

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

JANDERSON ZATONI CUNICO

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE NA
DETERMINAÇÃO DE SOBRESSALENTES**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

JANDERSON ZATONI CUNICO

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE NA
DETERMINAÇÃO DE SOBRESSALENTES**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

CURITIBA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE NA DETERMINAÇÃO DE SOBRESSALENTES

por

JANDERSON ZATONI CUNICO

Esta monografia foi apresentada em 05 de outubro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho à minha família, pelos momentos de ausência e a minha filha Helena Cunico e Henrique Cunico e a minha amada esposa Cristine Cunico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

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 Prof. Dr. Prof. Dr. Emerson Rigoni, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

À minha família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

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

Aflições não precisam de engenharias, mas se não calculada podem ser destruidoras de suas oportunidades de elevação. (Jeremias Cardoso)

RESUMO

CUNICO, Janderson Zaton. Confiabilidade de Estoque. 2018. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Esta monografia mostra como as ferramentas da Engenharia da Confiabilidade podem contribuir diretamente para a manutenção de bombas de lóbulos, otimizando a gestão de estoque de sobressalentes e assim, obtendo resultados melhores no aproveitamento do equipamento quanto à sua disponibilidade. A pesquisa é aplicada e utiliza o método bibliográfico e documental, com base na análise de dados coletados pelo autor em seu local de trabalho na empresa Enaex Britanite. Quanto aos resultados, pretende-se verificar a viabilidade de possíveis melhorias garantindo a confiabilidade dos equipamentos que acarretarão na sensível redução de custo de manutenção e aumento de produção fazendo a empresa tornar-se mais competitiva no mercado. Com este trabalho consegue-se verificar a disponibilidade de 90% para 98% garantindo a quantidade de peças para estoque mínimo.

Palavras-chave: Bombas de Lóbulos. Confiabilidade. Gestão de sobressalentes. Aumento de disponibilidade de equipamentos. Competitividade. Estoque mínimo.

ABSTRACT

CUNICO, Janderson Zatoni. Confiabilidade de Estoque. 2018. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

This monograph shows how Reliability Engineering tools can contribute directly to the maintenance of lobe pumps, optimizing spare parts management and thus obtaining better results in the use of equipment in terms of availability. The research is applied and uses the bibliographic and documentary method, based on the analysis of data collected by the author at his place of work at the company Enaex Britanite. Regarding the results, it is intended to verify the feasibility of possible improvements, guaranteeing the reliability of the equipment that will entail the sensible reduction of maintenance cost and increase of production, making the company become more competitive in the market. With this work it is possible to verify the availability of 90% to 98% guaranteeing the quantity of pieces for minimum stock.

Keywords: Lobe pumps. Reliability. Management of spare parts. Increased availability of equipment. Competitiveness. Minimum stock.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 Dashboard Enaex	15
Figura 1.2 - Dashboard Enaex – Atendimentos.....	16
Figura 1.3 - Dashboard Enaex – Centro de Custos	16
Figura 1.4 - Dashboard Enaex – Tempo de Atendimento	17
Figura 1.5 - Dashboard Enaex – Descrição de Família	17
Figura 2.1 Emulsão explosiva	22
Figura 2.2 Bomba de Lóbulo	22
Figura 2.3 Fluxograma funcionamento de bomba de lóbulo	23
Figura 2.4 Bomba de Lóbulos visão explodida	23
Figura 4.1 Imagem de tela do software Reliasoft, RBD	29
Figura 4.2 Reparo da bomba, conforme cálculos do software	30
Figura 4.3 Demonstração do índice de disponibilidade da bomba em avaliação no software.....	30
Figura 4.4 Resumo de contagem de eventos	31
Figura 4.5 Detalhamento de contagem de eventos	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 Análise de falhas	24
Tabela 4.2 Plano de manutenção	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.2	OBJETIVO GERAL.....	18
1.2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.3	JUSTIFICATIVA.....	18
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
2	FUNCIONAMENTO DA BOMBA LÓBULO NO SISTEMA DE EMULSÃO	21
2.1	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	24
3	ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE	24
3.1	FMEA (ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS).....	25
3.2	RBD (DIAGRAMA DE BLOCOS DE CONFIABILIDADE).....	26
3.3	TÉCNICA DOS PORQUÊS.....	26
4	ANÁLISE DA BOMBA DE LÓBULO E SEUS SPAR PARTS	28
4.1	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	34
	CONCLUSÃO	35
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	36
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos, e o mercado globalizado exigem indústrias mais competitivas, com maior produtividade e pouco de tempo de máquina parada ou perda de produção por falta de sobressalente. Por estes motivos faz-se necessário que as indústrias, saibam dimensionar seus riscos na hora de tomar uma decisão, particularmente aqueles riscos inerentes ao estoque de sobressalente. Isto possibilita a que a empresa sempre tenha um estoque enxuto em relação a custos de sobressalentes sem afetar a manutenção ou resultados da empresa, já que equipamento parado é dinheiro parado. Mas existem dentro dos processos variáveis, as que devem ser estudadas e analisadas para se obter o melhor resultado possível, com o menor risco. Sempre visando ter um parque de sobressalente que atenda a fábrica.

Uma destas variáveis é o estoque mínimo de equipamentos ativos, que será o assunto tratado nesta monografia em especialização de engenharia da confiabilidade, onde se tem quatro bombas de engrenagens que são utilizados no mesmo processo. O objetivo será determinar as métricas de confiabilidade em relação a quantidade de equipamentos *spare parts* reservas.

