



**Leonardo Vianna Fernandes**

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA  
AS MÁQUINAS RETROESCAVADEIRAS DA PREFEITURA  
MUNICIPAL DE NOVO MACHADO**

**Horizontina  
2015**

**Leonardo Vianna Fernandes**

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA AS  
MÁQUINAS RETROESCAVADEIRAS DA PREFEITURA MUNICIPAL  
DE NOVO MACHADO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Luis Carlos Wachholz

**Horizontina**

**2015**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Elaboração de um Plano de Manutenção para as Máquinas Retroescavadeiras  
da Prefeitura Municipal de Novo Machado”**

**Elaborada por:**

**Leonardo Vianna Fernandes**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Produção

**Aprovado em: 10/11/2015  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Mestre. Luis Carlos Wachholz  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Mestre. Anderson Dal Molin  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Mestre. Betine Rost  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina  
2015**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos que de alguma maneira colaboraram durante a minha graduação, apoiando, incentivando e contribuindo para o meu sucesso.

Em especial, à minha família, que esteve presente nessa conquista, incentivando-me e estando sempre comigo em todos os momentos e vibrando a cada conquista.

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente a Deus, por fazer deste sonho realidade. Aos meus pais e irmãos pelo apoio e compreensão em todos os momentos. Ao meu orientador e professores por não medirem esforços para a minha qualificação e, por fim, aos amigos e colegas que sempre estiveram presentes e me deram forças para continuar na busca desta meta alcançada.

*“Não se pode ensinar tudo a alguém, pode-se apenas ajudá-lo a encontrar por si mesmo o caminho”.*

*Galileu Galilei*

## RESUMO

Para facilitar a gestão de manutenção é importante ter um sistema de manutenção que permita um planejamento e controle, para que isso se realize com êxito é necessário um cadastro fiel dos equipamentos, históricos e planos de manutenção. A realização de manutenção preventiva é importante para evitar desperdícios, como o de deixar máquinas paradas por quebras inesperadas. Contudo, a Prefeitura Municipal de Novo Machado sofre com diversos problemas relacionados à quebra das máquinas retroescavadeiras, e isso acontece principalmente por falta de planejamento e programas que visam à manutenção preventiva das máquinas. Apoiado nesta necessidade, este trabalho, aborda os principais tipos de manutenção existentes no momento, além disso, busca elaborar um plano de manutenção juntamente com um programa de manutenção para as máquinas retroescavadeiras da Prefeitura Municipal de Novo Machado. A metodologia utilizada para chegar ao resultado e escolha do melhor modelo de manutenção para a presente situação problema caracterizou-se por pesquisa bibliográfica de autores consagrados na área de manutenção. Os resultados obtidos com esse trabalho foram à disponibilidade de um plano de manutenção para as maquinas retroescavadeiras Caterpillar da Prefeitura Municipal de Novo Machado.

**Palavras-chave:** Manutenção Corretiva; Manutenção Preventiva; Plano de Manutenção.

## **ABSTRACT**

For ease of maintenance management is important to have a maintenance system to facilitate planning and control, for this to happen successfully a faithful record of equipment is necessary, historical and maintenance plans. The performance of preventive maintenance is important to prevent waste, as the still leave machines unexpected breakages. However, the City of New Machado Hall suffers from several problems related to the breaking of backhoes machines, and this happens mainly due to lack of planning and programs aimed at preventive maintenance of the machines. Supported this need, this work addresses the main types of maintenance at the time also seeks develop a maintenance plan with a maintenance program for the machines backhoes of the City of New Machado. The methodology used to arrive at the result and choose the best maintenance model for this problem situation characterized by literature author enshrined in the maintenance area. The results obtained from this study were the increased availability of machines when needed, and a significant reduction of backhoes maintenance costs.

**Keywords:** Corrective Maintenance; Preventive Maintenance; Maintenance Plan.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução temporal da manutenção.....	16
Figura 2: Processo de implantação do MCC.....	28
Figura 3: Processo de desenvolvimento do trabalho.....	34
Figura 4: Parque municipal de máquinas de Novo Machado .....	35
Figura 5: Retroescavadeira Caterpillar.....	35
Figura 6: Processo de Parada para Manutenção .....	38
Figura 7: Parada para Manutenção – 50 Horas de Operação.....	39
Figura 8: Parada para Manutenção - 250 Horas de Operação.....	39
Figura 9: Itens para Procedimento de Revisão Mecânica – 500 Horas de Operação.....	40
Figura 10: Parada para Manutenção – 1000 Horas de Operação .....	41
Figura 11: Parada para Manutenção – 2000 Horas de Operação .....	41
Figura 12: Parada para Manutenção – 3000 Horas de Operação .....	41
Figura 13: Parada para Manutenção – 12000 Horas de Operação .....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1. JUSTIFICATIVA .....	13
1.2. OBJETIVOS .....	13
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO .....	14
2.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	16
2.2.1. Manutenção Corretiva.....	17
2.2.2 Manutenção Corretiva Planejada.....	17
2.2.3 Manutenção Corretiva Não Planejada .....	18
2.2.4 Manutenção Preventiva .....	18
2.2.5 Manutenção Preditiva.....	19
2.2.6 Manutenção Detectiva.....	20
2.2.7 Engenharia de Manutenção.....	21
2.3 ORGANIZAÇÃO E ESTRATÉGIA DA MANUTENÇÃO .....	21
2.4 CONFIABILIDADE DA MANUTENÇÃO.....	24
2.4.1 Manutenção Centrada na Confiabilidade MCC.....	26
2.4.2 FMEA.....	28
2.5 GESTÃO PÚBLICA E ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO .....	29
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>32</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS .....	32
<b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO .....	34
4.2 OBJETO DE ESTUDO: RETROESCAVADEIRA 416 E .....	35
4.3 COLETA DE DADOS .....	36
4.3.1 Tratamento dos Dados.....	36
4.4 APLICAÇÃO DA PLANILHA FMEA .....	37
4.5 ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO .....	37
4.5.1 Tipo de Manutenção e Método de controle .....	37
4.5.2 Lista de Verificação Diária .....	37
4.5.3 Manutenção periódica conforme fabricante.....	38
4.5.4 Ordem de serviço.....	42
4.6 ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO.....	42
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>43</b>
5.1 PROPOSTAS DE ESTUDOS FUTUROS.....	43
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>44</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Para Tavares (2005) os gestores de manutenção devem ter ampla visão e atuação sistêmica dentro de suas organizações, de tal forma que a diversidade de modelos e fundamentações do planejamento e controle da manutenção, plenamente consolidados, sejam úteis à maximização dos equipamentos, assim como os lucros da organização. Sabe-se que equipamentos requerem manutenção, seja ela, preditiva, preventiva, ou até mesmo corretiva, pois é preciso garantir para a operação que estes funcionem, e principalmente, sejam confiáveis.

Visando a utilização das máquinas e equipamentos públicos de maneira mais eficiente e produtiva possível, hoje em dia as prefeituras e administrações municipais têm investido cada vez mais em manutenção. Neste contexto entende-se que a manutenção tem papel primordial, pois é através dela que se evita a ocorrência de paralisação por quebra de maquinário durante a prestação de serviço a comunidade.

Por tudo isso, e avaliando a situação atual, é que surge a necessidade de se construir um plano de manutenção para as máquinas retroescavadeiras da Prefeitura Municipal de Novo Machado, que no momento são atendidas no método mais antigo da manutenção, a manutenção corretiva ou também chamada, sistema quebra-conserta.

Desta forma, pretendeu-se através de pesquisa bibliográfica, estudar os métodos e técnicas mais avançados, possibilitando um entendimento geral de manutenção, e através deste estudo, formular um plano de manutenção específico para esse determinado tipo de máquina, que é muito utilizada na prefeitura.

Também foi necessário levantar dados sobre o atual estado de conservação, modo de utilização e frequência dos equipamentos estudados, de maneira que, fosse possível criar um plano de manutenção específico, com a finalidade de manter os equipamentos em pleno funcionamento e com pouca probabilidade de falha quando forem solicitados.

Desta maneira, o trabalho de conclusão de curso, teve como objetivo principal, a criação do plano de manutenção para as máquinas retroescavadeiras da Prefeitura Municipal de Novo Machado, buscando minimizar os custos de manutenção das mesmas e conseqüentemente conseguir um maior ganho de horas/máquina trabalhadas.

### 1.1. JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pela necessidade de se implantar um plano de manutenção juntamente com um programa de manutenção atualizado no parque de máquinas da Prefeitura Municipal de Novo Machado, mais precisamente nas suas máquinas retroescavadeiras, onde atualmente não se utiliza nenhum método de manutenção específico, fazendo os consertos em sua forma mais antiga de manutenção, a manutenção corretiva, a qual é a de maior custo quando da necessidade de manutenção.

Este custo e a perda de tempo de horas/máquina de retroescavadeiras, se justifica pela falta de padronização, planejamento e, por se tornar um ciclo vicioso de manutenção, onde não se busca solucionar a causa, nem diminuir o tempo de interrupções da máquina por falhas ou quebras.

### 1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é a elaboração de um plano de manutenção juntamente com um programa manual de controle de manutenção para máquinas retroescavadeiras da Prefeitura Municipal de Novo Machado.

Como objetivos específicos, fazer um levantamento da atual situação das máquinas que irão ter o plano, juntamente com o programa de manutenção existente; buscar conceitos já existentes que possam agregar valor ao plano de manutenção, estabelecer um conjunto de atividades de rotina e prevenção para as máquinas; buscar um maior tempo disponível das máquinas para uso bem como uma redução dos custos de manutenção, tendo em vista que o modelo de programa e planejamento de manutenção deverá ser o mais adequado para as máquinas em questão.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura apresentada a seguir consiste no apontamento dos principais conceitos que norteiam a realização deste trabalho. Sendo assim inicialmente é apresentado um breve histórico do uso da manutenção ao longo do tempo. Em seguida são descritos alguns conceitos importantes sobre as formas de administração e organização da manutenção. Por fim são apresentados e descritos os principais tipos de manutenção.

