostrado na Figura 13.

Nas demais funcionalidades do menu temos a aba “relatórios enviados” onde vão constar em forma de tabela dados sobre os relatórios que foram encaminhados para o setor de engenharia clínica do EAS. Como podemos ver na Figura 14.

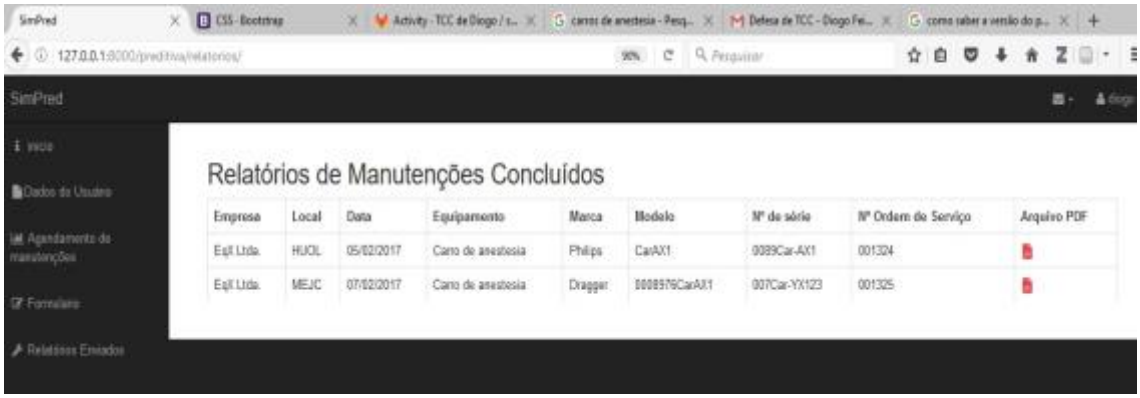

Figura 14 - Tela dos relatórios enviados

Fonte: Elaborado pelo autor

E a última funcionalidade que é mostrada no sistema é sobre os dados do usuário que foi cadastrado no sistema e constando as principais informações sobre o mesmo e o contato do setor de engenharia clínica. Isso é apresentado na Figura 15 logo mais abaixo.

