

MARCELO LEONARDO FERREIRA

UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE  
MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC) EM  
UMA PLANTA DE DESODORIZAÇÃO E BRANQUEAMENTO DE  
SEBO.

SÃO PAULO  
2012

MARCELO LEONARDO FERREIRA

**UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE  
MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC) EM  
UMA PLANTA DE DESODORIZAÇÃO E BRANQUEAMENTO DE  
SEBO.**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para a obtenção do certificado  
de Especialista em Engenharia e  
Gestão de Manufatura e  
Manutenção – MBA/USP.

Orientador:  
Prof.Dr. Gilberto Francisco Martha  
de Souza

SÃO PAULO  
2012

## DEDICATÓRIA

À minha esposa Andréa, aos meus filhos  
Daniel e Esther, aos meus pais José e Maria,  
às minhas irmãs Jeane e Isabel, aos cunhados  
Altermar e Carlos aos colegas e professores  
do PECE pelo apoio nesta jornada de  
aprendizado e troca de experiências.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a toda minha família pelo apoio e compreensão durante todo o período de estudo, sempre apoiando e fornecendo subsídios necessários para que fosse possível a conclusão desta primeira fase da monografia.

Gostaria de agradecer também aos colegas de estudo, professores do PECE e também aos colegas de trabalho que colaboraram com o meu desenvolvimento profissional.

Por fim ao professor do PECE Dr. Gilberto Francisco Martha de Souza pela paciência em direcionar e transmitir o máximo de informações necessárias para o desenvolvimento desta monografia.

## RESUMO

O mundo globalizado tem aumentado a competitividade em todos os segmentos da produção industrial e de serviços, onde a manutenção industrial tornou-se um diferencial competitivo com muita eficácia para diversas tomadas de decisões. Dentro deste seguimento, as técnicas de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) vêm sendo utilizada em vários setores das indústrias com muito sucesso. Para a empresa que pretende alcançar ou manter a liderança em qualquer ramo, a MCC pode ser adotada como um diferencial estratégico no controle de gastos e otimização dos recursos utilizados para manter o ativo desempenhando a capacidade máxima de projeto. Desta forma, o objetivo desta monografia é descrever a aplicação da MCC em uma instalação de branqueamento e desodorização de gordura em uma empresa química. A MCC nesta monografia é demonstrada através de um estudo de caso, que indica a melhoria no sistema e correções de problemas existentes. Devido aos excelentes resultados alcançados e a boa aceitação na utilização da MCC, concluiu-se que deve ser aplicado em todos os equipamentos desta planta.

Palavras chaves: Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), competitividade, otimização.

## ABSTRACT

The globalization has been the reason for the competitiveness increase through all the industrial and services production segments, because of that the industrial maintenance became a competitive differential, with an efficiency system that enables to make many decisions. Through this segment, the Reliability Centered Maintenance (RCM) technique has been successfully used through many industrial segments. For companies that are intend to achieve or keep leadership in any area, the RCM can be taken as a differential strategy for expenses control and to optimized the resources already used keeping the equipment working with its maximum project capacity. At that way this monograph is intended to describe the RCM implementation in a fat bleaching and deodorizing installation in a chemical company. The RCM is shown through a study in the area that indicates the system improvements and existents problems adjustments. Due to the achieve RCM excellent results and it good acceptance the final consideration was that this technique must to be implemented through all this site.

Keyword: Reliability Centered Maintenance, Competitively, Optimization.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
JIPM	Japan Institute of Plan Maintenance
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MSG	Maintenance Steering Group
NPR	Número de Prioridade de Risco - FMEA da norma SAE J1739.
SAE	Society of Automobile Engineers
TMER	Tempo Médio Entre Reparos
TMPR	Tempo Médio Para Reparo
TPM	Total Productive Maintenance

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Padrões de falha que caracterizam a vida útil.....	18
Figura 2 - Estrutura da MCC .....	21
Figura 3 - Árvore de decisão - FMEA.....	22
Figura 4 - Fluxograma com base no JIPM.....	26
Figura 5 - Fluxograma do branqueamento .....	29
Figura 6 - Fluxograma da desodorização .....	32
Figura 7 - Curva da bomba centrífuga do estudo de caso .....	40
Figura 8 - Diagrama de causa e efeito do estudo de caso .....	41



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Criticidade JIPM X MCC .....	34
Gráfico 2 - TMPR dos equipamentos do branqueamento .....	35
Gráfico 3 - TMEF dos equipamento do branqueamento .....	35
Gráfico 4 - Pareto quantidade de parada 2009/2010 .....	36
Gráfico 5 - Pareto quantidade de parada 2011 .....	37
Gráfico 6 - Pareto hora de parada por ano 2009/2010 .....	38
Gráfico 7 - Pareto horas de parada por ano 2011 .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Severidade FMEA de processo.....	23
Tabela 2 - Ocorrência FMEA de processo .....	24
Tabela 3 - Detecção FMEA de processo.....	25

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1. DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....</b>	<b>13</b>
1.1 DADOS CORPORATIVOS.....	14
<b>2. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE .....</b>	<b>15</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	15
2.1.1 EVOLUÇÃO DA MCC .....	16
2.1.2 PRINCÍPIOS DA MCC .....	17
2.2 AS TRÊS FASES DA IMPLEMENTAÇÃO DA MCC .....	19
2.3 AS SETE QUESTÕES ESSÊNCIAIS DA MCC.....	20
2.4 UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA FMEA NA MCC .....	21
2.5 ÁRVORE DE DECISÃO BASEADO EM RISCO - FMEA.....	22
2.6 CLASSES DE CRITICIDADE E JIPM .....	26
2.7 EQUIPAMENTOS CRÍTICOS .....	27
2.7.1 ALTA CRITICIDADE .....	27
2.7.2 MÉDIA CRITICIDADE .....	27
2.7.3 EQUIPAMENTOS NÃO CRÍTICOS.....	27
<b>3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MCC.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 SISTEMA DE BRANQUEAMENTO E FILTRAÇÃO.....</b>	<b>28</b>
3.1.1 FUNCIONAMENTO DO BRANQUEAMENTO .....	30
3.2 SISTEMA DE DESODORIZAÇÃO .....	31
3.2.1 FUNCIONAMENTO DA DESODORIZAÇÃO .....	32
3.3 TAREFAS DE MANUTENÇÃO .....	33
3.4 TIPOS DE TAREFAS .....	33
3.4.1 CRITICIDADE JIPM X MCC.....	33
<b>3.5 DETALHAMENTO DAS TAREFAS.....</b>	<b>34</b>
<b>3.6 PONTO ÓTIMO ENTRE TAREFAS.....</b>	<b>35</b>
<b>3.7 ESTUDO DE CASO, ANÁLISE E COMPARAÇÃO.....</b>	<b>37</b>

3.7.1 ESCOLHA DO EQUIPAMENTO PARA ESTUDO DE CASO.....	38
4. CONCLUSÃO .....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

## INTRODUÇÃO

Apresenta-se nesta monografia, uma implementação parcial utilizando as técnicas da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), em uma planta de desodorização e branqueamento de sebo, instalada em uma empresa química de higiene e limpeza. Demonstrando-se em um estudo de caso, alguns procedimentos adotados, tais como, etiquetamento, cadastro dos equipamentos na estrutura do programa que gerencia a manutenção, estratégias de manutenção, dados comparativos entre processos semelhantes, acompanhamento e monitoramento dos dados destes equipamentos, análises de todos os pontos chaves, sendo eles, disponibilidade, tempo médio entre falhas, tempo médio para reparo, custos, nível de criticidade, desempenho do equipamento em função dos históricos e dados dos fabricantes.

### 1. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Empresa multinacional norte americana, fundada no início do século 19 por um imigrante inglês que iniciou seu negócio com sabonetes, gomas de mascar e velas em Nova Iorque, responsável pelo lançamento do sabonete perfumado. Em fevereiro de 1927, instalou no Brasil uma filial e o então presidente da República, Dr. Washington Luiz Pereira de Souza, decretava-se que esta multinacional estava autorizada a se instalar no Rio de Janeiro.

Este ato fez desta multinacional do ramo químico voltado a higiene e limpeza, uma das empresas pioneiras na introdução de dentífricos no Brasil e sua comercialização em grande escala. Naquele mesmo ano, foi lançado o sabonete no Brasil e dois anos mais tarde, viria o lançamento do creme dental. Em 1940, o creme dental passou a ser fabricado no Brasil, onde em 1945 foi aberta a primeira empresa

do grupo em São Paulo, localizada na zona Sul. Este foi o começo de uma história de inovação, profissionalismo e dedicação no mercado brasileiro.