### 2.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

A manutenção, embora despercebida, sempre existiu desde as épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa Central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico. Foi nesse período que surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência. (SANTOS; MELLK, 2011).

Como o crescimento industrial a partir de 1920 tornou-se cada vez maior a necessidade de uma manutenção mais intensificada, pois até o ano de 1914 a manutenção tinha somente importância secundária, a qual era executada pelos próprios operários. Em virtude da Primeira Guerra Mundial e com a implantação da linha de montagem em série realizada por Henry Ford, houve a necessidade das indústrias desenvolverem equipes de manutenção, com métodos e técnicas para suprir as exigências do sistema produtivo industrial. O objetivo destas equipes era garantir o funcionamento eficaz dos equipamentos, reduzindo o custo de produção e aumentando a produtividade (TAVARES, 1999 *apud* SANTOS; MELLK, 2011).

Conforme Kardec e Nascif (2002) desde os anos 30 a evolução da manutenção pode ser dividida em três grandes gerações. A Primeira Geração abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial. A Segunda Geração vai desde a Segunda Guerra Mundial até os anos 60, e a Terceira Geração ocorre a partir da década de 70.

No período anterior a Segunda Guerra Mundial denominado Primeiro Período ou Primeira Geração, a manutenção é também compreendida como manutenção da Primeira Geração onde a disponibilidade dos equipamentos e a preocupação pela prevenção das falhas não eram prioridades. Os equipamentos eram superdimensionados, os projetos eram simples e o seu reparo de fácil execução

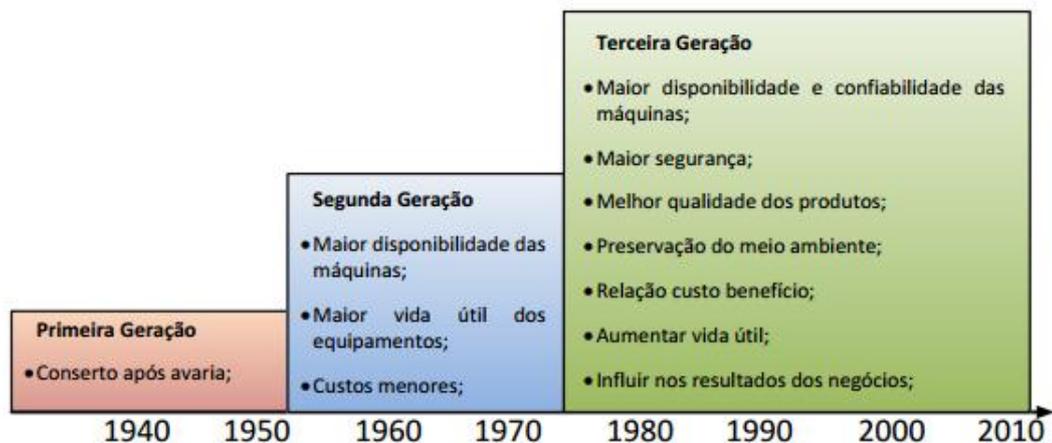
sendo, portanto, mais confiáveis. A limpeza e a lubrificação eram suficientes, não havendo necessidade de fazê-los de forma sistemática. (SOUZA; GOMES; FERNANDES, 2015).

O Segundo Período, denominado como manutenção da Segunda Geração, iniciou-se na década de 1950 em virtude de o período pós-guerra ter gerado uma crescente demanda por produtos impulsionando a mecanização das indústrias, com máquinas numerosas e complexas. Planos de manutenção preventiva eram elaborados e passou a existir a preocupação com os tempos de parada dos equipamentos produtivos. O conceito de manutenção preventiva surge, então, aparecendo também à consideração de que as falhas nos equipamentos podiam e deviam ser previstas. Os custos de manutenção elevaram-se sendo necessário maior controle. (RIBEIRO, 2004)

Na Terceira Geração que ocorreu a partir da década de 70, acelerou-se o processo de mudança nas indústrias. A paralisação da produção que sempre afetava a capacidade, os custos, e a qualidade dos produtos, tornou-se uma preocupação constante. O crescimento da automação e da mecanização mostrou que neste período a confiabilidade e a disponibilidade tornaram-se pontos-chaves em diversos setores distintos da economia. Também a automação foi mais difundida e utilizada com a finalidade de evitar as falhas que se tornaram mais frequentes nos padrões de qualidade que foram estabelecidos. Na Terceira Geração reforçou-se o conceito de uma manutenção preditiva, e enfatizou-se a interação entre as fases de implantação do sistema (projeto, fabricação, instalação e manutenção) e a disponibilidade/confiabilidade torna-se mais evidente. (KARDEC E NASCIF, 2002).

A partir da década de 1980 com o desenvolvimento dos microcomputadores a custos reduzidos e linguagens simples, os órgãos de manutenção passaram a desenvolver e a processar seus próprios programas eliminando os inconvenientes da dependência da disponibilidade humana e de equipamentos para o atendimento as suas prioridades de processamento das informações pelo computador central além das dificuldades de comunicação na transmissão de suas necessidades para o analista de sistemas nem sempre familiarizadas com a área de manutenção. (TAVARES, 2009).

Visando facilitar um melhor entendimento das três gerações da manutenção MOUBRAY, 1997 apud BARAN 2011 sintetizou as mesmas de acordo com a Figura 1 onde são apresentados pontos que foram característicos e específicos de cada uma das gerações.



**Figura 1: Evolução temporal da manutenção.**

Fonte: Moubray, 1997 apud Baran, 2011.

Conforme Tavares (2009), em consequência a estas fases, surge o conceito de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção), o qual passou a desempenhar uma função estratégica dentro da área de produção auxiliando os gerentes em suas missões de tomada de decisão. Pode-se indicar como atribuições do PCM, assessoria a direção e aos órgãos de administração na programação e no controle das instruções de manutenção, além da avaliação de possíveis pontos de perda de produtividade e emissão de possíveis soluções para minimizar ou acabar com essas perdas.

Atualmente a manutenção pode ser definida como manter em perfeito estado de conservação e funcionamento, em isto se inclui os equipamentos, os acessórios, e tudo o que está ligado ao setor fabril de uma indústria. A organização da manutenção deve acontecer de tal forma que o equipamento só pare de produzir de maneira planejada. (SANTOS 1999 apud SANTOS; MELLK, 2011).

Atualmente a missão da manutenção tem por objetivo: “Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo adequado”. (KARDEC E NASCIF, 2002 apud SANTOS; MELLK, 2011).

## 2.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

Conforme Viana (2002) os tipos de manutenção nada mais são do que as formas como são encaminhadas as intervenções nos instrumentos e nos equipamentos que compõem uma determinada planta. Sendo assim, observamos

que existe um consenso, salvo algumas variações irrelevantes, quanto aos tipos de manutenção.

A seguir serão listadas as principais modalidades de manutenção adotadas. Elas diferem entre si, sobretudo em relação ao momento que são aplicadas.

### **2.2.1. Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. Ao atuar em um equipamento que apresenta um defeito ou um desempenho diferente do esperado estamos realizando manutenção corretiva. Sendo assim, a manutenção corretiva não é necessariamente, a manutenção de emergência. (KARDEC; NASCIF, 2002).

De acordo com Pereira (2009) o termo de Manutenção Corretiva é amplamente conhecido no ramo industrial e é tido como o jeito mais comum para se reparar um equipamento com defeito ou falha. Sua principal característica é que o conserto inicia-se após a ocorrência de falha dependendo da disponibilidade de mão de obra e do material necessário para o conserto. Também se caracteriza pela falta de planejamento e custos necessários, bem como desprezo pelas perdas de produção.

Já para Viana (2002) a manutenção corretiva é a intervenção imediata de um determinado equipamento de produção por causa de falha, visando à segurança do trabalhador e do meio ambiente. Configura-se em uma intervenção aleatória sem definição anterior sendo mais conhecida nas fábricas como “apagar incêndios”.

Portanto, podemos verificar que a principal função da manutenção corretiva é restaurar ou corrigir as condições de funcionamento de um determinado equipamento ou sistema. E baseado nisto, a manutenção corretiva divide-se em: Planejada ou Não Planejada. (JUNIOR, 2006).

### **2.2.2 Manutenção Corretiva Planejada**

Segundo Kardec e Nascif (2002), entende-se por manutenção corretiva planejada a correção de um desempenho menor que o esperado ou da falha por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função do acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra.

Um trabalho planejado é sempre mais barato, rápido e seguro do que um trabalho não planejado, e será sempre de melhor qualidade. Sendo assim destaca-se que a principal característica da manutenção corretiva planejada é a qualidade de

informação fornecida pelo acompanhamento do equipamento. Mesmo que a decisão gerencial seja de deixar o equipamento funcionar até a quebra, está é uma decisão conhecida e algum planejamento pode ser feito quando a falha ocorrer, pois a situação do equipamento já é sabida. (KARDEC; NASCIF, 2002).

A decisão por este tipo de manutenção pode advir de vários fatores: a falha não oferece qualquer possibilidade de risco às pessoas e ou instalações; a possibilidade de conciliar a necessidade da intervenção com os objetivos de produção; garantia de disponibilidade de sobressalentes e ou ferramentas necessárias à execução da manutenção; existência de recursos humanos necessários à execução da atividade. (JUNIOR, 2006).

### **2.2.3 Manutenção Corretiva Não Planejada**

Manutenção Corretiva Não Planeada é a correção de falha de maneira aleatória. Caracteriza-se pela atuação de manutenção em fato já ocorrido seja esse uma falha ou um desempenho menor que o esperado. (KARDEC; NASCIF, 2002).

Este tipo de manutenção acontece após a falha ou perda de desempenho de um equipamento sem que haja tempo para a preparação dos serviços, trazendo prejuízos enormes para as empresas, pois implica em altos custos causados pela parada na produção para a manutenção inesperada e dependendo da atividade da empresa, perda da qualidade do produto. (PINTO E XAVIER, 1999 *apud* JUNIOR, 2006).

