



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
Graduação em Engenharia Biomédica

LUCAS DE BRITO SILVA

**ANÁLISE DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO DAS
INCUBADORAS DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE UBERLÂNDIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Uberlândia
2018

LUCAS DE BRITO SILVA

**ANÁLISE DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO DAS
INCUBADORAS DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE UBERLÂNDIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

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

Orientador: Selma Terezinha Milagre

Assinatura do Orientador

Uberlândia
2018

Dedico este trabalho à minha mãe pelos sacrifícios que me trouxe até aqui, pelo estímulo, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Enilda, pelo amor, carinho e principalmente pelos sacrifícios que me trouxeram até aqui. Sem ela nada disso seria possível.

À minha dupla e amiga, Adriana, pela amizade, apoio, ajuda e companhia sempre.

Aos meus amigos e familiares, que de alguma forma contrubuiram para este trabalho. Seja na forma de ajuda, seja na forma de apoio.

Agradeço à Bioengenharia, pela ajuda e pelos dados fornecidos para o trabalho.

À Professora Dr^a. Selma Terezinha Milagre, pela orientação deste trabalho.

Aos professores Dr.: Adriano de Oliveira Andrade e Dr.: Adriano Alves Pereira, por suas contribuições na solenidade de defesa.

RESUMO

Incubadoras neonatais são equipamentos essenciais para a sobrevivência de neonatos com idades gestacionais que mereçam cuidados especiais e que apresentam, ou não, baixo peso, proporcionando sua sobrevivência. O presente estudo apresentou uma análise dos indicadores de manutenção corretiva das incubadoras neonatais do Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia. Os indicadores utilizados para a análise foram Tempo Médio de Reparo, Tempo Médio Entre Falhas e Disponibilidade dos EMAs em questão. Os indicadores foram calculados de duas formas, como são encontrados na literatura e como são utilizados no setor de Bioengenharia do HCU-UFU. A pesquisa foi realizada no setor de Bioengenharia baseada na coleta de dados do Sistema de BioEngenharia (SisBiE), no período de janeiro de 2014 a abril de 2018. Neste trabalho foram analisados os PSMs de 42 incubadoras, de duas marcas distintas, onde apenas 33 apresentaram PSMs de manutenção corretiva. As marcas das incubadoras neonatais foram referenciadas como letras, A e B, para não comprometimento das mesmas. Cada marca possui quatro modelos diferentes. Só entraram na pesquisa PSMs com data de fechamento e outras informações necessárias para o cálculo dos indicadores. Primeiramente foi feita uma comparação dos indicadores entre os modelos de cada marca, e depois uma comparação de desempenho entre as duas marcas de incubadoras presentes no HCU-UFU. Para finalizar, foi feita uma comparação da média dos indicadores, utilizando a média aritmética, entre os modelos de cada marca, e em seguida, entre as marcas. Os resultados mostraram que os equipamentos da marca B possuem os melhores indicadores, incluindo o custo de manutenção corretiva.

ABSTRACT

Neonatal incubators are essential equipment for the survival of neonates with gestational ages who deserve special care and who present or not, low weight, providing their survival. The present study presented an analysis of the indicators of corrective maintenance of the neonatal incubators of Hospital de Clínicas de Uberlândia, Federal University of Uberlândia. The indicators used for the analysis were Average Repair Time, Mean Time between Failures and Availability of the EMAs in question. The indicators were calculated in two ways, as they are found in the literature and how they are used in the Bioengineering sector of the HCU-UFU. The research was carried out in the Bioengineering sector based on the data collection of the Bioengineering System (SisBiE) from January 2014 to April 2018. In this work the PSMs of 42 incubators of two distinct brands were analyzed, where only 33 maintenance PSM corrections. The neonatal incubator marks were referred to as letters A and B, so as not to compromise them. Each brand has four different models. Only the PSMs with the closing date and other information needed to calculate the indicators have been entered. First, a comparison of the indicators between the models of each brand was made and then a comparison of performance between the two brands of incubators present in the HCU-UFU. Finally, a comparison of the mean of the indicators, using the arithmetic mean, between the models of each brand, and then between the brands was made. The results showed that brand B equipment has the best indicators, including corrective maintenance cost.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Famílias de Equipamentos do SisBiE.....	21
Gráfico 1 – Média do número de PSM da marca A.....	32
Gráfico 2 – Média do número de PSM da marca B.....	32
Gráfico 3 – Média do indicador MTTR-B para a marca A.....	33
Gráfico 4 – Média do indicador MTTR-B para a marca B.....	33
Gráfico 5 – Média do indicador MTBF-B para a marca A.....	34
Gráfico 6 – Média do indicador MTBF-B para a marca B.....	34
Gráfico 7 – Média do indicador DISP-B para a marca A.....	35
Gráfico 8 – Média do indicador DISP-B para a marca B.....	36
Gráfico 9 – Média do indicador MTTR para a marca A.	37
Gráfico 10 – Média do indicador MTTR para a marca B.....	38
Gráfico 11 – Média do indicador MTBF para a marca A.....	38
Gráfico 12 – Média do indicador MTBF para a marca B.....	39
Gráfico 13 - Custos de manutenção por marca/modelo das incubadoras neonatais do HCU-UFU.....	40

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Relação de número de equipamentos por marca/modelo.....	26
Quadro 2 - Relação dos equipamentos com os indicadores calculados para a Bioengenharia....	27
Quadro 3 - Relação dos equipamentos com os indicadores da literatura calculados.....	29
Quadro 4 - Média dos indicadores calculados na Bioengenharia por modelo de EMA.....	31
Quadro 5 - Média dos indicadores da literatura calculados por modelo de EMA.....	36
Quadro 6 - Custos de manutenção corretiva para cada modelo de incubadora neonatal.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EAS – Estabelecimento Assistencial de Saúde.

RN – Recém-nascido.

RNPT – Recém-nascido Prematuro.

EMA – Equipamento Médico-Assistencial.

EMH – Equipamento Médico-Hospitalar.

MP – Manutenção Preventiva.

MC – Manutenção Corretiva.

SisBiE – Sistema de BioEngenharia.

HCU-UFU – Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia.

UTI – Unidade de Tratamento Intensivo.

UTIN – Unidade de Tratamento Intensivo Neonatal.

OMS – Organização Mundial de Saúde.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

MEC – Ministério da Educação.

MTTR-B – Tempo Médio de Reparo para a Bioengenharia.

MTBF-B – Tempo Médio Entre Falhas para a Bioengenharia.

DISP-B – Disponibilidade para a Bioengenharia.

MTTR-L – Tempo Médio de Reparo na literatura.

MTBF-L – Tempo Médio Entre Falhas na literatura.

DISP-L – Disponibilidade na literatura.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. DESENVOLVIMENTO	14
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1.1 Hospital de Clínicas de Uberlândia	14
2.1.1.2 Bioengenharia	14
2.1.2 Equipamentos Médico-Assistenciais.....	15
2.1.3 Manutenção	16
2.1.3.1 Manutenção preventiva	17
2.1.3.2 Manutenção Corretiva.....	17
2.1.4 Incubadora Neonatal.....	18
2.1.4.1 Características.....	18
2.1.4.2 Estrutura e funcionalidades	19
2.1.5 Famílias dos equipamentos	20
2.1.6 Indicadores	20
2.1.6.1 Tempo Médio de Reparo (MTTR)	22
2.1.6.1.1 Tempo Médio de Reparo (MTTR) na literatura	22
2.1.6.1.2 Tempo Médio de Reparo (MTTR) para a Bioengenharia	23
2.1.6.2 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF).....	23
2.1.6.2.1 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) na literatura	23
2.1.6.2.1 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) para a Bioengenharia	24
2.1.6.3 Disponibilidade (DISP).....	24
2.1.6.3.1 Disponibilidade (DISP) na literatura	24
2.1.6.3.2 Disponibilidade (DISP) para a Bioengenharia	24
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3. CONCLUSÕES	41
4. REFERÊNCIAS.....	43

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da tecnologia hospitalar surgiram novas formas de manutenção e preservação da vida, mesmo em casos severos, que antes não tinham soluções. Tais avanços tecnológicos trazem uma maior confiabilidade de resultados, o que torna o profissional da saúde cada vez mais criterioso e exigente no quesito de segurança e qualidade. Isso exige um aprimoramento nos sistemas de gestão do parque tecnológico dos EAS (Estabelecimentos Assistenciais de Saúde) para se ter um maior controle das estratégias de manutenção dos equipamentos (COSTA, 2009).

Um exemplo dos avanços tecnológicos utilizados nos hospitais é a incubadora neonatal. Apesar de ter sido idealizada em 1878 por Stephane Etienne Tarnier, a incubadora aparece na história da assistência neonatal apenas em 1881, na Maternité de Paris, onde foi recebida como um dos maiores avanços no amparo aos recém nascidos prematuros, diminuindo a mortalidade entre recém-nascidos com baixo peso de 66% para 38% (PINHEIRO, 2011) (RODRIGUES, 2004). Desde então, a Neonatologia vem sendo aprimorada para proporcionar progressos consideráveis no cuidado ao Recém-Nascido Prematuro (RNPT). O bebê é considerado um RNPT quando nasce antes que os órgãos estejam preparados para permitir a sobrevivência pós-natal normal (DOS SANTOS, 2012).

A incubadora neonatal é uma das responsáveis pela melhora na sobrevida orgânica do RNPT, proporcionando a sobrevivência de neonatos com idades gestacionais preocupantes e que apresentam, ou não, baixo peso (DOS SANTOS, 2012). Desenvolvidas para oferecerem um ambiente termoneutro, controlado pelos fatores fluxo de ar interior, umidade e temperatura, as incubadoras são utilizadas para produzir um micro-ambiente climatizado que simule a temperatura a qual o RNPT estava submetido no útero materno (por volta de 38° C), evitando que o infante desenvolva hipotermia e diminuindo o risco de desenvolver problemas de saúde e/ou morte (ABDICHE, 1998) (TISA, 2013).

Para a preservação do ambiente termoneutro, é necessário o controle de temperatura bem como de umidade, que também influencia na produção e perda de calor (AMORIM, 2004). O uso da incubadora neonatal é amplamente recomendado para os casos de RNPT por oferecer um fácil acesso ao neonato, uma visualização completa do recém-nascido além de isolamento a agentes contaminantes (COSTA, 2017).

Com a demonstrada importância e utilidade deste equipamento médico-assistencial (EMA) vem a preocupação do bom funcionamento do mesmo. Falhas em equipamentos

representam enormes perdas, tanto no âmbito econômico como no humano, comprometendo a imagem da empresa, ou no caso de EAS comprometendo o cuidado com vidas (NUNES, 2001).

Uma forma de se preservar o bom funcionamento de EMAs é a manutenção dos mesmos. A manutenção é um importante fator no desenvolvimento de técnicas e procedimentos, sendo uma ferramenta de imprescindível importância na obtenção de serviços eficientes e resultados confiáveis, garantindo a segurança e a funcionalidade do equipamento. O termo “manutenção” não se resume apenas à atividade de reparo, incorporando diferentes aspectos, abordagens e níveis de complexidade. Esta complexidade do termo abre espaço para a definição de manutenção preventiva (MP), atividade desenvolvida a fim de evitar possíveis falhas do equipamento (LUCATELLI, 1998).