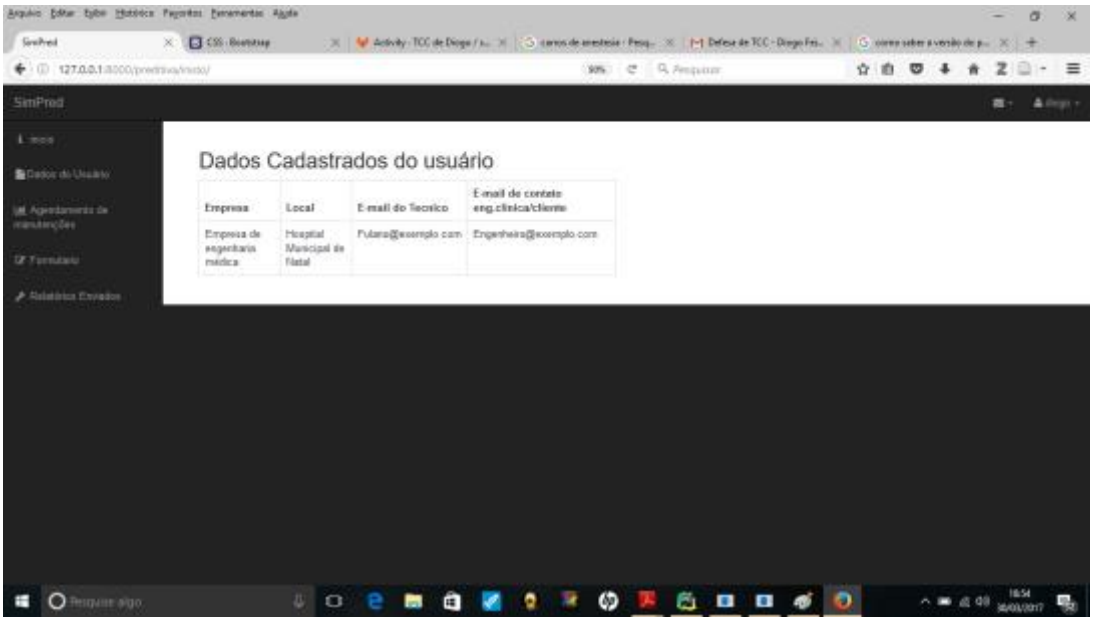

Figura 15 - Tela dos dados do usuário

Fonte: Elaborado pelo autor

Logo esse sistema está em fase de construção e testes, onde se podem alterar algumas funcionalidades. Porém a ideia é tentar desenvolver o sistema da maneira mais intuitiva possível e que possa ser utilizado pelos profissionais no dia a dia de trabalho. Além disso é pensado futuramente disponibilizar esse sistema em dispositivos móveis.

6. CONCLUSÕES

Para fim de conclusão deste trabalho de monografia foram abordadas ideias para melhorar o processo de manutenção preditiva tomando como ponta pé inicial os aparelhos de anestesias que são encontrados em muitos EAS espalhados pelo país.

Existe uma preocupação em difundir e tornar este tipo de manutenção cada vez mais comum e, desta forma, melhorar a segurança necessária em se utilizar um EMH em um ambiente de saúde. Em razão disso foi projetado e desenvolvido um sistema para auxiliar na manutenção preditiva, para ser utilizado em uma rede interna dentro dos EAS.

No processo de informatização da manutenção preditiva em aparelhos de anestesia também é levado em consideração o tempo que era gasto para realizar esse trabalho com cada equipamento, além de ter que armazenar todos os processos ou fichas de manutenção em arquivos físicos, isso também demanda tempo e ocupa um espaço já escasso no setor de EC do ambiente de saúde.

Com esse *sistema* proposto o tempo gasto poderá ser reduzido para realizar a manutenção preditiva e também o problema de armazenamento desses arquivos que deixariam de ser físicos e passariam a ser digital o que eliminaria ter que guardar papéis ou destinar espaço dentro do setor de EC para esses arquivos. Além do mais as manutenções seriam enviadas automaticamente para os *e-mails* cadastrados, assim que forem sendo encerradas as manutenções por aparelho, isso possibilita um maior controle e melhoria na gestão das manutenções dos EMH por parte do engenheiro clinico dentro do EAS.

Dessa forma como trabalhos futuros é pretendido estender esse processo para outros EMH e poder utilizar o desenvolvimento do sistema de manutenção preditiva para *internet* na forma de aplicativos, e que possa ser usado em dispositivos móveis como tablets, smartphones, entre outros. Isto tornaria cada vez mais difundida a manutenção preditiva dentro dos EAS.

7. REFERÊNCIAS

ABREU, G.; BANDEIRA, G.; GIANELLI, R. **Vibração e ruído em manutenção preditiva**. (Trabalho universitário) Bauru: 2010. 22f

ACCE, Providing Clinical Engineering Suppo**rt to Countries Around the World, disponível em http://www.accenet.org/ACCE%20trifold%20International%20WEB.pdf acessado em** 2017**.**

ANTUNES, E. ET al. **Gestão da tecnologia biomédica:** Tecnovigilância e Engenharia Clínica. Paris: Ed. Scientifiques ACODESS, 2002. 210 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO (ABRAMAN). **Documento Nacional de 2011. Situação da manutenção no brasil. 2011**. Disponível de em: <abraman.org.br>. Acesso em 14 jan. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT); 1996. **Ventiladores pulmonares para uso medicinal,** NBR 13763. Rio de Janeiro**.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Confiabilidade e Mantenabilidade - terminologia.** NBR 5462, Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR IEC 60601-1: **Equipamento eletromédico – Parte I – Prescrições gerais para segurança**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994

BORGES, M. C. ET al. **Implantação de Sistema Informatizado para Planejamento e Controle da Manutenção – Empresa Vileflex**. 2009, 91p. Curso Superior de Tecnologia – Manutenção Industrial, Universidade Vale do Rio Doce - Univale, Governador Valadares, 2009

BORGES, L. E. **Python para Desenvolvedores.** 2. Ed. Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2010.