### **2.2.4 Manutenção Preventiva**

De acordo com Pereira (2009) a manutenção preventiva originou-se na indústria aeronáutica por volta de 1930. Surgiu pela necessidade de se conseguir maior disponibilidade de confiabilidade dos ativos empresariais. Era necessário manter os negócios em pleno funcionamento para se manter a competitividade. Destaca-se ainda que desde o momento do seu surgimento esse tipo de manutenção por ser planejada oferecia diversas vantagens para o organismo fabril.

Segundo Kardec e Nascif (2002) inversamente a política da manutenção corretiva, a manutenção preventiva procura obstinadamente evitar a ocorrência de falhas, ou seja, prevenir. Portanto, Manutenção Preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha, ou a queda num desempenho obedecendo a um plano previamente elaborado baseado em intervalos definidos de tempo.

Podemos classificar como manutenção preventiva todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isso em condições operacionais ou em estado de zero defeito. São serviços efetuados em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha, desta forma proporcionando uma “tranquilidade” operacional necessária para o bom andamento das atividades produtivas. (VIANA, 2002)

A Manutenção Preventiva é realizada em equipamentos que não estejam em falha, ou seja, que estejam operando em perfeitas condições. Desta forma podemos ter duas situações bastante diferentes quando realizamos este tipo de manutenção: a primeira situação é quando paramos o equipamento bem antes do necessário para fazer a manutenção do mesmo; a segunda situação é a falha do equipamento, por termos estimado o período de reparo do mesmo de maneira incorreta. (PINTO; XAVIER, 2009 *apud* JUNIOR, 2006).

Baseando-se nestas duas situações é importante que a definição do período de parada dos equipamentos seja efetuada por pessoas experientes, ou seja, que conheçam bem o equipamento que se deseja realizar a manutenção, baseando-se em informações do fabricante e principalmente nas condições climáticas que estes se encontram, pois um mesmo equipamento pode se comportar de maneira bem distinta quando submetido a condições climáticas diferentes. (JUNIOR, 2006).

### **2.2.5 Manutenção Preditiva**

A Manutenção Preditiva também conhecida por manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento pode ser definida como a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. (KARDEC; NASCIF, 2002).

Manutenção Preditiva: que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. (ABNT-NBR 5462 *apud* Pereira, 2009).

A Manutenção Preditiva é um tipo de manutenção que, nada mais é do que uma manutenção preventiva baseada na condição do equipamento. Este tipo de manutenção é um método de intervenção bastante oportuno para as organizações, pois permite o acompanhamento do equipamento através de medições realizadas com o equipamento em pleno funcionamento, o que lhe possibilita uma maior disponibilidade, já que este vai sofrer intervenção, somente quando estiver próximo de um limite estabelecido previamente pela equipe de manutenção. (JUNIOR, 2006).

Conforme Kardec e Nascif (2002) as condições básicas para se adotar a Manutenção Preditiva são:

- a) O equipamento, sistema ou instalação deve permitir algum tipo de monitoramento/ medição;
- b) O equipamento, sistema ou instalação deve ter a escolha por este tipo de manutenção justificada pelos custos envolvidos;
- c) As falhas devem ser originadas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- d) Seja adotado um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado.

A Manutenção Preditiva é a primeira grande quebra de paradigma na manutenção e tanto mais se intensifica quando mais o conhecimento tecnológico desenvolve equipamentos que permitam avaliação confiável dos sistemas operacionais e instalações em funcionamento. (KARDEC; NASCIF, 2002).

Existem quatro técnicas bastante usadas nas indústrias que optam por um programa desta envergadura. São elas: ou, ensaio por ultrassom, análise de vibrações mecânicas, análise de óleos lubrificantes e termografia. (VIANA, 2002).

### **2.2.6 Manutenção Detectiva**

A manutenção detectiva começou a ser mencionada a partir da década de 90 e sua denominação tem origem na palavra detectar. Pode ser definida como a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. (KARDEC; NASCIF, 2002).

De acordo com Kardec e Nascif (2002), a identificação de falhas ocultas é essencial para garantir a confiabilidade. Desse modo tarefas executadas para verificar se um sistema de proteção ainda está funcionando representam a manutenção detectiva. Em sistemas complexos essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal da operação. Atualmente, é crescente a utilização de

computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais.

### **2.2.7 Engenharia de Manutenção**

De acordo com Kardec e Nascif (2002) a Engenharia de Manutenção é a segunda grande quebra de paradigma na manutenção, pois praticá-la significa uma mudança cultural. É deixar de ficar consertando continuamente para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões, apresentar melhorias de projeto, e interferir nas compras.

Conforme Fabro (2003) *apud* Junior (2006) dentre as atividades, que geralmente são atribuídas à Engenharia de Manutenção, podemos citar:

- a) Arquivo técnico: documentação técnica em geral, elaboração de procedimentos;
- b) Desenvolvimento de fornecedores;
- c) Estudos, automações e melhorias de manutenção;
- d) Apoio técnico a manutenção;
- e) Normalizações: componentes, sobressalentes, treinamentos.

Um aspecto importante a se ressaltar, é o fato de que para Kardec e Nascif (2002) alguém que esteja praticando manutenção corretiva não planejada terá um longo caminho para percorrer até chegar a engenharia de manutenção. Nesse processo o maior obstáculo a ser ultrapassado será a cultura que está sedimentada nas pessoas.

### **2.3 ORGANIZAÇÃO E ESTRATÉGIA DA MANUTENÇÃO**

Conforme Kardec e Nascif (2002) a organização da manutenção era conceituada até pouco tempo como planejamento e administração de recursos

(pessoal, sobressalentes e equipamentos) para adequação da carga de trabalho esperada. Essas atividades fazem parte da organização da manutenção, no entanto a conceituação tornou-se mais ampla sendo que hoje entende-se que a organização da manutenção de qualquer empresa deve estar voltada para a gerência e a solução de problemas na produção de modo que a empresa seja competitiva no mercado, e, além disso, atualmente a manutenção é uma atividade estruturada da empresa integrada as demais atividades, que fornece soluções buscando maximizar os lucros.

A organização da manutenção passa diretamente pela escolha da melhor estratégia de manutenção. A determinação de que estratégia ou quais estratégias de manutenção serão aplicadas no processo produtivo e em seus subprocessos é à base da política de manutenção da empresa. Claro que o termo política de manutenção envolve um leque bem maior de variáveis do que apenas a escolha de como se fazer intervenções em máquinas e equipamentos. As ferramentas organizacionais que tornam possível o perfeito exercício da manutenção, as técnicas de planejamento, o perfil formativo do militante da área, os índices de qualidade e o sistema de gerenciamento formam as bases da estruturação de manutenção industrial de uma empresa. (VIANA, 2002).

De acordo com Menezes e Almeida (2002) *apud* Junior (2006), a estratégia de manutenção para cada equipamento consiste na escolha da política de manutenção mais adequada para o equipamento, visualizando-se os objetivos claros de: maior disponibilidade através do aumento da confiabilidade e manutenibilidade, maximização da vida útil e minimização dos custos. E essa escolha é fundamental para que a empresa obtenha êxito na manutenção dos equipamentos.

Segundo Fabro (2003) *apud* Junior (2006), para que possamos determinar corretamente quais os tipos de manutenção, ou estratégias de manutenção são mais adequados para os equipamentos que serão mantidos, é importante a verificação de alguns fatores, como:

- a) recomendações do fabricante;
- b) segurança;
- c) características do equipamento;

d) meio ambiente;

e) custos.

Ao discorrer sobre a importância das recomendações do fabricante para determinação da estratégia de manutenção, Viana (2002) salienta que é necessário se ater ao que o projetista de equipamento nos diz sobre sua conservação, a periodicidade de manutenção, os ajustes e calibrações, os procedimentos de correção de falhas, dentre outros. Todo e qualquer aspecto que seja relevante para o equipamento deve ser considerado.

O aspecto segurança deve ser colocado em primeiro plano, para que não tenhamos acidentes fatais por consequência da quebra de um equipamento. Uma boa harmonia entre Homem – Máquina – Meio Ambiente deve sempre existir. Para que isso ocorra, aspectos legais devem sempre ser observados e seguidos conforme consta na legislação vigente. (JUNIOR, 2006).

Com relação às características do equipamento, para Viana (2002) as características dos equipamentos não podem ser esquecidas, devendo-se observar características de falha, vida mínima e modalidade de falha. As características do reparo também devem ser levadas em consideração bem como o tempo médio de reparo, o tempo disponível após a “pane” até que a produção seja afetada, e o nível de redundância.

O fator econômico também é determinante para a definição da estratégia de manutenção e deve ser analisado com muita clareza, uma vez que é determinante para o sucesso de qualquer empresa. Devem ser observados, neste caso, todos os custos com a parada do equipamento, como por exemplo: quanto vai custar para a empresa deixar de produzir por um determinado intervalo de tempo para fazer a manutenção em certo equipamento, ou quanto vai custar à quebra de um determinado equipamento que não parou para receber manutenção. Outro aspecto importante é quanto a empresa irá gastar com recursos humanos, ferramentas e peças para realizar uma determinada estratégia de manutenção. (JUNIOR, 2006).

Conforme Viana (2002) o fator econômico nada mais é que o custo de manutenção. Esse custo engloba os gastos com recursos humanos, equipamentos, e interferências na produção e o no processo. O custo de interferência na produção é quando deixamos de produzir com o tempo de parada do sistema produtivo; atualmente em todas as empresas há transformação do tempo em produto e

consequentemente em dinheiro. O custo de recursos humanos e material é o quanto gastamos com hora homem, peças de reposição e outros itens consumidos na manutenção. E por fim o custo de perdas é referente aos refugos de produção e desperdício de insumos e matéria prima devido as falhas no maquinário.

