

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE
APLICADA À MANUTENÇÃO**

ANDERSON T. PANSARDI

**ESTUDO DE UM PROGRAMA DE MCC EM MÁQUINA DE
REFRIGERAÇÃO CHILLER**

MONOGRAFIA - ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2012**

ANDERSON T. PANSARDI

ESTUDO DE UM PROGRAMA DE MCC EM MÁQUINA DE REFRIGERAÇÃO CHILLER

Monografia de conclusão do curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade Aplicada a Manutenção do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Confiabilidade Aplicada a Manutenção.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Emerson Rigoni

**CURITIBA
2012**

ANDERSON T. PANSARDI

ESTUDO DE UM PROGRAMA DE MCC EM MÁQUINA DE REFRIGERAÇÃO CHILLER

Esta monografia foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Especialista** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Confiabilidade Aplicada na Manutenção** da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 30 de Janeiro de 2012.

Prof. Dr. Eng. Emerson Rigoni.
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eng. Emerson Rigoni
UTFPR
Orientador

Prof. M.Sc. Carlos Henrique Mariano
UTFPR

Prof. M.Sc. Marcelo Rodrigues
UTFPR

AGRADECIMENTOS

Este projeto é mais uma fase de minha vida, onde consegui superar mais um desafio.

Agradeço a Deus por ter me dado forças.

Agradeço minha família que muito me apoiou.

Agradeço a meu orientador Prof.^o Dr. Eng. Emerson Rigoni por ter disponibilizado um tempo para ajudar em meu projeto.

Agradeço a Prof.^a Dra. Faimara do Rocio Strauhs. da UTFPR.

RESUMO

PANSARDI, Anderson. **Estudo de um Programa de MCC em Máquina de Refrigeração (*chiller*)**. 2012. 10 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Confiabilidade) – Programa de Pós Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

Este trabalho apresenta o processo de implantação de um programa de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em um equipamento de refrigeração chamado *chiller* responsável pela refrigeração e circulação de água em várias máquinas das linhas de solda ponto (ou solda a resistência) que não podem sofrer sobreaquecimento. Existe ainda o risco de falhas de segurança em função de alguns inversores de solda a resistência sobreaquecerem e os capacitores internos explodirem gerando quebras de componentes eletroeletrônicos e mecânicos na máquina e possíveis acidentes envolvendo os operadores que estão próximos a ela. Outros riscos estão relacionados à perda de faturamento da empresa, logo que, uma parada por qualquer falha no *chiller* pode ocasionar paradas em toda linha de solda, que é responsável pela pré-fabricação de alguns produtos importantes na empresa. A proposta deste trabalho é ponderar as perdas que o equipamento poderá causar pelo tempo em que fica parado devido a uma falha indesejada e a aplicação da MCC no intuito de tornar o processo de refrigeração mais estável. A metodologia deste trabalho será a utilização da MCC no processo de refrigeração levando em consideração as etapas estudadas no curso de Engenharia de Confiabilidade aplicada a Manutenção. Esta monografia se trata de uma proposta de aplicação da ferramenta de análise de confiabilidade a MCC e ainda não foi desenvolvida pelo fato de precisar da aprovação da gestão da empresa.

Palavras chave: Manutenção Centrada na Confiabilidade. FMEA. Confiabilidade.

ABSTRACT

PANSARDI, Anderson T. **Study Program MCC used in Cooling Machine. 2012.18 f. Monograph (Specialization in Reliability Engineering Applied to Maintenance)** - Academic Department of Electrical Engineering, Federal Technological University of Paraná - UTFPR-PR, Curitiba, 2012.

This project presents the process of implementation of Reliability Centered Maintenance (RCM) in refrigeration equipment called chiller. This equipment is responsible for refrigeration and water circulation in several machines of the company, what this study is about. The machines where the water circuit is connected are located in lines of spot welding (or soldering strength) that can not overheat. There is also the risk of security breaches due to some resistance welding inverters overheat and explode causing internal capacitors breaks electronics and mechanical components on the machine and possible accidents involving operators who are close to her. Other risks relate to the loss of earnings of the company, once a stop for any failure can lead chiller stops across the weld line, which is responsible for prefabrication of some important products of the company. The purpose of this paper is to consider the losses that the equipment may cause the time it gets stopped due to a fault and unwanted application of MCC in order to make the cooling process more stable. The methodology of this study will be the use of MCC in the refrigeration process taking into consideration the stages studied in the course of Reliability Engineering Applied Maintenance. This monograph it is a proposal of application of MCC and reliability analysis tool has not been developed because of the need approval from management.

Keywords: Reliability Centered Maintenance. FMEA. Reliability.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Evolução da Manutenção	18
QUADRO 2	Cronograma de Implantação das Etapas	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Modelo do <i>Chiller</i>	14
FIGURA 2	Planejamento de Manutenção	22
FIGURA 3	Levantamento de Paradas de Linhas de Produção de Solda/ <i>Chiller</i>	28
FIGURA 4	Sistemas e Subsistemas da Empresa	29
FIGURA 5	Esquema simbólico da Refrigeração das máquinas de Solda	30
FIGURA 6	Fluxograma do subsistema selecionado	33
FIGURA 7	Lógica de Decisão	35
FIGURA 8	Formulário da Etapa 0 – Critério 1	39
FIGURA 9	Formulário da Etapa 0 – Critério 2	40
FIGURA 10	Formulário da Etapa 0 – Critério 3	41
FIGURA 11	Formulário da Etapa 0 – Critério 4	42
FIGURA 12	Formulário da Etapa 0 – Critério 5	43
FIGURA 13	Formulário da Etapa 1	44
FIGURA 14	Tabela de dados da coleta de informações	46
FIGURA 15	Tabela definição das fronteiras	47
FIGURA 16	Formulário da Etapa 3 – FMEA	48
FIGURA 17	Formulário da Etapa 3 – FMEA	49
FIGURA 18	Formulário da Etapa 3 – FMEA	50
FIGURA 19	Formulário da Etapa 3 – FMEA	51
FIGURA 20	Formulário da Etapa 4 – Seleção das Funções Significantes	52
FIGURA 21	Formulário da Etapa 4 – Seleção das Funções Significantes	53
FIGURA 22	Formulário da Etapa 5 – Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas	54
FIGURA 23	Formulário da Etapa 5 – Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas	55
FIGURA 24	Formulário da Etapa 5 – Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas	56
FIGURA 25	Formulário da Etapa 6 – Definição dos Intervalos e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	57
FIGURA 26	Formulário da Etapa 6 – Definição dos Intervalos e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	58
FIGURA 27	Formulário da Etapa 6 – Definição dos Intervalos e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	59

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

p.	Página
ed.	Edição
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
FMEA	Análise de Modo e Efeito de Falha
FMECA	Análise de Causa e Efeito e sua Criticidade
MIL-STD	<i>Reliability Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipments</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Tema	11
1.1.1 Delimitação do Tema	11
1.2 Problemas e Premissas	12
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 Justificativa	13
1.5 Metodologia da Pesquisa	14
1.6 Embasamento Teórico	14
1.6.1 Definições	15
1.7 Estrutura do Trabalho	16
2 Fundamentação Teórica	17
2.1 História da Manutenção	17
2.1.1 Definição de manutenção	18
2.1.2 Atividades de manutenção	18
2.2 Métodos da Manutenção	19
2.2.1 Manutenção Corretiva	19
2.2.2 Manutenção Preventiva	20
2.3 Funções de Apoio da Manutenção	20
2.4 Planejamento da Manutenção	21
2.5 Conceitos Disponibilidade e Confiabilidade	23
2.5.1 Disponibilidade	23
2.5.2 Confiabilidade	24
2.6 Manutenção Centrada na Confiabilidade	24
2.6.1 História da MCC	25
2.6.2 Cronologia da MCC	25
2.6.3 Aplicações da MCC	26
2.6.4 Objetivos da MCC	26
3 Proposta da MCC no Sistema de Refrigeração de Máquinas da Empresa	27
3.1 Preparação da Equipe da MCC	28

3.1.1 As Etapas da MCC	28
3.1.2 Determinação do Estudo	29
4 Etapas da MCC	31
4.1 Etapa 0 – Adequação da MCC	31
4.2. Etapa 1 – Preparação da Equipe	32
4.3 Etapa 2 – Coleta de Informações	32
4.4 Etapa 3 – Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA)	33
4.5 Etapa 4 – Seleção das Funções Significantes e Classificação de Seus Modos de Falhas	34
4.6 Etapa 5 – Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas	36
4.7 Definição dos Intervalos iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	37
4.8 Etapa 7 – Manual de Implementação	37
4.9 Etapa 8 – Auditoria	38
4.10 Sequência das etapas e tabelas	39
5 Conclusão	60
5.1 Sugestões de Melhoria	62
5.2 Trabalhos Futuros	63
Referências	64

1 INTRODUÇÃO

As fábricas se tornaram mais automatizadas e complexas e pequenas interrupções podem gerar grandes prejuízos. Uma das formas de redução seria melhorando os planos de manutenção, tornando seu processo mais produtivo. (XENOS, 1998, p. 13).

1.1 TEMA

Há programas de manutenção que são utilizados para resolução de problemas e que abrange de forma suficiente as atividades técnicas da manutenção. (XENOS, 1998, p. 22).

Estes programas são métodos de correções de falhas e são atividades de manutenção corretiva e preventiva em equipamentos e serão descritos com mais detalhes no capítulo 2 deste trabalho.

Em virtude dos índices e indicadores de parada em equipamentos industriais, e do fato que a manutenção está diretamente relacionada com custo das empresas, acredita-se que: Por meios de ferramentas de análises de confiabilidade tal como a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), pode-se chegar a uma melhoria no processo produtivo e conseqüentemente redução dos custos por paradas indesejáveis.

1.1.1 Delimitação do Tema

Além dos custos e riscos operacionais este trabalho abordará também o risco de parada da planta, uma vez que, o equipamento supracitado trabalha em redundância. O equipamento possui programas de manutenção preventiva e corretiva em alguns componentes (bomba, válvula de envio, painel de controle) definidos pela área de planejamento de manutenção.

O estudo representa a inserção de mais um programa de manutenção, neste caso, uma ferramenta de análise de confiabilidade chamada Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) analisando vários componentes que podem falhar e que colocam em risco de parada do sistema de refrigeração *chiller* no intuito de

melhorar ainda mais o planejamento de manutenção existente para tal equipamento.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

A empresa adquiriu um equipamento de refrigeração no intuito de aumentar o rendimento das linhas de máquinas de solda à resistência.

Atualmente este é o único equipamento capaz de fornecer o resfriamento necessário para que os eletrodos das máquinas de solda à resistência possam trabalhar sem sofrer muitos desgastes por alta temperatura. No entanto, os eletrodos de solda não são os únicos que necessitam de refrigeração constante, os transformadores e barramentos de cobre das máquinas de solda dependem desse mesmo equipamento. Neste caso, os transformadores e barramentos aquecem gradativamente se não houver refrigeração.

Hoje, o setor de Manutenção da empresa possui somente dois planos para manter o *chiller* em seu estado de funcionamento: Manutenção por ações corretivas, reparo após a existência de alguma falha e uma atividade preventiva que é uma análise de vibração na bomba de envio d' água. Por ser o único sistema de refrigeração, há necessidade de promover mais programas de manutenção para análise de falhas e atividades mais sistematizadas, no intuito de reduzir o tempo do sistema parado por qualquer falha indesejável ou até mesmo antecipar-se a falha do equipamento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um programa de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) como adição de mais um método estratégico para a manutenção do equipamento estudado neste trabalho, *chiller*.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Executar as etapas de desenvolvimento de um programa de MCC.