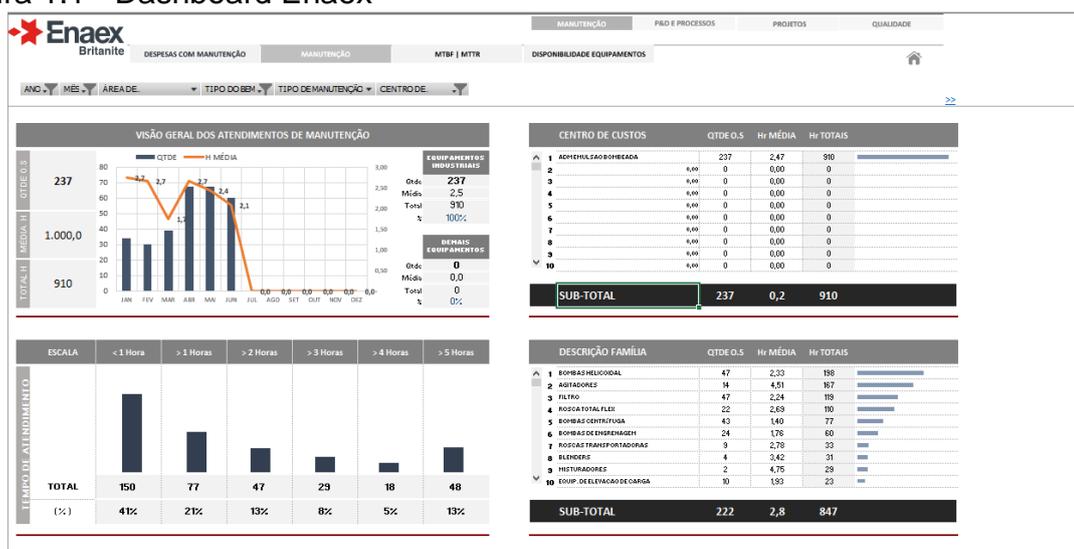
Com um mercado altamente competitivo, as indústrias devem elevar os padrões de qualidade e buscar sempre a melhoria do processo. Neste contexto a engenharia da confiabilidade se torna relevante dentro dos processos industriais incluindo o dimensionamento de estoques.

O equipamento a ser estudado nesse caso, será uma boba de Engrenagem SPX de lóbulo, onde está instalada nos processos produtivos na Enaex Britanite. A aplicação da engenharia da confiabilidade é aplicável neste caso por se tratar de uma bomba especial sobre a qual a empresa não detém conhecimento internos e nem mão de obra pois o processo de manutenção é realizado em uma empresa externa especializada.

1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

Existem vários fatores que afetam a produtividade da planta, devido a variação da Bomba de Engrenagem (SPX). Os Dashboards, que são painéis que mostram métricas e indicadores importantes para alcançar objetivos e metas traçadas de forma visual, facilitam a compreensão das informações.

Figura 1.1 - Dashboard Enaex



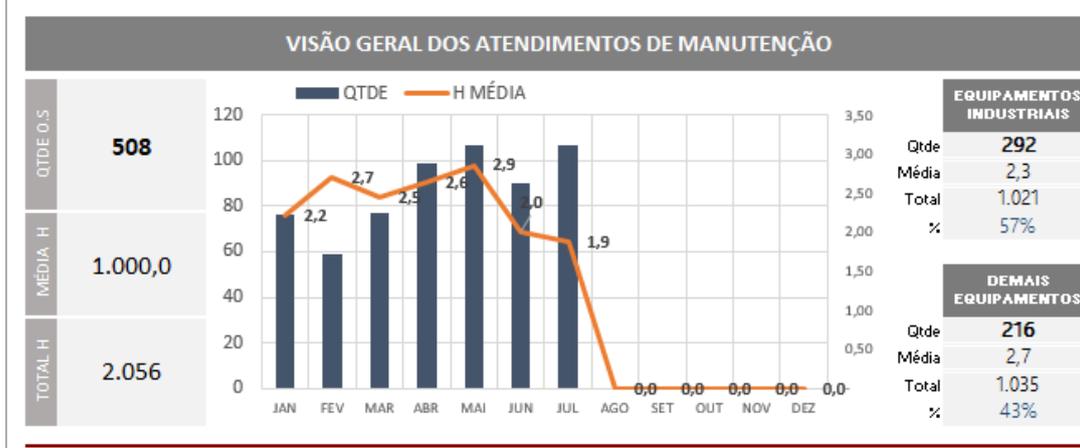
Fonte: o Autor, 2018 - Dados dos KPI's fornecidos pela Enaex Britanite.

Para o estudo do ativo a bomba de e lóbulos é utilizado um dashboard que concentra informações sobre o sistema convertendo-se em uma boa ferramenta para análise que pode ser utilizada para a obtenção do resultado esperado.

Dentro da engenharia da confiabilidade vale lembrar-se de alguns aspectos relacionados que influenciam diretamente na decisão de estoque do ativo.

- Disponibilidade do equipamento, em relação sua performance;
- Descrição do problema no sistema, causa, raiz e solução;
- Tipo de falhas descritas em Ordens de Serviços;
- Informações do que foi realizado.

Figura 1.2 - Dashboard Enaex – Atendimentos



Fonte: o Autor, 2018 - Dados dos KPI's fornecidos pela Enaex Britanite.

Esse quadro representa o tempo de parada da planta onde a existem mais equipamentos onde demonstra-se que o tempo médio de 1 hora e 54 minutos configura-se como o necessário para atendimento das máquinas instaladas na planta.