Uma gestão eficiente é um componente substancial na garantia da integralidade e da qualidade dos serviços prestados pelos equipamentos eletromédicos (AMORIM, 2015). Análise de indicadores é uma ferramenta de grande relevância no gerenciamento de EMAs, que são parte fundamental nos cuidados ao paciente. Os indicadores não são usados para medir, de forma direta, a qualidade de um serviço, mas com a análise do mesmo é possível fazer uma comparação entre a meta que se deseja e o estado real da situação, possibilitando a criação de parâmetros e estratégias, seja internos ou externos, em um EAS (VIEIRA, 2010).

Ao se tratar de um EMA específico, no caso, a incubadora neonatal, indicadores de manutenção podem ser usados para melhorar o gerenciamento. Os indicadores de manutenção mais utilizados são: Disponibilidade (DISP), Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), Tempo Médio de Reparo (MTTR), e podem ser usados para analisar a qualidade da manutenção executada bem como referendar marcas e modelos dos EMAs. Nesse contexto justifica-se o desenvolvimento do presente trabalho.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise de indicadores de manutenção, do Equipamento Médico-Assistencial Incubadora neonatal, do Hospital de Clínicas de Uberlândia, no período de janeiro de 2014 a março de 2018.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer os dados fornecidos pelo software de gerenciamento SisBiE;
- Estudar indicadores de manutenção;
- Calcular indicadores de manutenção para as incubadoras neonatal do HCU-UFU;

- Entender os indicadores para as diversas marcas e modelos desses EMAs;
- Obter uma visão geral das manutenções das incubadoras neonatais para possíveis melhoras de gerenciamento.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Hospital de Clínicas de Uberlândia

O maior EAS da cidade de Uberlândia é o Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HCU-UFU). Inaugurado em agosto de 1970, é o principal prestador de serviços pelo SUS (Sistema Único de Saúde) em Minas Gerais. É certificado como hospital público de ensino e ocupa a terceira posição no ranking dos maiores hospitais universitários do MEC (Ministério da Educação).

Atualmente o HCU dispõe de 520 leitos e possui uma área construída superior a 50 mil metros quadrados, é o único hospital público regional com porta de entrada aberta 24 horas por dia para todos os níveis de atenção à saúde. É tido como referência para 86 municípios da macro e micro região intitulada Triângulo Norte, com uma população estimada de 1.200.000 habitantes, em alta e média complexidade (BRASIL, 2018).

O Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia é munido de um serviço de Neonatologia referência em alta complexidade, composto por quinze leitos na Unidade de terapia intensiva neonatal (UTIN) e 32 leitos destinados a cuidados intermediários (o que inclui seis leitos da Unidade de Cuidados Intermediários Canguru). Além do cuidado com o recém-nascido, o hospital também oferece apoio às mães. As mães são fortemente incentivadas a permanecerem com os filhos internados, recebendo as principais refeições do dia além do livre acesso ao recém-nascido.

O setor de neonatologia do HCU oferece também orientações e apoios, como uma equipe multidisciplinar constituída por fonoaudióloga, fisioterapeuta, assistente social e apoio psicológico da parte dos psicólogos para as mães, desde a internação do recém-nascido aos retornos dos bebês para consultas e acompanhamentos médicos. O aleitamento materno é estimulado pelas orientações do Banco de Leite Humano do hospital, que oferece não só orientações como incentivo ao aleitamento e ordenha sistemática do leite materno (BONINI, 2016).

2.1.1.2 Bioengenharia

O Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia contém também o setor de BioEngenharia, que é responsável pela aquisição, manutenção, reparação e qualquer assunto referente ao parque tecnológico do hospital. Munidos de engenheiros de várias especialidades

(engenheiros eletricitas, mecânicos, hospitalares, eletrônicos) atendem também a demanda de manutenções dos equipamentos médico-assistenciais do HCU.

Situada ao lado do hospital, no bloco 6M, tem como equipe 63 membros compostos por engenheiros clínicos, mecânicos, eletricitas, possui também Almojarifado, Caldeira, Gerência, uma equipe de arquitetura hospitalar e laboratório de qualidade. O setor de Bioengenharia é responsável pela manutenção do sistema de gases do HCU-UFU e oferece estágios nas áreas que atua, tendo atividades de ensino e pesquisa.

As manutenções feitas pelo setor de Bioengenharia do hospital é gerenciada pelo sistema de Bioengenharia, denominado SisBie, desde a implementação do sistema, em 2014. O software é usado para controle do parque tecnológico do hospital, administrando todas as manutenções, sejam elas preventivas ou corretivas. Quando necessário alguma manutenção nos equipamentos, se abre o chamado pedido de serviço de manutenção (PSM) no sistema e após a manutenção ser realizada o PSM é encerrado.

2.1.2 Equipamentos Médico-Assistenciais

Equipamento médico-hospitalar (EMH) ou equipamento médico-assistencial (EMA) é definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como todo e qualquer aparato médico que segue o ciclo de vida do equipamento onde necessita de manutenção, reparação, calibração e desativação. Outras definições entram nesta categoria, como dispositivos utilizados para tratamentos, diagnósticos ou reabilitação, sendo estes utilizados sozinhos ou combinados com acessórios adequados (OLIVEIRA, 2017).

O órgão responsável pela definição e classificação dos equipamentos médico-assistenciais no Brasil é a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). De acordo com a ANVISA, equipamentos médicos são todos os equipamentos de uso em saúde, podendo este ser de finalidade médica, odontológica, fisioterápica ou laboratorial. Os EMAs fazem parte da categoria de produtos para a saúde juntamente com todos materiais de uso em saúde, assim como os produtos de diagnóstico de uso in vitro.

Os EMAs são definidos pela RDC 02/2010, que dispõe sobre o gerenciamento de tecnologias em saúde em estabelecimentos de saúde. De acordo com a resolução, item VIII da seção III, EMA é definido como (BRASIL, 2010):

VIII - equipamento médico-assistencial: equipamento ou sistema, inclusive seus acessórios e partes, de uso ou aplicação médica, odontológica ou laboratorial, utilizado direta ou indiretamente para diagnóstico, terapia e monitoração na assistência à saúde da população, e que não utiliza meio farmacológico, imunológico ou metabólico para realizar sua principal função

em seres humanos, podendo, entretanto, ser auxiliado em suas funções por tais meios;

Assim, os equipamentos médicos-assistenciais podem ser produtos médicos ativos, sendo implantáveis ou não, ou ainda não-ativos, como cadeiras de rodas, macas, camas hospitalares, mesas cirúrgicas, cadeiras para exames, etc (BRASIL, 2001).

O presente trabalho abrangerá apenas os equipamentos médico-assistenciais ativos, definidos pela RDC nº 185/01, item 13.1 Anexo I, como:

13.1 - Produto médico ativo: Qualquer produto médico cujo funcionamento depende fonte de energia elétrica ou qualquer outra fonte de potência distinta da gerada pelo corpo humano ou gravidade e que funciona pela conversão desta energia. Não são considerados produtos médicos ativos, os produtos médicos destinados a transmitir energia, substâncias ou outros elementos entre um produto médico ativo e o paciente, sem provocar alteração significativa.

A classificação de risco dos produtos para a saúde, feita pela ANVISA, de acordo com a RDC nº 185/01 Anexo II no item "Classificação", é feita de acordo com o risco associado na utilização dos produtos para a saúde. São quatro classes de risco, sendo elas:

- Classe I – baixo risco;
- Classe II – médio risco;
- Classe III – alto risco;
- Classe IV – máximo risco.

Os EMAs podem ser utilizados nos EAS para diagnósticos, cirurgias, terapias, para manutenção da vida, auxiliando na recuperação dos pacientes, como é o caso das incubadoras. O advento dos EMAs proporcionou uma considerável melhora nos tratamentos utilizados nos centros de saúde, tornando peças fundamentais na manutenção da vida atualmente. O que torna a manutenção dos mesmos um fator de suma importância nos EAS (BRASIL, 2001).

2.1.3 Manutenção

É definida como manutenção a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, com as ações de supervisão inclusas, que tem como destino manter ou recolocar um aparato em um modo no qual este possa executar uma função requerida. Os tipos mais conhecidos de manutenção são (SOUZA, 2010) :

- Manutenção preventiva;
- Manutenção corretiva;
- Manutenção preditiva.

O Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia (HCU-UFU) trabalha com os dois primeiros tipos de manutenção citados acima.

2.1.3.1 Manutenção preventiva

O conceito de manutenção preventiva traz a explicação no próprio nome. Uma ação preventiva tem o intuito de prevenir ou evitar que algo aconteça. A manutenção preventiva (MP) consiste em adotar uma sequência de ações de cunho periódico para evitar o surgimento de problemas. A periodicidade das MPs é geralmente definida pelo fabricante do equipamento, podendo ser alterada de acordo com a necessidade observada pelo setor de Engenharia Clínica responsável (BORGES, 2014).

A MP foi criada devido à necessidade de uma forma de manutenção que previnisse falhas, diminuindo os gastos com consertos e prolongando a vida útil do equipamento. Para a prática da manutenção preventiva é preciso seguir um roteiro pré-estipulado composto por uma inspeção geral inicial (KAUR, 2005); a realização da troca de peças ou acessórios que já estejam desgastados, com o ciclo de vida terminado, ou danificados de alguma forma; em seguida é necessário uma lubrificação geral e por fim, uma calibração do equipamento com a ação de testes funcionais para saber se a MP foi realizada com sucesso (CAPUANO, 1998).

As manutenções preventivas oferecem como vantagem a diminuição de falhas, evitando que o equipamento interrompa o ciclo de trabalho inesperadamente, uma redução de estoques e um maior controle sobre a vida útil do equipamento (WANG, 2009). As desvantagens são que é necessário uma interrupção do trabalho do equipamento para a execução da MP; a possível influência de falhas humanas no manuseio e a necessidade de um histórico de falhas completo e confiável (PAZETO, 2016).

2.1.3.2 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva foi o primeiro tipo de manutenção existente, visto que desde o início dos tempos industriais, quando começou-se a usar equipamentos tecnológicos, é necessário esse tipo de intervenção. A palavra corretiva tem como significado “o que corrige”, o que conserta. Tem como objetivo claro a correção de algum problema (FLEMING, 1997).

A manutenção corretiva (MC) é qualquer intervenção feita com o intuito de reparar as condições de desempenho do equipamento, podendo ser de caráter emergencial, não planejada, necessária para o restabelecimento do funcionamento de algum sistema ou equipamento. As MC

podem ter o número diminuído devido ao uso de MPs, mas não é possível a exclusão total das MCs devido ao caráter aleatório. Não sendo possível prever quando haverá uma falha ou quebra no equipamento, seja por mau-uso ou qualquer outra situação que possa fazer com que surja uma emergência (SMITH, 1993).

As vantagens da MC são que esse tipo de manutenção não exige inspeções periódicas e permite que as trocas de peças ou acessórios sejam feitas apenas quando o ciclo de vida destes são terminados. As desvantagens são que não são planejadas, podem gerar um aumento de incidentes, reduz a vida útil do equipamento e causa uma diminuição na confiabilidade do mesmo (KARDEC, 2012).

2.1.4 Incubadora Neonatal

A incubadora neonatal surgiu com a ideia do professor e obstetra parisiense, Stephane Etienne Tarnier, em 1878. A ideia era criar um equipamento semelhante a uma chocadeira de ovos de galinha e foi desenvolvido por um funcionário do zoológico de Paris, a pedido do professor (RODRIGUES, 2004).