Ainda conforme Viana (2002) após análise de todos os fatores é escolhido para os equipamentos uma ou mais das três estratégias de manutenção que possuímos para tratar com a falha:

1º Simples Corretiva: efetuar a troca depois da pane usando o componente até a sua exaustão, arcando com os materiais e recursos humanos para a intervenção; observamos que nesta opção o custo de produção não é relevante.

2º Preventiva Periódica: agir preventivamente procedendo a manutenção periodicamente, evitando assim a parada indesejada de produção; neste caso o custo de manutenção será basicamente materiais e HH de manutenção, com maior incremento que na opção anterior, devido a instalação de equipe permanente de manutenção, e compra periódica de componentes para reposição.

3º Ação Preditiva: Acompanhamento da condição dos instrumentos de produção, dessa forma usando o componente em toda sua vida útil possível, estendendo ao máximo o tempo da troca planejada. Não há desta forma perda de tempo da produção, mas os custos de manutenção serão altos comparando com as duas primeiras opções, pois para o acompanhamento teremos que fazer uso de ferramentas e técnicos sofisticados mantendo-se sempre atualizados. (VIANA, 2002).

Uma vez definidas as políticas de manutenção mais adequadas para cada equipamento, devem ser elaborados os planos de manutenção. Através dos Planos de Manutenção Preventiva são operacionalizadas as políticas de manutenção dos equipamentos, estabelecendo-se as frequências e abrangências das intervenções bem como os parâmetros de monitoramento. (JUNIOR, 2006).

## 2.4 CONFIABILIDADE DA MANUTENÇÃO

O termo confiabilidade na manutenção teve origem nas análises de falhas em equipamentos eletrônicos para uso militar durante a década de 50 nos Estados Unidos. Em 1960 pela Federal Aviation Administration um grupo de estudo e desenvolvimento de confiabilidade para a aeronáutica americana realizou estudos relacionados a manutenção e confiabilidade. Das várias conclusões que o grupo tirou duas delas foram das mais importantes e mudaram os procedimentos em vigor; se um item não possui um modo predominante e característico de falha, revisões programadas afetam muito pouco seu nível de confiabilidade, e para muitos itens a prática de manutenção preventiva não é eficaz. (KARDEC; NASCIF, 2002).

O modelo de confiabilidade na manutenção também vem sendo estudado no Japão desde a década de 70. Após a 2ª Guerra Mundial iniciaram estudos para tornar o país mais competitivo visto que não havia riqueza. Crescer sendo rentável era quase impossível, mas se tornou um lema. A partir disso o segmento de fabricação de máquinas operatrizes se desenvolveu e começou a projetar equipamentos cada vez mais confiáveis. Isto significa dizer maior probabilidade de um equipamento operar sem falhar e por um determinado período de tempo. (PEREIRA, 2009).

Atualmente o emprego da palavra confiabilidade tem sido muito grande de modo geral. Entende-se por confiabilidade a probabilidade de que um item possa desempenhar sua função requerida por um intervalo de tempo estabelecido sob condições definidas de uso. (KARDEC; NASCIF, 2002).

Para Pereira (2009) a confiabilidade é a probabilidade de um equipamento operar sem falhas durante um período de tempo predeterminado. A determinação da confiabilidade deve sempre estar associada há um período de tempo. À medida que se aumenta o tempo de avaliação maior é a chance de acontecerem falhas, ou seja, menor será a confiabilidade da máquina ou do ferramental.

Conforme Gurski (2002) na definição, confiabilidade é uma medida estatística (probabilidade), determinada pelo grau de admissibilidade abaixo da qual a função não é mais satisfatória (falha), dentro de um determinado tempo definido (ou seja, em intervalos diferentes de tempo, haverá diferentes níveis de confiabilidade), e sob condições definidas de uso (o mesmo equipamento sujeito a duas condições diferentes de uso apresentará diferentes confiabilidades em cada caso).

Para Kardec e Nascif (2002) os principais termos que norteiam o conceito de confiabilidade são: probabilidade, função requerida, condições definidas de uso e intervalo de tempo. Este mesmo autor define estes termos de maneira mais clara como sendo: entende-se por probabilidade a relação entre o número de casos favoráveis e o número de casos desfavoráveis. Por ser uma probabilidade, a confiabilidade é uma medida numérica que varia de zero a um, ou seja, 0% a 100%. Já função requerida é o mesmo que cumprir a missão e realizar o serviço esperado. Condições definidas de uso são as condições de temperatura, poeira, impurezas no produto e uma série de outros fatores a qual o equipamento está submetido. O período de tempo, ou seja, o intervalo entre um tempo e outro deve ser medido e é fator fundamental, já que a confiabilidade varia com o passar do tempo.

De acordo com Gurski (2002) em termos financeiros, a importância da confiabilidade pode ser verificada por:

- a) plantas que apresentam alta confiabilidade também têm menores custos operacionais (de manutenção; redução de produtos fora de especificação; consumo de energia; etc.) pela redução de falhas em equipamentos;
- b) as falhas reduzem a produção e, conseqüentemente, os lucros;
- c) as falhas podem interferir na qualidade dos produtos;
- d) quanto mais competitiva, maior a chance de sobrevivência da empresa.

#### **2.4.1 Manutenção Centrada na Confiabilidade MCC**

Para que a confiabilidade seja incrementada, ou seja, para que um item, sistema ou equipamento passe a atender ao desempenho requerido, é necessária a introdução de um novo conceito, o de Manutenção Centrada na Confiabilidade. A Manutenção Centrada na Confiabilidade é um processo usado para determinar o que precisa ser feito para assegurar que qualquer item físico continue a cumprir as funções desejadas no seu contexto operacional atual. (GURSKI, 2002)

O objetivo da implantação da MCC é otimizar o programa de manutenção garantindo as expectativas ligadas a ele. O principal motivo por trás do desenvolvimento da MCC foi a necessidade de desenvolver uma estratégia de manutenção planejada para abordar adequadamente a disponibilidade do sistema e sua segurança, sem elevação dos custos. (SMITH E HINCHCLIFFE, 2004 *apud* BARAN, 2011).

No processo de implantação da MCC, várias ferramentas podem ser utilizadas, primeiramente a fim de quantificar custos importantes e o número de falhas, e, posteriormente, para resolver os problemas de modo eficaz, tais como FMEA (Análise do Modo e Efeito de Falha); RCFA (Análise das Causas Raízes da Falha); o MASP (Método de Análise e Solução de Problemas); etc (GURSKI, 2002).

Conforme Gurski (2002) a manutenção centrada na confiabilidade MCC procura responder a sete questões principais:

- a) Quais são as funções do item no seu contexto atual?
- b) De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- c) O que causa cada falha operacional?

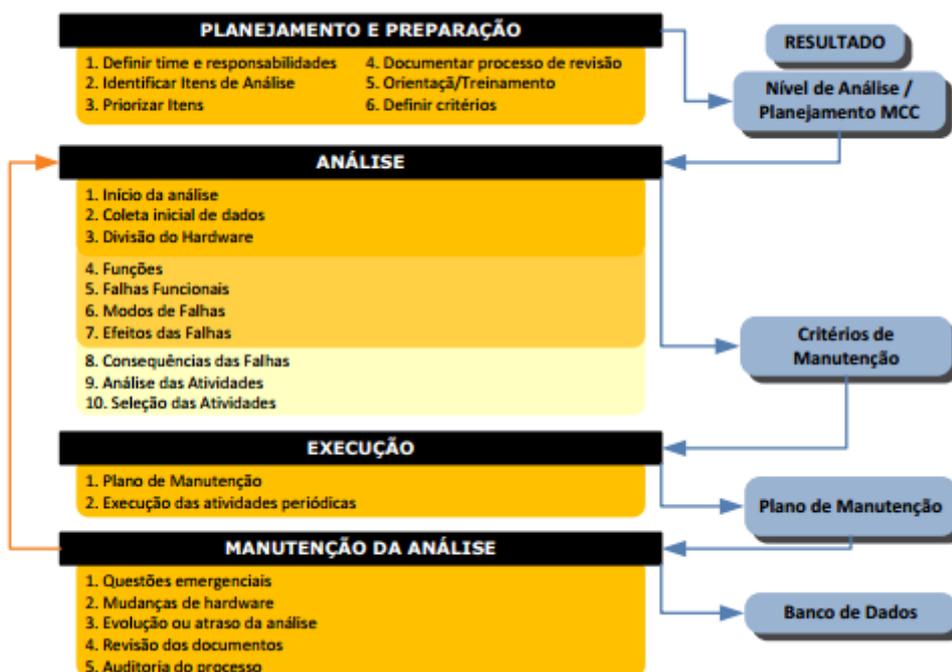
- d) O que acontece quando ocorre cada falha?
- e) De que forma cada falha tem importância?
- f) O que pode ser feito para prevenir cada falha?
- g) O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

Essas questões são respondidas através do trabalho de uma equipe multidisciplinar geralmente formada por um grupo pequeno com propósito comum e habilidades complementares. As respostas são alocadas em uma sequência estruturada de etapas, onde cada etapa possui ferramentas de modelagem e análise de sistemas que documentam os critérios e dados utilizados na resolução de cada questão (BACKLUND, 2003; MOUBRAY, 1997 *apud* BARAN, 2011).

De acordo com MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009; SMITH e HINCHCLIFFE, 2004 *apud* BARAN, 2011 o processo de implantação da MCC na manutenção de um equipamento ou sistema pode ser resumido em sete etapas:

- **Etapa 1:** Identificação das Funções do Sistema;
- **Etapa 2:** Análise dos Modos de Falha e Efeitos;
- **Etapa 3:** Seleção das Funções Significantes;
- **Etapa 4:** Seleção das Atividades Aplicáveis;
- **Etapa 5:** Avaliação da Efetividade das Atividades;
- **Etapa 6:** Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas;
- **Etapa 7:** Definição da Periodicidade das Atividades.