Atualmente a empresa atende os seguintes segmentos voltados para cuidados, bucais, pessoais e com a casa. No Brasil tem aproximadamente 3000 funcionários diretos e é líder de mercado com algumas marcas.

## 1.1 DADOS CORPORATIVOS

Empresa Norte Americana com sede mundial em New York City. Obteve o faturamento médio em 2009 de 15,3 bilhões de dólares, hoje está presente em mais de 220 países em diversos segmentos. Atualmente possui mais de 38.000 funcionários diretos.

## 2. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

### 2.1 INTRODUÇÃO

Segundo Kardec e Nascif (2009) manutenção é a garantia de que os itens físicos continuam a cumprir as funções desejadas. Pode-se então considerar que a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é um método utilizado para o tratamento eficaz das falhas potenciais, identificando e tomando as ações necessárias para reduzir a frequência dos possíveis eventos causadores destas falhas e consequentemente diminuindo os custos operacionais e da manutenção, além de aumentar a disponibilidade e confiabilidade do equipamento, tornando os produtos produzidos por estes equipamentos muito mais competitivos.

Esta técnica chamada de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) baseia-se em estratégias de manutenção, objetivando manter todas as características funcionais dos equipamentos ou processos conforme projetado, para que não ocorra nenhum tipo de desvio, falha em potencial ou oculta, mantendo a operação confiável e eficiente, garantindo assim, a eficácia no planejamento estratégico da produção.

Sempre que uma organização tentar satisfazer às necessidades dos seus consumidores, usará muitos dos seus processos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

### 2.1.1 Evolução da MCC

A manutenção preventiva adotada nas décadas de 1960 e 1970 pelas empresas de aviação resumia-se em revisões pré-determinada, troca dos componentes ou sistemas na tentativa de garantir o seu correto funcionamento.

Segundo Bloom (2006) as empresas aéreas tinham grupos para o acompanhamento da manutenção desde 1960, Maintenance Steering Group (MSG).

Mas este tipo de acompanhamento não era eficiente para abordar diversas falhas que não apresentavam sintomas, não identificadas nas revisões programadas.

Naquela filosofia, utilizava-se a redundância das funções principais para diminuir os possíveis riscos de falhas. Isso era possível, devido à duplicidade de motores, sistemas de controle, entre outros componentes. Mesmo assim as manutenções preventivas baseavam-se em revisões gerais. Apesar de diminuir o risco consideravelmente, esta metodologia adotada não controlava o risco da falha dos componentes, já que os mesmos continuavam falhando.

Em 1978 os princípios e aplicações da Manutenção Centrada em Confiabilidade foram documentados e publicados pelos senhores Stanley Nowlan e Howard F.Heap. Seu estudo demonstrava que a confiabilidade da aeronave não dependia somente das revisões das manutenções baseada em intervalos ou ciclos. Demonstrava-se que muitas das tarefas adotadas preventivamente não tinham nenhuma eficácia. Baseando-se neste estudo, foi elaborada uma estratégia de manutenção no Boeing 747, este era o maior avião da época, onde foram obtidos resultados surpreendentes, tais como, utilização de apenas 66.000 horas homem contra 4.000.000 de horas homem do avião Douglas DC-8 que era menor proporção e de menor complexidade comparado ao Boeing 747. Após excelentes resultados nas empresas de aviação, esta ferramenta começou a ser utilizada em centrais nucleares e nas indústrias.



### 2.1.2 Princípios da MCC

Há mais de 30 anos a MCC disseminou-se na indústria para simplificar o processo de manutenção. Com o objetivo principal em diminuir os altos custos que envolviam as manutenções em equipamentos e sistemas. Ao longo da sua utilização, percebeu-se que estes controles influenciavam diretamente no aumento da vida útil dos equipamentos e consequentemente o aumento da confiabilidade.

Mas o fator predominante na utilização da MCC foi à simplificação e objetividade no direcionamento estratégico da manutenção que esta ferramenta proporciona, aumentou-se consideravelmente a confiabilidade do equipamento, proporcionando maior disponibilidade, otimizando os métodos utilizados e também servindo como base para melhoria contínua.

Primeiramente tratam-se todos os casos de criticidade alta, objetivando remover e evitar as tarefas que não são estritamente necessárias aos componentes que poderão falhar ao longo do seu funcionamento. Identifica-se cada falha e suas ações de controle, mensurando o impacto da falha no processo, além de desenvolver tarefas para erradicar este tipo de ocorrência de forma efetiva. Uma ferramenta de fundamental importância é mostrada na figura 1, conhecida como padrões de falha. Estes padrões de falhas possibilitam-se associar um tipo de falha padrão e compará-la com a falha existente ou futura, conforme a informação do fabricante, tornando-se possível a análise comparativa entre os modelos para estruturar o tipo de manutenção que será aplicada para manter o sistema operando dentro dos seus limites de projeto.

A MCC adota-se seis padrões de falhas para caracterizar a vida dos equipamentos. Foram levantadas pela United Airlines em uma pesquisa de 30 anos (KARDEC;NASCIF, 2009).

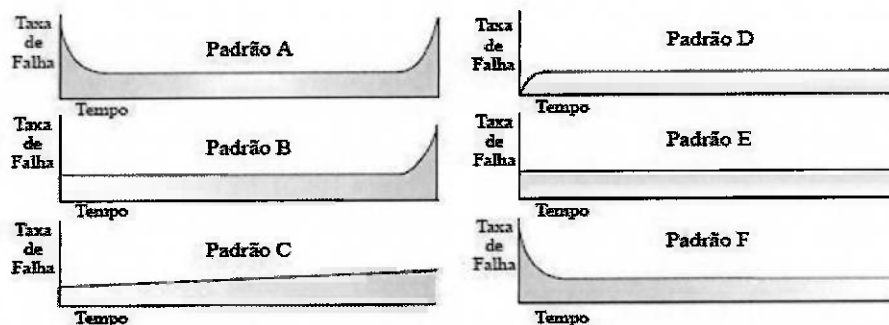


Figura 1 - Padrões de falha que caracterizam a vida útil

- Padrão A - mais conhecida como curva da banheira. Elevada ocorrência de falhas no início de operação com muitas falhas ao longo da vida com aumento significativo no final da vida útil do ativo;
- Padrão B - falhas constantes ao longo da vida, acentuando o desgaste no final da vida útil do ativo;
- Padrão C - aumento gradativo e lento na taxa de falha, onde não consegue definir a vida útil em função do desgaste do ativo;
- Padrão D - baixa taxa de falha no início do funcionamento, sofrendo um rápido aumento da taxa de falha até estabilizar em um nível constante;
- Padrão E - taxa de falha constante em qualquer período de vida do ativo;
- Padrão F - maior probabilidade de falhas no início da atividade do ativo novo ou restaurado.

A utilização comparativa destes padrões direciona o planejador a tomar decisões acertadas na estratégia e no tipo de manutenção que será adotada ou até o final da vida útil deste equipamento, se for necessário.

Mas a principal função da mesma é servir como padrão estruturado para decisões futuras como troca ou restauração, se necessário. Visando o aumento

significativo da vida útil dos componentes de acordo com a análise adotada. Mas para isso, é necessário estruturar o tipo de intervenção que será adotada em cada equipamento ou componente para manter os mesmos operando de forma confiável conforme projetado.

## 2.2 AS TRÊS FASES DA IMPLEMENTAÇÃO DA MCC

Segundo Bloom (2006), existem três fases para a implementação da MCC.

Primeira fase, identificar os equipamentos de maior impacto e importância na produção, considerando a segurança do indivíduo e a qualidade do produto produzido. Nesta monografia trataram-se como criticidade A, todos os equipamentos que se enquadram neste grau de importância.

Segunda fase, especificar as tarefas de manutenção em todos os componentes dos equipamentos que foram identificados na primeira fase, utilizando o histórico dos equipamentos, manual e experiência do corpo técnico envolvido neste processo.

Terceira e última fase, consiste em executar corretamente as tarefas especificadas na segunda fase. Mas para manter esta ferramenta funcionando de forma confiável, precisa-se que esta cultura de manutenção seja seguida fielmente, conforme Bloom (2006), se a organização não está preparada para lidar com o bom planejamento, programação e desempenho dos trabalhos pré-estabelecidos, pode-se encontrar dificuldades em alcançar os objetivos de confiabilidade.

## 2.3 AS SETE QUESTÕES ESSÊNCIAIS DA MCC

No processo de implementação da MCC, precisa-se responder algumas questões de maneira simples e direta, onde as respostas servirão como direcionamento na aplicação desta metodologia. Estas questões estão descritas nos padrões da SAE para RCM registrado como JA1011.