- Etapa 0 – Verificar a adequação da MCC;
 - Etapa 1 – Estabelecer o planejamento inicial;
 - Etapa 2 – Coletar as informações do sistema;
 - Etapa 3 - Analisar os Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMEA/FMECA);
 - Etapa 4 – Selecionar as Funções Significantes e classificar seus Modos de Falha;
 - Etapa 5 - Selecionar as Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas;
 - Etapa 6 – Definir os Intervalos Iniciais e agrupar as Tarefas de Manutenção;
 - Etapa 7 – Redigir o Manual da MCC para o sistema.
- Em função dos resultados obtidos ao longo do trabalho, determinar a necessidade e oportunidade de investimento para adquirir um *chiller* reserva (em *stand-by*) para automaticamente entrar em operação na falha do *chiller* principal.

1.4 JUSTIFICATIVA

O conceito de manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos para atender a um processo de produção, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados. (PINTO; NASCIF, 2001, p. 23).

Com os estudos decorrentes do processo de implantação da MCC, se pretende reorganizar os planos de manutenção, de forma a aumentar ou manter a disponibilidade do equipamento por meio da interposição de tarefas e estratégias baseadas na confiabilidade.

Este estudo poderá rever os conceitos aplicados no sistema de refrigeração para o aumento da capacidade produtiva e a redução de custo por evitar paradas por corretivas não planejadas. O monitoramento deste equipamento com melhorias nos planos de preventivas e preditivas, as auditorias dos mesmos e com o planejamento da MCC poderá chegar a resultados satisfatórios na empresa.



Figura 1 – Sistema de Refrigeração.
Fonte: Empresa Brose do Brasil, 2011.

1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Será feito um estudo de caso de modo a observar os problemas inerentes ao equipamento estudado e possivelmente propor uma solução para que o mesmo opere de forma confiável dentro de um determinado tempo.

A pesquisa realizar-se-á de acordo com o experimento de implementação de uma ferramenta de análise de confiabilidade, a MCC, utilizando do aprendizado adquirido em sala de aula do curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade aplicada a manutenção e de literaturas voltadas para o assunto.

O experimento representa o melhor exemplo de pesquisa científica. Consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar variáveis, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. (GIL, 1989, p. 53).

Este estudo de caso será embasado em livros, teses e dissertações de MCC.

1.6 EMBASAMENTO TEÓRICO

Há sistemas que permitem reduzir ou eliminar definitivamente as falhas e evitar sua reincidência. Mesmo que elas venham ocorrer é possível estabelecer metas e elaborar planos para melhoria do equipamento. (XENOS, 1998, p. 26).

Neste trabalho, busca-se enfatizar a criticidade de parada do equipamento em estudo, de modo a classificar suas falhas, possíveis causas. Não somente no *chiller*, mas também os efeitos gerados nas máquinas que estão sendo refrigeradas, no caso da perda da função.

1.6.1 Definições:

- Manutenção:

A principal missão da manutenção é garantir a disponibilidade da função requerida dos equipamentos de modo a atender um processo de produção com qualidade, segurança e confiabilidade. (PINTO; NASCIF, 2001, p. 22).

Podemos ainda ter alguns tipos de manutenção como:

- **Manutenção Corretiva:** é a atuação para a correção da falha ou do desempenho do componente, equipamento ou sistema menor que o desejado. (PINTO; NASCIF, 2001, p. 36).
- **Manutenção Preventiva:** é a atuação realizada para evitar a falha ou diminuição do desempenho do sistema, seguindo um plano elaborado baseado em intervalos definidos de tempos. (PINTO; NASCIF, 2001, p. 39).
- **Manutenção Preditiva:** é atuação realizada com base em modificação com parâmetro de condição ou desempenho obedecendo a uma sistemática definida. (PINTO; NASCIF, 2001, p. 41).
- **Manutenção Detectiva:** é efetuada em sistemas de proteção buscando achar falhas ocultas ou não perceptíveis pelo pessoal de operação ou manutenção. (PINTO; NASCIF, 2001, p. 44).

- Confiabilidade:

É a avaliação probabilística para as precauções onde situações indesejáveis e o nível do risco possa ser avaliado tanto qualitativamente quanto quantitativamente de sistemas e equipamentos. (LAFRAIA, 2001, p. 1).

- Manutenção Centrada na Confiabilidade:

A característica principal da MCC é fornecer um método estruturado selecionando as atividades de manutenção para qualquer processo produtivo. (SIQUEIRA, 2005, p. 11).

O método da MCC é formado por um conjunto de passos definidos para ser seguidos de forma sequencial respondendo questões formuladas na MCC para garantir os resultados desejados. (SIQUEIRA, 2005, p. 11).

- Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA):

É uma técnica indutiva, estruturada e lógica para identificar as causas e efeitos de cada modo de falha de um sistema ou produto. A análise resulta em ações corretivas para eliminar seus modos de falhas e efeitos. (LAFRAIA, 2001, p. 101).

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será composto em cinco partes:

A primeira parte mostrará o tema da pesquisa, relacionando e descrevendo sobre o equipamento de refrigeração *chiller*. Sua importância em manter seu funcionamento estável e a aplicação do MCC no equipamento no objetivo de aumentar a confiabilidade do sistema.

A segunda parte será abordada alguns conceitos de manutenção corretiva, preventiva, conceitos gerais de confiabilidade e MCC.

A terceira parte será descrito a metodologia e o tipo de pesquisa. Será demonstrada a aplicação do MCC conforme as normas da ABNT.

A quarta parte vai demonstrar as análises efetuadas em campo, e um fluxograma das máquinas interligadas à rede do *chiller* para focalizar as possíveis causas de falhas e os planos de manutenção.

A quinta parte apresentará as referências que foram utilizadas neste trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo busca descrever a história da manutenção e seus aspectos positivos perante a indústria. Busca-se também estabelecer uma breve definição da manutenção relacionando os tipos e os impactos em uma organização.

2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

A história da manutenção pode ser dividida em três gerações:

a) A Primeira Geração período antes da Segunda Guerra Mundial:

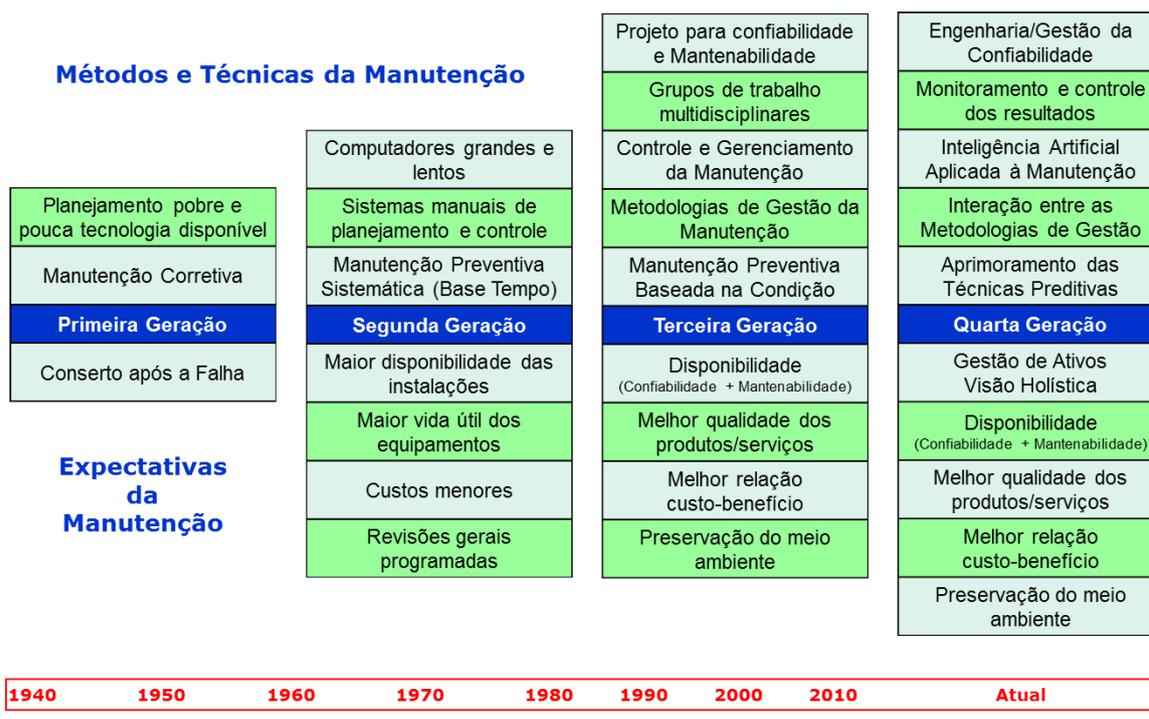
A indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e na sua grande maioria, superdimensionados. (PINTO; NASCIF, 2001, p. 4).

b) A Segunda Geração - Segunda Guerra Mundial até os anos 60:

As pressões do período da guerra aumentaram e a mão-de-obra diminuiu sensivelmente por isso teve necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade na busca de um bom funcionamento das máquinas. (PINTO; NASCIF, 2001, p. 4).

c) A Terceira Geração foi a partir da década de 70. Pinto e Nascif (2001, p. 4) afirmam que a paralisação da produção aumentava os custos afetando a qualidade dos produtos. O crescimento da automação e da mecanização passou a indicar que a confiabilidade e disponibilidade tornaram-se pontos chaves em setores como saúde, processamento de dados, telecomunicações entre outros.

d) A quarta geração os sistemas de coleta se tornaram ainda mais sofisticados, houve mais interação na gestão de metodologias de manutenção, melhor relação custo benefício e mais preocupação na preservação do meio ambiente. (MORTELARI, Dennis; SIQUEIRA, Cleber; PIZZATI, Nei, 2011).



Quadro 1 – Evolução da Manutenção.

Fonte: Mortelari; Siqueira; Pizzati (2011).

2.1.1 Conceito de manutenção

Segundo Xenos (1998, p. 18), as atividades da manutenção existem para evitar a degradação e quebra de equipamentos, componentes, máquinas e instalações. Essa degradação ocorre de diversas formas podendo ser de aparência interna e externa de fabricação de equipamentos, perdas de desempenho e paradas de produção.

2.1.2 Atividades de manutenção

As atividades de manutenção devem abranger muito mais do que simplesmente manter a disponibilidade e funcionalidade dos equipamentos. O fato de utilizá-la somente para correções no momento da parada de produção pode não ser o suficiente para garantir como estratégia econômica para as organizações. Para isso acontecer de forma a aperfeiçoar todo o processo de produção, deve incluir atividades de melhorias, atividades de corretivas planejadas, manutenção preventiva que são conceitos que serão explicados mais adiante desse trabalho.

Segundo Xenos (1998, p. 21), as atividades de manutenção resultam de ações tomadas para corrigir eventuais falhas nos equipamentos pelos operadores de produção e pela equipe de manutenção. Essas ações podem ser desde uma simples lubrificação ou até a substituição de um componente de um sistema funcional.

2.2 MÉTODOS DE MANUTENÇÃO

Nas literaturas existem várias definições para os tipos de manutenção. Esses métodos são aplicados de acordo com a necessidade da produção e cabe ao setor de planejamento de manutenção reunir as informações e definir as tarefas de atividades técnicas da manutenção. Como fora abordado na introdução deste trabalho, alguns dos principais métodos são:

- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva

2.2.1 Manutenção Corretiva

No geral, esse é o tipo de manutenção que pode gerar mais custo, pois não inclui um planejamento prévio para sua execução. A manutenção corretiva ocorre quando um determinado equipamento, componente ou sistema perde a função requerida causando paradas indesejadas nas linhas de produção podendo promover altos custos pelo risco de não atender no prazo determinado o cliente final.

Por outro lado, Xenos (1998, p. 23) afirma que do ponto de vista da manutenção, a manutenção corretiva é mais barata do que trabalhar para prevenir falhas.