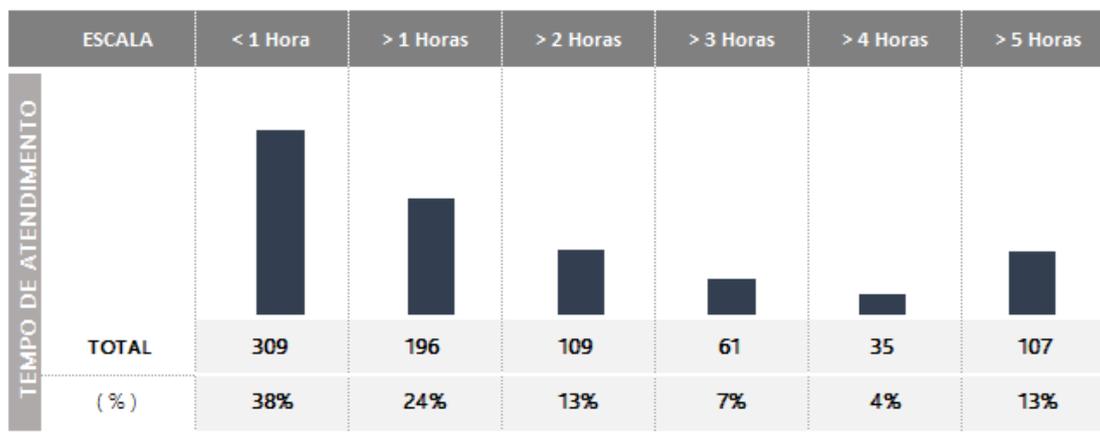
Figura 1.3 - Dashboard Enaex – Centro de Custos

CENTRO DE CUSTOS		QTDE O.S	Hr MÉDIA	Hr TOTAIS
1	ADM EMULSAO BOMBEADA	508	2,52	2.056
2		0,00	0	0,00
3		0,00	0	0,00
4		0,00	0	0,00
5		0,00	0	0,00
6		0,00	0	0,00
7		0,00	0	0,00
8		0,00	0	0,00
9		0,00	0	0,00
10		0,00	0	0,00
SUB-TOTAL		508	0,3	2.056

Fonte: o Autor, 2018 - Dados dos KPI's fornecidos pela Enaex Britanite.

Esse quadro representa a quantidade de O.S atendidas na Emulsão Bombeada no período de 7 meses, com um tempo médio de 2 horas e 50 minutos na área de emulsão bombeada.

Figura 1.4 - Dashboard Enaex – Tempo de Atendimento



Fonte: o Autor, 2018 - Dados dos KPI's fornecidos pela Enaex Britanite.

Esse quadro representa o tempo médio de atendimento onde se tem a porcentagem de atendimento em horas, indicando uma taxa de 38% abaixo de uma hora.

Figura 1.5 - Dashboard Enaex – Descrição de Família

DESCRÇÃO FAMÍLIA	QTDE O.S	Hr MÉDIA	Hr TOTAIS
1 PREDIO	72	3,29	500
2 TANQUES	88	2,03	291
4 BOMBAS HELICOIDAL	53	2,17	197
5 AGITADORES	15	4,29	176
6 FILTRO	59	2,06	134
7 BOMBAS DE ENGRENAGEM	40	2,03	126
8 ROSCA TOTAL FLEX	22	2,69	110
9 BOMBAS CENTRÍFUGA	53	1,17	74
10 MISTURADORES	3	4,50	32
SUB-TOTAL	453	2,7	1.870

Fonte: o Autor, 2018 - Dados dos KPI's fornecidos pela Enaex Britanite.

Esta é representação das famílias atendidas por quantidade de ordens de serviço e hora média de atendimento.

1.2 OBJETIVO GERAL

Determinar o estoque ideal para uma bomba de engrenagem SPX de lóbulos com aplicação das ferramentas da engenharia da confiabilidade.

1.2.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos a serem atendidos para atingir o objetivo geral são:

- Investigar as metodologias da ferramenta FMEA para aumento do tempo do ativo, estudando seus conceitos, tipos e necessidades, para melhor identificar os fatores que geram falha no processo.
- Identificar a melhor estratégia para aumento do estoque.
- Criar indicadores de tipos de falhas de processo.
- Desenvolver mecanismos para eliminar tempo de desperdícios através do FMEA e diagramas de bloco.
- Fazer uma análise quantitativa do processo, apresentação das propostas em gráficos e tabelas.

1.3 JUSTIFICATIVA

O estudo da confiabilidade em relação ao estoque no processo da bomba de lóbulos faz-se necessário devido à custo benefício e valor agregado da manutenção inerente ao processo de produção. Onde é preciso saber a quantidade ideal de bombas reservas ou *spart parts*.

A confiabilidade da manutenção dentro do processo de fabricação do produto, influencia diretamente na produtividade, no funcionamento da planta, onde deve se aumentar o tempo de utilização do ativo, e a parada desse equipamento são altas em relação do que se deixa de produzir.

A Engenharia de Confiabilidade no processo dentro das empresas é passada sem percepção. A importância à confiabilidade dentro dos processos é de

suma importância para a contribuição dos resultados. Atingindo qualidade e reduzindo as falhas e custos desnecessários.

Por estes motivos se justifica o estudo da engenharia de confiabilidade e contribui para os seguintes aspectos.

- A metodologia FMEA, para melhorar a confiabilidade do ativo.
- Estimativa de quantidade de bombas reservas.

Para atingir resultado esperado, o aumento do ativo e diminuir as falhas estas causadas por baixo nível histórico, este trabalho se justifica e contribui nos seguintes aspectos.

- Maior disponibilidade do ativo devido à redução do tempo de manutenção.
- Diminuição de falhas ocorridas devido a erros humanos.

Como principal ganho deste trabalho, é o aumento do de confiabilidade em um ativo reserva do ativo bomba engrenagem de lóbulos, onde se reduz o custo de produção.

Com o aumento do ativo e redução de falhas, um fator que motivou a dedicar-se a este problema por se tratar de um dos ativos mais caros da planta e de suma importância para ao processo. Onde esta é uma variável que influencia.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho estão vinculados aos seguintes assuntos

- FMEA e suas ferramentas;
- Engenharia da confiabilidade;
- Diagramas de blocos;
- 5 Por Quês.

Para o atendimento foram realizadas duas reuniões de aproximadamente 4 horas com os operadores, encarregados e mantenedores da oficina de forma a expor o problema e os objetivos como FMEA.

Os dados foram fornecidos pela produção conforme apontamento solicitado para cada indicador de OEE. Esta foi a etapa de maior dificuldade, dada a falta de compreensão dos operadores, uma vez que não haviam até então participado de treinamentos nesse sentido e apenas agiam pela inércia atrelada à cultura da empresa.