1. Quais são as funções e os padrões de desempenho do ativo no seu contexto atual de operação?
2. De que forma ele falha em cumprir sua função?
3. O que causa cada falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que modo cada falha importa?
6. O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa proativa apropriada?

Respondendo-se estas questões, abordam-se de uma forma simples e objetiva todas as tarefas preventivas, corretivas e preditivas nos componentes analisados.

Além de direcionar na escolha do tipo ideal de controle da manutenção, com o apoio dos padrões de falhas e as respostas destas questões, tem-se o aumento considerável no conhecimento do corpo técnico, devido a participação de todos na estruturação e planejamento destas manutenções.

## 2.4 UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA FMEA NA MCC

Para a implementação das técnicas da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) neste sistema, tomou-se como base a manutenção proativa conforme a figura 2. Com o objetivo principal de aumentar a vida útil dos equipamentos e componentes, apoiando nas técnicas do FMEA, assim como nas tabelas 1,2 e 3, além da árvore de decisão baseado em riscos do FMEA conforme a figura 3.

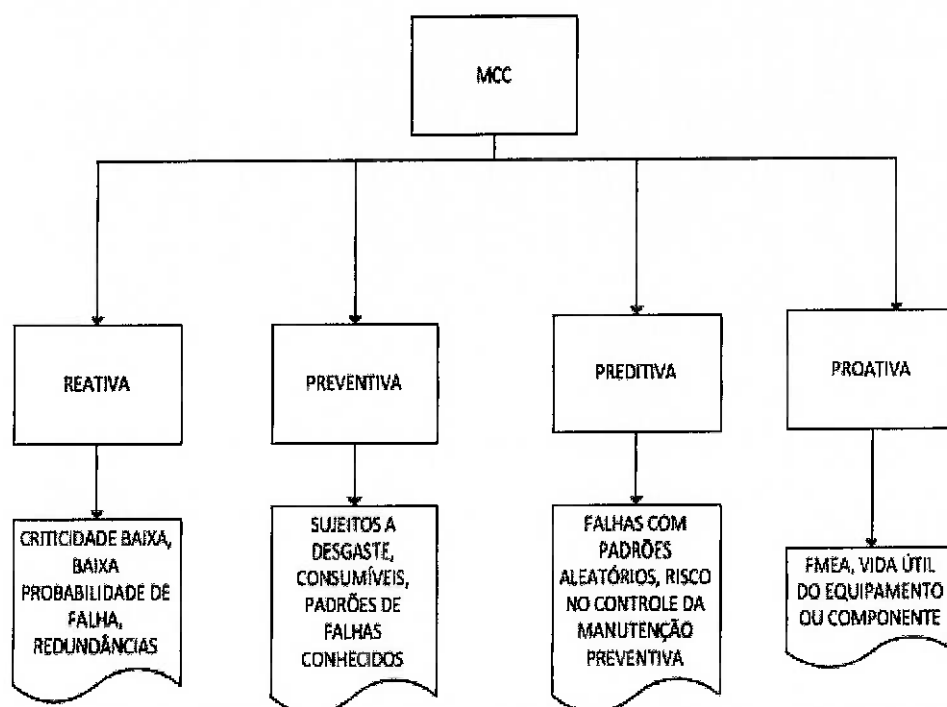


Figura 2 - Estrutura da MCC

## 2.5 ÁRVORE DE DECISÃO BASEADO EM RISCO - FMEA

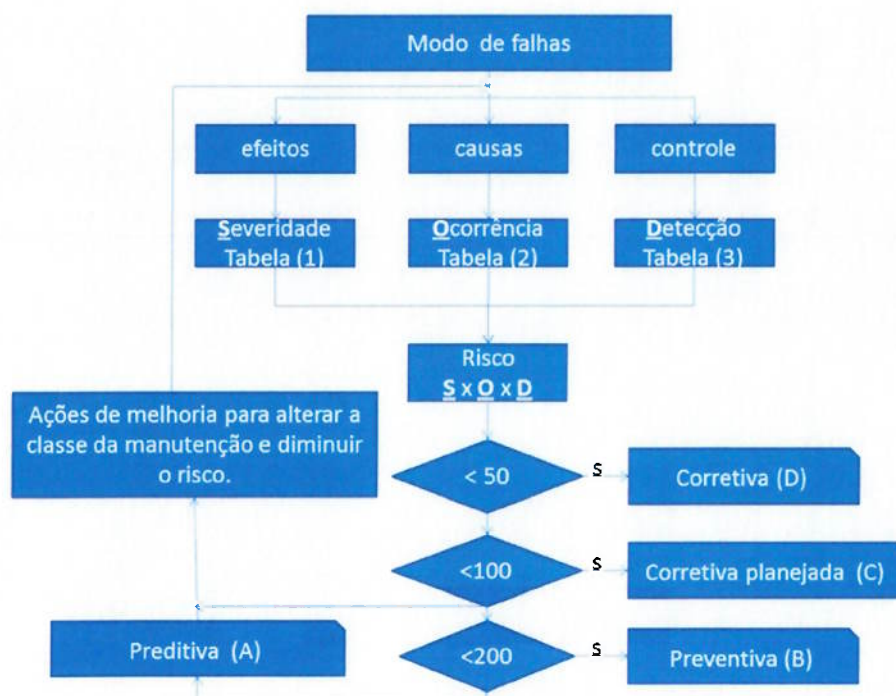


Figura 3 - Árvore de decisão - FMEA

A árvore de decisão adotada no planejamento estratégico da manutenção determina um número de risco em cada equipamento que será tratado de acordo com o planejamento de manutenção que será avaliado de acordo com a criticidade de cada equipamento ou componente.

- ✓ 0001 à 0049 = criticidade D – corretiva
- ✓ 0050 à 0099 = criticidade C – corretiva planejada
- ✓ 0100 à 0199 = criticidade B - preventiva
- ✓ 0200 à 1000 = criticidade A – preventiva + preditiva

Para análise da criticidade de todos os equipamentos, utilizam-se as técnicas de manutenção com base nas tabelas 1,2 e 3 da FMEA. Gera-se um número de prioridade de risco para cada equipamento, contemplando assim, Severidade x Ocorrência x Detecção, possibilitando-se separar todos os equipamentos em grupos, utilizando-se as técnicas preditivas e preventivas em todos com criticidade A.

A metodologia Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é utilizada tratar de todas as análises de falhas em potencial e de melhoria contínua de projetos, produtos ou processos. Tem em sua essência a função básica de evitar falhas, diminuindo assim as chances do produto ou processo cessarem as suas operações de forma inesperada. Portanto, com a utilização da mesma é esperado o aumento da confiabilidade dos equipamentos ou processos, onde busca-se alcançar somente um objetivo, reduzir a zero a parada inesperada.

Adotou-se neste processo, parte da estratégia utilizada na ferramenta FMEA, empregou-se parte da norma J1739, publicada em 1994 pela SAE (Society of Automotive Engineers) como apoio neste processo as tabelas 1,2 e 3 de severidade, ocorrência e detecção.

Tabela 1 - Severidade FMEA de processo

	Critério		Índice
	Efeitos para os clientes	Efeito para manufatura/montagem	
<b>Perigoso sem avisos</b>	Severidade muito alta quando um efeito de modo de falha em potencial de um sistema de segurança opera sem avisos (compromete a segurança) e/ou envolve o não cumprimento de regulamentação do governo	Pode colocar o operador, qualidade e o ativo em risco sem avisos.	<b>10</b>
<b>Perigoso com aviso</b>	Severidade muito alta quando um efeito de modo de falha em potencial de um sistema de segurança opera com avisos (compromete a segurança) e/ou envolve o não cumprimento de regulamentação do governo	Pode colocar o operador e a qualidade em risco com avisos	<b>9</b>
<b>Muito Alto</b>	Sistema inoperável (perda da função primária)	100% do produto possivelmente deverá ser jogados fora, ou produto deverá ser reparado no departamento devido com um tempo maior que 1 hora	<b>8</b>