A função principal da incubadora neonatal é criar um ambiente termicamente neutro que simule o útero materno, usando controle de temperatura e umidade relativa do ar. Esse equipamento ainda permite um maior domínio do ambiente interno oferecendo as opções de controle de circulação de ar, nível de oxigênio, luz e nível sonoro. É amplamente utilizado em recém-nascidos pois além de permitir um intenso controle do ambiente interno ainda possibilita uma visualização completa do RN e um fácil acesso por parte dos enfermeiros e pais (COSTA, 2009).

A RDC 07/2010, que dispõe sobre os requisitos mínimos para funcionamento de Unidades de Terapia Intensiva e dá outras providências, exige que haja a presença de, no mínimo, uma incubadora neonatal para cada leito nas UTIs Neonatais, de acordo com o Artigo 68. No Artigo 69, item XXXII, exige ainda que haja uma incubadora para transporte, com suporte para equipamento de infusão controlada de fluidos e suporte para cilindro de oxigênio, para cada dez leitos (BRASIL, 2010).

2.1.4.1 Características

As incubadoras neonatais vêm com algumas características, além das já citadas na Seção 2.1.4, que tornam o uso prático e eficiente, e são (FERREIRA, 2015):

- Cúpula em acrílico de paredes duplas rebatível e com trava de segurança;

- Porta de acesso frontal e posterior rebatíveis;
- Porta tipo íris na cabeceira;
- Leite deslizante, com sistema de ajuste manual de inclinação, radiotransparente e com sistema de trava de segurança;
- Base de plástico;
- Gaveta para chassi radiográfico;
- Monitor lateral;
- Portinholas ovais com punhos elásticos;

2.1.4.2 Estrutura e funcionalidades

Com o passar do tempo a incubadora foi sendo desenvolvida e aprimorada para oferecer o melhor no cuidado ao recém-nascido. O modelo mais moderno encontrado no mercado no Brasil, hoje, é a incubadora de modelo Vision® Advanced 2286, usada no HCU-UFU. Esta dispõe de uma cúpula de acrílico com uma parede dupla de acesso frontal e posterior, o que possibilita uma visão completa do RNPT e facilita o acesso de enfermeiros e médicos para interferências clínicas (RAMOS, 2017).

Os controles digitais da incubadora em questão operam com a tecnologia de microprocessadores o que proporciona uma maior precisão no monitoramento da temperatura e umidade do ar, na temperatura da pele do RNPT, monitoramento de saturação de oxigênio no ambiente e acompanhamento da frequência cardíaca do bebê. O aquecimento é feito por meio de um ambiente de circulação e distribuição controlada do ar. Há dois sistemas de controle de temperatura na Vision® Advanced 2286, um para a temperatura do ar interno da incubadora e um para o controle de temperatura da pele do recém-nascido.

O ar que entra na incubadora é totalmente filtrado, o que permite um isolamento eficaz do RNPT de agentes contaminantes, seja esses agentes de origem externas ao ambiente hospitalar, carregados pela má-higienização dos visitantes, como de agentes internos ao ambiente do hospital. A incubadora tem uma balança acoplada ao leito, o que permite um acompanhamento em tempo real do peso do recém-nascido.

A Vision® Advanced 2286 foi desenvolvida para minimizar a manipulação ao RNPT, o que faz com que evite o estresse por manipulação excessiva no recém-nascido prematuro evitando mudanças comportamentais e fisiológicas durante o desenvolvimento do bebê. É necessário o uso de água bidestilada (água destilada duas vezes, para maior garantia da pureza da mesma) no reservatório que garante a umidificação da incubadora, para a manutenção da

temperatura interna e integridade da pele do recém-nascido. A incubadora ainda oferece uma estrutura com rodas, para maior facilidade na manipulação do equipamento, e sistema de travamento para segurança do paciente e no manuseio pela equipe responsável (RAMOS, 2017).

2.1.5 Famílias dos equipamentos

Com o advento do Sistema de Bioengenharia (SisBie) no Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia em 2014, as manutenções são cadastradas por famílias de equipamentos no sistema, como demonstra a Figura 1.

A incubadora, equipamento analisado neste trabalho, pertence à família NEONATOLOGIA, que tem como descrição a seguinte definição: “Equipamentos projetados para serem utilizados em recém-nascidos” (GODOI, 2016).

2.1.6 Indicadores

A análise de indicadores é uma ferramenta de utilidade ímpar no gerenciamento. A tarefa fulcral de um indicador é expressar, da maneira mais simples, uma certa situação que se almeja avaliar (D'INNOCENZO, 2010). O resultado esperado de um indicador é um retrato do momento em que se deseja avaliar e demonstra, com isso, o que está sendo feito ou que se projeta para ser executado (SOUZA, 2010). O uso dos indicadores ampara o estabelecimento da quantificação de um processo e estabelece padrões para analisar o desempenho. Indicadores são medidores de atividades, o que significa que as coisas podem ser medidas, e com isso, podem ser comparadas e gerenciadas (FERNANDES, 2004).

Uma das principais tarefas dos indicadores é a de indicar oportunidades de melhora. Medidas de performance precisam ser utilizadas para revelar as fraquezas de determinado processo e a análise dos indicadores permitem a identificação dos problemas que estão causando os resultados insatisfatórios. Com isso, conclui-se que os indicadores servem para indicar não-conformidades (SCHIRIGATTI, 2006).

Figura 1 – Famílias de Equipamentos do SisBiE

Descrição
+ IMAGEM
+ FERRAMENTAS
+ AUDIOVISUAL
+ ÓTICA
+ COZINHA E COPA
+ MONITORIZAÇÃO
+ EQUIP. DE SUPORTE À VIDA
+ INFORMÁTICA
+ CABOS / SENSORES / TRANSDUTORES / ACESSÓRIOS
+ CIRURGIA
+ METROLOGIA
+ DIÁLISE
+ REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO
+ NEONATOLOGIA
+ ESCRITÓRIO E UTILITÁRIOS
+ BOMBA DE INFUSÃO
+ INFRAESTRUTURA CIVIL
+ ANÁLISE LABORATORIAL
+ REDE DE GÁS
+ INFRAESTRUTURA ELÉTRICA
+ HOTELARIA HOSPITALAR
+ FISIOTERAPIA E REABILITAÇÃO
+ ESTERILIZAÇÃO E DESINFECÇÃO
+ ODONTOLOGIA
+ RADIOTERAPIA
+ CENTRAIS TÉRMICAS
+ LAVANDERIA E ROUPARIA

Fonte : (GODOI, 2016).

Alguns indicadores de manutenção muito utilizados são: Tempo Médio de Reparo (MTTR), Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e Disponibilidade (DISP). O setor de Bioengenharia do Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia utiliza indicadores que diferem dos encontrados na literatura, nas Seções 2.1.6.1 à 2.1.6.3 são exemplificadas as diferenças entre os indicadores.

2.1.6.1 Tempo Médio de Reparo (MTTR)

2.1.6.1.1 Tempo Médio de Reparo (MTTR) na literatura

O tempo médio de reparo é um indicador que refere-se à manutenabilidade do equipamento. A sigla usada para este indicador (MTTR) é proveniente do termo em inglês “*Mean Time To Repair*”, em tradução livre: Tempo Médio de Reparo. É o valor que representa a quantidade média de tempo tomado para a manutenção do equipamento (D’INNOCENZO, 2010).

Este indicador leva em consideração uma série de tempos, desde o tempo de chegada do técnico ao local onde o equipamento que receberá a manutenção está ao tempo necessário para a verificação final da manutenção. Segue a lista de tempos que são considerados para o cálculo do indicador de Tempo Médio de Reparo (BORGES, 2014):

- Tt: *time of travel*, ou tempo de chegada do técnico ao local para iniciar a manutenção;
- Td: *time for diagnostic*, tempo de diagnóstico. Tempo necessário para ser feito o diagnóstico da falha. A rapidez com que as falhas são diagnosticadas tem grande influência nos custos de manutenção e no tempo de indisponibilidade;
- Ta: *time for delivery*, tempo de chegada da peça, caso seja necessária troca de alguma;
- Tg: *gain access time*, tempo de acesso. Tempo necessário para abrir o equipamento e chegar até o item defeituoso (quando aplicável);
- Tr: *remove and replace time*, tempo para remover e trocar. Tempo necessário para remover e trocar uma peça defeituosa (quando aplicável);
- Ts: *system restore time*, tempo para restaurar o sistema. Tempo necessário para colocar o equipamento em sua configuração operacional;
- Tc: *Check-out*, tempo para verificação final. Tempo necessário para fazer a verificação funcional do equipamento;
- Tu: *Close up*, tempo necessário para limpeza, organização do local, etc.

A Equação (1) representa o cálculo do indicador de Tempo Médio de Reparo (MTTR):

$$MTTR = \frac{\sum \text{tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções observadas}} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde $\sum$ tempos de reparo é o somatório de tempo em que o equipamento ficou na manutenção, e o Número de intervenções observadas é a quantidade de vezes em que o equipamento foi mandado para a manutenção.

2.1.6.1.2 Tempo Médio de Reparo (MTTR) para a Bioengenharia

Esta segunda maneira trata-se do cálculo de tempo de reparo do equipamento, não utilizando o número de intervenções feitas como na Equação (1). A Equação (2) exemplifica esta maneira alternativa de cálculo:

$$MTTR = \frac{\sum (Data\ de\ Fechamento\ do\ PSM - Data\ de\ Abertura\ do\ PSM)}{Número\ de\ intervenções\ observadas}$$

Equação (2)

Onde PSM, como explicado na Seção 2.1.1.2, é o Pedido de Serviço de Manutenção e $\sum$ representa o somatório dos dias que o equipamento ficou indisponível para uso durante as manutenções. É importante ressaltar que apesar da Equação (1) ter como saída um valor em unidades de tempo, podendo ser dias, horas, semanas, meses ou anos, a Equação (2) tem como resultado um valor dado em dias.

2.1.6.2 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)

2.1.6.2.1 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) na literatura

O indicador de Tempo Médio Entre Falhas, como o MTTR, tem a sigla derivada do termo em inglês “*Mean Time Between failure*” e representa o período em que o equipamento está em condições de uso e refere-se a confiabilidade do equipamento. Quando maior o valor dado por este indicador, melhor é o equipamento. Com este indicador é possível fazer uma análise das manutenções ou do tempo de funcionamento do equipamento, um valor pequeno de MTBF pode indicar que o equipamento esteja chegando ao fim da vida útil (BORGES, 2014).

É utilizada a Equação (3) para o cálculo do indicador de Tempo Médio Entre Falhas:

$$MTBF = \frac{\sum \text{tempos em funcionamento}}{Número\ de\ intervenções\ observadas}$$

Equação (3)

Onde $\sum$ tempos em funcionamento é o somatório dos dias em que o equipamento esteve em funcionamento, o tempo gasto com as manutenções não entra nesse cálculo.

2.1.6.2.1 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) para a Bioengenharia

Como na seção anterior, para este indicador há uma diferença entre o que diz a literatura e o como o setor de Bioengenharia do HCU-UFU executa o indicador. Nesse caso, o tempo gasto com as manutenções entra no cálculo do indicador. É utilizado o número de dias em que o equipamento está na Bioengenharia, desde a aquisição até a data da pesquisa, como mostra a Equação (4):

$$MTBF = \frac{\sum \text{dias funcionando}}{\text{Número de intervenções observadas}} \quad \text{Equação (4)}$$

2.1.6.3 Disponibilidade (DISP)

2.1.6.3.1 Disponibilidade (DISP) na literatura

A disponibilidade de um equipamento é definida como a capacidade que o mesmo tem de estar em condições de executar uma determinada função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado. Quanto maior a disponibilidade do equipamento, melhor é para a organização onde este está inserido. As manutenções têm como principal objetivo proporcionar uma maior disponibilidade do equipamento (SOUZA, 2010).