O estudo da engenharia de confiabilidade do processo será qualitativo e quantitativo. Para se obter qual o número ideal de Bombas reservas (SPX) e assim atingir o mais alto padrão de produtividade caso venha ocorrer uma falha no sistema. Para tal resultado será utilizado como ferramenta, estudo de diagramas de blocos, onde para se obter um melhor resultado, identificando e analisando tudo o que influencia no processo, utilizou a ferramenta dashboard (painéis de indicadores da manutenção) e FMEA.

Para coletas os dados de tempo de processo de produção do ativo bomba helicoidal serão utilizados relatório gerencial de manutenção e produção, que são dados informados para controlar e gerenciar a produção.

Após o levantamento dos dados do processo de produção será aplicada ferramentas do FMEA na seguinte ordem.

- Definição do ativo de produção a ser analisado;
- Qual a falha, erro, que tem como consequência de tomadas de decisão em realizar preventivas inesperadas.
- Número de equipamento reservas;

2 FUNCIONAMENTO DA BOMBA LÓBULO NO SISTEMA DE EMULSÃO

Compostos por múltiplos elementos químicos de diferentes pesos e viscosidades as emulsões explosivas, assim como outros compostos do gênero, precisam passar por processo de mistura que garanta uma finalização com homogeneidade, desta forma as bombas utilizadas para injeção e mistura dos componentes necessitam de constante manutenção afim de manter as propriedades de utilização e disponibilidade para operação.

Aqui se poderá ter visão de um tipo de emulsão explosiva e da bomba utilizada em sua fabricação, o modo de funcionamento e as partes internas sujeitas à manutenção.

As bombas lóbulos são comuns em indústrias que produzem produtos de com alta viscosidade, como leite condensado, polpas de frutas, cremes, pomadas, maionese, etc.

Para a fabricação da emulsão são utilizados componentes químicos, como nitrato de amônia que iremos chamar em forma líquida de Solução Oxidante.

O trabalho que a bomba de lóbulo desempenha é de suma importância para a emulsificação do produto, pois esse produto não pode sofrer variação de fluxo ou quantidade. Essa bomba tem um grande desempenho para que ocorra a homogeneização correta para que o produto não tenha quebra. A quebra na nossa linguagem industrial de explosivos, é que fique de forma aguada sem textura. (Ebah, 2018)

A textura da emulsão deve ficar como na figura 2.1, assim com uma viscosidade ideal para que no desmonte de rocha não penetre nas fissuras da rocha ou sofra interferência da água.

Figura 2.1 - Emulsão explosiva



Fonte: Nitronel, 2018.

A figura 2.2 mostra uma bomba de lóbulos, utilizada para a fabricação da emulsão na empresa de explosivos.

Figura 2.2 - Bomba de Lóbulo



Fonte: Servproject, 2018.

O fluxo de funcionamento se dá pela movimentação dos lóbulos, onde não temos pontas cortantes ou arestas, para que evite um atrito na passagem material assim evitando a detonação.

Esse sistema é contínuo, não ocorrendo o fluxo por estágios para que não se tenha a quebra da emulsão.

Figura 2.3 - Fluxograma de funcionamento de bomba de lóbulos



Fonte: Servproject,2018.

Os componentes da bomba de Lóbulos, são basicamente eixo, carcaça, rolamentos e lóbulos todos, construídos em aço inox. A figura 2.4 mostra esse componente.

Figura 2.4 - Bomba de lóbulos



Fonte: Servproject, 2018.

A bomba é subdividida em sub sistemas, como eixo, vedação, lóbulos, carcaça e a mais importante peça de segurança, a válvula de alívio na carcaça.

A válvula de alívio serve para aliviar a pressão da bomba quando no caso de soluções oxidantes não poderem rodar em pressão elevada, evitando danos ao equipamento.

A bomba hoje trabalha em um ciclo de 4 (quatro) horas com 01 (uma) hora de intervalo em um regime de 10 horas, 7 dias por semana.

2.1 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Nesse capítulo demonstrou - se as necessidades do estudo e os componentes da bomba utilizada para a fabricação da emulsão que corresponde a 55% de toda a produção de explosivos.

O autor traz ainda o funcionamento e a importância que a bomba de lóbulo traz para a fabricação de emulsão.

partes que a bomba de lóbulo é dividida e sua componente mais importante que são essências para o seu correto funcionamento.

3 ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE

O método para obtenção da confiabilidade na manutenção das bombas não estava implantado na empresa assim, a partir de reunião com as partes envolvidas foi introduzido o FMEA.

Confiabilidade é entendida como a habilidade de humanos ou equipamentos executarem suas funções apropriadamente sob condições específicas durante período de tempo determinado. A Engenharia de Confiabilidade é uma área de estudo que tem o objetivo de avaliar e otimizar a confiabilidade de sistemas através de técnicas oriundas da probabilidade e estatística. Confiabilidade é uma medida de desempenho especialmente importante em setores tais como indústrias de petróleo e gás, nucleares, de processo, química, de energia de uma forma geral, estabelecimento de infraestrutura críticas, telecomunicações e tecnologia de informação. (Pallerosi, 2007)

As situações estudadas em confiabilidade envolvem o tempo até a ocorrência de um evento de interesse. Esses eventos são, na maioria dos casos, indesejáveis e usualmente denominados de falha. O primeiro passo para estudar confiabilidade é definir de forma clara e precisa o que venha ser falha.