O importante é avaliar os fatores econômicos, pois se realmente a corretiva for mais barata que tomar ações preventivas, levando em consideração todo o processo produtivo, ela pode ser uma boa opção.

2.2.2 Manutenção Preventiva

A definição conforme Xenos (1998, p. 24), a manutenção preventiva (sistemática baseada na condição, por inspeção, preditiva ou detectiva) deve ser uma das principais atividades de manutenção dentro de uma organização. Ela envolve tarefas sistemáticas e elaboradas como inspeções/reformas de equipamentos, troca de componentes, medições entre outras. Em comparação com a manutenção corretiva ela é compreendida como mais cara, pois os itens devem ser trocados e os componentes reformados antes de atingirem seus limites de vida.

2.3 FUNÇÕES DE APOIO DA MANUTENÇÃO

Xenos (1998, p. 29), destaca ainda que algumas funções de apoio são criadas para permitir o gerenciamento eficiente da manutenção. Estas funções são:

- Tratamento de falhas dos equipamentos:

- Inclui os registros e análises de dados sobre as falhas dos equipamentos e permite identificar os tipos de falhas mais freqüentes e também quais equipamentos ou componentes ocorrem. (XENOS, 1998, p. 29).

- Padronização da Manutenção:

- É o agrupamento de informações técnicas e gerenciais da manutenção, incluindo documentação técnica proveniente de catálogos, manuais de manutenção, manuais dos equipamentos e inspeções periódicas. (XENOS, 1998, p. 29).

- Planejamento da Manutenção:

- São ações de preparação dos serviços realizados pela manutenção em um determinado período, bem como a previsão da mão de obra, materiais e ferramentas necessárias para a consecução do serviço. Analisa todos os recursos necessários para as tarefas dos técnicos bem como as inspeções preventivas conforme nos afirma Xenos (1998, p. 30).

- Orçamentos:

- Segundo Xenos (1998, p. 30), o orçamento compreende os custos com mão de obra, reposição de materiais e serviços terceirizados. Para que haja uma otimização do orçamento de manutenção é necessário que faça o dimensionamento correto dos recursos de mão de obra e materiais no qual deve ser feito baseado nos planos de manutenção.

- Treinamentos:

- Assim como afirma Xenos (1998, p. 30), relacionar o conjunto de informações e conhecimentos técnicos adquiridos por treinamentos oferecidos pela organização ou experiências adquiridas pelos históricos dos sistemas de coletas de dados de paradas dos ativos, de forma a capacitar toda equipe de manutenção. Sem treinamento adequado a equipe de técnicos poderá produzir mais falhas nos equipamentos ao invés de preveni-las.

2.4 PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO

A Manutenção tem como principal objetivo evitar a falha em um equipamento ou sistema que por sua vez acabe gerando custos para a organização. A detecção dessa falha depende de um sistema organizacional e informatizado que relacione todas suas funções definindo um plano para que essa falha não ocorra.

Conforme Xenos (1998, p. 36), as informações contidas em um plano de manutenção devem ser usadas e estudadas de acordo com os resultados obtidos no ambiente de trabalho. Esses resultados podem vir desde uma troca de componente ou uma inspeção determinada dentro de um *checklist*. Os dados de falha precisam ser analisados através de um sistema de tratamento de falhas.

Em relação aos planos de manutenção, “uma vez elaborado o plano de manutenção, é possível dimensionar os recursos de mão-de-obra e de materiais como as principais causas de dificuldades no gerenciamento da manutenção.” (XENOS, 1998, p. 36).

A falta de um plano adequado de manutenção faz com que haja uma situação muito comum que seria a falta de peças de reposição para a execução do trabalho gerando perdas insatisfatórias relacionadas a custos.

A manutenção deve estar voltada para a gerência e solução de problemas na produção. Ela é uma atividade estruturada da empresa que fornece soluções buscando maximizar os resultados. (PINTO; NASCIF 2001, p. 55).

Os sistemas informatizados de manutenção bem como os softwares voltados ao assunto tem ajudado na otimização de custos e organização dos trabalhos nos equipamentos. A agilidade com as tratativas de falhas para o bom desempenho do sistema depende muito da inserção dos dados nestes programas que relacionam todas as informações contidas no sistema desde a fase de projeto. Estas informações contêm dados de fabricantes e componentes dos sistemas de forma detalhada facilitando assim a manutenibilidade do sistema instalado.

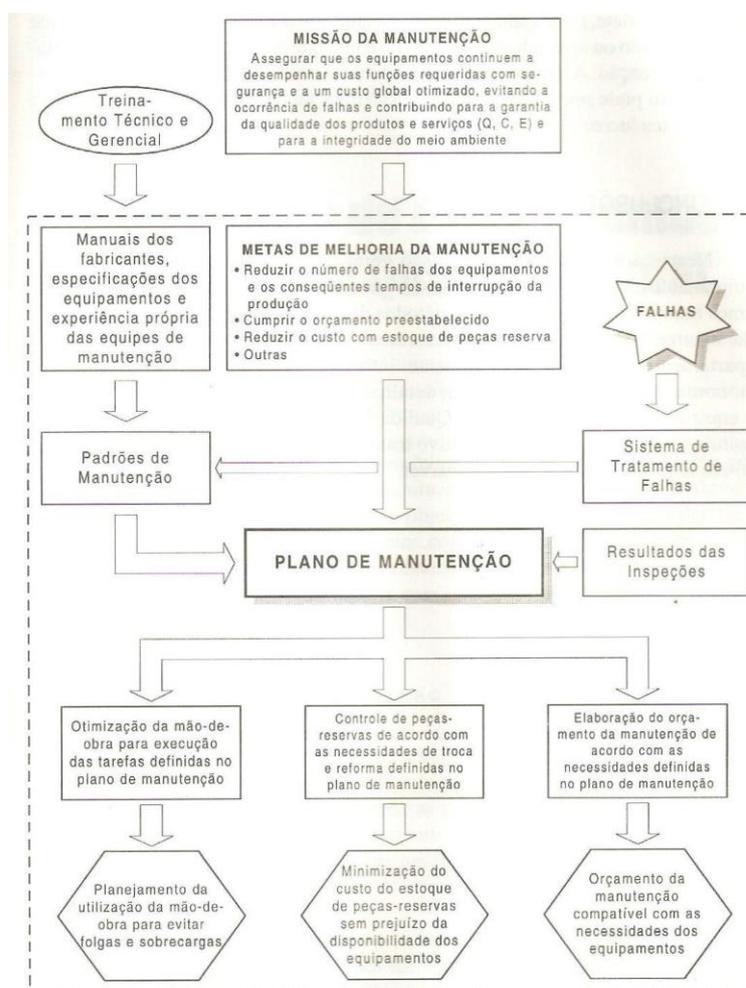


Figura 2 - Planejamento de Manutenção

Fonte: Xenos, 1998, p. 37

2.5 CONCEITOS DISPONIBILIDADE E CONFIABILIDADE

Antes de discutir Manutenção Centrada na Confiabilidade, vamos conceituar e comentar sobre essas duas ferramentas de manutenção que se caracterizam como Disponibilidade e Confiabilidade.

2.5.1 Disponibilidade

Pode ser conceituada como o tempo em que o equipamento ou sistema está disponível para operar normalmente desempenhando sua função. Pinto e Nascif (2001, p.101) afirmam que para melhor caracterizar a Disponibilidade devem-se levar em consideração três variáveis importantes:

- Tempo total: É o tempo em que o equipamento ou sistema deveria estar disponível para a produção.

- Tempo de funcionamento: É classificado como o tempo em que o equipamento ou sistema estava em funcionamento.

- Tempo de parada: É a parcela do tempo que o equipamento ou sistema estava indisponível para a produção, ou seja, esteve parado.

Dentro dessas características podemos destacar dois cálculos de manutenção conhecidos mundialmente como Tempo Médio entre Falhas e Tempo Médio para Reparo.

a) Tempo Médio de bom funcionamento de um equipamento é chamado como Tempo Médio entre Falhas (TMEF). Esse termo é usado para calcular o quanto o equipamento está disponível.

$$\mathbf{TMEF = T1 + T2 + T3 + \dots + TN / N}$$

b) O Tempo Médio que o equipamento está parado, relacionado à falha, chama-se Tempo Médio para Reparo (TMPR). Esse é o tempo em que não há produção efetivamente.

$$\mathbf{TMPR = t1 + t2 + t3 + \dots + tN / N}$$

Esses dois indicadores juntos podem definir a disponibilidade do equipamento.

Então, “a Disponibilidade é a relação entre o tempo em que o equipamento ou instalação ficou disponível para produzir em relação ao tempo total.” (PINTO; NASCIF, 2001, p. 103).

Logo:

DISPONIBILIDADE: $TMEF / TMEF + TMPR$.

2.5.2 Confiabilidade

Esse termo pode ser usado como uma ferramenta para propiciar maior eficiência da manutenção. Quanto mais disponíveis os sistemas de produção estão, mais confiáveis eles ficam.

Nessa linha de pensamento a Confiabilidade dos sistemas pode ser definida como “a probabilidade de um item possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido”. (PINTO; NASCIF, 2001, p. 96).

Em relação à parte financeira de uma organização, quanto maior for a confiabilidade ou maior disponibilidade do equipamento ou sistema melhor são os resultados finais no processo de produção.

2.6 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)

Neste capítulo será abordado sobre a história da MCC seu significado e importância dela no ambiente industrial.

A metodologia da MCC tem como principal objetivo seguir uma seqüência de passos estruturando as atividades de manutenção no intuito de chegar ao resultado esperado. (SIQUEIRA, 2005, p. 11).

Segundo Moubray (2000), os resultados obtidos na implementação da MCC são:

- Maior segurança humana e ambiental;
- Melhoria operacional em termos de qualidade e produtividade;
- Melhor relação custo-benefício dos sistemas;
- Criação de um banco de dados completos para a manutenção;
- Melhor desempenho dos itens físicos;

2.6.1 História da MCC

Siqueira (2005, p. 3), afirma que, no que diz respeito a MCC, teve seu início nos processos tecnológicos que se desenvolveram após a Segunda Guerra Mundial. Tais processos começaram em pesquisas da indústria bélica americana e logo seguida pelos avanços na automação industrial em conjunto da evolução de sistemas informatizados presentes em todos os aspectos da sociedade.

Com a exigência por melhores resultados e flexibilidade nos meios de produção, todo esse processo evolutivo ocasionou em um movimento que causou maior dependência da sociedade aos métodos automáticos de produção. (SIQUEIRA, 2005, p. 4).

Atualmente o projeto de manutenção exige-se que seja estruturado de forma transparente e auditável. Esses anseios induzem ao surgimento dessa metodologia chamada de Manutenção Centrada na Confiabilidade. (SIQUEIRA, 2005, p. 4).

2.6.2 Cronologia da MCC

Segundo Siqueira (2005, p. 6), o primeiro evento que originou a criação da MCC foi à necessidade de certificação da linha de aeronaves *Boeing 747* pela FAA (*Federal Aviation Authority*). Este avião possuía um nível de automação jamais visto naquela época sendo que as atividades de manutenção seguidas, não atenderiam a complexidade de todo o equipamento. Isso iria inviabilizar a certificação das autoridades americanas que por sua vez motivou a criação de uma força tarefa na *United Airlines* no ano de 1968, liderada pelo Vice Presidente de Planejamento de Manutenção Thomas D. Matteson, ele organizou uma equipe de engenheiros encarregada de rever os métodos existentes nas aeronaves.

O relatório dessa comissão introduziu aos conceitos dessa metodologia de manutenção chamada posteriormente de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). (SIQUEIRA, 2005, p. 6).