Para a utilização deste indicador é necessário que já se tenha acesso ao resultado dos indicadores citados nas Seções 2.1.6.1.1 e 2.1.6.2.1 (Tempo Médio de Reparo e Tempo Médio Entre Falhas). O cálculo deste indicador é dado pela Equação (5):

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% \quad \text{Equação (5)}$$

Onde MTBF é o indicador de Tempo Médio Entre Falhas (*Mean Time Between Failure*) e MTTR é o indicador de Tempo Médio de Reparo (*Mean Time To Repair*).

2.1.6.3.2 Disponibilidade (DISP) para a Bioengenharia

Para o cálculo deste indicador, na Bioengenharia do HCU-UFU, não se usa o indicador MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), apenas o Tempo Médio de Reparo (MTTR) e a quantidade de dias em que o aparelho está na Bioengenharia, desde o tempo de aquisição até a data da utilização do indicador. Como na seção 2.6.3.1, neste caso também é necessário que já

tenha sido calculado o indicador de Tempo Médio de Reparo. A disponibilidade utilizada na Bioengenharia é dada pela Equação (6):

$$DISP = \frac{\text{dias funcionando} - MTTR}{\text{dias funcionando}} \times 100\% \quad \text{Equação (6)}$$

2.2 Materiais e Métodos

O presente estudo foi realizado em três etapas distintas. A primeira etapa deste trabalho foi o levantamento bibliográfico a fim de fundamentar o tema apresentado. A segunda parte foi a aquisição de dados das incubadoras neonatais na base de dados do Sistema de Bioengenhria (SisBiE) do setor de Bioengenharia do Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia (HCU-UFU). A aquisição dos dados foi feita com o auxílio do setor de TI (Tecnologia da Informação) da Bioengenharia no dia 13 de abril de 2018. A terceira e última etapa do trabalho constituiu no cálculo e análise dos indicadores de manutenção.

O estudo realizado só utilizou PSMs registrados no período de 2014 à abril de 2018, visto que antes de 2014 o sistema de gerenciamento não era o SisBiE e continha algumas inconsistências. PSMs sem data de finalização não entraram na análise, pois nos cálculos dos indicadores utilizados é necessário que se tenha essa informação.

A base de dados adquirida foi analisada de forma a verificar se todos os PSMs presentes pertenciam à família de equipamentos desejada, Neonatologia – Incubadora neonatal, e se continham todas as informações necessárias: Número de patrimônio, a fim de identificar a qual equipamento o PSM pertence; data de abertura e finalização do PSM; descrição do PSM, para diferenciação entre manutenções corretivas e preventivas; marca e modelo, para identificação do equipamento; data de aquisição do equipamento, para o cálculo dos indicadores; e, por fim, os custos de manutenção de cada PSM, este item abrange o custos com materiais e despesas com a manutenção.

Vale ressaltar que as despesas com manutenção, caso a manutenção tenha sido feita na Bioengenharia do HCU-UFU, é o valor dos serviços do funcionário da Bioengenharia, que foge da alçada do SisBiE. Só é apresentado um valor na categoria “despesa” caso o aparelho tenha sido mandado para manutenção externa.

Uma vez em posse das informações citadas anteriormente, foi feita a separação das informações e o cálculo dos indicadores para os dados de manutenção corretiva. Os indicadores

calculados foram tanto os presentes na literatura como os utilizados no setor de Bioengenharia do HCU-UFU, a fim de uma comparação e melhor análise dos mesmos.

2.3 Resultados e Discussão

Após a análise dos dados coletados foram encontradas 42 incubadoras neonatais com PSMs registrados no software de gerenciamento da Bioengenharia, SisBiE, divididas em duas marcas com quatro modelos diferentes cada. Para preservar marcas e modelos foram utilizados letras e números para identificá-los. A primeira marca recebeu a denominação A e a segunda, B. A variação dos modelos foi representada pela letra da marca mais a numeração de 1 ao número de modelos. O Quadro 1 mostra a relação de quantidade de equipamento por marca e por cada modelo encontrado no banco de dados.

Quadro 1 - Relação de número de equipamentos por marca/modelo.

Identificação Marca	Quantidade de equipamentos	Identificação Modelo	Quantidade de equipamentos
A	31	A1	7
		A2	4
		A3	5
		A4	15
B	11	B1	7
		B2	1
		B3	1
		B4	2
TOTAL	42	TOTAL	42

Como observado no Quadro 1, só há um equipamento catalogado no sistema que teve PSM registrado para os modelos B2 e B3, representando 9,09% das incubadoras da marca B e 2,38% do total de incubadoras registradas no SisBiE pertencente ao HCU-UFU. A maior porcentagem de incubadoras é da marca A, do quarto modelo (A4), sendo 35,71% de todas as incubadoras analisadas e representando 48,39% das incubadoras da marca A. 73,81% das incubadoras analisadas são da marca A, e a marca B representa 26,19% das incubadoras estudadas.

O Quadro 2 apresenta a relação dos equipamentos com os indicadores calculados da forma utilizada no setor de Bioengenharia do HCU-UFU, indicado com “-B” na frente da sigla do indicador para diferenciar com os calculados pela literatura. Nele, está representado o número do equipamento; o modelo; a quantidade de dias desde que foi registrado na Bioengenharia; o

número de PSMs que o equipamento recebeu desde a implementação do SisBiE; e os três indicadores calculados: Tempo Médio de Reparo (MTTR), dado em dias; Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), dado em dias, e DISP (Disponibilidade), em porcentagem.

Quadro 2 - Relação dos equipamentos com os indicadores calculados para a Bioengenharia.

Número	Modelo	Dias funcionando	Nº de PSM	MTTR-B (Dias)	MTBF-B (Dias)	DISP-B (%)
1	A1	5398	5	275	1079,6	94,905521
2	A1	5398	4	114	1349,5	97,888107
3	A1	5800	9	1084	644,4444444	81,310345
4	A1	5398	4	892	1349,5	83,475361
5	A1	5399	1	1	5399	99,981478
6	A1	5519	6	927	919,8333333	83,203479
7	A1	5546	4	1638	1386,5	70,4652
8	A2	3173	4	919	793,25	71,036874
9	A2	3174	3	95	1058	97,006931
10	A2	3174	7	1225	453,4285714	61,405167
11	A2	3175	4	131	793,75	95,874016
12	A3	5398	9	250	599,7777778	95,368655
13	A3	3579	3	927	1193	74,09891
14	A3	1775	2	221	887,5	87,549296
15	A3	1775	2	671	887,5	62,197183
16	A3	1775	6	341	295,8333333	80,788732
17	A4	1775	8	926	221,875	47,830986
18	A4	1775	17	327	104,4117647	81,577465
19	A4	1775	8	883	221,875	50,253521
20	A4	1775	10	1394	177,5	21,464789
21	A4	1775	6	787	295,8333333	55,661972
22	A4	1775	5	1456	355	17,971831
23	A4	1775	9	131	197,2222222	92,619718
24	A4	1775	10	1360	177,5	23,380282
25	A4	1775	12	906	147,9166667	48,957746
26	A4	1775	10	973	177,5	45,183099
27	A4	1775	9	830	197,2222222	53,239437
28	A4	1775	8	309	221,875	82,591549
29	A4	1775	7	206	253,5714286	88,394366
30	A4	1775	6	154	295,8333333	91,323944
31	A4	1775	4	1578	443,75	11,098592
32	B1	8445	1	3	8445	99,964476
33	B1	8444	0	0	-	100
34	B1	8444	1	64	8444	99,242065
35	B1	8458	0	0	-	100

Quadro 2 - Relação dos equipamentos com os indicadores calculados para a Bioengenharia.
(Continuação)

36	B1	8444	0	0	-	100
37	B1	8445	0	0	-	100
38	B1	8445	0	0	-	100
39	B2	8443	0	0	-	100
40	B3	5730	0	0	-	100
41	B4	5731	0	0	-	100
42	B4	5731	0	0	-	100

As informações do Quadro 2 nos mostram que das 42 incubadoras com PSMs registrados no SisBiE, nove incubadoras não tiveram PSM de manutenção corretiva desde a implementação do sistema. Das 11 incubadoras da marca B, só duas tiveram manutenção corretiva, e ambas são do modelo B1. A ausência de PSM de manutenção corretiva faz com que o indicador de disponibilidade, designado por DISP-B, atinja o valor máximo de 100%. O que significa que todo o tempo em que o equipamento esteve registrado na Bioengenharia, ficou disponível para uso no HCU-UFU.

O fato dessas nove incubadoras não terem PSMs registrados fez com que o indicador de Tempo Médio de Reparo zerasse, além disso se não houveram PSMs não existiram ocorrências de falhas, o que significa que não há Tempo Médio Entre Falhas.

Dos valores calculados de MTTR para a Bioengenharia, o equipamento com o menor valor é o de número 5, da marca A e modelo A1, com apenas 01 dia de Tempo Médio de Reparo. Isto foi causado devido o EMA em questão possuir apenas um PSM, com um dia de duração. A incubadora com o maior MTTR, uma situação não desejável para um equipamento médico-assistencial, é a de número 7, também da marca A e modelo A1, com quatro PMSs registrados e tempo médio de reparo de 1638 dias. Importante lembrar que no caso do cálculo realizado pela Bioengenharia não se tem “tempo médio de reparo” e sim o tempo total de reparo, somando todas as manutenções realizadas no equipamento. Já no cálculo sugerido pela literatura o resultado do MTTR representa o tempo, em média, que cada equipamento ficou em reparo.

No caso do indicador de Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), o maior valor, a situação mais desejável para um EMA, pertence à incubadora de número 32, com MTBF de 8445 dias. Porém, vale ressaltar que só há registro de um PSM para este equipamento. O equipamento com menor valor de Tempo Médio Entre Falhas, ou seja, a situação menos desejável para um EMA, é o de número 25, com 12 PSMs de manutenção correntiva registrados e um valor de MTBF de 147,92 dias.

Excetuando os equipamentos que não tiveram PSMs de corretivas, o maior valor de disponibilidade foi do EMA de número 5, modelo A1, que atingiu 99,98%. Há registro de apenas um PSM para este equipamento, com duração de um dia, o que explica uma disponibilidade tão grande. O menor valor deste indicador foi o do equipamento de número 31, modelo A4, com 11,1%. Este equipamento tem quatro PSMs registrados no SisBiE, com Tempo Médio de Reparo de 1578 dias e um Tempo Médio Entre Falhas de 443,75 dias.

O Quadro 3 contém as mesmas características do Quadro 2, mas com os indicadores calculados da forma sugerida na literatura, indicado com “-L” na frente da sigla do indicador para diferenciar com os calculados pela Bioengenharia. Como no Quadro 2, apresenta informações de número do equipamento; o modelo; a quantidade de dias desde que foi registrado na Bioengenharia; o número de PSMs que o equipamento recebeu desde a implementação do SisBiE; e os três indicadores calculados: Tempo Médio de Reparo (MTTR), dado em dias; Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), dado em dias, e DISP (Disponibilidade), em porcentagem.