A figura 2 ilustra o processo de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade MCC e todos os processos de análise e possíveis relacionamentos que podem estar presentes em cada etapa da implantação.



**Figura 2: Processo de implantação do MCC**  
 Fonte: Leverette, 2006 *apud* Baran, 2011.

De acordo com Moubray, 1997 *apud* Baran, 2011 quando implantado de forma correta, a MCC reduzirá de 40% a 70% a rotina de tarefas de manutenção, com uma série de vantagens e benefícios na segurança, logística, operação e administração das organizações.

Para Gurski (2002) entre os benefícios dessa busca pelo aumento da Confiabilidade podem ser citados: incremento no conhecimento que a operação tem do equipamento; garantia de que os recursos da manutenção serão aplicados onde o efeito é maior; melhoria das condições ambientais e de segurança; aumento de vida útil do equipamento; compartilhamento dos problemas da manutenção; senso de equipe e motivação de pessoal entre outros.

#### 2.4.2 Método FMEA

*Stamatis apud* Leal et al. (2006) definem o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) como uma técnica de engenharia utilizada para definir, identificar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais, de sistemas, projetos, processos e/ou serviços, antes que estas atinjam o cliente.

Ainda, de acordo com Cassanelli *et al. apud* Aguiar e Mello (2008), o FMEA é conhecido por ser um procedimento para a análise de um determinado sistema, usado para identificar os modos de falha potenciais, suas causas e efeitos no

desempenho do processo, sendo sua análise executada preferivelmente com antecedência, dentro do ciclo de desenvolvimento de forma que a remoção ou a mitigação do modo de falha seja válida e efetiva de modo preventivo.

Palady (1997) afirma que o FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir esses problemas. Palady complementa que como procedimento, o FMEA oferece uma abordagem estruturada para avaliação, condução e atualização do desenvolvimento de projetos e processos em todas as disciplinas da organização.

Identificar o problema antes mesmo de o problema surgir é uma importante tática para evitar futuras surpresas no decorrer do processo, o FMEA auxilia nessa identificação das falhas, porém deve ser feito um estudo preciso na hora de sua implementação. Segundo Aguiar e Mello (2008), em muitos casos o FMEA é usado mais por exigências normativas do que por seus benefícios, sendo que o seu emprego de forma incorreta pode acarretar em desperdício de recursos em termos de prevenção dentro das organizações.

## 2.5 GESTÃO PÚBLICA E ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Gerir é administrar. A administração do serviço de manutenção tem o objetivo de normatizar as atividades, ordenar os fatores de produção, contribuir para a produção e a produtividade com eficiência, sem desperdícios e retrabalho. (PEREIRA; NEVES, 2015).

Gerir recursos materiais públicos é cumprir com as premissas da Administração Pública. Cada órgão público exige um cabedal de recursos materiais específicos para que atinja sua missão. Todas as etapas para que os materiais ou serviços venham propiciar a execução de determinada atividade formam a chamada logística de gestão pública. A área de logística na gestão pública, portanto é a área da gestão responsável por prover recursos, equipamentos e informações para a execução de todas as atividades da organização. Sendo assim cabe a ela administrar o serviço de manutenção na área pública. (SOUZA; GOMES; FERNANDES, 2015).

A gestão de logística nas organizações públicas é a uniformidade de procedimentos no planejamento, na aquisição, no recebimento, no armazenamento, no controle, no fornecimento e na gestão dos bens permanentes e serviços, com o

objetivo de otimizar os recursos materiais e financeiros disponibilizados à instituição. (CARVALHO, 2002 *apud* SOUZA; GOMES; FERNANDES, 2015).

No contexto de logística pública, para que a manutenção obtenha êxito faz-se necessário que ela esteja baseada em um plano de manutenção, o qual pode ter como objetivo o lucro. A manutenção adequada deve reduzir custos e mesmo assim ter uma eficiência satisfatória. Levando-se em consideração que a logística pública busca a uniformidade de procedimentos, torna-se necessário levar-se em consideração todos os mínimos detalhes da organização e considerar todos os elementos da instalação, para este plano ser bem sucedido. (NEPOMUCENO, 1989).

O Plano de Manutenção além de gerar lucro também deve ter como objetivo agilizar o atendimento à operação, aperfeiçoar a utilização de recursos humanos e materiais, além de disseminar conhecimento técnico, teórico e prático. Para a criação de um bom plano é necessário organizar um conjunto de informações. É preciso, primeiramente, cadastrar os equipamentos estruturando tudo o que pertence à organização, definir o tipo de manutenção que será utilizado, e também quais são os funcionários e os materiais que são fundamentais para a realização do trabalho. Depois disso, iniciar e organizar a manutenção torna-se tarefa fácil, e mais do que isso, eficaz. (SOUZA; GOMES; FERNANDES, 2015).

Para que tudo seja realizado de uma maneira integrada, todos devem contribuir e colaborar. Todos os departamentos devem estar envolvidos, partindo dos gestores até seus subordinados na instituição. A instalação deve estar integrada globalmente, unida e em harmonia. (NEPOMUCENO, 1989 *apud* SANTOS; MELLK, 2011).

Conforme Nepomuceno, (1989), para que as operações de manutenção sejam otimizadas e que tenha o desempenho realmente satisfatório em suas atuações, além de um bom plano de manutenção são necessárias o cumprimento de várias outras condições:

- a) A organização deve ter colaboradores treinados e habilitados;
- b) Bom gerenciamento do tempo, período e prazo de execução de qualquer serviço;

- c) A coordenação dos funcionários, os materiais, as ferramentas e acessórios, são fundamentais para que os serviços sejam feitos no local estabelecido e predeterminado, na hora que foram programados;
- d) É de extrema necessidade que a gerência da manutenção faça um planejamento para um processo adequado de controle das atividades de seu departamento e o coloque em prática;
- e) Para aumentar a eficiência de qualquer atividade é importante levar em consideração o preparo, o treinamento que receberam dos trabalhadores e as motivações destes.

Segundo Souza; Gomes; Fernandes (2015) garantindo a disponibilidade de equipamentos ou processos e instalações com confiabilidade, segurança e custos adequados, a organização estará otimizando processos, auferindo maiores lucros, conseqüentemente garantindo a sua sobrevivência. A responsabilidade na gestão do Plano de Manutenção passa a ser muito importante, pois a correta gestão do mesmo propicia condições de evitar todas as falhas não previstas trazendo tranquilidade, minimizando as necessidades de uma possível manutenção emergencial.

### 3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2002) é usual a classificação de pesquisas com base em seus objetivos gerais como forma de possibilitar uma aproximação conceitual. Mas também é necessário traçar um modelo conceitual e operativo da pesquisa, como forma de confrontar a visão teórica com os dados da realidade.

Dessa forma, quanto aos objetivos, tem-se a classificação:

- Pesquisa exploratória: visa à familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou à construção de hipóteses;
- Pesquisa descritiva: descrição das características de determinada população ou fenômeno;
- Pesquisa explicativa: identificação de fatores que determinem ou contribuam para a ocorrência dos fenômenos.

#### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Para a compreensão dos tipos e técnicas que são aplicadas a manutenção, para elaboração de um plano de manutenção e um programa de manutenção para as máquinas retroescavadeiras, foi utilizada de início o método de pesquisa de campo, e após o mesmo foi direcionado o foco para a pesquisa de bibliografias e autores consagrados.

Para desenvolvimento do projeto foi necessário o auxílio de diversas pessoas, entre estas podemos destacar o pessoal responsável pela manutenção de máquinas da Prefeitura Municipal de Novo Machado.

Em um primeiro momento foi realizado uma pesquisa de campo para o desenvolvimento do cadastro dos equipamentos, fichas técnicas de materiais, recorrendo ao uso de manuais de fabricantes para auxiliar na manutenção.

Posteriormente realizou-se um estudo e criação dos planos de manutenção preventiva dos equipamentos, bem como a criação de um planejamento de lubrificação.

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas planilhas, e consultas nos manuais técnicos das retroescavadeiras (Caterpillar), para obtenção de dados complementares das três máquinas, bem como os padrões descritivos necessários para cadastros dos materiais da lista técnica das mesmas.

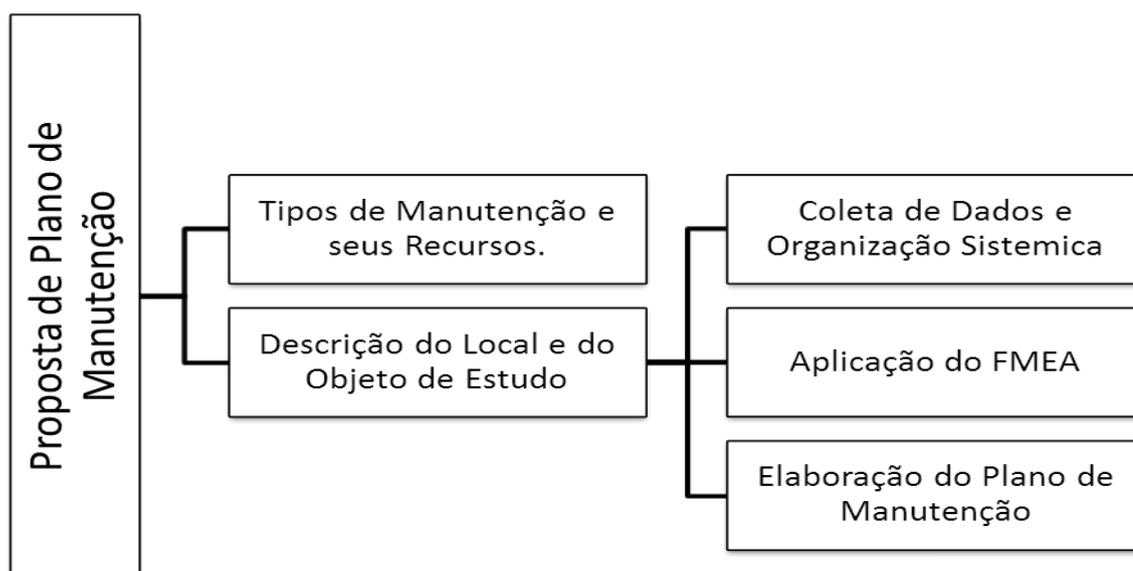
Desta forma, seguindo uma ordem cronológica de pesquisa, primeiramente considera-se a necessidade de elaborar um plano de manutenção para as máquinas retroescavadeiras, as quais, atualmente utilizam manutenção corretiva, ou sistema quebra-conserta, onde a máquina só recebe atendimento quando realmente se detecta algum problema, podendo ou não ocasionar sua parada ou não.