<b>Alto</b>	Sistema operável, porém em um nível de performance reduzido	O produto deverá ser desmontado e classificado e uma porção dele jogada fora ou produto deverá ser reparado no departamento devido, com um tempo entre meia hora e 1 hora	<b>7</b>
<b>Moderado</b>	Sistema operável porém com itens de conforto/conveniência inoperáveis. Cliente insatisfeito	Uma porção do produto deverá ser jogada fora sem necessidade de desmontá-lo e classificá-lo ou produto deverá ser reparado no departamento devido, com um tempo menor que meia hora	<b>6</b>
<b>Baixo</b>	Sistema operável porém com itens de conforto/conveniência operáveis em um nível reduzido de performance. Cliente um pouco insatisfeito	100% do produto deverá ser retrabalhado ou o produto deverá ser reparado fora da linha de produção mas não precisa ir para o departamento de reparos	<b>5</b>
<b>Muito baixo</b>	Sistema produz barulhos e chiados; encaixes não estão de acordo. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais que 75%)	Um produto deverá ser desmontado e classificado e uma porção dele deverá ser retrabalhado	<b>4</b>
<b>Mínimo</b>	Sistema produz barulhos e chiados; encaixes não estão de acordo. Defeito notado pela metade dos clientes	Uma porção do produto deverá ser retrabalhada dentro da linha, mas fora da estação	<b>3</b>
<b>Quase nulo</b>	Sistema produz barulhos e chiados; encaixes não estão de acordo. Defeito notado por poucos clientes (menos que 25%)	Uma porção do produto deverá ser retrabalhada dentro da linha, mas dentro da estação	<b>2</b>
<b>Nulo</b>	Nenhum efeito	Nenhum efeito ou pequenos inconvenientes para o operador	<b>1</b>

Tabela 2 - Ocorrência FMEA de processo

Probabilidade	Probabilidade de falha	Índice	Cpk
<b>Altíssima, a falha é quase inevitável.</b>	1 em 2	<b>10</b>	<b>&lt;0,33</b>
<b>Muito alta, muitas falhas</b>	1 em 3	<b>9</b>	<b>0,33</b>
<b>Alta, falhas frequentes</b>	1 em 8	<b>8</b>	<b>0,51</b>
	1 em 20	<b>7</b>	<b>0,67</b>
	1 em 80	<b>6</b>	<b>0,83</b>
	1 em 400	<b>5</b>	<b>1,00</b>
<b>Moderada, falhas ocasionais.</b>	1 em 2,000	<b>4</b>	<b>1,17</b>
<b>Baixa, poucas falhas.</b>	1 em 15,000	<b>3</b>	<b>1,33</b>
	1 em 150,000	<b>2</b>	<b>1,50</b>
<b>Remota, falha imperceptível.</b>	<1 em 1,500,000	<b>1</b>	<b>&gt; 1,67</b>



Tabela 3 - Detecção FMEA de processo

Detecção	Critério	A	B	C	Alcance sugerido para métodos de detecção	Índices
Nula	Certeza da não detecção			X	Não pode detectar ou não é checado	10
Muito Remota	O controle provavelmente não ira detectar			X	O controle é executado com checagens indiretas ou aleatórias	9
Remota	O controle tem uma chance pequena de detecção			X	O controle é executado apenas com inspeção visual	8
Muito Baixa	O controle tem uma chance pequena de detecção			X	O controle é executado apenas com dupla inspeção visual	7
Baixa	O controle pode ou não detectar		X	X	O controle é executado com representações gráficas, como controle estatístico do processo por exemplo	6
Moderada	O controle pode ou não detectar		X		O controle é baseado em uma variável a ser medida após as peças terem saído da estação ou medição do tipo GO/NO GO em 100% das peças após elas terem saído da estação.	5
Moderada/alta	O controle tem uma boa chance de detectar	X	X		Detecção de erros em operações subsequentes OU medição feita na montagem (para causas relativas à montagem)	4
Alta	O controle tem uma chance boa de detectar	X	X		Detecção de erros dentro da estação OU detecção de erros em operações subsequentes por camadas múltiplas de aceitação; Suprimentos, seleção, instalação e verificação. Não se pode aceitar partes discrepantes	3
Muito alta	É quase certa que o controle irá detectar	X	X		Detecção do erro dentro da estação (medição automática com parada automática). Não pode passar partes discrepantes	2
Muito alta	O controle irá detectar	X			Partes discrepantes não podem ser feitas porque o item foi imunizado a erros devido ao projeto ou processo do produto	1

## 2.6 CLASSES DE CRITICIDADE E JIPM

Nos equipamentos tratados nesta monografia, utilizava-se como critério para a escolha do tipo de manutenção o fluxograma do Japan Institute of Plan Maintenance (JIPM) fundado em 1981, este instituto é responsável pela divulgação e implementação das atividades relativas à Total Productive Maintenance (TPM) no Japão. O JIPM anualmente concede o prêmio TPM para as empresas que se destacaram e conquistaram resultados significativos na manutenção. Onde determinava-se o tipo de manutenção utilizando o fluxograma, conforme a figura 4.

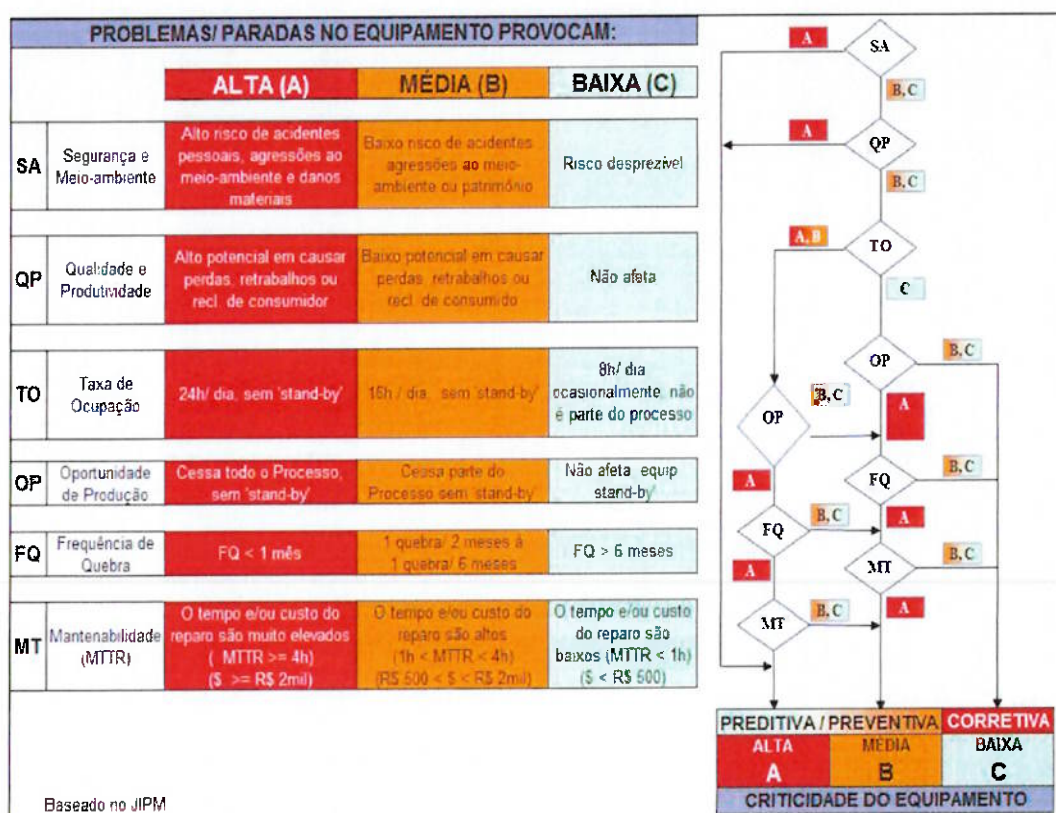


Figura 4 - Fluxograma com base no JIPM

## 2.7 EQUIPAMENTOS CRÍTICOS

### 2.7.1 Alta criticidade

Com base nos métodos abordados pelo JIPM, consideram-se equipamentos de alta criticidade, todos aqueles que comprometem a segurança do indivíduo, meio ambiente, qualidade, produtividade, com taxas de ocupação maior que 16 horas sem equipamento reserva. E que tenha frequência de quebra menor que um mês, podendo cessar a produção quando houver a falha.

### 2.7.2 Média criticidade

Consideram-se equipamentos de média criticidade todos aqueles que não se enquadram nos equipamentos de alta criticidade e que tenham baixo potencial de risco para a segurança do indivíduo, meio ambiente, qualidade, produtividade, além da taxa de ocupação menor que 16h, com frequência de quebra entre 2 e 6 meses e TMPR menor que 4 horas.

### 2.7.3 Equipamentos não críticos

Consideram-se equipamentos de baixa criticidade, todos aqueles que não se enquadram nos grupos de alta e de média criticidade.

### 3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MCC

Aplicou-se esta técnica de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma parte da planta de refino de sebo vegetal e animal, instalada e validada em maio de 2009 em uma empresa química do ramo de higiene e limpeza, situada na zona Oeste de São Paulo. Esta empresa instalou uma planta semelhante na Turquia em anos anteriores, onde utilizou-se da técnica de manutenção baseada no fluxograma do JIPM.