BLOG SLASH4 **Learn Django Chapter- 3 Views, Templates and Urls**. disponível em:<http://slash4.net/blog/django-tutorial/learn-django-views-templates-and-urls.html> acessado em 06/03/17

BRONZINO, J. D. ; Clinical Engineering: Evolution of a Discipline. In: DYRO, J. (Ed.) **Clinical Engineering Handbook**. Burlingto: Elsevier Academic Press, 2004. Cap. 1, p. 3-7

CASALI, C. **Estudo para a implantação da manutenção preditiva na empresa Paquetá** Calçados Ltda e seus possíveis ganhos. 2011. 23p. Graduação - Engenharia de Produção, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2011.

CASCONE, R. N**. Metodologia para análise e otimização da confiabilidade, da Mantenabilidade e da disponibilidade de um processo contínuo de produção**. 1992, 218p. Pós-Graduação – Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1992

CARRILO, R. E. **Utilidades e Conveniências dos Fluxos Baixos – Anestesia. C.M.D.,** Tolima, 1994.

DANTAS, MARCEL DA CÂMARA RIBEIRO. **Sistema de Telemonitoramento para Pacientes com Esclerose Lateral Amiotrófica**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

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

DEVMEDIA. 2017. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br>. Acesso em: 20.03.2017

DEALERS **Soluções Hospitalares ltda**. disponível em: < https://www.infoplex.com.br/perfil/cnpj/20121891000141> acessado em 20 /03/ 17

DJANGO PROJECT. 2016. Disponível em: <http://www.djangoproject.com>. Acesso em: 23.02.2017

FARINHA, J. M. T. (1997), **Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares: Minerva**

FILHO, J. S. C.; CALDAS, A. de J. M.; NETO, M. L. da C**. A importância da engenharia clínica nas instituições de saúde: experiência em um hospital público federal.** Brasil, 2015

FERNANDES, ANA C. SÁ**. Sistema de Gerenciamento Web para Engenharia Clínica: Implantação no Hospital Universitário Onofre Lopes.** Dissertação

(Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

FUENTES, F. F. E. **Metodologia para Inovação da Gestão de Manutenção Industrial. 2006. 208 f.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2006

GONÇALVES, J. L. **Terapia Intensiva Respiratória – Ventilação Artificial;** Curitiba: Ed. Lovise Ltda. 1991

HOLOVATY, A. E KAPLAN-MOSS, J. **"The Django Book**". Disponível em: http://www.djangobook.com/. Acessado em dezembro de 2016.

KARDEC, ALAN ; NASCIF; BARONI, TARCISIO – **Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas** Editora Quality Mark, Rio de Janeiro,2002 – Coleção Manutenção – Abraman

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001. 388p. Apud MORAIS, C. V. M**etodologia de priorização de equipamentos médico-hospitalares em programas de manutenção preventiva.** 2004, 89p. Mestrado - Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, 2004.

LIMA, W. C.; SALLES, J. A. A. **Manutenção Preditiva: Caminho para a Excelência e Vantagem Competitiva.** Disponível em: <http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/4mostra/pdfs/616.pdf> Acesso em 14 jan. 2017

LUCATELLI, M. V. **Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos Médico-hospitalares**. 2002. 285 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)- Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Florianópolis, 2002.

MANUAL DRAGGER FABIUS PLUS **Anaesthesia Workstations** disponível em: < https://www.draeger.com/Products/Content/fabius-plus-pi-9067092-en.pdf> Acessado em 06/03/17

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção**. Brasília – DF: Ministério da Saúde, 2002.

NEPONUCENO, L. X. **Técnicas de Manutenção Preditiva.** São Paulo: Edegard Blücher, v1 e v2; 1989.

SOUZA, V. E. S. **FRAMEWEB: um Método baseado em Frameworks para o Projeto de Sistemas de Informação Web**. Dissertação (Mestrado em Informática) — Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil, 2007

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

STEFANINI. HTML e CSS: o que são e quais as diferenças? 2016. Disponível em: <https://stefanini.com>. Acesso em: 23.02.2017.

TERRA, T. G.; GUARIENTI, A. ; SIMÃO, E. M. ; JÚNIOR, L. F. R. **Uma Revisão dos Avanços da Engenharia Clínica no Brasil,** Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 47-61, 2014.