Quadro 3 - Relação dos equipamentos com os indicadores da literatura calculados.

Número	Modelo	Dias funcionando	Nº de PSM	MTTR-L (Dias)	MTBF-L (Dias)	DISP-L (%)
1	A1	5398	5	55	1024,6	94,905521
2	A1	5398	4	28,5	1321	97,888107
3	A1	5800	9	120,4444444	524	81,310345
4	A1	5398	4	223	1126,5	83,475361
5	A1	5399	1	1	5398	99,981478
6	A1	5519	6	154,5	765,3333333	83,203479
7	A1	5546	4	409,5	977	70,4652
8	A2	3173	4	229,75	563,5	71,036874
9	A2	3174	3	31,66666667	1026,333333	97,006931
10	A2	3174	7	175	278,4285714	61,405167
11	A2	3175	4	32,75	761	95,874016
12	A3	5398	9	27,77777778	572	95,368655
13	A3	3579	3	309	884	74,09891
14	A3	1775	2	110,5	777	87,549296
15	A3	1775	2	335,5	552	62,197183
16	A3	1775	6	56,83333333	239	80,788732
17	A4	1775	8	115,75	106,125	47,830986
18	A4	1775	17	19,23529412	85,17647059	81,577465
19	A4	1775	8	110,375	111,5	50,253521
20	A4	1775	10	139,4	38,1	21,464789
21	A4	1775	6	131,1666667	164,6666667	55,661972
22	A4	1775	5	291,2	63,8	17,971831
23	A4	1775	9	14,55555556	182,6666667	92,619718

Quadro 3 - Relação dos equipamentos com os indicadores da literatura calculados.
(Continuação)

24	A4	1775	10	136	41,5	23,380282
25	A4	1775	12	75,5	72,41666667	48,957746
26	A4	1775	10	97,3	80,2	45,183099
27	A4	1775	9	92,22222222	105	53,239437
28	A4	1775	8	38,625	183,25	82,591549
29	A4	1775	7	29,42857143	224,1428571	88,394366
30	A4	1775	6	25,66666667	270,1666667	91,323944
31	A4	1775	4	394,5	49,25	11,098592
32	B1	8445	1	3	8442	99,964476
33	B1	8444	0	0	-	100
34	B1	8444	1	64	8380	99,242065
35	B1	8458	0	0	-	100
36	B2	8443	0	0	-	100
37	B1	8445	0	0	-	100
38	B1	8445	0	0	-	100
39	B1	8444	0	0	-	100
40	B3	5730	0	0	-	100
41	B4	5731	0	0	-	100
42	B4	5731	0	0	-	100

Como no caso anterior, as nove incubadoras sem PSMs de manutenção corretiva estão presentes nos cálculos, porém com o indicador de Tempo Médio de Reparo zerado e sem valor de Tempo Médio Entre Falhas, pois não houve manutenção corretiva, logo não teve falhas registradas. A disponibilidade das nove incubadoras, como no caso anterior, deram 100%. Nota-se, também, que apesar da disponibilidade ser calculada de forma diferente para os dois casos (literatura e Bioengenharia), o resultado é o mesmo.

Apesar dos indicadores serem calculados de formas diferentes, resultando em valores diferentes, as interpretações acabam sendo semelhantes. Nos dois casos, para o indicador de Tempo Médio de Reparo (MTTR), os maiores valores foram encontrados no equipamento 7 e os menores no EMA de número 5. A situação foi semelhante para o indicador de Tempo Médio Entre Falhas, diferindo apenas no equipamento que apresentou o menor valor. No primeiro caso, indicador calculado pela Bioengenharia, o menor valor foi encontrado no equipamento de número 25, com 147,92 dias. Já no caso do indicador calculado da forma encontrada na literatura, o menor valor foi o do equipamento de número 20, com MTBF de 38,1 dias.

Foi feita também uma comparação utilizando a média aritmética dos indicadores e a quantidade de PSMs de manutenção corretiva registrados entre os modelos dos equipamentos.

O Quadro 4 apresenta as médias encontradas para a primeira situação analisada, com os indicadores calculados da forma feita no setor de Bioengenharia do Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia (HCU-UFU).

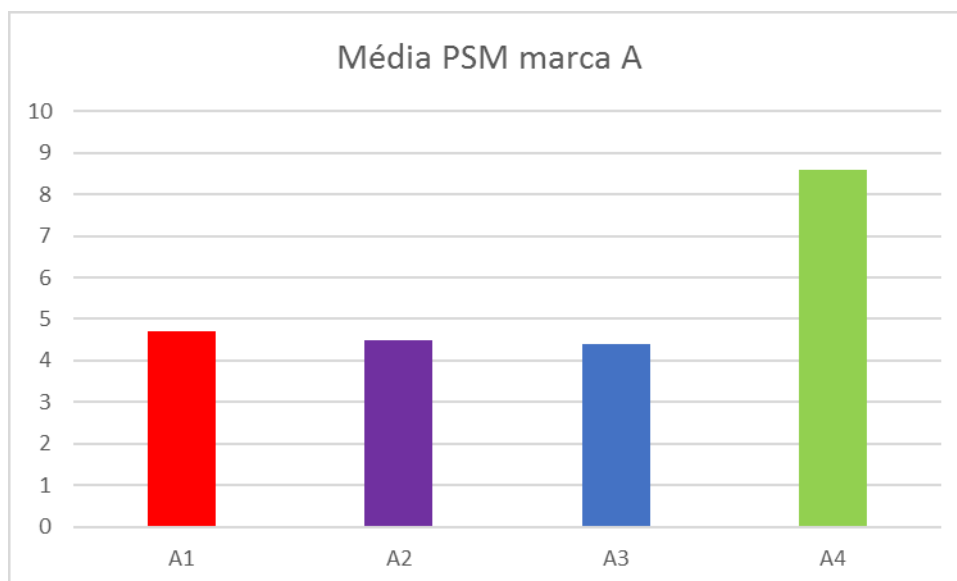
Quadro 4 - Média dos indicadores calculados na Bioengenharia por modelo de EMA.

Modelo	Nº de PSM	MTTR-B (Dias)	MTBF-B (Dias)	DISP-B (%)
A1	4,7142857	704,4285714	1732,625397	87,318499
A2	4,5	592,5	774,6071429	81,330747
A3	4,4	482	772,7222222	80,000555
A4	8,6	814,6666667	232,5923981	54,103286
B1	0,2857143	9,571428571	2412,714286	99,886649
B2	0	0	-	100
B3	0	0	-	100
B4	0	0	-	100

Ressalta-se que os modelos B2 e B3 da marca B, contêm apenas um equipamento registrado. Os Gráficos 1 ao 8, a seguir demonstram a comparação entre os modelos das marcas A e B para as médias de número de PSM, e os indicadores de Tempo Médio de Reparo, Tempo Médio Entre Falhas e Disponibilidade calculados da forma como é feito no setor de Bioengenharia do HCU-UFU.

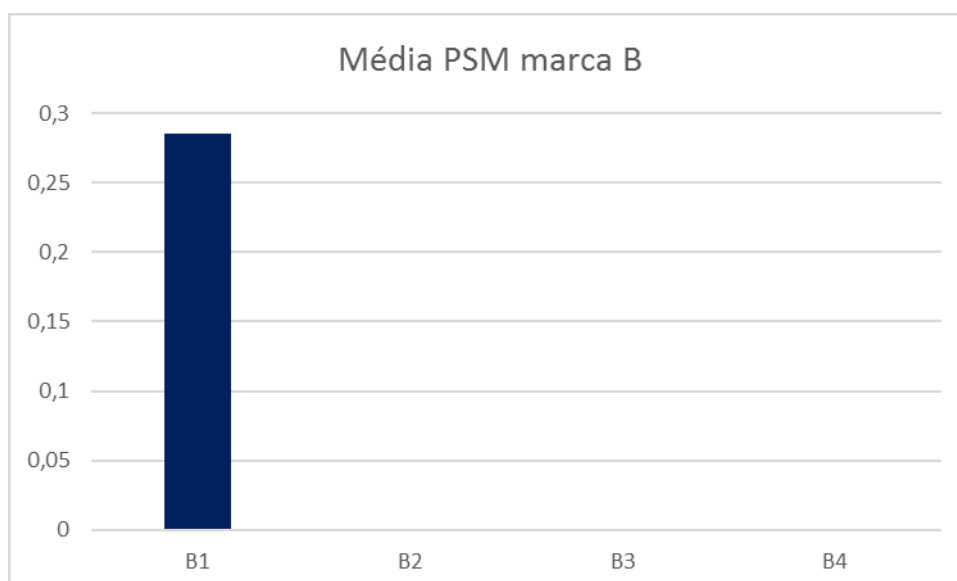
Os Gráficos 1 e 2 apresentam a média do número de PSMs das marcas A e B, respectivamente. Como pode ser observado, a maior média entre os modelos da marca A é do modelo A4, com uma média de 4,71 PSMs por equipamento. Os modelos A2 e A3 apresentam cada um uma média de 4,5 PSMs por equipamento, sendo o menor valor encontrado entre os modelos da marca A. Para os modelos da marca B, apenas os equipamentos do modelo B1 possuem PSMs de manutenção corretiva registrados, com uma média de 0,29 PSMs por equipamento. Ao se comparar as marcas A e B, quanto à media de PSMs, temos que os modelo B2, B3 e B4 não possuem nenhum PSM, portanto a média de PSMs é zero, enquanto o modelo A4 é o que apresenta maior média.

Gráfico 1 - Média do número de PSM da marca A.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 2 - Média do número de PSM da marca B.

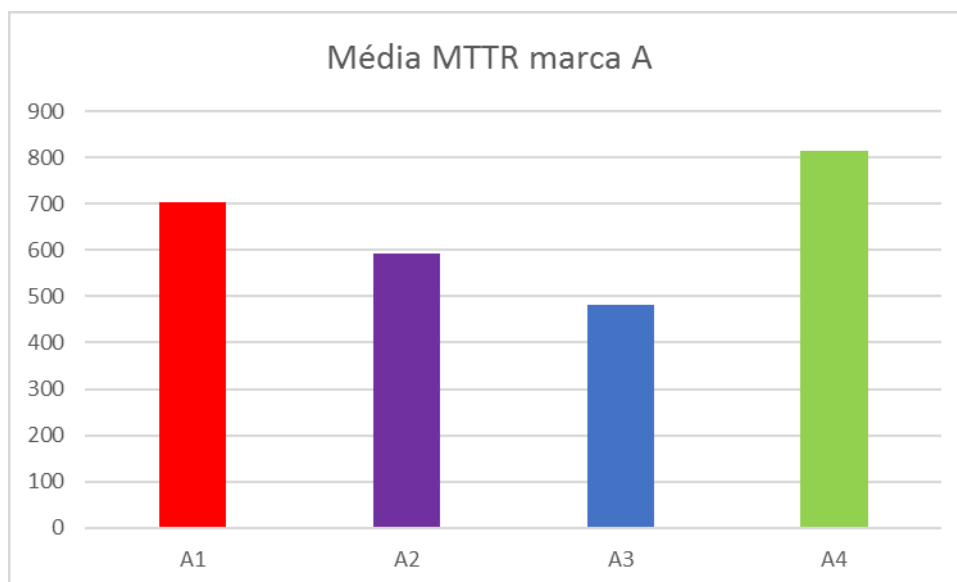


Fonte: Autoria própria.