Mas, para atender o mercado nacional, existe um diferencial estratégico da corporação no Brasil, este equipamento trabalhará com óleo animal, onde tem-se que tomar alguns cuidados em especial com a temperatura do produto ao longo de todo o processo, o isolamento térmico das linhas de transferência e a estratégia de manutenção e conservação de todo o sistema, onde neste caso utilizou-se as técnicas de manutenção descritas nesta monografia.

#### 3.1 SISTEMA DE BRANQUEAMENTO E FILTRAÇÃO

O principal propósito do branqueamento é a remoção dos pigmentos provenientes por óleo e gorduras por adsorção em terras e carvão ativado, onde a função é reter as impurezas residuais contidas no sebo pré-tratado ou no óleo de soja, neutralizando e eliminando os componentes que produzem cor, chamados de fator vermelho nesta fase do processo. Para eliminar este componente é feita a recirculação da matéria prima nos filtros por adsorção até obter um produto final com a cor desejada, este processo é conhecido como branqueamento.

Este passo do processo é imprescindível quando se deseja refinar sebo ou gordura com excelente qualidade. O sebo neutralizado entra em contato com a terra de branqueamento ativada e depois de um tempo de contato pré-determinado, estas são separadas em filtros herméticos, este processo tem o fluxo contínuo conforme

demonstrado na figura 5, e prepara o sebo que será transferido para a desodorização.

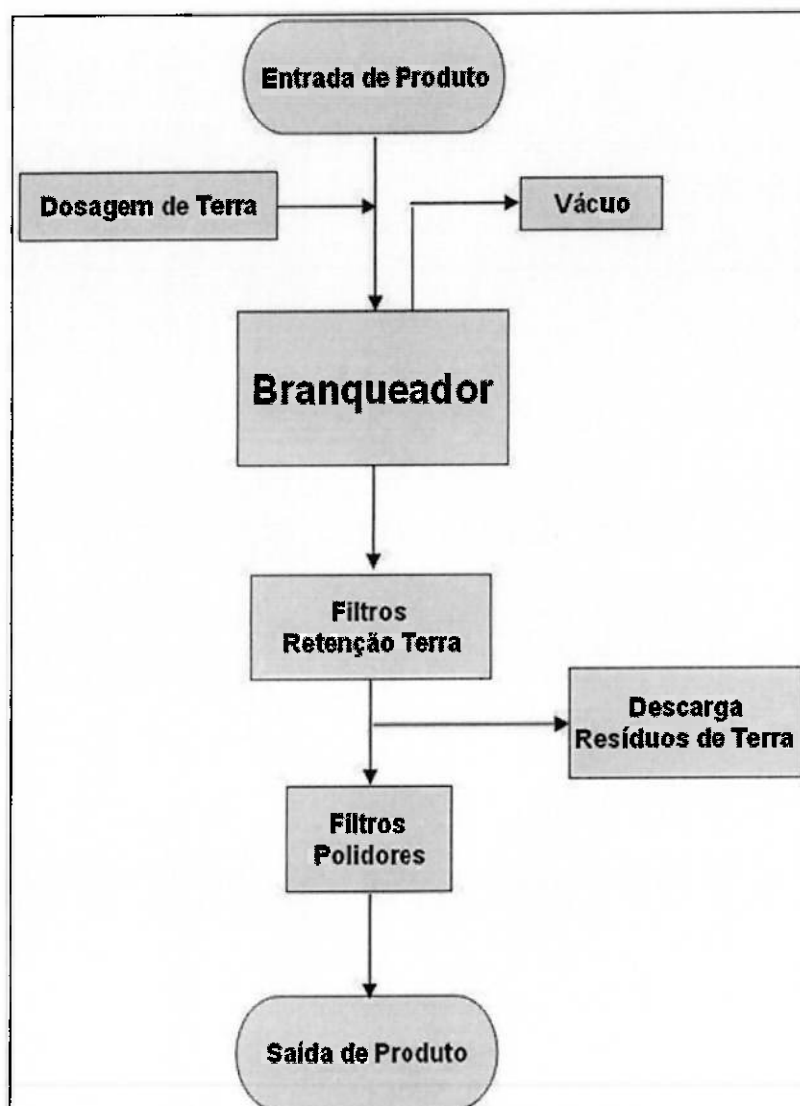


Figura 5 - Fluxograma do branqueamento

### 3.1.1 Funcionamento do branqueamento

Parte do sebo bruto é deslocada com apoio de sistemas de bombeamento, passando através dos trocadores de calor onde é pré-aquecido com o reaproveitamento da energia térmica do sebo desodorizado, este ainda é complementado com vapor indireto de baixa pressão até atingir a temperatura ideal de trabalho, tornando-se o processo contínuo.

A terra branqueada é adicionada em uma parte deste sebo pré-aquecido e misturada em um tanque com agitador mecânico e nível de vácuo controlado para melhorar a homogeneização entre a terra de branqueamento e a porcentagem de sebo pré-aquecido. Esta terra de branqueamento é dosada proporcionalmente na tubulação de sebo bruto, onde este servirá de transporte até o aparelho de branqueamento. Com este procedimento há uma melhora da mistura entre a terra e o sebo, assegurando-se assim uma ótima desaeração do sebo quanto da terra, tornando-se a mistura homogênea entre os dois produtos.

Os compartimentos verticais do branqueador asseguram um fluxo uniforme da mistura, assim como o tempo de residência pré-determinado sem riscos de interferências. Quando misturados são bombeado para a primeira fase da filtração, onde separa-se a terra do óleo. Todo o processo é feito em níveis de vácuo controlado, evitando assim qualquer possibilidade de oxidação desta matéria prima. Este material é enviado para a segunda fase da filtração, com a segurança de que o óleo não terá particulado de terra de branquear na fase de desodorização.

### 3.2 SISTEMA DE DESODORIZAÇÃO

O processo de desodorização conforme demonstrado na figura 6, é praticamente o último estágio da refinaria, devido a isso, requer o máximo de atenção para que se obtenha um sebo branqueado e desodorizado com excelente qualidade.

A principal função desta fase no processo é tornar o sebo adequado ao consumo humano, removendo substâncias que aumentam a acidez do sebo, odor, cor e gosto indesejáveis. Estas substâncias são, em sua maior parte, aldeídos, cetonas, alcoóis, hidrocarbonetos e também ácidos graxos livres. Sendo muito mais voláteis que o sebo, eles são destilados por injeção de vapor a alta temperatura em um recipiente com o nível de vácuo suficiente para arrastar estes voláteis.

Alguns esteróis (tocoferóis) também são removidos nesta etapa da refinação, e a extensão de sua remoção dependerá das condições operacionais empregadas na desodorização, tais como temperatura, pressão, quantidade de vapor de injeção e o tempo. O mesmo vale para o colesterol presente nas gorduras de origem animal.

Para este processo tornar-se produtivo, deve-se considerar aos limites de capacidade do sistema, garantindo assim a qualidade do produto, ou seja, a capacidade é pré-estabelecida em função do grau de eliminação desses produtos que serão retirados, mas para este tipo de eliminação de esteróis, utiliza-se um maior tempo de residência do sebo dentro do aparelho de desodorização.

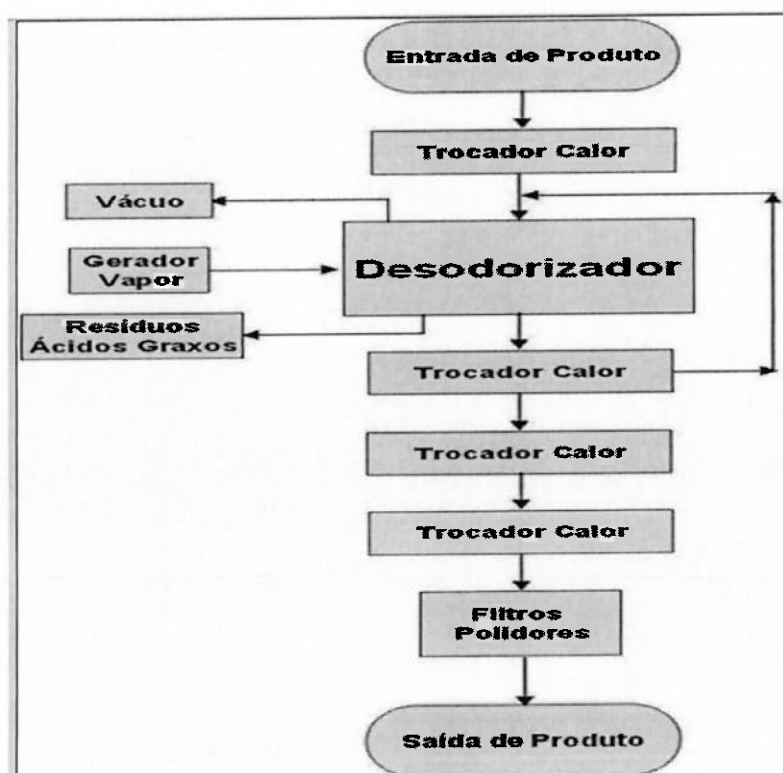


Figura 6 - Fluxograma da desodorização

### 3.2.1 Funcionamento da desodorização

O sebo branqueado é deslocado de forma contínua da saída do filtro do sistema de branqueamento até o sistema de desodorização e em seguida é aquecido com vapor de alta temperatura e agitado com injeções de vapores direto dentro de bandejas que transbordam de forma sequencial dentro do aparelho de desodorização.