3.1 FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos)

A FMEA (*Failure Modes, Effects Analysis* - Análise de Modos de Falha e seus Efeitos) tem como objetivo identificar potenciais modos de falha de um produto ou processo de forma a avaliar o risco associado a estes modos de falhas, para que sejam classificados em termos de importância e então receber ações corretivas com o intuito de diminuir a incidência de falhas. É um método importante que pode ser utilizado em diferentes áreas de uma organização como: projetos de produtos, análise de processos, área industrial e/ou administrativa, manutenção de ativos e confiabilidade com o intuito de trazer importantes benefícios para o negócio. (PALADY, 2004)

A aplicação do FMEA impacta diretamente no retorno financeiro da empresa que é decorrente da minimização e eliminação de falhas potenciais nos processos produtivos. Os resultados podem abranger todas as áreas industriais aumentando a confiabilidade do serviço prestado e proporcionando mais segurança e maior satisfação do usuário dos serviços. (PALADY, 2004)

Existem vários tipos de FMEA's utilizados no mundo todo. Dentre eles, alguns podem ser mais utilizados do que outros diferindo em alguns aspectos como forma de classificar os riscos e nomes dados aos elementos. Entretanto, todos possuem o mesmo objetivo: identificar falhas que podem causar danos em potencial ou prejuízo para o usuário do produto ou serviço oferecido. Os tipos mais comuns de FMEA são os de produto e o de processo, mas existem outros a citar. (PALADY, 2004)

- **FMEA de Produto:** Nele são analisadas falhas que poderão acontecer nas especificações do produto focando em componentes e subsistemas. Este tipo também pode ser chamada fmea de projeto.
- **FMEA de Processos:** Tem como objetivo analisar a falhas no planejamento e execução do processo e conseqüentemente melhorá-lo.
- **FMEA de Sistema:** Foca nas funções globais de sistemas
- **FMEA de Serviço:** Foca em processos de manufatura e montagem
- **FMEA de Software:** Foca em funções de software

(PALADY, 2004)

3.2 RBD (Diagrama de Blocos de Confiabilidade)

O RBD (Diagramas de Blocos de Confiabilidade *Reliability Block Diagram*) É muito utilizado em engenharia da confiabilidade e se apresenta em diversas formas. Um de seus propósitos é representar a inter-relação entre os componentes e para definir a confiabilidade do sistema. Deve-se notar que este pode diferir como os componentes são fisicamente ligados (RELIASOFT, 2013).

3.3 Técnica dos Porquês

Os “5 Porquês” é uma técnica para encontrar a causa raiz de um defeito ou problema. É uma ferramenta simples de resolução de problemas que foi desenvolvida por Taichi Ohno, pai do Sistema de Produção Toyota e consiste em formular a pergunta “Por quê” cinco vezes para compreender o que aconteceu (a causa-raiz).

Entender a causa raiz de seus problemas dentro do ambiente de trabalho lhe ajuda a solucionar-los de maneira eficaz pois resolve o problema ao invés de gerar uma solução paliativa.

A lógica de raciocínio é:

No 1º porquê, temos um sintoma

No 2º porquê, temos uma desculpa

No 3º porquê, temos um culpado

No 4º porquê, temos uma causa

No 5º porquê, temos a causa raiz

Apesar de propor os 5 porquês, nada, impede que gerem mais ou menos do que 5 perguntas sejam feitas. O número 5 vem da observação de que esse número costuma ser o suficiente para se chegar a causa raiz. (OHNO, 1997)

3.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Nesse capítulo o autor traz as ferramentas e metodologias que foram utilizadas para chegar a causa raiz.

O capítulo 3 traz os resultados obtidos com a aplicação das técnicas e estudos realizados.

4 ANÁLISE DA BOMBA DE LÓBULO E SEUS SPAR PARTS

Esse capítulo apresenta o estudo *spar parts* de uma bomba de lóbulos, a partir da aplicação da técnica dos Porquês e FMEA.

Durante o período de estudo os conceitos aprendidos no curso foram aplicados em equipamento na empresa Enaex Britanite, local de trabalho do autor.

Tabela 4.1 – Análise de falhas

ANÁLISE DE FALHAS - 5 POR QUÊS				
TAG: BBH 5003		Equipamento: BOMBA HELICOIDAL		Data: 21/03/2018
Função do Equipamento: BOMBEAR EMULSÃO		Elaborador por:		
FATO				
BOMBA DE EMULSÃO TRAVADA				
1º POR QUÊ	2º POR QUÊ	3º POR QUÊ	4º POR QUÊ	5º POR QUÊ
BOMBA RECEBE TRACÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO MAS NÃO GIRA	EIXO TRAVADO	CONJUNTO ENCAVALADO	DESLOCAMENTO DO EIXO, ROTOR E ESTATOR	BUCHA DE ALINHAMENTO DESGASTOU
AÇÕES CONTRA A CAUSA RAÍZ				
	O QUE	QUEM	QUANDO	COMO
1	Medir parede interna da carcaça durante as manutenções preventivas.	Mecânica	Imediato	Seguindo orientação do manual de instruções
2	Estabelecer medida mínima aceitável de trabalho	Engenharia	Imediato	Avaliar o desgaste tolerável
3	Substituir selo com periodicidade semestral	Mecânica	Imediato	Incluir atividade no plano de manutenção preventiva
4	Estabelecer rota de análise de vibração mensal	Engenharia	Imediato	Incluir atividade no plano de manutenção preventiva
5	Substituir buchas com periodicidade semestral	Mecânica	Imediato	Incluir atividade no plano de manutenção preventiva

Fonte: o Autor.

O corpo técnico de manutenção da empresa demonstrou bastante interesse no estudo e contribuiu com as práticas, participando dos ensaios, anotando os dados e resultados de forma que se obtivesse um bom nível de acompanhamento nas análises dos 5 Por Ques e FMEA.

O estudo compreendeu a medição de desempenho da bomba de lóbulos com a verificação dos pontos baixos para possíveis melhorias.