Os Gráficos 3 e 4 apresentam a média do indicador MTTR das marcas A e B, respectivamente. O maior valor encontrado pertence ao modelo A4 da marca A com MTTR igual a 814,67 dias, tanto na comparação entre os modelos da marca A como entre a marca A e B. Essa não é a situação mais ideal para um EMA, pois quer dizer que os equipamentos pertencentes a essa marca, deste modelo, demoram, em média, aproximadamente 814 dias para terminar a manutenção corretiva. O menor valor encontrado entre os modelos da marca A pertence ao modelo A3, com MTTR igual a 482 dias, o que já é um tempo elevado. Na

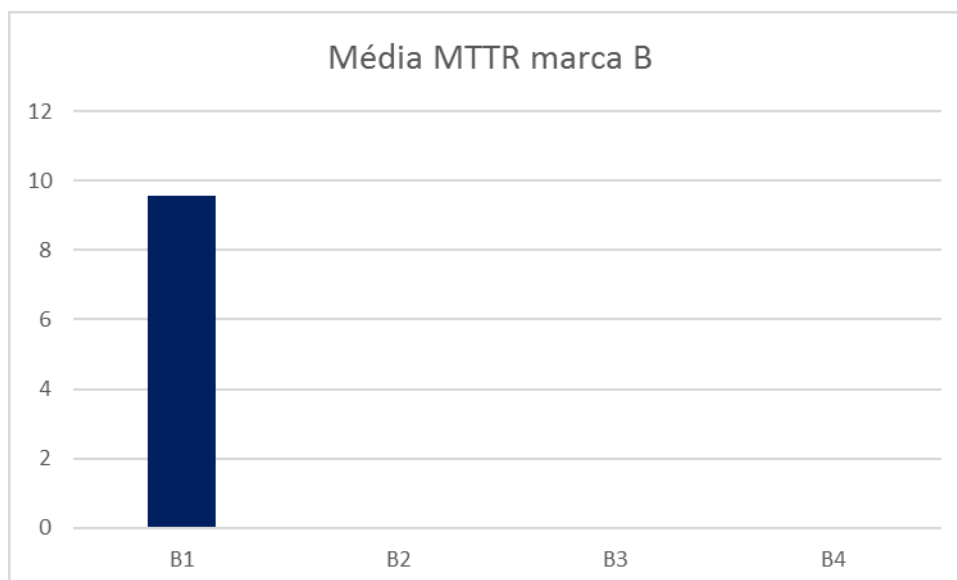
comparação entre as marcas, o menor valor de MTTR é o do modelo B1, da marca B, de 9,57 dias.

Gráfico 3 - Média do indicador MTTR para a marca A.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 4 - Média do indicador MTTR para a marca B.

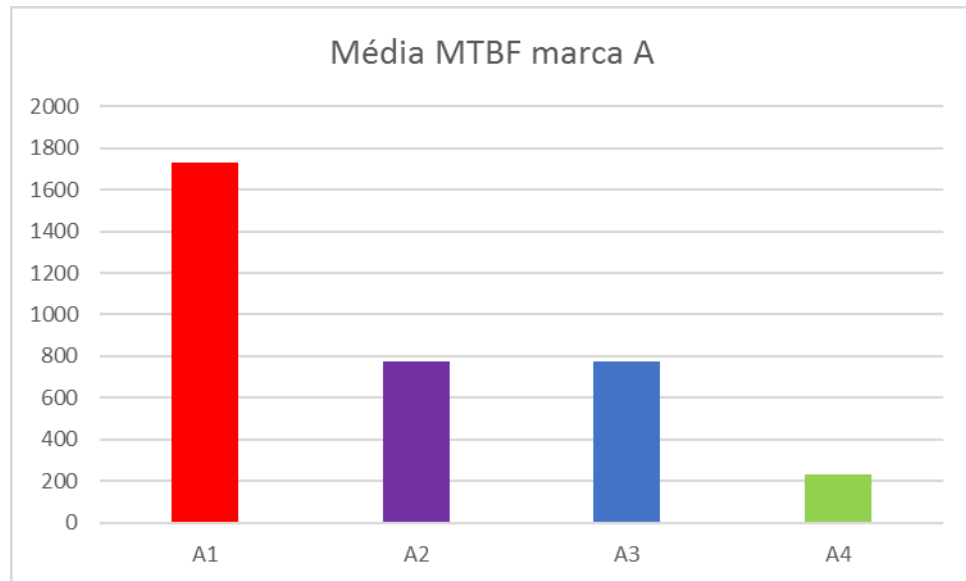


Fonte: Autoria própria.

Nos Gráficos 5 e 6, observa-se as médias do indicador MTBF das marcas A e B, respectivamente. Para este indicador, a situação mais desejável é que o equipamento apresente um valor elevado. Entre os modelos da marca A, o maior valor de MTBF é o do modelo A1, com

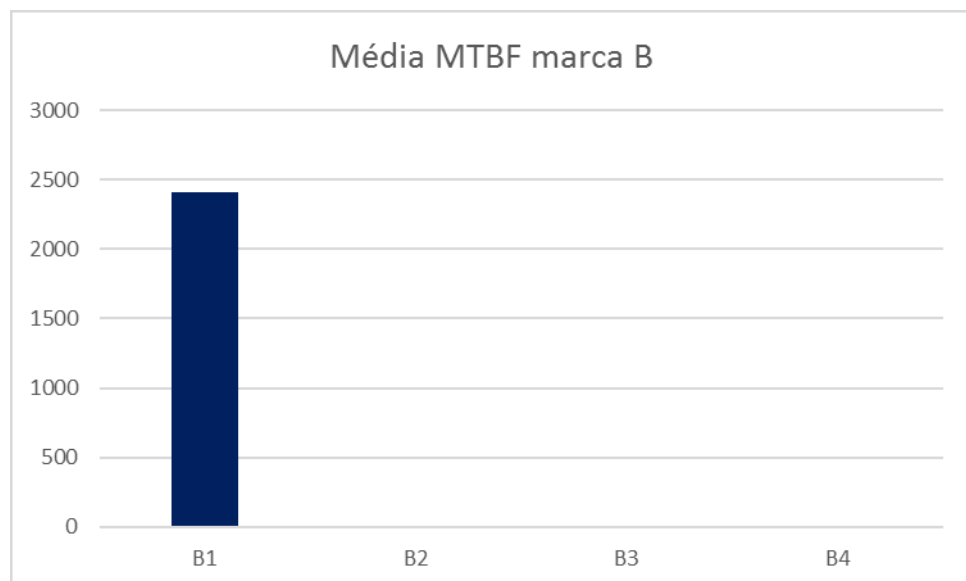
Tempo Médio Entre Falhas de 1.732,63 dias, e o menor valor é apresentado pelo modelo A4, com MTBF de 232,59 dias. Na comparação entre marcas, o maior valor é do modelo B1, da marca B, com um tempo médio entre falhas de 2.412,71 dias.

Gráfico 5 - Média do indicador MTBF para a marca A.



Fonte: Autoria própria.

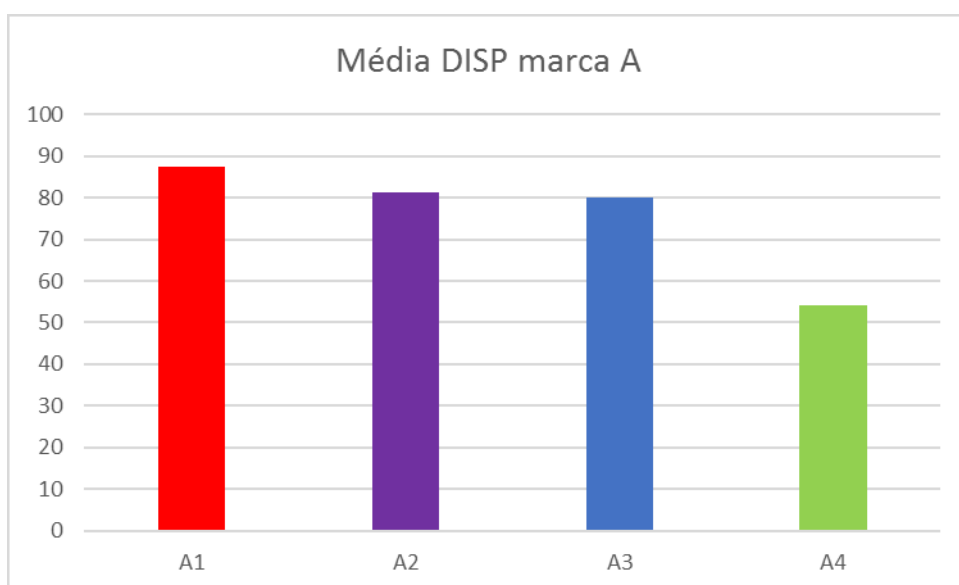
Gráfico 6 - Média do indicador MTBF para a marca B.



Fonte: Autoria própria.

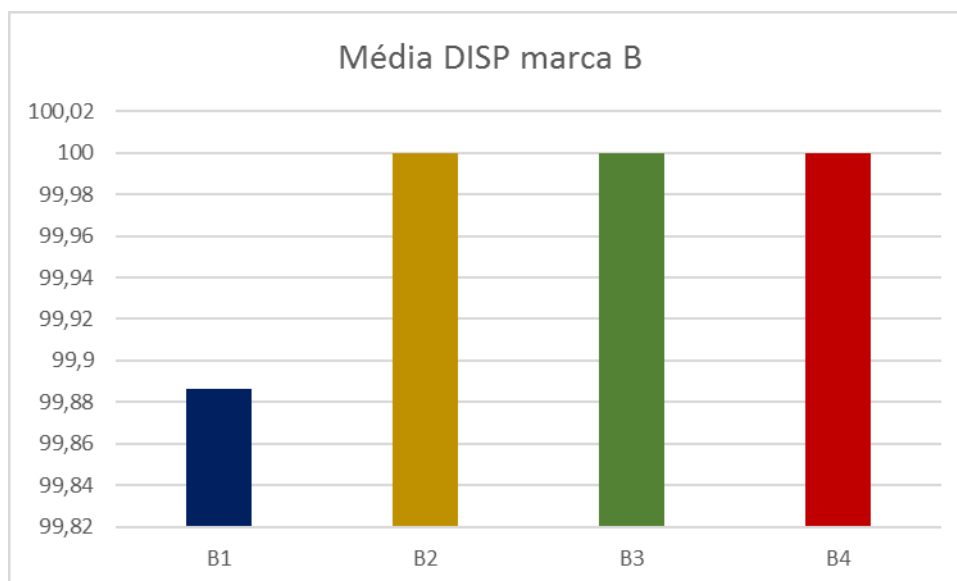
Na análise de disponibilidade, o menor valor entre os modelos da marca A é o do modelo A4, com 54,10%; e o maior é do modelo A1, com 87,32%. Importante ressaltar que os valores de disponibilidade dos modelos A2 e A3, ambos possuem médias próximas de 80%, sendo o modelo A4 o que apresenta não só a menor disponibilidade como a mais destoante do restante. Para os modelos da marca B, o que apresenta a menor disponibilidade é o modelo B1 com 99,89%, visto que os outros modelos possuem uma disponibilidade de 100% porque não há registro de PSM para manutenção corretiva destes modelos de equipamento.

Gráfico 7 - Média do indicador DISP para a marca A.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 8 - Média do indicador DISP para a marca B.



Fonte: Autoria própria.

O Quadro 5 apresenta as médias encontradas para a segunda situação analisada, com os indicadores calculados da forma encontrada na literatura.