“A marinha americana também tornou obrigatória a MCC para todas as modificações em sistemas navais que apresentassem benefícios potenciais, iniciando sua normalização e expansão para outras áreas militares e civis.” (SIQUEIRA, 2005, p. 7).

2.6.3 Aplicações da MCC

Ainda conforme a obra de Siqueira (2005, p. 9), em função aos requisitos de segurança, logo os benefícios da MCC foram percebidos pela indústria elétrica e nuclear. Após o acidente na Usina Nuclear *Three Mile Island*, os proprietários das empresas *General Eletric* e da *United Airlines* iniciaram algumas pesquisas de viabilidade voltadas para manutenção centrada na confiabilidade em usinas nucleares. Estas pesquisas então motivaram a aplicação da MCC nas usinas nucleares. Tais experiências como essa acabaram consolidando e inserindo esta metodologia em mais de 400 usinas nucleares e regulamentadas pela NRC (*National Regulatory Commission*) servindo como base e estendendo a setores além da aeronáutica.

Todo este acontecimento gerou resultados satisfatórios o que foi motivada a adoção do método a todo setor elétrico mundial e expandindo para outros setores como construção civil, indústria química, petroquímicas, refinarias, siderurgia, alimentícias, mineração e transporte. (SIQUEIRA, 2005, p. 9).

2.6.4 Objetivos da MCC

Siqueira (2005, p. 11) afirma que a MCC é o conjunto de ações programadas e sistematizadas usadas para aperfeiçoar as estratégias de planejamento da manutenção, sejam elas, ações corretivas, preventivas ou melhorias.

A MCC visa melhorar o sistema estudado promovendo uma diminuição dos custos e aumentando a segurança, ocupando das tarefas mais importantes de manutenção. (SIQUEIRA, 2005, p. 11).

A MCC identifica os modos de falha que interferem nas funções, determina a importância de cada falha funcional. Sendo que a partir de seus modos de falha seleciona as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção das falhas funcionais. (PINTO; NASCIF, 2001).

3 PROPOSTA DA MCC NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE MÁQUINAS DA EMPRESA

Este estudo visa preparar uma proposta de uma Manutenção Centrada na Confiabilidade para o sistema de refrigeração de máquinas de solda à resistência chamado *chiller*. Esse sistema foi escolhido em função de haver o risco de parar as linhas onde possuem as máquinas de solda, já que ele é o único responsável em arrefecer os equipamentos mantendo-os em bom estado de funcionamento. A importância do *chiller* para as máquinas reflete diretamente no produto soldado. Isto porque se acontecer à diminuição ou parada do fluxo de água nas tubulações e mangueiras das máquinas pode acarretar em um aquecimento tamanho, que logo os sensores que identificam a alta temperatura (termostato) enviam o sinal para os controladores das máquinas fazendo com que a máquina entre em “*stop*”. Quando isto ocorre, a corrente elétrica na escala de KA é desligada danificando a peça.

A importância que o equipamento de solda esteja bem arrefecido também reflete na segurança de quem está operando o equipamento, ou até mesmo de quem estiver passando próximo a ele. Se porventura o sensor de temperatura falhar ou o controlador não tiver o *feedback* deste monitoramento, o controlador de solda continua a empenhar seu papel de “*start*” de solda podendo esquentar freneticamente os eletrodos gerando queimaduras na pele pelo contato. Algumas máquinas contêm inversores de solda com controle da frequência e corrente composta por capacitores internos. Estes capacitores podem explodir se no caso, os diodos que estão localizados nos pólos do transformador queimar pelo excesso de calor. Isto acontece porque o inversor de frequência tenta compensar a falta de circulação de corrente proveniente da queima do diodo colocando potência máxima para a solda.

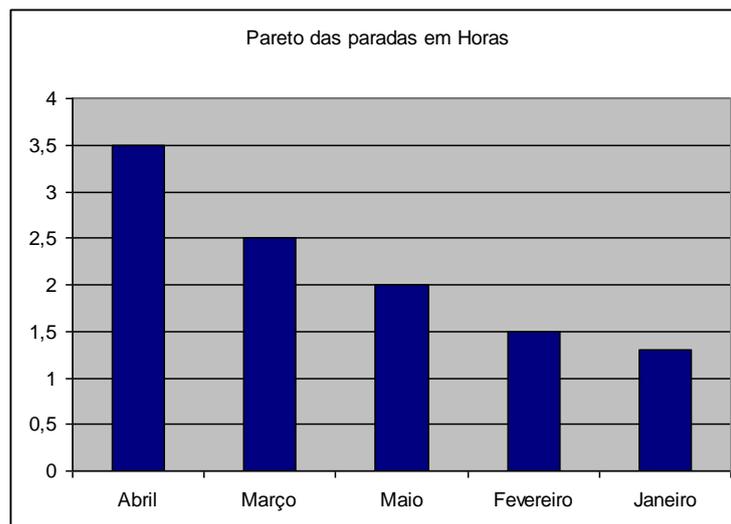


Figura 3 - Levantamento dos dados de parada da linha de produção de Solda/Chiller
Fonte: Própria

3.1 PREPARAÇÃO DA EQUIPE DA MCC

A equipe será composta pelos principais integrantes de manutentores envolvidos nas ocorrências das falhas sendo eles um Técnico Eletrônico, um Técnico Mecânico juntamente com o Planejador de manutenção e o Analista de Manutenção responsável pela área de utilidades da organização. Nesta equipe serão adicionados os operadores Níveis IV das linhas de produção e os Supervisores de suas respectivas linhas de produção.

3.1.1 As Etapas da MCC

Conforme Siqueira (2005, p.18) a “MCC adota uma seqüência composta por sete etapas” denominadas assim:

- Primeira etapa: Seleção do sistema e coleta de informações;
- Segunda etapa: Análise de modos e efeitos de falhas (FMEA);
- Terceira etapa: Seleção de funções significantes;
- Quarta etapa: Seleção de atividades aplicáveis;
- Quinta etapa: Efetividade das etapas;
- Sexta etapa: Separação das atividades aplicáveis e efetivas;
- Sétima etapa: Definição da periodicidade das etapas;

Nessas etapas são utilizados vários modelos de coletas de informações, ferramentas de modelagem e análises de sistemas e principalmente são documentados os critérios avaliados para as questões levantadas na MCC. (SIQUEIRA, 2005, p. 19).

3.1.2 Determinação do Estudo

Conforme Smith (1993) a fábrica foi dividida em três sistemas funcionais delimitando em sistemas e subsistemas para facilitar o estudo. A Figura 4 ilustra o sistema mencionado. Para a aplicação da MCC foi escolhido o subsistema de refrigeração *chiller* que está interligado diretamente com as linhas de produção Solda.

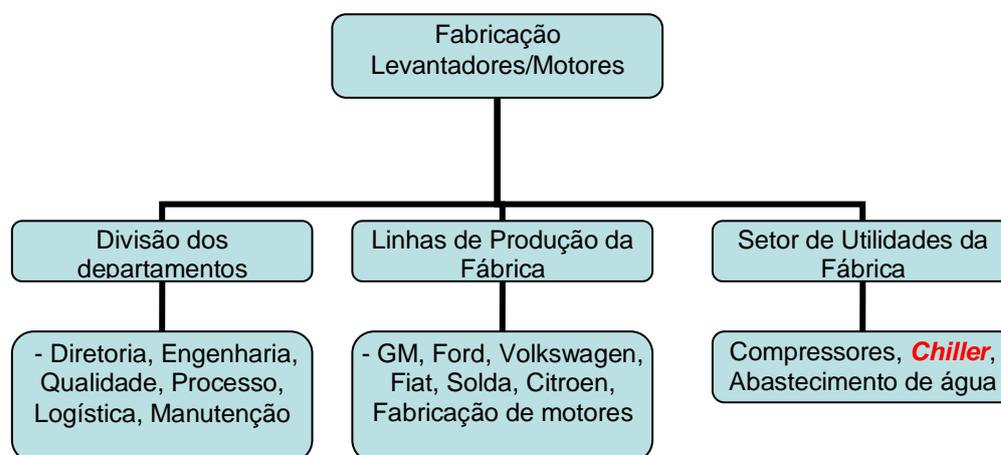


Figura 4 - Sistemas e subsistemas da empresa
Fonte: Própria

O sistema de refrigeração fica localizado fora da planta próximo às linhas de Solda Fabricação. Este sistema foi dimensionado para atender todas as máquinas dentro da linha de Solda, sendo o único responsável pela refrigeração dos transformadores de solda, dispositivos de montagem das peças soldadas e “cabecotes” onde estão ligados os pólos dos transformadores. Há máquinas de solda à resistência em que as mangueiras onde circula a água do *chiller* passam internamente nos inversores de solda, que são controladores mais sofisticados no controle da corrente de solda que percorre na escala de quiloampere (KA).

A Figura 5 mostra um esquema simbólico do sistema de circulação de água do *chiller*.

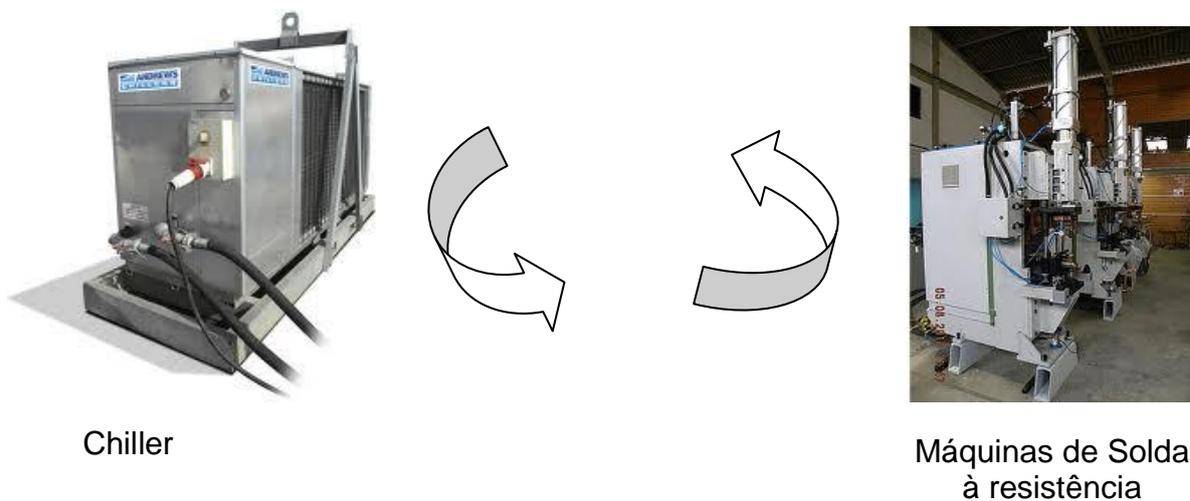


Figura 5 - Esquema simbólico da refrigeração das máquinas de Solda.
Fonte: Própria

4 ETAPAS DA MCC

4.1 ETAPA 0 – Adequação da MCC

Objetivos: Verificar a Gestão da manutenção fundamentada na MCC com todos os seus requisitos e como sendo a mais adequada para a empresa e sistema considerando suas disponibilidades e limitações. (RIGONI, 2009, p. 102).

Tarefas: Comparar e verificar o grau de aderência das características da empresa/sistema com as necessidades e exigências de um programa de MCC. (RIGONI, 2009, p. 102). Os dados desta etapa estão nas Figuras 8, 9, 10, 11 e 12 – Formulário da Etapa 0 – Critérios 1, 2, 3, 4 e 5 páginas 39, 40, 41, 42 e 43.

Dentro dos formulários onde possuem os critérios para avaliação da adequação da MCC para empresa, foi adotado como valor ideal 8. Foi admitido este valor no trabalho em função do material de apoio fornecido nas aulas do curso de Especialização de Engenharia da Confiabilidade aplicada a manutenção.