O sebo é coletado através de um tubo de descarga que permite a passagem para a primeira bandeja de desodorização.

As bandejas de desodorização são divididas em dois ou três canais concêntricos com agitação devido à injeção do vapor direto no produto que escoar com vazão laminar. Isto assegura o mais longo caminho e uma permanência uniforme do produto dentro do aparelho.

O sebo desodorizado vai para a bandeja do resfriador e são adicionados produtos que não sejam voláteis a temperatura do processo neste ponto.



### 3.3 TAREFAS DE MANUTENÇÃO

### 3.4 TIPOS DE TAREFAS

Realizam-se tarefas de manutenção em função do histórico do Tempo Médio Entre Falhas (TMEF), considerando-se a frequência de trabalho, local, temperatura, pressão, vibração, ruído, análise de óleo, expectativa de vida útil de cada componente que é fornecida pelo fabricante e da experiência adquirida ao longo do tempo dos técnicos. Adotaram-se tarefas em função das respostas obtidas das sete questões da MCC, FMEA e de outras técnicas de manutenção.

Em processo de produção contínua, faz-se o planejamento em função da disponibilidade dos equipamentos, devido a isso, anualmente são revisados os procedimentos de manutenção com criticidade A.

#### 3.4.1 Criticidade JIPM X MCC

Observam-se no gráfico 1, mudanças significativas na classificação do nível de criticidade, demonstrando-se as manutenções adotadas em cada equipamento, a utilização das técnicas da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), possibilitou-se a mudança da categoria de criticidade em alguns equipamentos, diminuindo o tempo de mão de obra em manutenção, aumentando a disponibilidade e mudando a estratégia do planejamento da manutenção. Após a aplicação destas técnicas, observaram-se mudanças significativas com a utilização da MCC em comparação com o JIPM.

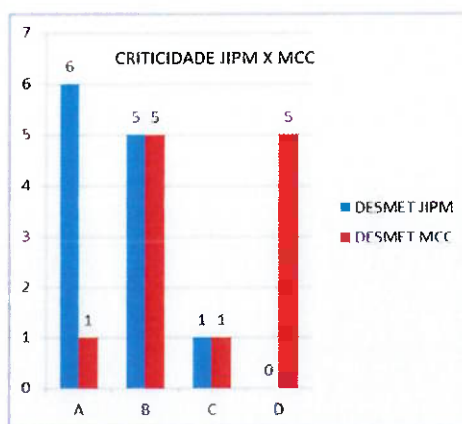


Gráfico 1 - Criticidade JIPM X MCC

### 3.5 DETALHAMENTO DAS TAREFAS

Detalharam-se todas as tarefas de manutenção para cada equipamento ou componente em função da classe de criticidade determinada, utilizando-se o manual do fabricante, experiência dos técnicos, lições aprendidas com os próprios equipamentos ou em equipamentos semelhantes, dados coletado ao longo do seu funcionamento: Tempo Médio Para Reparo (TMPR) conforme demonstrado no gráfico 2, e o Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) conforme demonstrado no gráfico 3. Estas duas últimas técnicas em questão são de fundamental importância para estimar o período entre as intervenções assim como o tempo máximo e a quantidade de pessoas que estarão efetuando esta tarefa.

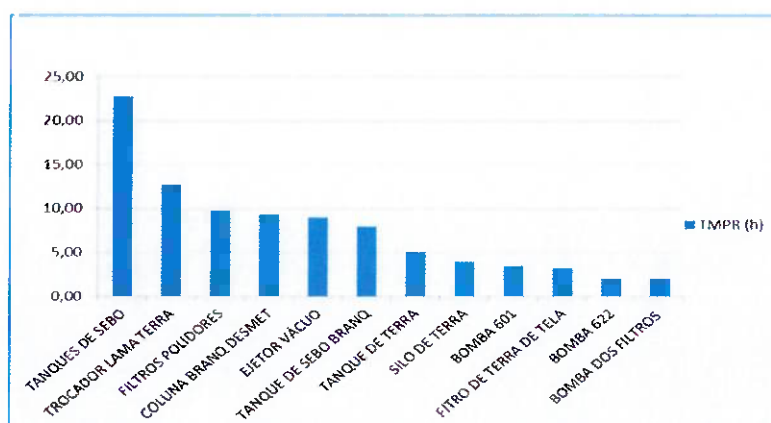


Gráfico 2 - TMR dos equipamentos do branqueamento

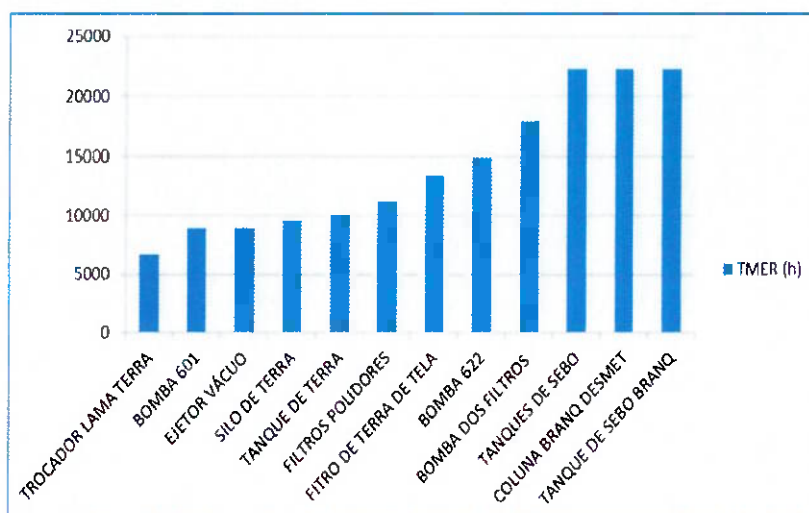


Gráfico 3 - TMEF dos equipamento do branqueamento

### 3.6 PONTO ÓTIMO ENTRE TAREFAS

O ponto ótimo entre as tarefas é determinado pelo Tempo Médio Entre as Falhas (TMEF) conforme demonstra o gráfico 3, este tempo é obtido de acordo com o histórico e desempenho do próprio equipamento ou sistema, utilizando-se também, o tempo pré-determinado pelos fabricantes.

Utilizou-se nesta monografia os dados coletados de maio de 2009 à dezembro de 2011, na primeira fase, trataram-se da média de 20 meses na base de

um ano para efeito comparativo, abordou-se as duas técnicas de manutenção, início com JIPM, transição entre as duas e a MCC, comparando-se estes dados que foram anualizados com os dados do ano de 2011, conforme demonstra o gráfico 5 pode-se observar que a bomba 601, tratada no estudo de caso, tem melhorado o seu desempenho de forma significativa.