Quadro 5 - Média dos indicadores da literatura calculados por modelo de EMA.

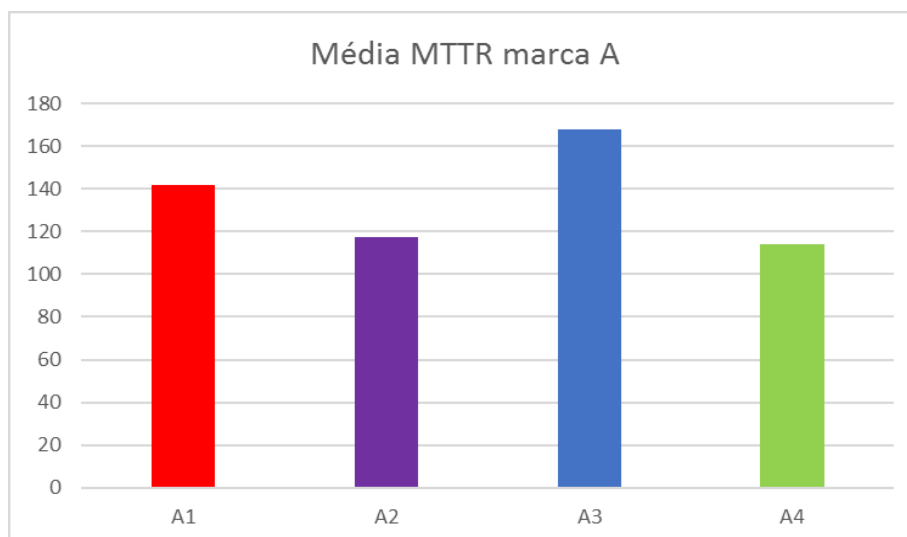
Modelo	Nº de PSM	MTTR-L (Dias)	MTBF-L (Dias)	DISP-L (%)
A1	4,7142857	141,7063492	1590,919048	87,318499
A2	4,5	117,2916667	657,3154761	81,330747
A3	4,4	167,9222222	604,8	80,000555
A4	8,6	114,0616651	118,530733	54,103286
B1	0,2857143	9,571428571	2403,142857	99,886649
B2	0	0	-	100
B3	0	0	-	100
B4	0	0	-	100

Como exposto no caso para os indicadores calculados no setor de Bioengenharia do Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia, os modelos B2 e B3 da marca B, contêm apenas um equipamento registrado.

Os Gráficos, 9 ao 12 mostram a comparação entre os modelos das marcas A e B para as médias dos indicadores de Tempo Médio de Reparo e Tempo Médio Entre Falhas calculados da forma como são encontrados na literatura. Como o número de PSMs não muda e os valores de disponibilidade são iguais para os cálculos utilizando Bioengenharia e Literatura, os Quadros 4 e

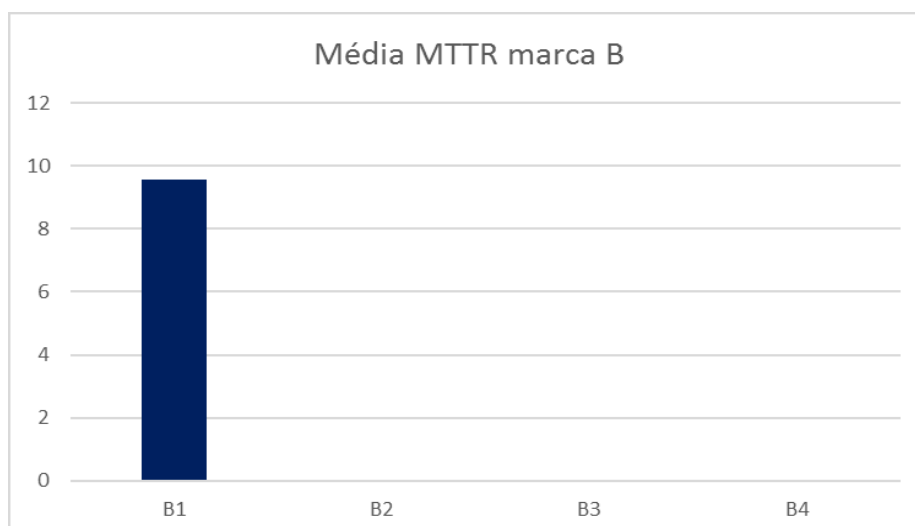
5 apresentam os mesmos valores para esses dados. Os Gráficos 9 e 10 apresentam a média do indicador MTTR das marcas A e B, respectivamente. Entre os modelos da marca A, o que apresentou menor índice de MTTR foi o modelo A4, com Tempo Médio de Reparo de 114,06 dias. O modelo da marca A com maior MTTR foi o A1, com 141,7 dias. Entre os modelos da marca B, o único que apresentou valor de MTTR foi o modelo B1, com Tempo Médio de Reparo de 9,57 dias. Na comparação entre as marcas, o modelo com menor MTTR, ou seja, na situação mais desejável para um EMA, é o modelo B1, da marca B, e o maior valor de Tempo Médio de Reparo continua sendo o A1.

Gráfico 9 - Média do indicador MTTR para a marca A.



Fonte: Autoria própria.

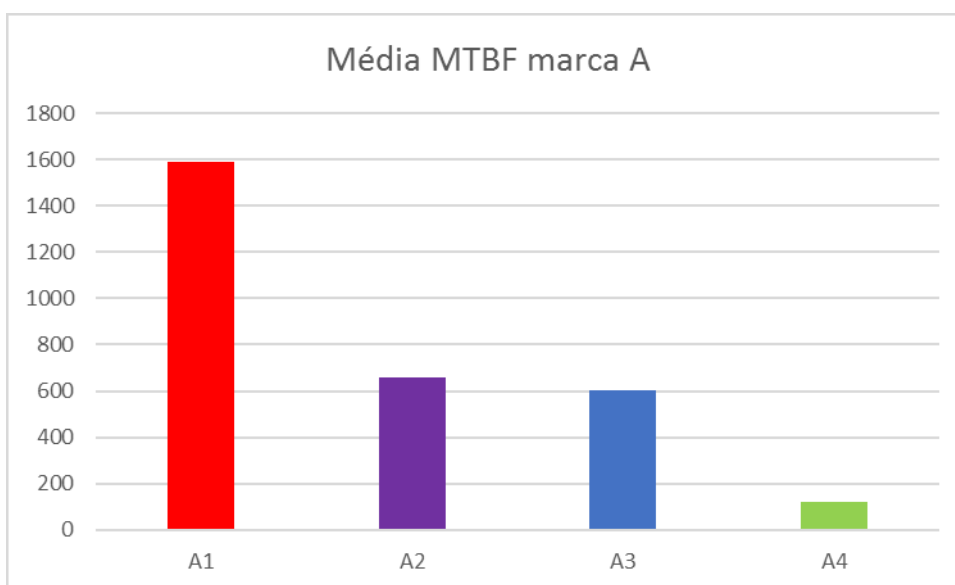
Gráfico 10 - Média do indicador MTTR para a marca B.



Fonte: Autoria própria.

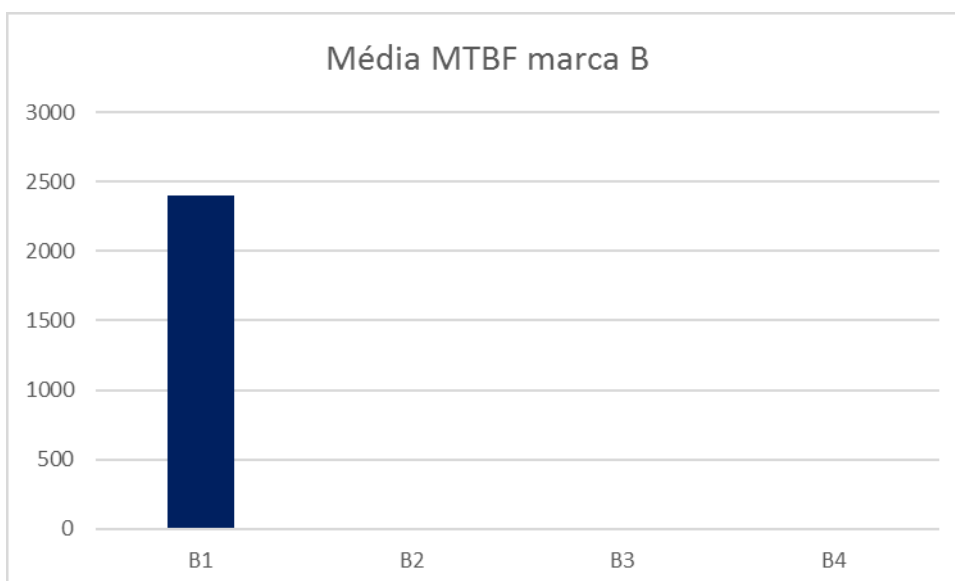
Nos Gráficos 11 e 12, observamos as médias do indicador MTBF das marcas A e B, respectivamente. Para este indicador, a situação encontrada nos indicadores calculados no setor de Bioengenharia do HCU-UFU se repete. Entre os modelos da marca A, o maior valor de MTBF é o do modelo A1, com Tempo Médio Entre Falhas de 1.590,92 dias, e o menor valor é apresentado pelo modelo A4, com MTBF de 118,53 dias. Na comparação entre marcas, o maior valor é do modelo B1, da marca B, com um tempo médio entre falhas de 2.403,14 dias.

Gráfico 11 - Média do indicador MTBF para a marca A.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 12 - Média do indicador MTBF para a marca B.



Fonte: Autoria própria.

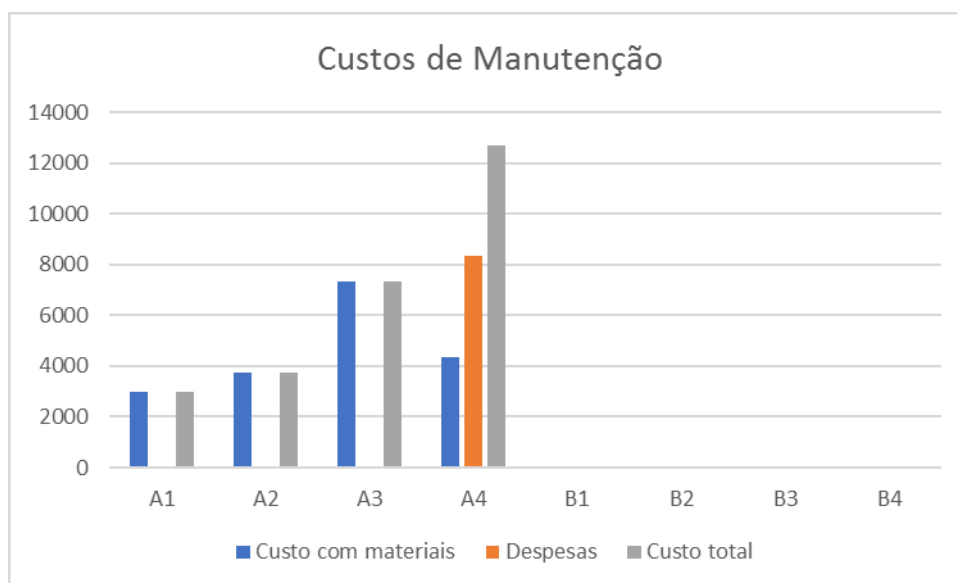
O Quadro 6 expõe o valor dos custos das manutenções corretivas para cada modelo de incubadora analisado. Os valores de custos com o material correspondem ao somatório de todos os custos com materiais de todos os PSMs analisados para cada modelo de incubadora neonatal. Os valores referentes à despesas, englobam o somatório de todas as despesas, caso algum dos equipamentos tenha sido enviado para manutenção externa, para cada modelo. Os custos de manutenção são referentes ao custo total com a manutenção do aparelho, sendo a soma dos custos com material e despesas. E, por fim, utilizando as quantidades descritas no Quadro 1, foi calculada a média do gasto com manutenção por equipamento e para cada modelo.