Tabela – 4.2 Plano de manutenção

FMEA PARA PLANO DE MANUTENÇÃO											
Nº FMEA:	0026	Revisão Nº:		Data de Início:	21/03/2018	Respon:	Janderzon Cunico				
Processo:	Filtragem de produto Total	Área: Produção	Emulsão Bombeada	Sistema:	Diluição e filtragem	Revisad	Raphael Ferraz				
Equipe:	Manutenção-Processos-Operação										
Ponto da Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco				Ação Preventiva Recomendada	
Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modos de Falha	Efeitos de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN		
Bomba Helicoidal SPIX	Bombear Emulsão na linha de filtragem	Carcaça	Desgaste da parede interna	Perda de pressão na linha	Aplicação de material com aspecto arenoso	5	5	9	225	Medir parede interna da carcaça durante as manutenções preventivas.	
			Fissuras	Rompimento da estrutura da bomba e vazamento de produto							
		Rotor	Desgaste na face externa	Perda de vazão do produto	Excesso de atrito em rotor e fluido	5	5	9	225	Estabelecer medida mínima aceitável de trabalho	
			Rompimento	travamento do conjunto							
		Estator	Fissuras	Rompimento do componente							
			Desgaste na face externa	Perda de pressão e vazão de produto	Excesso de atrito em rotor e fluido	5	5	9	225	Estabelecer medida mínima aceitável de trabalho	
		Selo Mec.	Fissuras	Rompimento do componente							
			Rompimento por excesso de pressão	Perda de pressão na linha e vazamento de fluido							
		Eixo	Rompimento por cavitação	Perda de pressão na linha e vazamento de fluido	Desgaste em componentes gerou cavitação na linha	5	5	9	225	Substituir selo com periodicidade semestral	
			Desgaste na face externa	Perda de vazão do produto							
		Pino de retenção	Rompimento	travamento do conjunto	Excesso de vibração	5	5	5	125	Estabelecer rota de análise de vibração mensal	
			Fissuras	Rompimento do componente							
		Buchsa	Desgaste	Vibração do conjunto e provoca fissuras							
			Rompimento	travamento do conjunto	Eixo, rotor e estator fora do centro de rotação	5	5	9	225	Substituir buchas com periodicidade semestral	
Anel O'ring	Desgaste	Perda de pressão, vazão e vazamento de produto	Vida útil	5	5	9	225	Substituir o'ring com periodicidade anual			
	Rompimento	travamento do conjunto									
Anel de travamento	Desgaste	Vibração do conjunto e provoca fissuras									
	Rompimento	travamento do conjunto									

Fonte: o Autor.

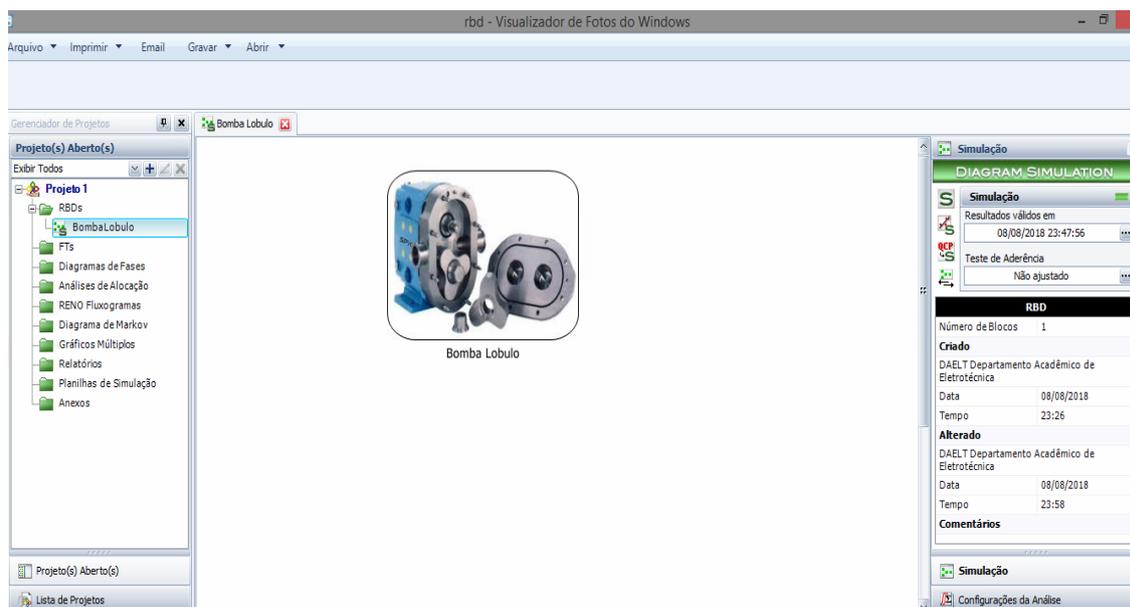
O acompanhamento e o registro dos dados apontaram pontos importantes onde se poderia incrementar o plano de manutenção, alguns deles inserir um novo processo de forma a conquistar melhorias na disponibilidade do equipamento.

Até esse momento o estudo tratava da observação e registro de dados, ainda não seria calculado um número de *spar parts* com exatidão, não era ainda o objetivo nessa fase da pesquisa, mas sim a conscientização do pessoal e estruturação da coleta de dados.

O cálculo com a definição de métricas viria na etapa seguinte após a análise das falhas, o tipo de ocorrência, quais partes foram afetadas, além do estudo do fato gerador de cada falha e sua probabilidade de reincidência.

Tais informações eram necessárias antes do cálculo para determinação da necessidade de peças em estoque pois, o apontamento de falhas diferentes gerava necessidades diferentes de peças e consequentes períodos diferentes de manutenção.