Conforme citado no Capítulo 1.2, a empresa adquiriu um equipamento no intuito de melhorar a eficiência do sistema de refrigeração das máquinas de solda que antes eram refrigeradas por dois reservatórios que possuíam ventiladores para resfriar a água. Este sistema não era tão preciso no arrefecimento de água obrigando o setor responsável de projetos a trazer uma nova solução. Outra situação que obrigou a justificativa de investimento no chiller foi o aumento de produtividade nas linhas e em consequência disso houve aquisição de mais máquinas de solda a resistência.

Enfim a escolha deste sistema foi um *chiller* com capacidade para bombear até 19 m³/h, o modelo deste equipamento é um Mecalor RLA-75RI-380/C sendo o suficiente na circulação e refrigeração do sistema de máquinas de solda.

Porém, todos os riscos desta instalação não foram bem avaliados, sendo o sistema em questão único, qualquer falha decorrente no sistema poderá acarretar em uma parada geral nas linhas de Solda.

O investimento para a compra do *chiller* foi de alto valor, e o custo médio levantado por parada na linha de Solda está em torno de R\$ 4.900,000 por cada hora perdida de produção.

O *chiller* por sua vez constitui um sistema automatizado de alarme, sendo possível efetuar alguns reparos mais rápidos. Há um processador monitorando e

controlando todas variáveis de processo na circulação de água. Porém, ainda o setor de Engenharia de Manutenção não possui um sistema de supervisão para controlar remotamente a circulação e temperatura da água.

4.2. ETAPA 1 – PREPARAÇÃO DA EQUIPE

Objetivos: Formar a equipe para a implantação da MCC.

Tarefas: Definir o nível da aplicação do programa da MCC, preparar, organizar e estruturar a equipe de implantação da MCC para atender os requisitos das etapas seguintes. (RIGONI, 2009, p. 103).

Esta etapa procura definir a abrangência do nível de aplicação para a MCC, organizando a equipe que irá estruturar as tarefas para o programa de implantação da MCC. Esta etapa irá promover também as metodologias e estratégias para a condução das reuniões e execução das tarefas.

Será exposto o formulário de preenchimento da equipe que irá formar o estudo de MCC aplicado ao *chiller*. Este formulário contém as informações da equipe e seu facilitador para a aplicação da MCC. Este material foi tirado das aulas na disciplina de MCC do curso de Engenharia de Confiabilidade. O formulário encontra-se na figura 13 na página 44.

4.3 ETAPA 2 – COLETA DE INFORMAÇÕES

Objetivos: Identificar e documentar o sistema que será submetido à análise da MCC. (RIGONI, 2009, p. 103).

Tarefas: Definir e aplicar critérios quantitativos ou qualitativos para a seleção do sistema para o qual a MCC será aplicada, documentar o sistema selecionado e suas fronteiras. (RIGONI, 2009, p. 103).

Como mencionado anteriormente na introdução deste trabalho, a necessidade de utilizar a Manutenção Centrada na Confiabilidade no sistema de refrigeração situa-se em reduzir perdas econômicas na organização. Levando em consideração que o subsistema ligado a ele tem como objetivo fazer pré-fabricação para vários outros produtos dentro da empresa, a falta desse equipamento pode acarretar em atrasos colocando a empresa em risco de paradas ao cliente final.

Como afirma Siqueira (2005), “o sistema de coleta de informações, objetiva identificar e documentar o sistema ou processo que será submetido à análise.”

Ainda “a seleção dos sistemas que serão submetidos à MCC, a norma IEC 60300-3-11 menciona que leve em consideração a segurança, disponibilidade e economia do processo.” (SIQUEIRA, 2005, p. 28).

Os dados desta etapa encontram-se na página 46 deste trabalho.

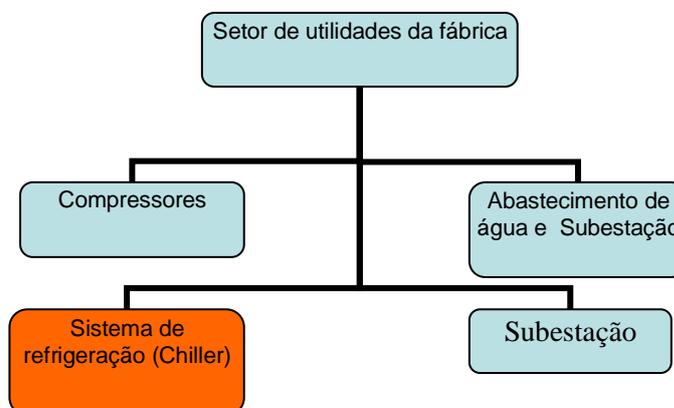


Figura 6 - Fluxograma do subsistema selecionado

Fonte: Própria

4.4 ETAPA 3 – ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA (FMEA)

Objetivos: Identificar e documentar todas as funções do sistema na etapa 2, modos de falha, efeitos contrários a função do sistema, causas e avaliação da criticidade. (RIGONI, 2009, p. 104).

Tarefas: Conduzir e documentar o processo de FMEA, avaliar seus modos de falha em relação a sua criticidade levando em consideração a severidade dos efeitos e a frequência das causas. (RIGONI, 2009, p. 104).

Nesta etapa são identificados os modos e efeitos de falhas de cada componente do sistema refrigeração. Também são documentados os seguintes aspectos da instalação:

- Funções desempenhadas pelo sistema
- Modo de Falhas
- Forma como as falhas se origina
- Efeitos que são provocados pelas falhas
- Criticidade

O FMEA é uma documentação sistemática das falhas possíveis do sistema, sua inclusão nos projetos é de suma importância para identificar as possíveis causas que eventualmente ocasionarão em uma falha. (SIQUEIRA, 2005, p. 63).

Uma vez adotado o FMEA, ele deve ser mantido e atualizado devendo ser aplicado em novas atualizações do equipamento. Cada ocorrência da falha deve-se desencadear um novo processo de verificação e possível revisão do estudo correspondente ao sistema em estudo.

O setor responsável pelo estudo também se deve ater em utilizar o compartilhamento dos dados do FMEA para que toda a organização tenha acesso. Isto pode ser feito pela própria intranet da empresa ou também pelos *softwares* de compartilhamento e armazenamento de dados.

Por fim, como orienta SIQUEIRA (2005, p. 64) “um procedimento uniforme deverá ser adotado e padronizado para toda empresa. Exemplos desta padronização podem ser obtidos nos manuais militares americanos como a MIL-STD-1629. Além dessas metodologias a outras de origem européias com pequenas variações nos dados coletados”.

Na seqüência deste estudo será mostrada a planilha do FMEA nas páginas 48, 49, 50 e 51 para o sistema de refrigeração figuras 16, 17, 18 e 19.

4.5 ETAPA 4 – SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA

Objetivos: Segundo Rigoni (2009, p.105) “analisar cada função identificada na etapa anterior e determinar se a falha funcional tem efeito significativo, caso haja, classificar seus modos de falha de acordo com os pilares da MCC: segurança, meio ambiente, operação e economia do processo”.

Tarefas: Segundo Rigoni (2009, p.105) “elaborar critérios para as funções identificadas na etapa 3; elaborar os critérios para a definição se um modo de falha ou seus efeitos são ou não evidentes, se há impacto ambiental, de segurança, econômico ou operacional.” Neste caso aplica-se a lógica de decisão demonstrada na figura 19.

A priorização no processo de decisão será aplicada a cada modo de falha classificando suas consequências nas seguintes categorias: ESA – Segurança / Ambiental e Evidente;

- OSA – Segurança / Ambiental e oculta;
- EEO – Operacional/ Econômico Evidente;
- OEO – Operacional/ Econômico Oculta.

Isto se deve ao fato de que será necessário fazer três questionamentos para que finalmente a falha seja classificada. A figura 7 mostra um diagrama da lógica de decisão estabelecendo os níveis, critérios e as questões estipuladas para a classificação das falhas.

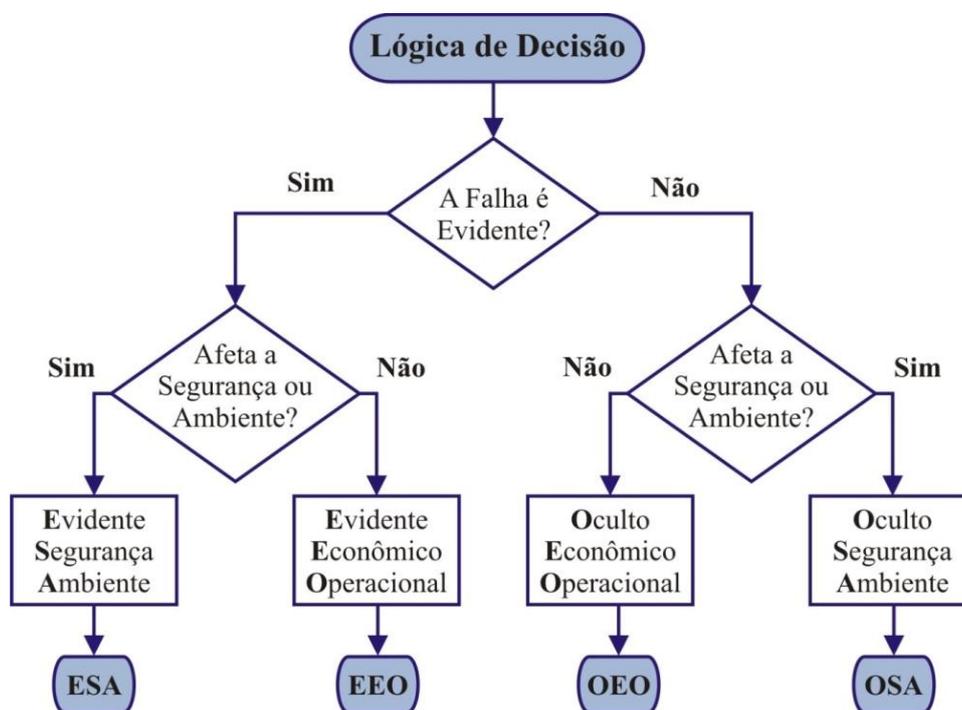


Figura 7 – Lógica de Decisão

Fonte: Siqueira, 2005, p. 115

As tabelas referentes a esta etapa estão nas figuras 20 e 21 nas páginas 52 e 53.

4.6 ETAPA 5 – SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFETIVAS

Objetivos: determinar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas para cada uma das funções que foram destacadas na etapa 4. (RIGONI, 2009, p. 107).

Tarefas: definir os critérios para as atividades de manutenção; aplicar o diagrama de decisão das tarefas aplicáveis e efetivas da manutenção e documentar o processo de seleção das tarefas de manutenção. (RIGONI, 2009, p. 107).

A escolha das funções significantes de um projeto em questão são requisitos base para a MCC estabelecer as atividades mais importantes de manutenção em consequência de suas falhas.

Alguns critérios de seleção dessas atividades são levados em consideração não somente pela viabilidade de custos, mas também pela praticidade com que elas serão executadas.

“Para que uma atividade de manutenção seja aplicável em um modo de falha deve assegurar um conjunto de requisitos de natureza técnica e de ordem prática.” (SIQUEIRA, 2005, p. 121).

Segundo Siqueira (2005, p. 121), “uma atividade de manutenção para ser aplicável deve seguir os seguintes objetivos”.

- Prevenir modos de falhas;
- Reduzir a taxa de deterioração;
- Detectar a evolução das falhas;
- Descobrir falhas ocultas;
- Reparar um item após a falha.

É importante que qualquer atividade da MCC não se baseie somente em dados técnicos, mas também seja verificado seu retorno econômico. Pode ocorrer que na implementação das atividades na própria MCC ocorra uma ou mais substituição de atividades caso elas não sejam aplicáveis.