Após o levantamento de todos os dados possíveis das máquinas, começou a se elaborar um plano de manutenção que seja compatível com o tempo de uso das retroescavadeiras, tendo em vista que as mesmas já possuem um tempo de uso, e com isso, é necessário ter em mãos algo plausível e que possa agregar maior tempo de trabalho as mesmas e uma significativa redução nos custos de manutenção.

Sendo assim, sabe-se da necessidade de escolha de um tipo de manutenção a qual não se pode mais focar em qualidade, mas sim, focar em manutenções de rotina visando um aumento da confiabilidade das máquinas quando solicitadas a um trabalho, de maneira que, foi estabelecido como o mais correto para o momento o método de manutenção preventiva. Modelo este, escolhido através do levantamento de informações das máquinas e a detecção ao apresentar sinais visíveis de chegarem ao período de degradação, onde através da bibliografia, sugere-se o uso de manutenção preventiva. O foco principal será deixar as máquinas com um desempenho bom, aliada a confiabilidade da mesma, para que, quando requerida, possa efetivar suas tarefas sem apresentar falhas.

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Na apresentação dos resultados obtidos são descritos todos os passos realizados até a concepção final do Plano de Manutenção. O processo de desenvolvimento do trabalho é apresentado através da Figura 3. Na referida figura são destacadas todas as atividades realizadas, abordando todas as etapas seguidas até o desfecho final do trabalho, com o Plano de Manutenção concluído.



**Figura 3: Processo de desenvolvimento do trabalho**  
 Fonte: Autor, 2015.

### 4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O Município de Novo Machado foi fundado no ano de 1992, juntamente com todas as secretarias. Seu parque de máquinas foi fundado no ano seguinte, e atualmente além de abrigar veículos da secretaria de obras, abriga também outros veículos de todas as secretarias existentes. (Figura 4)

As retroscavadeiras pertencentes à prefeitura de Novo Machado ficam alocadas no interior do parque, em uma área reservada para as máquinas mais usadas na secretaria de obras, que são as próprias retroscavadeiras, motoniveladoras, esteiras e outros.



**Figura 4: Parque municipal de máquinas de Novo Machado**  
**Fonte: Autor, 2015.**

#### 4.2 OBJETO DE ESTUDO: RETROESCAVADEIRA 416 E

A Retroescavadeira 416E de marca CATERPILLAR que pode ser vista na Figura 5 pertence à última geração de retroescavadeiras da empresa, cujas características incluem estilo moderno e funcional, além de oferecer amplo conforto para o operador, maior facilidade de controle, velocidade e poder de escavação.



**Figura 5: Retroescavadeira Caterpillar**  
**Fonte: Autor, 2015.**

Sua profundidade de escavação é de 4,36 metros com um braço padrão, de perfil em curva, para facilitar a execução de trabalhos sobre obstáculos, essencial em áreas urbanas, amplo alcance e profundidade de escavação. Além disso, a retroescavadeira é composta de um novo tipo de aço, o que a torna mais flexível em todos os tipos de trabalho que a mesma realiza, principalmente se tratando de escavação. O projeto desenhado para a retroescavadeira série 416E oferece bom

desempenho e força. Há ainda opção do braço extensível opcional de 5,45 metros.

Além de ser moderna, econômica, empregada nas construções urbanas, na execução de serviços de manutenção e conservação das estradas rurais, na construção de açudes, barreiras e cisternas, drenos e bueiros, além de executar reparos e serviços de rua. Estas são apenas algumas das aplicações das retroescavadeiras que também contribuem na melhoria de vida das pessoas que moram na zona rural. Não importa se é abrindo valas, aterrando ou manuseando materiais, a retroescavadeira foi projetada para atender as necessidades dos seus clientes.

Podemos dizer ainda sobre a máquina, que à fabricante destaca que a sua nova retroescavadeira série E dispõe das maiores forças de escavação da indústria. O projeto desenvolvido confere resistência e durabilidade nas aplicações mais severas.

### 4.3 COLETA DE DADOS

Para construção do plano de manutenção de forma correta inicialmente buscou-se realizar o levantamento de dados através de reuniões e entrevistas com a equipe que trabalha no setor de manutenção da prefeitura de Novo Machado.

Foram coletadas informações referentes ao funcionamento das retroescavadeiras, de que forma é realizada a manutenção das mesmas, se existe um padrão ou um organograma de manutenção a ser seguido pelos responsáveis por realizá-la, e quais são os itens que possibilitam uma inspeção de maneira mais ágil, ou seja, de forma visual e quais aqueles que dependem de uma abordagem mais demorada com necessidade de retirada de componentes do interior da máquina para verificação e manutenção.

#### 4.3.1 Tratamento dos Dados

Depois de feita a coleta de dados, foi preciso organizar as informações e agrupá-las levando em consideração a sua natureza. Para tanto se tornou necessária à confecção de uma lista de verificação com os dados coletados com o mecânico responsável, que pode ser vista no ANEXO A. Nesta lista de verificação foram colocados todos os itens que podem ser inspecionados de forma visual, itens estes que conforme arrolado na seção anterior foram apurados em entrevistas com operadores e mecânicos que reparam e utilizam as retroescavadeiras.

#### 4.4 APLICAÇÃO DA PLANILHA FMEA

Para aplicação da ferramenta FMEA foram utilizados os dados contidos no checklist das respostas dos operadores e mecânicos. Para todos os itens e sua respectiva função foram definidos possíveis modos de falha e quais os níveis de ocorrência, gravidade e a possibilidade de detecção destes. Fazendo uma multiplicação direta entre os três níveis, foi encontrado o risco de ocorrência de cada modo de falha. A Planilha FMEA aplicada pode ser visualizada no ANEXO B.

De posse dos itens mais suscetíveis a falhas e dos respectivos modos de falha mais críticos, partiu-se então para a elaboração do plano de manutenção. Cabe salientar que todos os itens dos checklist serão inspecionados em paradas para a manutenção, no entanto foram buscados os itens mais críticos em relação à falha, pois esses não podem esperar até a parada para manutenção e devem ser inspecionados de forma visual diariamente.

#### 4.5 ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

A partir dos modos de falha críticos definidos após a aplicação da planilha FMEA, e juntamente com dados de manutenção fornecidos no catálogo do fabricante da retroescavadeira foi elaborada uma proposta de plano de manutenção para o cenário atual das máquinas onde se alterou a atividade de manutenção e a periodicidade da mesma.

##### **4.5.1 Tipo de Manutenção e Método de Controle**

No plano de manutenção proposto a atividade de manutenção passa de Manutenção Corretiva Não Planejada para um modelo de Manutenção Preventiva baseada em uma Lista de Verificação Diária dos itens que possuem maior risco de falha da máquina. Já com relação ao método de controle o plano prevê que o Horímetro da máquina servirá como base para o controle da aplicabilidade correta do plano.

##### **4.5.2 Lista de Verificação de Manutenção Diária**

A Lista de Verificação Diária está exposta no ANEXO C. O total de itens que compõem a lista é formado pela junção dos itens que foram considerados críticos

pela planilha FMEA aplicada (RN >80) com os itens que necessitam de inspeção diária conforme o catalogo fornecido pelo fabricante.

#### 4.5.3 Manutenção Periódica Conforme Fabricante

Além da inspeção diária através Lista de Verificação que foi mencionada no item anterior, também serão realizadas paradas para inspeção e manutenção de acordo com o catálogo da retroescavadeira que é fornecido pelo fabricante do equipamento. Em cada parada serão inspecionados os itens que conforme catálogo devem ter uma atenção maior depois de determinado período de tempo de uso da retroescavadeira. Na Figura 6 que segue é ilustrado o processo de parada para manutenção.

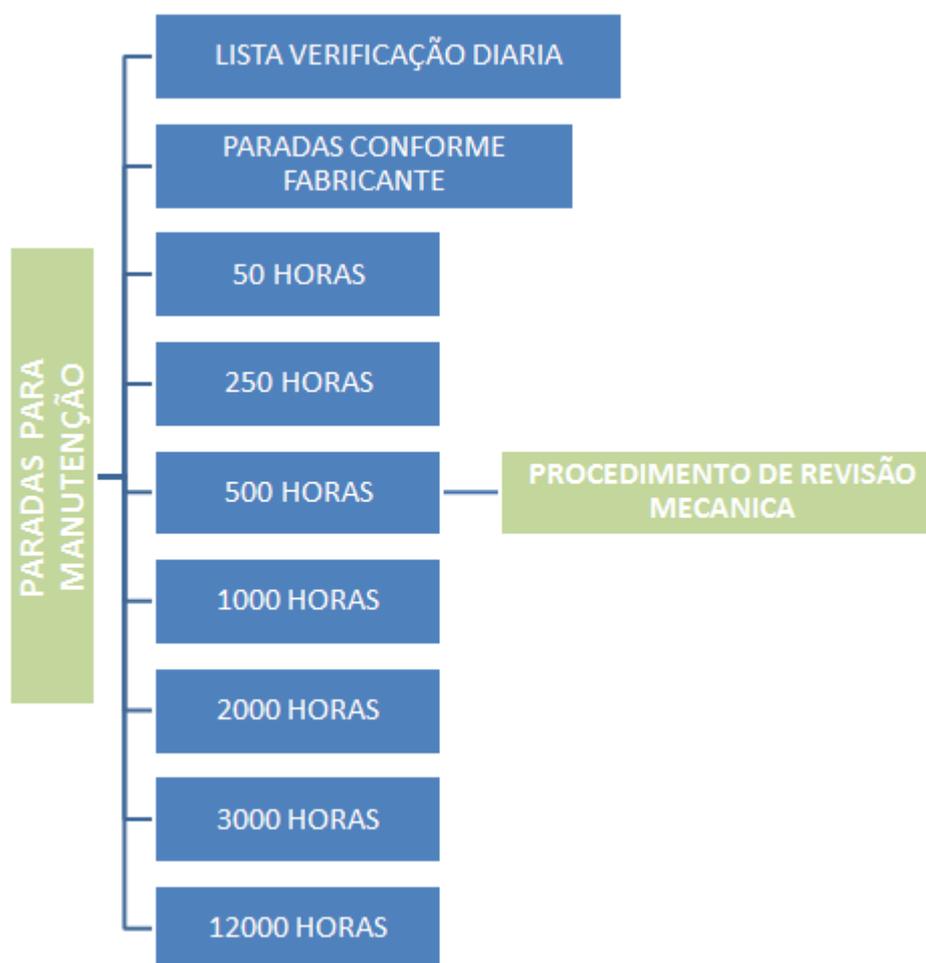


Figura 6: Processo de Parada para Manutenção  
Fonte: Autor, 2015.