Figura 4.1 - Imagem de tela do software Reliasoft, RBD



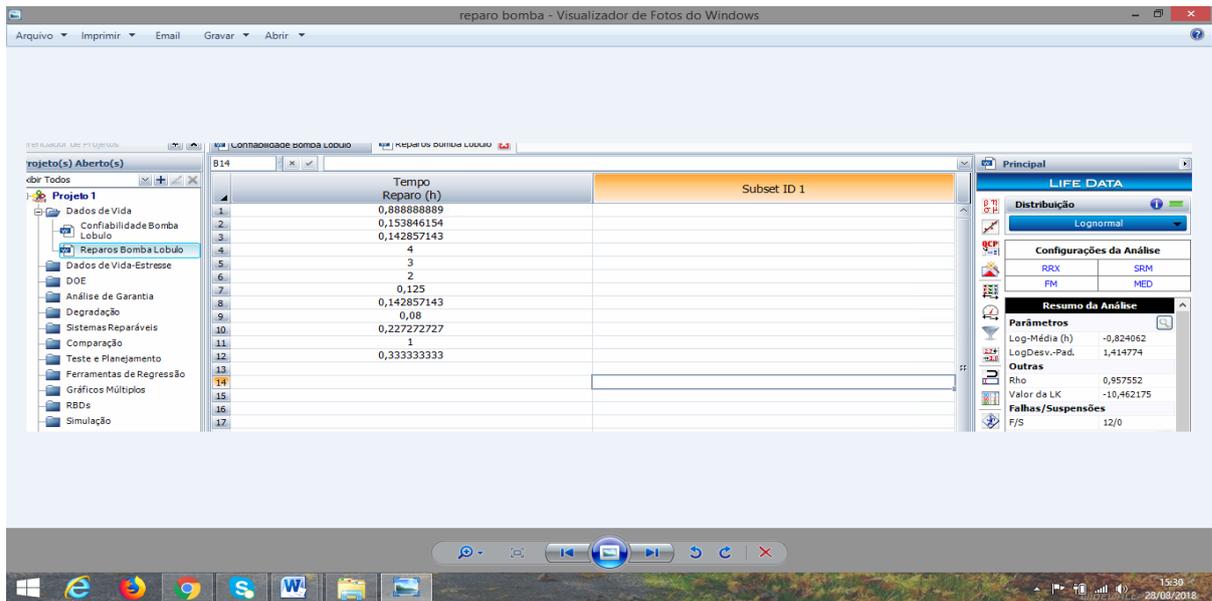
Fonte: O Autor.

Obtidos os dados logo foi possível aplica-los no cálculo de confiabilidade apurando-se os tempos necessários para reparos utilizando do software ReliaSoft Weibull++.

A figura 4.2 traz a tela onde os tempos de reparos foram calculados permitindo a visualização dos apontamentos feitos no sistema para a determinação precisa da disponibilidade.

O resultado obtido foi o que motivou a empresa para novas pesquisas a respeito da revisão do processo de manutenção de equipamento, melhoria na qualidade dos serviços, manutenção de estoque de peças e busca por maior disponibilidade.

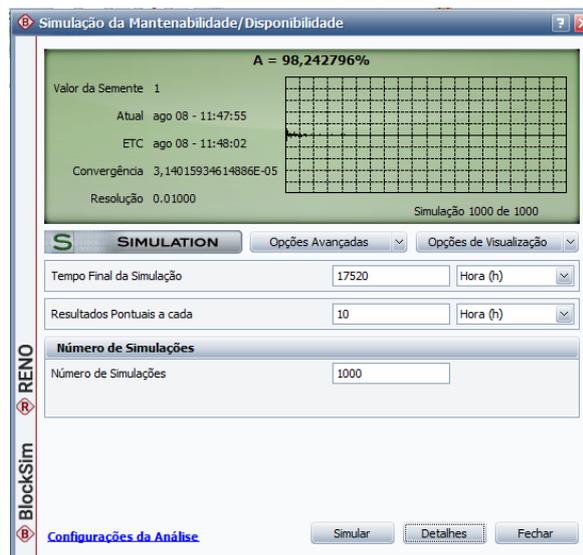
Figura 4.2 - Reparo da bomba, conforme cálculos do software



Fonte: O Autor.

O resultado de confiabilidade ~98,2% obteve-se após cálculo de simulação considerando um período de 2 anos (17520 horas). Figura 4.3.

Figura 4.3 - Demonstração do índice de disponibilidade da bomba em avaliação no software



Fonte: O Autor.

Os dados iniciais contavam um índice de disponibilidade o equipamento ao redor de 90%, aplicados os conhecimentos adquiridos obteve-se o crescimento no padrão de disponibilidade.

Figura 4.4 - Resumo de contagem de eventos

Resumo da Contagem do Evento	
Falhas do Sistema	
Quantidade Esperada de Falhas:	257,465
Desvio Padrão (Quantidade de Falhas):	8,612256
Ações de MC	
Quantidade de MCs:	257,465
Tempo Indisponível da MC (h):	307,862162
Inspeções	
Quantidade de Inspeções:	0
Tempo Indisponível da Inspeção (h):	0
Ações de MP	
Quantidade de MPs:	0
Tempo Indisponível MP (h):	0
Ações de OC	
Quantidade de OCs:	0
Tempo Indisponível da OC (h):	0
Gatilhos de Mudança de Estado	
Quantidade de Eventos OFF por Gatilho:	0
Total	
Total de Eventos:	257,465
Resumo de Custo	
Custos de Oportunidade	

Fonte: O autor.

O estudo no período de 2 anos apresenta a possibilidade de ocorrência de até 266 falhas, já considerado o desvio padrão superior o que resulta em média de 11 falhas ao mês e que possibilita e justifica a manutenção de estoque para os próximos 24 meses.

A figura 4.5 apresenta o detalhamento da contagem de eventos indicando a distribuição das falhas que de forma geral é homogênea, mas que tem variações em determinados meses conforme o tipo de composto químico que está sendo utilizado na produção, sendo aqueles mais abrasivos os que acarretam maior deficiência.