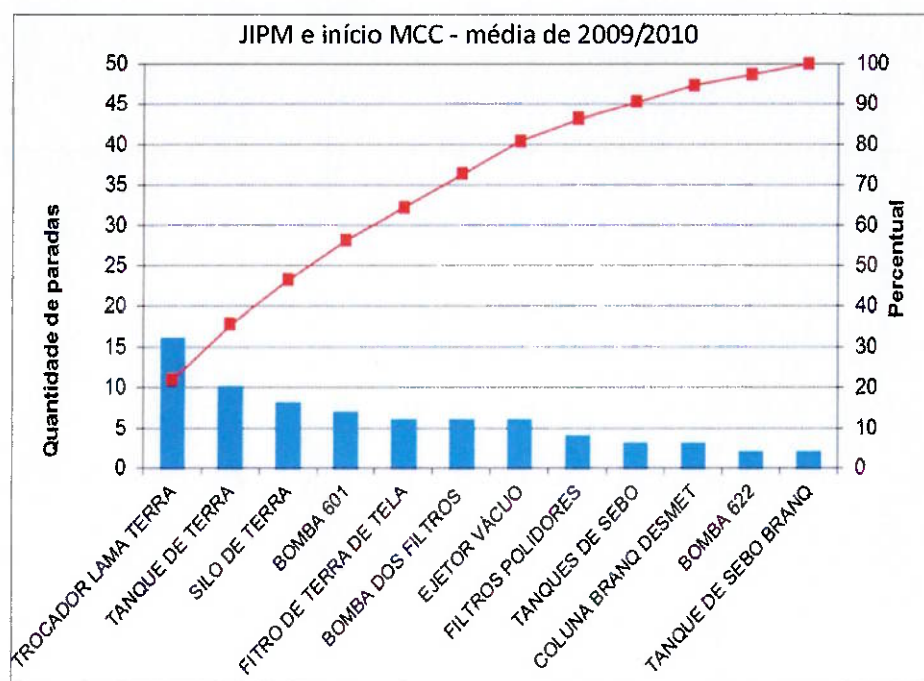


Gráfico 4 - Pareto quantidade de parada 2009/2010

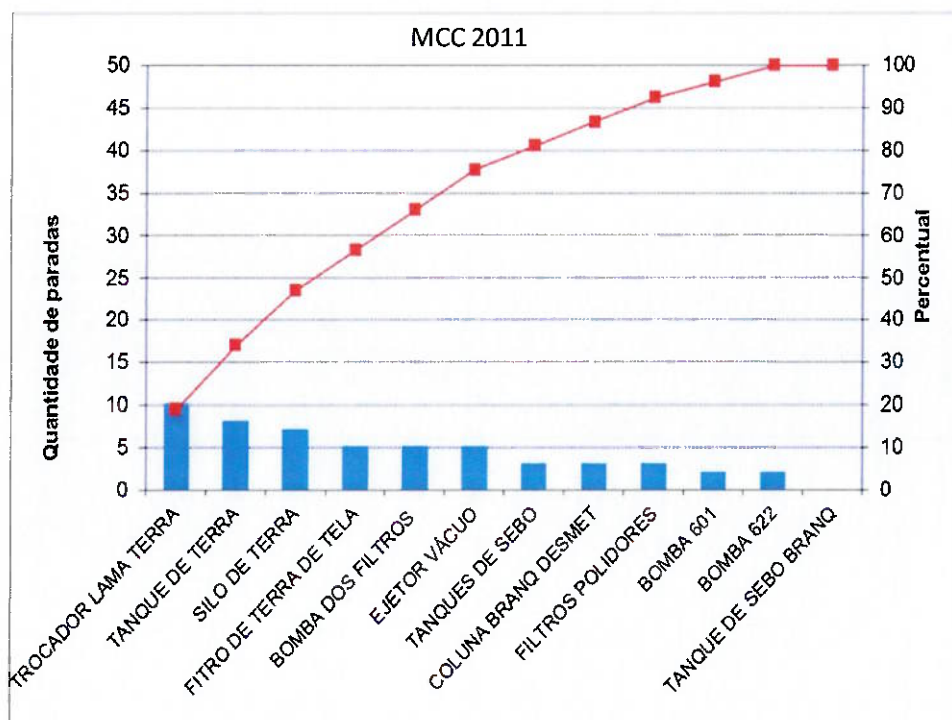


Gráfico 5 - Pareto quantidade de parada 2011

### 3.7 ESTUDO DE CASO, ANÁLISE E COMPARAÇÃO.

Observando-se os gráficos 6 e 7, nota-se a melhora significativa na maioria dos equipamentos que foram abordados com esta nova técnica de manutenção, mesmo com todas estas técnicas aplicadas na manutenção e conservação dos equipamentos, também é utilizado a análise 30-70 do gráfico de Pareto, ou seja, são tratados como criticidade alta os maiores tempos de parada, onde a somatória do percentual do tempo perdido esteja entre 1 à 30%. Neste caso, considerou-se a bomba 601 e a coluna de branqueamento como os mais críticos do sistema.

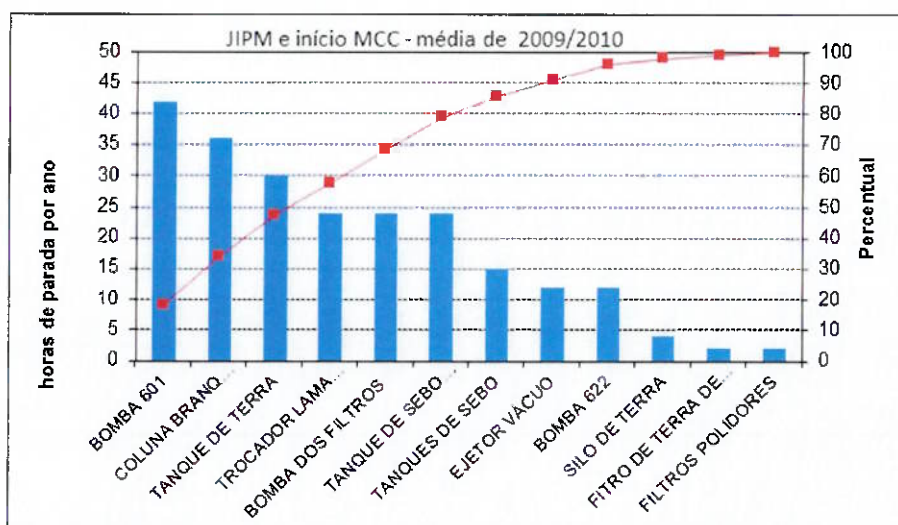


Gráfico 6 - Pareto hora de parada por ano 2009/2010

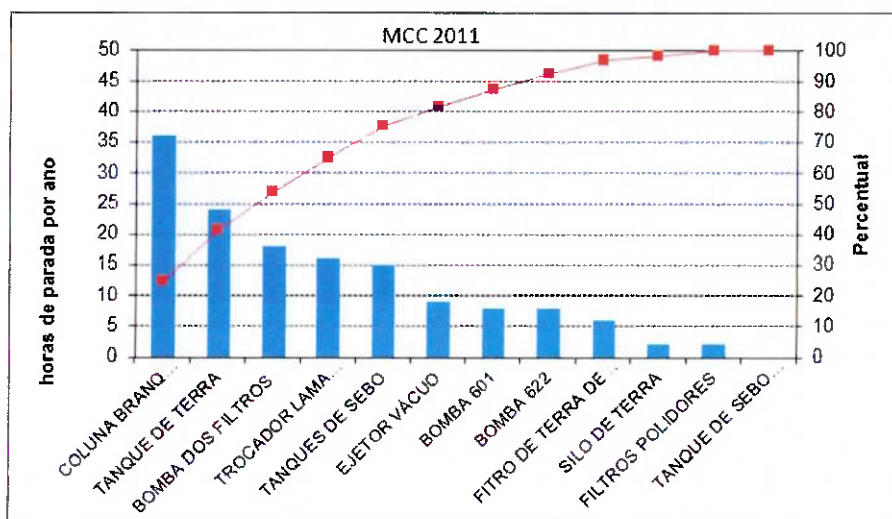


Gráfico 7 - Pareto horas de parada por ano 2011

### 3.7.1 Escolha do equipamento para estudo de caso

Conforme demonstrado no gráfico 6, observa-se que a bomba 601 teve o pior desempenho entre todos os equipamentos e a mesma está dentro do 30-70 do gráfico de Pareto, portanto, este foi o motivo da escolha deste equipamento para o estudo de caso desta monografia. Este equipamento apresenta a maior perda de tempo durante o ano e é também quarto equipamento com maior quantidade de

paradas. Além da troca do tipo de bomba, onde utilizavam-se bombas de deslocamento positivo para efetuar a transferência desta matéria prima com excelente desempenho, mesmo quando a viscosidade do produto variava em função da temperatura, mantém a pressão do sistema constante em função da vazão e controlando a dosagem quando necessário. Com esta nova instalação utilizou-se bomba centrífuga.

Os fatores que influenciam para não utilizar este modelo de bomba de deslocamento positivo são instalação válvula de segurança com certificado de calibração anual, choque mecânico entre o estator e rotor causando o desgaste precoce das peças internas, manutenção de difícil acesso com peças pesadas, maior valor agregado do estoque de peças em almoxarifado. Para a bomba centrífuga tem apenas um fator a ser considerado com limitante, o controle de temperatura da matéria prima que será transferida.

Comparando-se os dois equipamentos, concluiu-se que a utilização da bomba centrífuga tem uma enorme vantagem em relação à bomba de deslocamento positivo, desde que se mantenha a temperatura do produto acima de 42°C, este equipamento atenderá perfeitamente a demanda de produção, além de diminuir a potência na ponta do eixo em 736 W para deslocar a mesma quantidade de material. Outro motivo de fundamental importância que não pode deixar de ser comentando, foi a redução do tempo para atender qualquer chamado para este tipo de equipamento, onde somente um único técnico consegue atender as intervenções quando necessário.