A cada 50 horas de operação das retroescavadeiras é realizada uma parada para inspeção e manutenção onde são verificados os itens descritos na Figura 7.

<b>CADA 50 HORAS DE OPERAÇÃO</b>	
Freios de estacionamento e de serviço	Verificar os freios em máquinas novas ou reformadas, após as primeiras 50 horas de operação. Depois, verificar os intervalos normais
Eixo dianteiro com tração (se equipada)	Lubrificar as graxas.
Pneus	Verificar pressão de calibragem, conforme tabela
Filtro de cabine (ar fresco)	Limpar/inspecionar/substituir.
Tanque de combustível	Drenar a água e os sedimentos.
Estabilizador	Limpar/inspecionar.

**Figura 7: Parada para Manutenção – 50 Horas de Operação**  
Fonte: Catálogo do Fabricante, 2015.

Com 250 horas de operação da retroescavadeiras o fabricante recomenda uma nova para manutenção. Nessa parada são inspecionados os itens descritos na Figura 8.

<b>CADA 250 HORAS DE OPERAÇÃO</b>	
S.O.S - Análise de desgaste	Obter e analisar amostra de óleo do motor.
Óleo do cárter do motor (máquina em serviço pesado)	Troca o óleo e o filtro. Se o teor de enxofre no combustível for maior do que 1,5% por peso, usar um óleo com TBN de 30 e reduzir pela metade os intervalos de troca de óleo
Radiador	Adicionar aditivo suplementar. Se o líquido arrefecedor for o de vida estendida (ELC) a adição somente deverá ser feita com 3.000 horas
Eixo Traseiro	Inspeccionar o nível do óleo
Eixo dianteiro ( com ou sem tração)	Inspeccionar o nível do óleo
Correias do alternador, ventilador e compressor	Inspeccionar/ajustar.
Baterias	Inspeccionar
Freios de estacionamento e de serviço	Verificar/ajustar
Braço extensível (se equipada)	Inspeccionar.
Diferencial (dianteiro/traseiro)	Verificar o nível do óleo.
Comando Final (dianteiro/traseiro)	Verificar o nível do óleo.

**Figura 8: Parada para Manutenção - 250 Horas de Operação.**  
Fonte: Catálogo do Fabricante, 2015.

As paradas para Procedimento de Revisão Mecânica serão realizadas a cada 500 horas de operação de cada uma das retroescavadeiras. Os itens que serão verificados durante o procedimento foram coletados com o mecânico responsável

pela manutenção e estão dispostos no ANEXO D. Destes itens foi elaborada uma Planilha FMEA que esta exposta no ANEXO E. O conjunto de itens que forma a planilha de Procedimento de Revisão Mecânica é formado pelos itens que de acordo com o catalogo do fabricante a cada 500 horas devem ser avaliados em procedimento de revisão mecânica para manutenção, e pelos itens que conforme a planilha FMEA apresentam um histórico de falhas constantes, e, portanto podem ser considerados críticos em relação ao funcionamento das maquinas. Este conjunto está exposto na Figura 9.

ITENS A VERIFICAR	Estado		OBSERVAÇÕES
	Ruim	Bom	
Analise de desgaste da Transmissão			
Inspecionar sistema de combustível			
Verificar óleo do cárter do motor (serviço leve)			
Inspecionar filtrante do sistema hidráulico			
Inspecionar transmissão/conversor do torque			
Lubrificar juntas universais da transmissão			
Obter amostra do óleo do eixo do diferencial (traseiro/dianteiro)			
Lubrificar estria do eixo de comando			
Obter amostra do óleo do comando final (dianteiro/traseiro)			
Inspecionar barra axial do sistema de direção			
Verificar se existem vazamentos no sistema de alimentação do combustível			
Inspecionar Sistema Elétrico			
Fazer regulagem de Válvulas do Motor			
Verificar Sistema Hidráulico.			

DATA: \_\_/\_\_/\_\_
 USO AUTORIZADO POR: \_\_\_\_\_  
Mecânico

**Figura 9 Itens para Procedimento de Revisão Mecânica – 500 Horas de Operação**  
**Fonte: Autor, 2015**

Depois de 1000 horas de operação é feita uma parada para manutenção. Nessa parada são inspecionados e se necessário reparados, os itens disposto na Figura 10.

CADA 1.000 HORAS DE OPERAÇÃO	
TRANSMISSÃO/CONVERSOR DE TORQUE	Troca de óleo
ROLAMENTOS DAS RODAS DIANTEIRAS ( TRACÇÃO EM 2 RODAS)	Lubrificar.
EIXO TRASEIRO	Troca de óleo
EIXO DIANTEIRO COM TRACÇÃO ( SE EQUIPADA)	Troca de óleo
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO CONTRA CAPOTAGEM (SE EQUIPADA)	Inspecionar.
FOLGAS DAS VÁLVULAS DO MOTOR	Ajustar.
COMANDO FINAL (DIANTEIRO/TRASEIRO)	Troca de óleo

**Figura 10 Parada para Manutenção – 1000 Horas de Operação**  
**Fonte: Catálogo do Fabricante, 2015.**

Após 2000 horas de operação uma nova parada para manutenção é realizada. Nessa parada o fabricante recomenda que sejam revisados os itens de acordo com a Figura 11.

CADA 2.000 HORAS DE OPERAÇÃO	
SISTEMA HIDRÁULICO	Trocar o óleo
CÁRTER DO MOTOR	Substituir o respiro.
ÓLEO DO SISTEMA HIDRÁULICO	Trocar.
GÁS REFRIGERANTE	Substituir o secador.
LÍQUIDO ARREFECEDOR DO SISTEMA DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO (NÍVEL2)	Obter amostra.

**Figura 11 Parada para Manutenção – 2000 Horas de Operação**  
**Fonte: Catálogo do Fabricante, 2015.**

Para cada 3000 horas de operação da retroescavadeira é realizada a parada para manutenção onde é verificado o exposto na Figura 12.

CADA 3.000 HORAS DE OPERAÇÃO	
SISTEMA DE ARREFECIMENTO E REGULADOR DA TEMPERATURA DA ÁGUA	Limpar/substituir

**Figura 12 Parada para Manutenção – 3000 Horas de Operação**  
**Fonte: Catálogo do Fabricante, 2015.**

Com 1200 horas de operação é realizada uma nova parada para manutenção onde é inspecionado o disposto na Figura 13.

CADA 12.000 HORAS DE OPERAÇÃO	
Sistema de arrefecimento	Trocar o líquido de vida prolongada (ELC)

**Figura 13 Parada para Manutenção – 12000 Horas de Operação**  
**Fonte: Catálogo do Fabricante, 2015.**

#### **4.5.4 Ordem de Serviço**

Visando aumentar o controle sobre as falhas e quebras de equipamentos por falta de manutenção ou manutenção inadequada, foi elaborada uma ordem de serviço padrão, que em caso de falha ao final do dia de trabalho deve ser preenchida e anexada ao checklist de inspeção visual, para que no dia seguinte, antes de liberar a retroescavadeira para o trabalho o mecânico realize a manutenção especificada na ordem de serviço. A Ordem de Serviço pode ser vista no ANEXO F.

#### **4.6 ORGANIZAÇÃO DA MANUTENAÇÃO**

Com a elaboração do Plano de Manutenção foi possível a montagem de um Fluxograma da manutenção das retroescavadeiras marca Caterpillar modelo 416 E pertencentes à Prefeitura Municipal de Novo Machado. Este Fluxograma é o exposto no ANEXO G.

O plano de manutenção será sugerido ao responsável pelo setor de manutenção da prefeitura de Novo Machado. Espera-se que através da aplicação do mesmo ocorra uma diminuição tanto nas paradas mensais em razão de quebra do equipamento, quanto nos custos com compras de peças de reposição para as retroescavadeiras.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A proposta de um plano de Manutenção Centrada em Confiabilidade para as máquinas retroescavadeiras da Secretaria Municipal de obras da Prefeitura Municipal de Novo Machado que apresenta deficiências no setor de manutenção, apresentado como TCC, baseia-se na padronização das atividades de manutenção, controle de forma simples das rotinas de manutenção, fluxo de informações organizado, delegação de responsabilidade, valorização dos colaboradores, bem como melhorar de uma forma simples a programação de compra de peças para essas máquinas.

Utilizou-se para elaboração do plano de manutenção conceitos do FMEA e da manutenção centrada em confiabilidade (MCC), onde o principal objetivo era obter um modelo de plano de manutenção de fácil implementação na empresa estudada, que possa contribuir reduzindo o número de paradas imprevistas por causa de falhas e tempo de reparo, aumentando a confiabilidade, disponibilidade, segurança e vida útil dos componentes, com propósito de garantir qualidade e a eficiência, além de buscar a diminuição de quebras nas máquinas futuramente.