Figura 4.5 - Detalhamento de contagem de eventos

Tempo (meses)	Total	Falha Selo	Falha Rolamento	Falha Estator	Falha sistema de Retenção	Falha eixo	Total
1	16	18,8%	18,8%	18,8%	12,5%	31,3%	100,0%
2	9	11,1%	22,2%	33,3%	33,3%	0,0%	100,0%
3	14	28,6%	14,3%	21,4%	35,7%	0,0%	100,0%
4	11	27,3%	18,2%	18,2%	36,4%	0,0%	100,0%
5	14	14,3%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	100,0%
6	13	30,8%	15,4%	23,1%	30,8%	0,0%	100,0%
7	14	28,6%	21,4%	21,4%	28,6%	0,0%	100,0%
8	13	23,1%	23,1%	30,8%	23,1%	0,0%	100,0%
9	10	10,0%	30,0%	20,0%	40,0%	0,0%	100,0%
10	11	27,3%	27,3%	18,2%	27,3%	0,0%	100,0%
11	12	16,7%	25,0%	25,0%	33,3%	0,0%	100,0%
12	9	11,1%	22,2%	22,2%	33,3%	11,1%	100,0%
13	11	45,5%	18,2%	9,1%	27,3%	0,0%	100,0%
14	11	18,2%	27,3%	45,5%	9,1%	0,0%	100,0%
15	9	22,2%	33,3%	33,3%	11,1%	0,0%	100,0%
16	12	50,0%	8,3%	8,3%	33,3%	0,0%	100,0%
17	9	22,2%	22,2%	22,2%	33,3%	0,0%	100,0%
18	11	27,3%	27,3%	27,3%	18,2%	0,0%	100,0%
19	8	12,5%	37,5%	25,0%	25,0%	0,0%	100,0%
20	9	33,3%	33,3%	22,2%	11,1%	0,0%	100,0%
21	7	14,3%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	100,0%
22	8	25,0%	25,0%	12,5%	37,5%	0,0%	100,0%
23	9	33,3%	22,2%	33,3%	11,1%	0,0%	100,0%
24	8	25,0%	12,5%	25,0%	25,0%	12,5%	100,0%
Total	258	24,4%	24,0%	22,5%	26,4%	2,7%	100,0%

Fonte: o Autor, 2018.

Ao final pode-se observar na figura 4.5 a distribuição percentual de falhas ocorridas e que nenhuma área do equipamento sofre desgaste potencialmente maior que outra e que à medida que se ajusta a manutenção o número de falhas decresce.

O estudo permitiu a correção dos registros que não eram pontualmente feitos e muitas vezes eram feitos incorretamente. Com o acompanhamento houve sensível melhora no apontamento de falhas.

4.1 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O acompanhamento das medições obtidas na utilização das bombas de lóbulos em operações com diferentes compostos químicos possibilitou a medição e consequente projeção de falhas permitindo a melhor avaliação da quantidade de *spar parts* em estoque para realização mais eficiente e dinâmica da manutenção o que resulta em maior tempo de disponibilidade para o equipamento.

Tal aplicação será capaz de reduzir custos de manutenção através da diminuição de interferências com terceirizados de manutenção, além de proporcionar economia com a programação de compra de peças sobressalentes.

CONCLUSÃO

Diante do proposto neste curso e que foi adotado no período de estudo e prática relembram-se conceitos para a definição do resultado apurado.

A disponibilidade informa sobre como se utiliza o tempo. Já a confiabilidade presta informações sobre o intervalo sem falhas. Ambos são traduzidos em valores percentuais permitindo aplicabilidade em segmentos diferentes.

Não haverá disponibilidade total sob qualquer hipótese, em algum momento ocorrerá alguma falha ou mesmo período de manutenção do equipamento. A disponibilidade somente se iguala à confiabilidade na fantasia dos exercícios elementares e introdutórios, destinados aos aprendizes, a prática diuturna não contempla tal quadro de eficiência.

Os índices de disponibilidade de equipamentos na empresa até o início do estudo apontavam para números médios em torno de 90%, com a aplicação dos conhecimentos obtidos com a aplicação do FMEA e devido acompanhamento atingiu-se disponibilidade até 98%.

Durante o estudo foi encontrada grande dificuldade na coleta de dados para o cálculo dos períodos de manutenção, tipos de peças trocadas, e necessidade de estoque, uma vez que a empresa não dispunha de análises da possibilidade de manutenção interna dos equipamentos estudados, limitando-se na crença de que a terceirização era a melhor opção, fato que se provou ser passível de mudança.

Esse trabalho deu visibilidade e ênfase para o melhor aproveitamento dos equipamentos e o ganho apontado imediatamente repercutiu sobre os departamentos de compras e almoxarifado na forma de estabelecimento processo de aquisição e de estoque de peças para manutenção de bombas de lóbulos.

Outra consequência desse estudo trata do acompanhamento pelo departamento de Engenharia de Processo da empresa para novas análises em equipamentos similares e o despertar para aprofundamento na possibilidade de minimizar custos com pequenas manutenções e obtendo maior disponibilidade e produção.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nesse estudo verificou-se a necessidade de uma rotina não só de manutenção de equipamentos, mas principalmente de conscientização e preparação do pessoal para o registro correto dos eventos e o impacto que essa prática pode acarretar nos resultados do trabalho.

Dada a eficiência obtida nesse processo de estudo com apenas um equipamento é válido sugerir que as mesmas práticas sejam adotadas nos demais setores da empresa, buscando primeiro a conscientização e preparação do pessoal e em seguida, já com o devido acompanhamento, implantação de um plano eficiente para manutenção.

É possível que tais estudos e práticas elevem o nível de disponibilidade de equipamentos em outros setores o que poderá contribuir significativamente com a empresa.

REFERÊNCIAS

PALLEROSI, C., **Confiabilidade, A quarta dimensão da qualidade**. Vol.1. Manutenibilidade e Disponibilidade. São Paulo: ReliaSoft Brasil, 2007.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso, **Manual de Confiabilidade Manutenibilidade e Disponibilidade**. Vol 1. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PALADY, Paul. **FMEA: Análise Dos Modos De Falha E Efeito**. São Paulo: Imam, 2004

Tipos de Bombas, disponível em www.ebah.com.br/ABAAABb60AE/tipos-bombas

OHNO, T., **O Sistema Toyota de produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997