Siqueira (2005, p. 123) classifica as atividades em programadas que seriam aquelas das quais são executadas em um intervalo de tempo pré-determinado. Outras atividades seriam aquelas não programadas que são aquelas que acontecem no momento da falha funcional. As figuras 22, 23 e 24 representam esta etapa nas páginas 54, 55 e 56.

4.7 ETAPA 6 – DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS INICIAIS E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO

Objetivos: definir a periodicidade inicial das atividades de manutenção selecionadas na etapa 5 e otimizar as ações da equipe da manutenção. (RIGONI, 2009, p. 108).

Tarefas: estabelecer métodos e critérios para a definição da periodicidade da execução; definir métodos e critérios para a execução das atividades; agrupar de forma otimizada as tarefas de acordo com o tamanho da equipe de manutenção. (RIGONI, 2009, p. 108).

Esta etapa tem como objetivo listar as tarefas de manutenção listadas na Etapa 5, para que elas sejam efetuadas dentro de um intervalo de tempo determinado. É importante fazer uma consolidação das atividades de forma a agrupar o máximo de informação baseado em dados dos técnicos e especialistas.

O resultado desse processo ainda como Siqueira (2005, p. 180) demonstra, deverá ser documentado para referência futura. As atividades serão selecionadas para cada modo de falha e deverá ser descrita em detalhes para sua execução. Também serve para a otimização das atividades um manual técnico podendo ajudar e deixar a MCC mais abrangente. Este manual poderá conter informações técnicas como tecnologia aplicada, recursos humanos necessários, materiais etc.

As tabelas desta etapa encontram-se nas figuras 27, 26 e 25 nas páginas 57, 58 e 59.

4.8 ETAPA 7 – MANUAL DE IMPLEMENTAÇÃO

Objetivos: Redigir o manual de implementação com base nas ações propostas na MCC. (RIGONI, 2009, p. 109).

Tarefas: redigir o manual contendo a descrição detalhada do sistema e seus componentes; da política adotada pela manutenção em relação às atividades não significantes na etapa 4. (RIGONI, 2009, p. 109).

É necessário que para que a MCC tenha uma efetividade nas ações e para isso a inclusão do manual de implementação se faz necessário para facilitar todas as atividades e também a direção dos resultados esperados. A garantia da

sistemática nos planos de manutenção traz uma garantia na realização de um planejamento bem definido de todas as partes envolvidas.

No geral, a implantação da MCC e suas tarefas estão diretamente ligadas a evitar as falhas do equipamento reduzindo seu custo por perdas e paradas nos equipamentos. A equipe técnica deve focar propondo ações de manutenção de modo a analisar os efeitos e causas das falhas sem perder de vista as causas operacionais.

Em função de ser uma proposta de MCC para o subsistema refrigeração *Chiller*, ainda terá que haver uma coleta de dados futura para redigir o manual de implementação. Este processo será de acordo com a autorização da Gestão da empresa e o envolvimento dos setores de produção e manutenção já mencionados no decorrer deste trabalho.

4.9 ETAPA 8 – ACOMPANHAMENTO E REALIMENTAÇÃO

Objetivos: executar acompanhamento e a realimentação do programa da MCC, ao longo de todo seu ciclo de vida. (RIGONI, 2009, p. 109).

Tarefas: definição dos indicadores de desempenho do programa da MCC; definição dos índices de desempenho a serem alcançados pela MCC. Estruturar as rotinas e estratégias para a coleta de informações que irão contribuir os indicadores de desempenho. (RIGONI, 2009, p. 110).

Esta etapa não será realizada neste trabalho em função de se tratar de uma proposta para uma MCC do sistema proposto *chiller*. As ações dependerão da gestão da empresa pela escolha dessa ferramenta.

4.10 SEQUÊNCIA DAS ETAPAS E SUAS TABELAS

A seguir nas próximas páginas serão demonstradas as figuras com suas tabelas e as etapas deste trabalho para o sistema de refrigeração *chiller*.

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	Q1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequação da MCC), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão disponíveis.	5	8	- Falta conhecimento da MCC por parte da equipe; dificuldades para disponibilizar a equipe.	- Comunicar o setor responsável que faz a auditoria dos procedimentos; Treinar a equipe sobre MCC.
	Q2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção.	8	8		
	Q3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada.	8	8		
	Q4	O planejamento estratégico da empresa, com relação à manutenção, está documentado de forma auditável e contempla a manutenção e a implantação da MCC	2	8	- Não há um planejamento estratégico.	- Implantar um sistema estratégico para efetuar revisões periódicas.

Figura 8 – Formulário da Etapa 0 Critério 1
Fonte: Rigoni, 2009

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 2 (C2) – Condição e Desempenho Atual da Manutenção	Q1	O percentual de Inspeções Preditivas ou Manutenção Baseada na Condição é significativo quando comparado à Manutenção Preventiva Sistemática (baseada no tempo) ou Corretiva.	5	8	- Há mais corretivas que preventivas.	- Implantar revisão de manutenção com base na MCC.
	Q2	O desempenho atual da manutenção é satisfatório e homogêneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada para o desempenho de sua função.	8	8		
	Q3	Historicamente o número de operadores, no chão de fábrica, é pequeno quando comparado a sistemas similares.	8	8		
	Q4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção quando comparados a outros sistemas similares.	6	8	- Elevado número de corretivas nas máquinas de solda por falta de refrigeração pelo <i>chiller</i> .	- Implantar revisão de manutenção com base na MCC.

Figura 9 – Formulário da Etapa 0 Critério 2
Fonte: Rigoni, 2009

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	Q1	Para auxiliar a implantação do programa de MCC, um sistema computacional de automação de escritório estará disponível com as seguintes funcionalidades: desenho técnico, processamento de texto, banco de dados e planilhas eletrônicas.	8	8		
	Q2	Existe um sistema de gestão da informação integrado, implantado na empresa, que atende de forma satisfatória às necessidades do setor/equipe de manutenção.	8	8		
	Q3	A gestão da manutenção conta com um sistema computacional adequadamente dimensionado para o tamanho da empresa e do sistema que se quer implantar a MCC.	8	8		
	Q4	O sistema computacional de gestão da manutenção é de uso amigável, toda a equipe possui treinamento adequado para utilizá-lo e sua utilização faz parte da rotina de trabalho da equipe de manutenção.	8	8		
	Q5	O sistema computacional de gestão da manutenção permite integração com softwares específicos de implantação e gestão da MCC. Caso contrário, conta com no mínimo as seguintes funcionalidades: inclusão de novas tarefas com períodos customizados; controles	8	8		

Figura 10 – Formulário da etapa 0 Critério 3

Fonte: Rigoni, 2009

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 4 (C4) – Cultura da Manutenção/Empresa	Q1	O setor e/ou equipe de manutenção atual registra suas ações de forma suficientemente detalhada para suportar uma análise estatística de tais ações.	8	8		
	Q2	A manutenção tem função estratégica dentro da empresa e ocupa um lugar de destaque na estrutura organizacional.	8	8		
	Q3	A equipe e/ou setor de manutenção, em suas diferentes categorias profissionais, são motivados, cooperativos e conscientes de seu papel estratégico dentro de empresa.	8	8		
	Q4	Outras metodologias de gestão da manutenção foram previamente adotadas e/ou estudadas e culminaram com a adoção da MCC, por ser de custo/benefício mais vantajosa.	3	8	- O sistema é somente preventivo e algumas análises preditivas na bomba de água.	- Implantar revisão de manutenção com base na MCC.
	Q5	O atual programa de manutenção é continuamente atualizado e auditado por pessoal interno ou externo à empresa ou setor de manutenção.	8	8		

Figura 11 – Formulário da Etapa 0 Critério 4.

Fonte: Rigoni, 2009.

Crítérios	Quesitos a serem ponderados	Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação	
Critério 5 (C5) – Gerenciamento Estratégico da Manutenção	Q1	Existe um orçamento para viabilizar a implantação da MCC e que supra as seguintes necessidades: treinamento de pessoal dentro da filosofia da MCC; disponibilidade de recursos humanos; implantação de ações preditivas; e implementação de sistemas computacio	0	8	- Por ser um projeto a ser apresentado na organização.	- Apresentar para os setores responsáveis à importância da MCC no equipamento.
	Q2	As decisões referentes às estratégias de gestão da manutenção estão em conformidade e tem suporte por outros setores da empresa, o que caracteriza o bom relacionamento institucional.	8	8		
	Q3	Os níveis gerenciais vêem a manutenção como investimento e não como um custo.	8	8		
	Q4	A MCC é visualizada como parte de um processo geral/global de gerenciamento da manutenção, com métodos e técnicas, podendo coexistir outras metodologias de gestão da manutenção em paralelo ou integradas à MCC.	5	8	- A MCC é desconhecida pelos gestores.	- Apresentar para os setores responsáveis à importância da MCC no equipamento.
	Q5	Grande parte da manutenção é terceirizada, entretanto, seus controles, registros e demais itens de gestão estão a cargo da empresa ou seu representante.	8	8		

Figura 12 – Formulário da Etapa 0 Critério 5

Fonte: Rigoni, 2009

Etapa 1 – Preparação

Responsável pela Análise: Anderson Pansardi	Equipe: (Sugerida neste trabalho) Técnico Eletrônico, Técnico Mecânico, Planejador de Manutenção, Analista de Manutenção, Supervisor de Manutenção, Operador IV linha Solda, Supervisor da linha de Solda fabricação. Será chamado Equipe Brose	Data: A definir
Auditado por: Setor de qualidade da empresa		Página / De:

Figura 13 – Formulário da Etapa 1.

Fonte: Rigoni, 2009.

1. Equipe de Implantação:
 - Técnico Eletrônico, Técnico Mecânico, Planejador de Manutenção, Analista de Manutenção, Supervisor de Manutenção, Operador IV linha Solda, Supervisor da linha de Solda fabricação.

2. Patrocinador Interno:
 - Este estudo será mostrado para o Diretor Industrial da planta com o intuito do mesmo patrocinar a MCC.

3. Facilitador:
 - Será definido juntamente com a equipe em acordo com treinamentos de empresa especializada no assunto.

4. Estratégia de Implementação:
 - Em função aos riscos de paradas da planta em índices altos de produção e o fato do equipamento ser o único a desempenhar o papel de resfriamento nas máquinas de solda.

5. Sistemas Candidatos:

- Neste caso será analisado o sistema de refrigeração e o subsistema ligado a ele, a linha de produção Solda Fabricação.
6. Projeto Piloto:
 - Sistema de refrigeração *Chiller*
 7. Treinamento:
 - O treinamento será baseado na literatura, destacando o livro *Manutenção Centrada na Confiabilidade*.
 8. Calendário de Reuniões:
 - Será feito todas as Sextas-Feiras das 10h30min às 11h30min da manhã.
 9. Cronograma de Implantação:

Cronograma de implantação						
	Dez/13	Jan/14	Fev/14	Mar/14	Abr/14	Mai/14
Apresentação do Projeto						
Etapa 0						
Etapa 1						
Etapa 2						
Etapa 3						
Etapa 4						
Etapa 5						
Etapa 6						
Etapa 7						

Quadro 2 – Cronograma de Implantação das Etapas
Fonte: Própria

9. Previsão Orçamentária:
Aproximadamente 50.000.

Etapa 2 - Seleção do Sistema e Coleta de Informações

Responsável pela Análise: Anderson Pansardi	Equipe: Brose	Data:
Auditado por: Setor de qualidade da empresa.		Página / De:

Figura 14 – Tabela dos dados da coleta de informações
Fonte: Própria

1) Seleção do Sistema

1.1) Método utilizados para Seleção do Sistema:

- Perdas no final do ano de 2011 e começo de 2012.