Quadro 6 - Custos de manutenção corretiva para cada modelo de incubadora neonatal.

Custos de Manutenção (R\$)				
Modelo	Custos com material	Despesas	Custos de Manutenção	Média
A1	2969,957225	0	2969,957225	424,2796036
A2	3768,163636	0	3768,163636	942,0409091
A3	7318,834606	0	7318,834606	1463,766921
A4	4348,850337	8342,53	12691,38034	846,0920225
B1	0	0	0	0
B2	0	0	0	0
B3	0	0	0	0
B4	0	0	0	0

O Gráfico 13 ilustra as informações contidas no Quadro 6, de forma a facilitar a visualização e análise do mesmo. Como pode-se observar, as manutenções corretivas feitas nos equipamentos da marca B não demandaram recursos financeiros, o que é uma situação desejável para um EMA. Porém, ao analisar estes dados, é necessário cautela e uma busca de mais informações sobre o porque estes aparelhos não tiveram gastos, que tipo de manutenção corretiva foi realizada e comparar com as manutenções realizadas nos equipamentos da marca A.

Gráfico 13 - Custos de manutenção por marca/modelo das incubadoras neonatais do HCU-UFU.



Fonte: Autoria própria.

Apenas o modelo A4 apresentou gastos na seção despesa, o que quer dizer que um ou mais dos equipamentos deste modelo foram enviados para manutenção externa. Após analisar o banco de dados, descobriu-se que o equipamento mandado para a manutenção externa foi o de número 24, porém não foi possível obter mais informações sobre o PSM que demandou tais recursos financeiros. Entre os modelos de equipamentos da marca A, o modelo que apresentou menor média de custo de manutenção por aparelho foi o A1, com o valor de R\$ 424,28 por equipamento. Os equipamentos com maior média de custos de manutenção pertencem à marca A, do modelo A3, com o valor de R\$ 1.463,77.

3. CONCLUSÕES

Para o bom funcionamento de um EAS é necessário que os equipamentos médico-assistenciais presentes nele estejam operando de forma confiável e otimizada. Uma das formas de manter o bom funcionamento dos EMAs é a manutenção corretiva, executada para fins de correção, realizada de forma adequada.

Uma análise das manutenções realizadas pode trazer informações importantes na gestão de um EAS, como o tempo gasto com manutenção do equipamento, os custos com a manutenção, a disponibilidade do mesmo, etc. Tais fatores podem ser obtidos com o auxílio de indicadores de manutenção. Assim, o presente trabalho se propôs a calcular indicadores de manutenção para o EMA, da família de equipamentos neonatologia, incubadora neonatal.

Foram analisadas 42 incubadoras, onde apenas 33 apresentaram PSMs de manutenção corretiva registrados no sistema de Bioengenharia do Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia, SisBiE. Das 33 incubadoras que tiveram PSMs registrados, 32 são da marca A e apenas uma da marca B, sendo esta do modelo B1. Após analisados os indicadores, para as 33 incubadoras que tiveram PSMs registrados, de Tempo Médio de Reparo (MTTR), Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e Disponibilidade (DISP) das duas formas apresentadas, como são encontrados na literatura e como são utilizados na Bioengenharia do HCU-UFU, observou-se que, no primeiro indicador, os equipamentos com melhores valores de MTTR pertencem a marca A modelo A1, porém, os EMA com os piores valores também pertencem a esse modelo. O que nos diz que para uma melhor conclusão do resultado desse indicador, deve-se levar em consideração outros fatores qualitativos, como rotina de treinamentos, quantidade de peças em estoque, qualificação da equipe técnica de manutenção, erros na inserção dos dados no sistema e outros.

No indicador de Tempo Médio Entre Falhas, o melhor desempenho foram os dos equipamentos da marca B modelo B1, enquanto os piores pertencem à marca A modelo A4. O que, com uma análise mais aprofundada, pode nos indicar que os equipamentos da marca B têm um melhor desempenho. Para a disponibilidade, excetuando os equipamentos sem PSM registrados, temos que os melhores valores pertencem a marca A modelo A1 e os piores, modelo A4. Ao analisar o resultado geral, podemos perceber uma superioridade nos equipamentos da marca B, visto que apenas 2 dos 11 têm PSM de manutenção corretiva registrados no SisBiE, o que faz com que os resultados dos indicadores destes equipamentos sejam superiores. Além de

que, quando analisado os custos de manutenção, os equipamentos da marca B não demandaram recursos financeiros nas manutenções corretivas.

Para uma retratar toda a realidade de forma fidedigna, o resultado dos indicadores devem ser analisados levando em consideração fatores que foram excluídos neste análise, como o procedimento nas manutenções, a rotina de uso dos mesmos e a periodicidade e confiabilidade dos dados inseridos no sistema, visto que os indicadores não conseguem retratar toda a realidade das manutenções. Percebe-se, com esse estudo, que a análise de indicadores pode ser uma ferramenta importante no gerenciamento feito pela Engenharia Clínica nos EASs e ressalta a importância de um sistema de banco de dados para um bom funcionamento e melhora da gestão.

4. REFERÊNCIAS

ABDICHE, M. Humidity control tool for neonatal incubator. **Medical and Biological Engineering and Computing**, v. 36, n. 2, p. 241-245, 1998.

AMORIM, M. F. Water vapour partial pressure control in neonatal incubator using prevision by multiple models. In: **Engineering in Medicine and Biology Society, 2004. IEMBS'04. 26th Annual International Conference of the IEEE**. IEEE, 2004. p. 2356-2359.

AMORIM, A. S. O desafio da gestão de equipamentos médico-hospitalares no Sistema Único de Saúde. **Saúde em Debate**, v. 39, p. 350-362, 2015.

BONINI, M. M. P. **Fatores associados a sintomas depressivos em mães de recém-nascidos pré-termo de muito baixo peso: 36 meses de seguimento**. 2016. Tese de Doutorado – FAMED, 2016.

BORGES, I. De P. C. **Análise de indicadores de manutenção dos ventiladores pulmonares do HCU-UFU**. 2014. Trabalho de conclusão de curso – FEELT, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 185, de 22 de outubro de 2001**. Trata do registro, alteração, revalidação e cancelamento do registro de produtos médicos na Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/produtos-para-a-saude/produtos/classificacao-de-equipamentos>>. Acesso em: 25 maio. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 2, de 25 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre o gerenciamento de tecnologias em saúde em estabelecimentos de saúde. Brasília, 2010. Disponível em: <<https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/legislacao/item/rdc-2-de-25-de-janeiro-de-2010>>. Acesso em: 25 maio. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 7, de 24 de fevereiro de 2010**. Dispõe sobre os requisitos mínimos para funcionamento de Unidades de Terapia Intensiva e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <<https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/legislacao/item/rdc-7-de-24-de-fevereiro-de-2010>>. Acesso em: 25 maio. 2018.

BRASIL. Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia (HCU-UFU). **Institucional**. Disponível em: <<http://www.hc.ufu.br/pagina/institucional>>. Acesso em: 25 maio. 2018.

CAPUANO, M.; KORITKO, S. **Ristk-Oriented Maintenance- Increase the effectiveness of your PM program**. Biomedical Instrumentation & Technology, jan/fev, 1998. p-25-37.

COSTA, E. J. L. Uso adequado de Incubadora Neonatal na Assistência em Saúde. **VIII Semestre, João Pessoa-PB**, 2009.

COSTA, C. C. Conhecimentos e práticas de manuseio de incubadoras neonatais por profissionais de enfermagem. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 30, n. 2, p. 174-180, 2017.

D'INNOCENZO, M. et al. Indicadores, Auditorias, Certificações - Ferramentas de Qualidade para Gestão em Saúde. 2ª ed. São Paulo: Martinari, 2010.

DOS SANTOS, L. M. Identificação e tratamento da dor no recém-nascido prematuro na Unidade de Terapia Intensiva. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 65, n. 2, p. 269-275, 2012.

FERNANDES, D. R. Uma contribuição sobre a construção de indicadores e sua importância para a gestão empresarial. **Revista da FAE**, v. 7, n. 1, 2004.

FERREIRA, E. C. **Cuidados com a incubadora neonatal**. Disponível em: <http://www.ebserh.gov.br/documents/147715/393018/cuidados_com_a_incubadora_neonatal.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2015.

FLEMING, P. V. & FRANÇA, S. R. R. Considerações Sobre a Implementação Conjunta de TPM e MCC na Indústria de Processos. TT044, **In: Anais CDRom do XII Congresso Brasileiro de Manutenção**. São Paulo – SP, 1997.

GODOI, C. M. **Análise da disponibilidade de equipamentos médico-assistenciais após reestruturação da programação de manutenção preventiva em um hospital público de grande porte e alta complexidade**. 2016. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

KARDEC, A. NASCIF, J. **Manutenção: Função estratégica**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

KAUR, M. et al. **How to procure and commission your healthcare technology: guide 3: healthcare technology management consultant**. Lewes, UK: Ziken International Consultants Ltd, 2005.

LUCATELLI, M. V. **Estudo de procedimentos de manutenção preventiva de equipamentos eletromédicos**. 1998. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. 2001. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

OLIVEIRA, H. de C. **Avaliação dos custos diretos de materiais utilizados na manutenção dos equipamentos médico-assistenciais do Hospital de Clínicas**

de Uberlândia. 2017. 43 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Biomédica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

PAZETO, A. C. **Modelo de Priorização da manutenção corretiva em ambientes hospitalares.** 2016. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2016.

PINHEIRO, E. M. Ruído na Unidade de Terapia Intensiva Neonatal e no interior da incubadora. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 19, n. 5, 2011.

RAMOS, C. G. B. B. A evolução das incubadoras e suas funcionalidades para recém-nascidos prematuros extremos. **VI SECEB - SEMINÁRIO DE ENGENHARIA CLÍNICA E ENGENHARIA BIOMÉDICA.** 2017.

RODRIGUES, R. G. Os primórdios da assistência aos recém-nascidos no exterior e no Brasil: Perspectivas para o saber de enfermagem na neonatologia (1870-1903). **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v. 6, n. 2, 2004.

SCHIRIGATTI, J. L. Método para avaliação de indicadores de desempenho na operação. In: **Simpósio de engenharia de produção.** 2006.

SMITH, A. M. **Reliability – Centered Maintenance.** USA: McGraw – Hill, Inc., 1993.

SOUZA, A. F. et al. **Gestão de Manutenção em Serviços de Saúde.** 1ª. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 183p.

TISA, T. A. Design Of An Enhanced Temperature Control System For Neonatal Incubator. **Bangladesh Journal of Medical Physics**, v. 5, n. 1, 2013.

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

WANG, B. Strategic Health Technology Incorporation. In: ENDERLE, J. D. **Synthesis lectures on biomedical engineering.** Princeton NJ: Morgan & Claypool, 2009.