Este tipo de bomba centrífuga para o processo aqui citado foi validado após um ano de funcionamento, onde verificou-se que as peças estavam com as medidas dimensionais dentro dos seus limites e suportaria por mais um ano de funcionamento.

Ao longo destes testes, apresentou-se somente um desvio que rapidamente foi solucionado, esta bomba centrífuga não atingia a vazão máxima do projeto original do fabricante. Analisou-se todo o sistema, detalhando-se trecho a trecho que apresentava este fator limitante de capacidade, verificou-se o conjunto de motor e bomba e seus limites de funcionamento, tais como, ponto ideal de trabalho, pressão, vazão e a corrente elétrica do motor.



Utilizou-se a curva da bomba 601 conforme demonstrado na figura 7, detalhando em azul o ponto encontrado e em vermelho o ponto de projeto que seria o ponto ideal de trabalho deste conjunto, verificou-se que a pressão estava 0,5kgf/cm<sup>2</sup> acima da pressão ideal de trabalho, esta alteração na pressão diminuía a vazão do sistema e também a corrente do motor consequentemente.

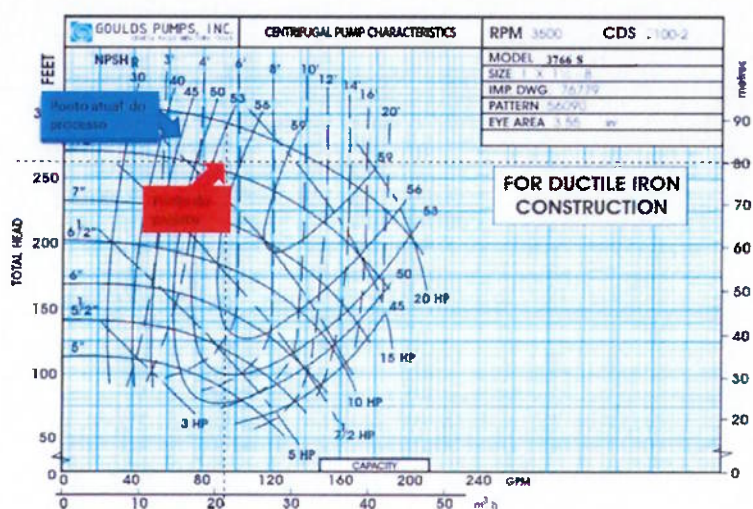


Figura 7 - Curva da bomba centrífuga do estudo de caso

Tornando-se um problema de difícil interpretação, devido ao pequeno distúrbio causado por este ponto ineficaz de trabalho. Optou-se em recalcular a bomba e também as perdas de carga de todo o trecho do sistema.

A carga hidráulica necessária para vencer a altura e a perda de carga de todo o sistema de tubulações e de 72 metros de coluna de óleo e a carga hidráulica disponível na bomba é de 85 metros, este equipamento trabalhava totalmente fora do ponto ideal, que é de 80 metros de coluna.

Geraram-se algumas ações nesta primeira análise, onde uma delas era a substituição deste equipamento por outro com potência maior, mas já não era mais viável, esta bomba centrífuga utiliza-se de menor potência para transferir o mesmo volume de matéria prima em relação ao equipamento antigo, e isto é parte da estratégia de redução de energia voltada a redução do valor do produto final.



Focando-se nesta redução de energia, reuniu-se toda a equipe novamente para analisar e achar soluções para este problema que limitava a produção, para isso utilizou-se o diagrama de causa e efeito conforme demonstrado na figura 8, traçando-se novas diretrizes com os novos questionamentos que foram abordados nesta análise, focou-se na temperatura do produto ao longo de todo o trecho e constou-se que, a temperatura em muitos trechos isolados deste sistema, estava acima da temperatura ambiente, ou seja, dando-se indício de perda de energia térmica para o meio ambiente através do isolamento térmico.

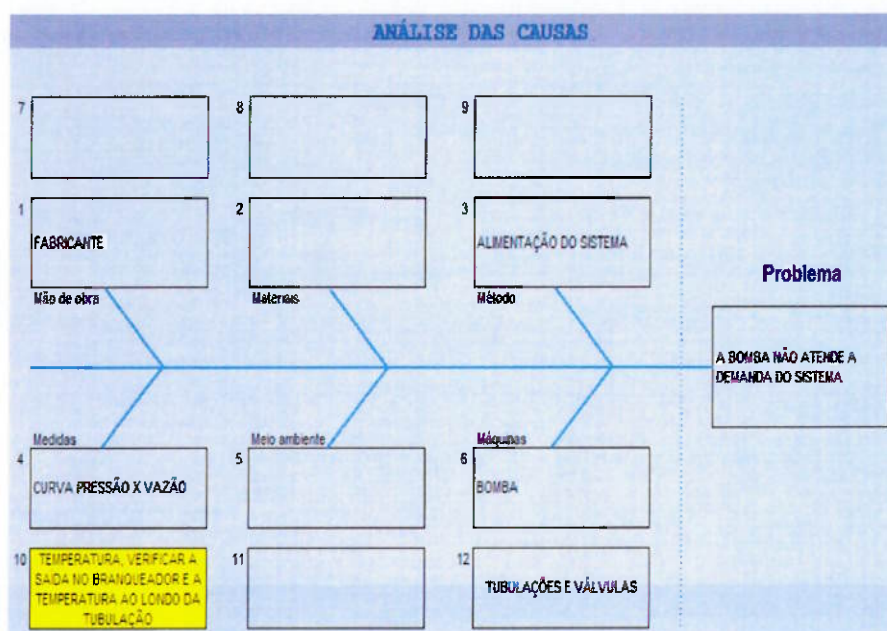


Figura 8 - Diagrama de causa e efeito do estudo de caso

Retirou-se a proteção em aço inox do isolamento, onde deparou-se com um grande trecho sem a manta térmica e também sem os traços de vapor (tubo de cobre, onde utiliza-se vapor para aquecer a tubulação principal por contato indireto) ao longo desta tubulação, após este evento, verificou-se todo o trecho e corrigiu-se todos os pontos que faltavam traços e manta de isolamento.

## 4. CONCLUSÃO

Utilizaram-se as técnicas da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) possibilitando-se aumentar a disponibilidade dos equipamentos, reduzindo o tempo de paradas não planejadas, abordando e desenvolvendo novas estratégias de manutenção com o apoio de métodos importantes, tais como, as sete perguntas da MCC, FMEA, TMEF, TMPR, gráfico de Pareto e a árvore de decisão entre outras técnicas utilizadas nestas estratégias de manutenção, apoiando no direcionamento e análise das falhas que podem ocorrer no projeto, instalação e processo, assim direcionando de forma sequencial a interpretação destas estratégias.

Mesmo após iniciar o processo de manutenção utilizando a metodologia JIPM, esta nova técnica de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), aplicou-se em somente uma das partes destes equipamentos do processo de fabricação, onde até o momento, obtiveram-se excelente resultados.

E devido a estes resultados obtidos com a aplicação das técnicas da MCC, iniciou-se em maio de 2012, a expansão destas técnicas de manutenção para todo o sistema de fabricação, onde serão feitas toda a transferência das técnicas do planejamento de manutenção da metodologia JIPM para a MCC, até o final do ano de 2012.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFA-LAVAL. **Dairy Handbook**. The University of Wisconsin – Madison: 1987.

BLOOM, N. B. **Reliability Centered Maintenance**. McGraw-Hill editora, 2006.

BRASSRD, M.; RITTER, D. **O impulsionador da memória 2**. Editora EPSE. 1ª edição, 1994.

CARPINETTI, L.R.C. **Gestão da Qualidade**. Editora Atlas. 1ª edição, 2010.

DESMET BALLESTRA. **Planta de refino de sebo, manual de operação**. São Paulo: 2008. 1 CD-ROM

INCROPERA, F. P.; WILL, D.P. **Transferência de calor e de massa**. LTC editora. 5ª edição, 2002.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**, Qualitymark editora. 3ª edição, 2009.

KERN, D. Q. **Processo de transmissão de calor**. Guanabara editora, 1980.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. LTC editora. 2ª edição, 1997.

NORTON, R. L. **Projetos de máquinas**. Bookman editora. 2ª edição, 2004.

SAE INTERNACIONAL. **SAE-J1739**. 1ª edição, 1994.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Atlas editora. 3ª edição, 2009.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Manual de Implementação. Qualitymark editora, 2003.

TELLES, P, C. S. **Tubulações Industriais**. JC editora. 7ª edição, 1987.

VARGAS, V. R. **Gerenciamento de Projetos**. Brasport editora, 6ª edição, 2005.