1.2) Critérios utilizados para Seleção do Sistema:

- Horas equivalentes de parada da usina devido à manutenção corretiva no subsistema de refrigeração.

1.3) Resultados obtidos para a Seleção do Sistema:

- Os valores de 12.000 trilhos por dia / 14.81 = 810 trilhos por hora preço médio dos trilhos R\$3,98 a unidade $810 \times 3,98 = 4.760$.
- Custo operador $19,71 \times 9 = 177$.
- Hora parada da linha de solda é de 4.937. Tendo em vista que a quantidade de paradas ao longo de 5 meses totalizaram 10,8 horas multiplicando pelo valor de hora parada da solda – 4.937 -> equivale ao valor de perda igual a R\$533.196,00 aproximadamente.

2) Coleta de Informações

2.1) Documentação do Sistema:

- Manual de manutenção e operação
- Estratégia de manutenção do equipamento
- Histórico de paradas
- Projeto de instalação

2.2) Definição das Fronteiras do Sistema:

Id_Sistema / Sistema: 1. Chiller			
Id_Subistema	Subistema	Id_Componente	Componente
1.1	Bomba de circulação	1.1.1	Ventilação
		1.1.2	Caixa de ligação do motor
		1.1.3	Tubulação
1.2	Bomba de envio D'água	1.2.1	Ventilação
		1.2.2	Caixa de ligação do motor
		1.2.3	Tubulação
1.3	Painel de Comando	1.3.1	Microprocessador
		1.3.2	Disjuntor da Bomba de circulação
		1.3.3	Disjuntor da bomba de envio d'água
		1.3.4	Contator da bomba de circulação
		1.3.5	Contator da bomba de envio d'água
1.4	Ventilação	1.4.1	Motor ventilador 1
		1.4.2	Motor ventilador 2
1.5	Condensador	1.5.1	Compressor
1.6	Tubulação	1.6.1	Válvula abertura e fechamento no envio

Figura 15 – Tabela da definição das Fronteiras
Fonte: Própria

Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)

Responsável pela Análise: Anderson Pansardi	Equipe: Brose	Data:
Auditado por: Setor Qualidade da empresa		Página / De:
Sistema: Sistema de refrigeração máquinas de solda		Id_Sistema: SF
Subsistema Analisado: <i>Chiller</i>		Id_Subsistema: 1

Id_Função	Função	Id_Função	Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Detecção (D)	NPR (S.O.D)
						Local	Sistema	Planta						
1	Circular água gelada na tubulação das máquinas de Solda	1	Não há circulação de água gelada	1	Bomba de circulação parada	Equipamento inoperante	Baixa pressão d'água identificada pelas máquinas e chiller	Parada de linhas de produção	6	- desarme do disjuntor de proteção - Desgaste do rotor da bomba	5	- Inspeção no local	5	150

Figura 16 – Formulário da Etapa 3 – FMEA.
Fonte: Rigoni, 2009.

Id_Função	Função	Id_Falha_Funcional	Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Detecção (D)	NPR (S.O.D)
						Local	Sistema	Planta						
1	Circular água gelada na tubulação das máquinas de Solda	1	Não há circulação de água gelada	2	Bomba de envio d'água parada	Equipamento inoperante	-Baixa pressão d'água identificada pelas máquinas e chiller; - Ausência de água no sistema	Parada de linhas de produção	6	- desarme do disjuntor de proteção - Desgaste do rotor da bomba	5	- Inspeção no local	5	150
1	Circular água gelada na tubulação das máquinas de Solda	1	Não há circulação de água gelada	3	Não há água suficiente de alimentação do <i>chiller</i>	Equipamento inoperante	-Baixa pressão d'água identificada pelas máquinas e chiller; - Ausência de água no sistema	Parada de linhas de produção	7	Reposição de água é insuficiente	3	- Inspeção no local	4	84
1	Circular água gelada na tubulação das máquinas de Solda	1	Não há circulação de água gelada	4	Falta de sinal do sensor de nível d'água	Equipamento inoperante	- Ausência de água no sistema; - Alarme no equipamento	Parada de linhas de produção	7	-Excesso de sujeira no sensor; -Sensor com defeito	1	- Inspeção no local	4	28
2	Pressurizar sistema de circulação interna	2	Baixa pressão nos circuitos de circulação d'água no chiller	5	Falta de sinal dos Pressostatos de baixa	Equipamento com ineficiência	Equipamento com ineficiência	Parada de linhas de produção	5	- Vazamento gás refrigerante; - Baixa circulação de água pelo evaporador;	1	- Inspeção no local	4	20

Figura 17 - Formulário da Etapa 3 – FMEA.
Fonte: Rigoni, 2009.

Id_Função	Função	Id_Falha_Função	Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Detecção (D)	NPR (S.O.D)
						Local	Sistema	Planta						
2	Pressurizar sistema de circulação interna	2	Baixa pressão nos circuitos de circulação d'água no chiller	6	Falta de sinal dos Pressostatos de alta	Equipamento com ineficiência	Equipamento inoperante	Parada de linhas de produção	5	- Condensador obstruído; - Condensação com vazão insuficiente;	1	- Inspeção no local	4	20
3	Alimentação Elétrica	3	Não há alimentação elétrica	7	Ausência de uma ou mais fases	Equipamento inoperante	Equipamento inoperante	Parada de linhas de produção	7	-Disjuntor de alimentação com defeito; - Fases invertidas	1	- Inspeção no local	5	35
4	Ventilação	4	Ventilação parou de funcionar	8	Demora na refrigeração do reservatório d'água	Demora na refrigeração	Demora na refrigeração	Parada de linhas de produção	3	- Disjuntor desarmado; - Curto circuito nos motores dos ventiladores	1	- Inspeção no local	5	15
5	Compressor	5	Compressor	9	Não aciona o sistema de compressão e refrigeração	Equipamento inoperante	Equipamento inoperante	Parada de linhas de produção	8	- Disjuntor do motor compressor desarmado; - Motor do compressor travado	1	- Inspeção no local	5	40

Figura 18 - Formulário da Etapa 3 – FMEA.
Fonte: Rigoni, 2009.

Id_Função	Função	Id_Falha_Funcional	Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Deteção (D)	NPR (S.O.D)
						Local	Sistema	Planta						
5	Compressor	5	Compressor	10	Alto aquecimento no compressor	Equipamento inoperante	Equipamento inoperante	Parada de linhas de produção	8	- Termistor com defeito ou em curto circuito	1	- Inspeção no local	5	40
6	Refrigerar a água	6	Não refrigera a água	11	Não refrigera a água	Equipamento inoperante	Equipamento inoperante	Parada de linhas de produção	6	- Sensor de temperatura com defeito ou em curto circuito	1	- Inspeção no local	6	36
7	Controlar e monitorar as funções do equipamento	7	Não controla e não monitora	12	Microprocessador não executa a rotina de comando	Equipamento inoperante	Equipamento inoperante	Parada de linhas de produção	8	-Microprocessador queimado; - microprocessador "travado"	1	- Inspeção no local	5	40

Figura 19 - Formulário da Etapa 3 – FMEA.

Fonte: Rigoni, 2009.

Etapa 4 – Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha

Responsável pela Análise: Anderson Pansardi	Equipe: Brose	Data:
Auditado por: Setor de Qualidade da empresa		Página / De:
Sistema: Sistema Refrigeração Máquinas de Solda		Id_Sistema: SF
Subsistema Analisado: <i>Chiller</i>		Id_Subsistema: 1

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha é Evidente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha afeta a Segurança e/ou o Meio Ambiente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha tem conseqüências Econômicas e/ou Operacionais?	Categoria
1	1	1	Bomba de circulação parada	SIM	SIM	SIM	ESA – Evidente Segurança Ambiente
1	1	2	Bomba de envio d'água parada	SIM	SIM	SIM	EEO – Evidente Econômico Operacional
1	1	3	Não há água suficiente de alimentação do <i>chiller</i>	SIM	NÃO	SIM	OSA – Oculto Segurança Ambiente
1	1	4	Falta de sinal do sensor de nível d'água	SIM	NÃO	SIM	OEO – Oculto Econômico Operacional
2	2	5	Falta de sinal dos Pressostatos de baixa	SIM	NÃO	SIM	EEO

Figura 20 – Formulário da Etapa 4 – Seleção das Funções Significantes.
Fonte: Rigoni, 2009.

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha é Evidente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha afeta a Segurança e/ou o Meio Ambiente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha tem consequências Econômicas e/ou Operacionais?	Categoria
2	2	6	Falta de sinal dos Pressostatos de alta	SIM	NÃO	SIM	EEO
3	3	7	Ausência de uma ou mais fases	NÃO	NÃO	SIM	OEO
4	4	8	Demora na refrigeração do reservatório d'água	NÃO	NÃO	SIM	OEO
5	5	9	Não aciona o sistema de compressão e refrigeração	SIM	NÃO	SIM	EEO
5	5	10	Alto aquecimento no compressor	SIM	NÃO	SIM	EEO
6	6	11	Não refrigera a água	SIM	SIM	SIM	ESA
7	7	12	Microprocessador não executa a rotina de comando	SIM	NÃO	SIM	EEO

Figura 21 - Formulário da Etapa 4 – Seleção das Funções Significantes.

Fonte: Rigoni, 2009.

Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Responsável pela Análise: Anderson Pansardi	Equipe: Brose	Data:
Auditado por: Setor de Qualidade da empresa		Página / De:
Sistema: Sistema de refrigeração máquinas de solda		Id_Sistema: SF
Subsistema Analisado: Chiller		Id_Subsistema: 1

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Consequência ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Tarefas Possíveis							Tarefa Proposta	Id_Tarefa	
				Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			Reparo Funcional
1	1	1	ESA		S	S	S					- Fazer inspeção sensitiva no próprio local	1a
1	1	1	ESA		S	S	S					- Fazer análise de vibração do motor	1b
1	1	1	ESA		S	S	S					- Fazer análise Termográfica	1c
1	1	2	ESA		S	S	S					- Fazer inspeção sensitiva no próprio local	1a
1	1	2	ESA		S	S	S					- Fazer análise de vibração do motor	1b

Figura 22 – Formulário da Etapa 5 Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas.
Fonte: Rigoni, 2009.

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Consequência ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Tarefas Possíveis							Tarefa Proposta	Id_Tarefa	
				Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			Reparo Funcional
1	1	2	ESA		S	S	S					- Fazer análise Termográfica	1c
1	1	3	EEO					S			S	- Fazer Inspeção Sensitiva no próprio local	3a
1	1	4	EEO		S	S	S					- Verificar sujeira no sensor (Limpeza)	4a
1	1	4	EEO		S	S	S					- Verificar fixação dos cabos de aterramento	4b
2	2	5	EEO			S	S					- Preventiva mecânica nas válvulas de processo	5a
2	2	5	EEO			S	S					- Verificar se a pressão do processo está acima do recomendado (dados de pressão na placa do chiller)	5b
2	2	6	EEO			S	S					- Fazer limpeza nos tubos de condensação com escova de nylon	6a
2	2	6	EEO			S	S					- Utilizar um termômetro e medir a água do processo <30°	6b
3	3	7	EEO			S	S					- Verificar com um multímetro a tensão de entrada da rede	7a
4	4	8	EEO		S	S	S					- Fazer limpeza nos ventiladores	8a

Figura 23 - Formulário da Etapa 5 Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas.
Fonte: Rigoni, 2009.

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Consequência ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Tarefas Possíveis							Tarefa Proposta	Id_Tarefa	
				Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			Reparo Funcional
5	5	9	EEO		S							- Medir a corrente elétrica do motor do compressor com alicate amperímetro	9a
5	5	10	EEO		S							- Medir tensão de alimentação (não pode estar abaixo que 10% da nominal da rede elétrica)	10a
6	6	11	ESA		S	S	S					- Fazer inspeção no sensor de temperatura	11a
7	7	12	EEO		S	S	S					Medir tensão da fonte do processador	12a

Figura 24 - Formulário da Etapa 5 Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas.
Fonte: Rigoni, 2009.

Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção

Responsável pela Análise: Anderson Pansardi	Equipe: Brose	Data:
Auditado por: Setor de Qualidade da empresa		Página / De:
Sistema: Sistema de refrigeração máquinas de solda		Id_Sistema: SF
Subsistema Analisado: <i>Chiller</i>		Id_Subsistema: 1

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Equipe Responsável
1	1	1	1a	- Fazer inspeção sensitiva no próprio local	Mensal	A	Manutenção
1	1	1	1b	- Fazer análise de vibração do motor	Mensal	A	Serviço Terceirizado
1	1	1	1c	- Fazer análise termográfica	Trimestral	B	Serviço Terceirizado
1	1	2	2a	- Fazer inspeção sensitiva no próprio local	Mensal	A	Manutenção
1	1	2	2b	- Fazer análise de vibração do motor	Mensal	A	Serviço Terceirizado

Figura 25 – Formulário da Etapa 6 – Definição dos intervalos e Agrupamento das Tarefas de Manutenção.
Fonte: Rigoni, 2009.

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Equipe Responsável
1	1	2	2c	- Fazer análise termográfica	Trimestral	B	Serviço Terceirizado
1	1	3	3a	- Fazer inspeção sensitiva no próprio local	Semanal	D	Operacional
1	1	4	4a	- Verificar sujeira no sensor (limpar)	Mensal	A	Manutenção
1	1	4	4b	- Verificar aterramento	Mensal	A	Manutenção
2	2	5	5a	- Preventiva mecânica nas válvulas de processo	Mensal	A	Manutenção
2	2	5	5b	Verificar pressão do processo está acima do recomendado	Trimestral	B	Manutenção
2	2	6	6a	- Fazer limpeza nos tubos de condensação com escova de nylon	Trimestral	B	Manutenção
2	2	6	6b	- Utilizar termômetro e medir a água do processo <math><30^{\circ}</math>	Mensal	A	Manutenção
3	3	7	7a	- Verificar com um multímetro a tensão de entrada da rede (obs.: as Fases RST devem estar balanceadas)	Trimestral	B	Manutenção
4	4	8	8a	- Fazer limpeza nos ventiladores	Trimestral	B	Manutenção
5	5	9	9a	- Medir a corrente elétrica do motor do compressor com alicate amperímetro	Mensal	A	Manutenção

Figura 26 - Formulário da Etapa 6 – Definição dos intervalos e Agrupamento das Tarefas de Manutenção.
 Fonte: Rigoni, 2009.

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Equipe Responsável
5	5	10	10a	- Medir tensão de alimentação (não pode estar abaixo que 10% da nominal da rede elétrica)	Trimestral	B	Manutenção
6	6	11	11a	- Fazer inspeção do sensor de temperatura	Anual	C	Serviço Terceirizado
7	7	12	12a	- Medir tensão de alimentação da fonte do processador	Trimestral	B	Manutenção

Figura 27 - Formulário da Etapa 6 – Definição dos intervalos e Agrupamento das Tarefas de Manutenção.
 Fonte: Rigoni, 2009.

5 CONCLUSÃO

Uma vez que as empresas investem caro para atender a demanda do mercado, a redução de custos por paradas desnecessárias fica sendo um desafio crucial para os setores internos voltados ao processo de fabricação. Principalmente no âmbito industrial, a redução de custos por manutenção acarreta em deixar a organização com mais potencial econômico para a competitividade no mercado podendo fortalecer seu produto com garantia e qualidade necessária exigida pelo cliente final.

Mais e mais entre os setores das organizações torna-se claro a utilização de ferramentas de análise de confiabilidade que possam deixar o processo mais confiável prevenindo principalmente que as falhas acabem acontecendo de forma inesperada.

Os altos índices de paradas e os custos elevados por manutenção não planejada promoveu a busca de uma ferramenta de análise de confiabilidade para somar aos programas de manutenção já existente na fábrica que são manutenção corretiva e preventiva. A metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade foi à escolha para o processo de busca de redução das falhas no sistema de refrigeração mencionado neste trabalho.

A conclusão deste trabalho permite ponderar os resultados que por sua vez, não foram obtidos pela não implantação da ferramenta de análise de confiabilidade estudada (a MCC). O estudo em questão foi uma análise para uma melhoria em relação às paradas dentro da organização gerando menor perda econômica por falhas atribuídas a Engenharia de Manutenção.

As dificuldades encontradas para o desenvolvimento das etapas principalmente está na parte burocrática da empresa onde precisa de aprovação prévia da área de qualidade para a consecução. Mesmo assim, para equipe pré-definida para o trabalho, cada integrante foi avisado e os mesmos se mostraram interessados na participação da metodologia da MCC.

Não foi possível marcar reuniões formais a respeito do estudo em função da empresa estar passando por várias mudanças organizacionais e as pessoas que iriam participar, não tinham disponibilidade em função das diferenças de horários e

também por estarem envolvidos em outras atividades. Então, foi conversado individualmente com cada um explicando o motivo pelo qual foram escolhidos e a importância de realizar este estudo na tentativa de melhorar ainda mais o processo de solda na fábrica.

Das etapas que foram implantadas, somente as etapas 1, 2, 3, 4 e 5 que se refere aos critérios de implantação, o sistema alvo, FMEA, Segurança, seleção das funções significantes, as tarefas de manutenção e sua periodicidade foram acertadas com alguns integrantes da equipe, neste caso, os técnicos de manutenção, analista de manutenção, supervisor de produção da linha de solda e o planejador de manutenção. A reunião sobre as definições dos componentes do equipamento e sobre as atividades voltadas para execução pela equipe de manutenção foi mais acessível, pois é o setor onde trabalho e ficou mais fácil conseguir acesso aos técnicos de manutenção.

Em relação à Disponibilidade do sistema, até a consecução deste trabalho não havia informação por parte do planejamento de manutenção sobre o cálculo para o sistema de refrigeração. O equipamento é novo e ainda não há cálculo do tempo médio entre falhas e o tempo para reparo para enfim obter a disponibilidade. Houve paradas no início do processo, porém foram componentes diferentes do sistema e ainda elas estão em análise pelo setor de planejamento da manutenção.

Ainda não há como definir se a implantação do programa da MCC irá melhorar a Disponibilidade do equipamento, pois precisará calculá-la e posteriormente reunir a equipe e executar todas as atividades planejadas.

Este trabalho teve uma pré-estrutura de pessoas e planos definidos formados, porém não foi implantado em função da fase de mudança da empresa e os objetivos prioritários da manutenção eram outros a serem finalizados ocupando toda equipe.

Neste trabalho também foi apresentado uma breve história da Manutenção Centrada na Confiabilidade e um pouco sobre a história de manutenção, são referências importantes para o desenvolvimento do trabalho que focou em perdas relacionadas com o setor de engenharia de manutenção.

O equipamento está operando a menos de um ano da data de conclusão deste trabalho, e houve paradas que geraram custo elevado para a reposição do

sistema, pois o sistema de refrigeração é o único responsável em resfriar os barramentos e transformadores de todas as máquinas de solda da fábrica, na linha chamada de Solda.

Para que haja investimento, será feito a apresentação da necessidade da aplicação da MCC no equipamento de refrigeração, com base nas tarefas de manutenção e produção com intuito de minimizar os modos de falhas e aumentar a confiabilidade, incluindo também a redução do risco de acidente de trabalho por alto aquecimento.

Ressalta-se que para o êxito da aplicação desta ferramenta é necessário o registro completo de todas as atividades desenvolvidas pelo plano de manutenção, para que seja possível comparar as atividades atuais, com as sugeridas pela MCC. Devemos compreender que para a eficácia da metodologia só será possível através dos resultados medidos a médio ou longo prazo após a implantação.

5.1 SUGESTÕES DE MELHORIA

- Espera-se que as ações baseadas na MCC, se forem executadas, poderão acarretar em uma melhora significativa no desempenho da função do *Chiller*. No entanto, em longo prazo a empresa poderá adquirir outro em *stand-by*;
- Poderá ser adotada futuramente a aquisição de um sistema de supervisão para monitoramento e coleta de dados do sistema de refrigeração;
- Se houver o aumento do parque fabril, a aquisição de novas máquinas de solda poderá vir com seu próprio *Chiller*, não sobrecarregando o Sistema;
- Se for implantada a MCC, poderão ser avaliados os dados de falhas e fazer um estudo para uma análise quantitativa do *Chiller* de modo a aumentar a confiabilidade do mesmo;

- Para a Etapa 6, futuramente também poderão coletar mais dados de falhas para cada modo de falha, inferindo sobre o intervalo ótimo para preventiva e substituição de componentes do sistema. Esse processo poderá vir inclusive utilizando da experiência de mantenedores, operadores e principalmente banco de dados estatísticos.
- Com a apresentação deste estudo a empresa poderá dar mais ênfase às ferramentas de análise de confiabilidade para resolução de falhas;

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Para que esse estudo possa ser um programa efetivo e auditável no sistema de refrigeração, precisa primeiramente de uma autorização por parte do setor de qualidade da empresa e o envolvimento das outras áreas afins como: Produção, Engenharia de Processos, além do setor onde as atividades serão mais extensas no caso da Engenharia e Planejamento de manutenção.

Os integrantes da equipe que desenvolverão todas as atividades da MCC deverão ter foco no trabalho disponibilizando um tempo de outras atividades para a participação das reuniões e atividades acordadas em grupo.

Há necessidade também de conseguir um treinamento sobre a MCC, pois não há funcionário dentro da empresa com profundo conhecimento sobre esta ferramenta de análise de confiabilidade.

A execução das etapas deverão cumprir os prazos determinados para se chegar a um resultado de diminuição das falhas ou não, podendo rever toda a MCC e medir se a aplicação dela foi a mais adequada para o *chiller*.

Como resultado espera-se que este estudo venha viabilizar em menor custo para a empresa, uma vez que esta proposta possa incrementar o planejamento de manutenção e também possa servir como base para outras aplicações da Manutenção Centrada na Confiabilidade em outros equipamentos da empresa.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 5462 TB 116- **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.F.P.
- Domingos; S.A.,João. **Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Futura, 4ª ed., 2001.
- GIL, Antonio Carlos. **Gestão de Pessoas: enfoque nos papéis profissionais**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**: 2. Ed. São Paulo: Atlas, 1989.
- KARDEC, Alan; LAFRAIA R., João. **Gestão Estratégica e Confiabilidade** . Rio de Janeiro: Abraman, 2002.
- LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualimark: Petrobras, 2001.
- MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada na Confiabilidade**. São Paulo Aladon Ltda, 2000 426p.
- MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (Reliability Centered Maintenance – RCM)**. Trad. Kleber Siqueira. São Paulo: Aladon, 2000.
- MORTELARI, Denis; SIQUEIRA, Kleber; PIZZATI, Nei. **O RCM na Quarta Geração da Manutenção de Ativos**. RG Editores, 1ª Edição, 2011.
- PATRIOTA DE SIQUEIRA, Iony. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
- PINTO, ALAN KARDEC E XAVIER, JÚLIO NASCIF. **Manutenção: Função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark 2ªEdição, 2001.
- RIGONI, Emerson **Metodologia para Implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade: Uma abordagem fundamentada em Sistemas Baseados em Lógica Fuzzy**. 2009. 339 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós graduação de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2009.
- SMITH, Anthony M. **Reliability Centered Maintenance**. Boston: McGraw-Hill, Inc. 1993.
- XENOS, Harilaus Georgius d' Philipos. **Gerenciamento a Manutenção Produtiva**: Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.