### **5.1 PROPOSTAS DE ESTUDOS FUTUROS**

O plano de manutenção proposto nesse Trabalho de Conclusão de Curso proporciona novos estudos voltados para o gerenciamento da manutenção. Vale ressaltar que a proposição de plano de manutenção é apenas o primeiro passo para se buscar a excelência nas organizações, havendo a necessidade de implantação do mesmo nas máquinas em estudo ou em outras que se adequem ao perfil do plano.

Sugere-se a aplicação desse modelo, a avaliação dos resultados e as adaptações necessárias como proposta de trabalho futuro, bem como a utilização de outras ferramentas encontradas na literatura sobre gerenciamento da manutenção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, D. C.; MELLO, C. H. P. **FMEA de Processo: Uma Proposta de Aplicação Baseada nos Conceitos da ISO 9001:2000**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_070\\_501\\_10838.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_070_501_10838.pdf)>. Acesso em: 22 nov 2012.

BARAN, Leandro Roberto. **Manutenção Centrada em Confiabilidade Aplicada na Redução de Falhas; Um Estudo de Caso**. UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Diretoria de Pesquisa e Pós Graduação, VII Curso de especialização em gestão ambiental produção e manutenção. Ponta Grossa, Paraná, 2011. MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO.

GURSKI, Carlos Alberto. **Curso de formação de operadores de refinaria: noções de confiabilidade e manutenção industrial**. Curitiba: PETROBRAS: UnicenP, 2002.

JUNIOR, Estevam Elpídio Campos. **Reestruturação da Área de Planejamento, Programação e Controle na Gerência de Manutenção Portuária – CVRD**, jun.2006. Disponível em: <[http://www.ebah.com.br/content/ABAAABGGUAK/planejamento programação manutenção](http://www.ebah.com.br/content/ABAAABGGUAK/planejamento_programacao_manutencao)>. Acesso em: 15 setembro 2014.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção - Função Estratégica**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Editora Eletrônica Abreu's System, 2002.

LEAL, F.; PINHO, A. F.; ALMEIDA, D. A. **Análise de Falhas Através da Aplicação do FMEA e da Teoria Grey**. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/revistagi/article/view/131/128>>. Acesso em: 25 nov 2012.

NEPOMUCENO, L.X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. São Paulo: Edgard Blucher, v1; 1989.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Provendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. Tradução Outras Palavras, São Paulo: IMAN, 1997.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção - Teoria e Prática**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.

RIBEIRO, H. **Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total. Banas Report**. EPSE, São Paulo, 2004.

SOUZA, Alisen Vlagno; GOMES, Jonas Canesin; FERNANDES, Rodrigo Sorbo. **Manutenção e Lubrificação de Equipamentos. Qualidade da mão de obra na manutenção**. UNIP – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica. Bauru, São Paulo, 2015.

SANTOS, Valdinei Gresco dos; MELLK, William Marcelo Telles. **Implantação de um Programa de Manutenção para as Máquinas da Prefeitura de Renascença – PR**.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. Departamento de Educação Profissional, Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial. Pato Branco, Paraná, 2011.

TAVARES, L. A. **Manutenção centrada no negócio**. 1ª edição. Rio de Janeiro: NAT, 2005.

TAVARES, Lourival. **Administração Moderna da Manutenção**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora Novo Polo Publicações, 2009.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e Controle de Manutenção**. Ed. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2002.

**ANEXOS**

## ANEXO A: DADOS COLETADOS COM MECÂNICO

	<p><b>Dados coletados com o Mecânico</b></p> <p><b>Data 16/10/2014</b></p>	<p><b>M.A</b></p> <p><b>01</b></p>
Forramento da cabine		
Posição do volante		
Visibilidade do Espelho Frontal Dianteiro		
Visibilidade do Espelho Traseiro		
Visibilidade do Espelho Lateral Esquerdo		
Visibilidade do Espelho Lateral Direito		
Posição e Funcionamento da Alavanca de Marchas		
Posição do Banco		
Estado de Conservação do Cinto de Segurança		
Posição das Alavancas Manuais Traseiras (Movimentação do Braço)		
Funcionamento das Luzes do Painel		
Verificar Funcionamento dos Piscas de Alerta		
Verificar se as Luzes da Máquina Ascendem		
Funcionamento do Ar Condicionado		
Funcionamento do Evaporador e Condensar do Ar Condicionado		
Calibragem dos Pneus Dianteiros		
Calibragem dos Pneus Traseiros		
Dentes da Caçamba ( Dianteira e Traseira)		
Dobradiça das Portas		
Cabos da Bateria		
Elemento Refrigerante do Ar Condicionado da Cabine		
Fixação da Mangueira do Sistema Hidráulico		
Estado Físico dos Engates Rápidos		
Verificar a Existência de Vazamentos visíveis no Sistema Hidráulico		
Fixação das Laterais da Máquina		
Reservatório do Limpador de Para-brisa		
Limpadores de Para brisa		
Verificar se todos os parafusos visíveis a olho nu da máquina estão apertados		
Verificar se o Relógio Marcador de Horas da Máquina esta Funcionando		

## ANEXO B: PLANILHA FMEA INSPEÇÃO VISUAL

ITEN	FALHAS POSSIVEIS			CONTROLE ATUAL	O	G	D	RN	AÇÕES RECOMENDADAS
	MODO	EFEITO	CAUSA						
 <b>Planilha FMEA</b> <b>O – Ocorrência</b> <b>S- Severidade</b> <b>D – Detecção</b> <b>RN – Risco (O *N *D)</b> <b>Retroescavadeira Caterpillar 416E</b>									
Forramento da cabine	Más condições da cabine	Risco de danos ao interior da maquina	Infiltrações, quebras de peças, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	6	4	6	144	Inspeção Diária
Volante	Ruídos e folga	Movimentação da maquina	Falta de líquido da direção	Manutenção Corretiva não planejada	3	6	1	18	Inspeção Diária
Espelho Frontal Dianteiro	Embasado	Diminui Visibilidade Frontal	Sujeiras e riscos	Manutenção Corretiva não planejada	3	2	1	6	Inspeção Diária
Espelho Traseiro	Embasado	Diminui Visibilidade para trás	Riscos, sujeiras, trincas.	Manutenção Corretiva não planejada	3	2	1	6	Inspeção Diária
Espelho Lateral Esquerdo	Posição errada	Diminuição visibilidade todo lado esquerdo	Algum choque da maquina, vento, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	3	2	1	6	Inspeção Diária
Espelho Lateral Direito	Posição errada	Diminuição visibilidade lado direito	Algum choque da maquina, vento, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	3	2	1	6	Inspeção Diária

**M.A**  
**02**

	Planilha FMEA								<b>M.A</b> <b>02</b>
	Retroescavadeira Caterpillar 416E				O – Ocorrência	S- Severidade			
Alavanca de Marchas	Dura, com ruídos.	Dificuldade em fazer as marchas	Falta óleo de direção	Manutenção Corretiva não planejada	4	2	1	8	Inspeção Diária
Banco	Dificuldade com os ajustes	Operador em posição errada	Falta graxa, quebra de alguma peça.	Manutenção Corretiva não planejada	5	2	1	10	Inspeção Diária
Cinto de Segurança	Frouxo, sem local de fixação.	Risco de acidente grave operador	Quebra de peças, pouca manutenção.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	1	25	Inspeção Diária
Alavancas Manuais Traseiras	Ajuste errado, ruídos.	Risco movimentação da maquina	Pouca lubrificação, peças ruins.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	1	25	Inspeção Diária
Luzes do Painel	Mau funcionamento	Risco parte elétrica.	Queima de fusíveis, relés, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	6	6	4	144	Inspeção Diária
Piscas de Alerta	Não ascendem	Parte elétrica.	Queima de bicos, falta bateria.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	1	25	Inspeção Diária
Luzes da Máquina	Não ascendem	Parte elétrica.	Pouca bateria, bicos, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	5	6	1	30	Inspeção Diária
Ar Condicionado	Não funciona corretamente	Cabine da maquina	Problemas com peças	Manutenção Corretiva não planejada	5	2	1	10	Inspeção Diária
Evaporador e Condensar do Ar	Mau funcionamento	Toda a maquina.	Falta de liquido, peças	M.Corretiva não Planejada	5	3	1	15	Inspeção Diária

	Planilha FMEA								<b>M.A</b> <b>02</b>
	O – Ocorrência      S- Severidade D – Detecção      RN – Risco (O *N *D)								
Retroescavadeira Caterpillar 416E									
Pneus Dianteiros	Muito usados, velhos.	Movimentação	Tempo de uso ultrapassado.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	1	25	Inspeção Diária
Pneus Traseiros	Muito usados, velhos.	Movimentação	Tempo de uso ultrapassado.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	1	25	Inspeção Diária
Dentes da Caçamba Dianteira e Traseira	Funcionamento adequado dos componentes da maquina.	Funcionamento componentes.	Quebra de dentes, trincas, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	6	6	4	144	Inspeção Diária
Dobradiça das Portas	Componentes da maquina ruins.	Movimentação.	Falta graxa, trincas, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	5	6	2	60	Inspeção Diária
Cabos da Bateria	Desgastados, não passam corrente.	Parte elétrica.	Tempo de uso excessivo, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	5	6	2	60	Inspeção Diária
Elemento Refrigerante do Ar Condicionado da Cabine	Pouco no sistema.	Toda a maquina.	Pouco elemento, peças ruins.	Manutenção Corretiva não planejada	5	6	2	60	Inspeção Diária
Mangueira do Sistema Hidráulico	Frouxas, com rasgos, etc.	Funcionamento da maquina.	Mangueiras velhas, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	6	6	4	144	Inspeção Diária
Engates Rápidos	Frouxos.	Risco ao funcionamento da maquina.	Quebra de peças.	Manutenção Corretiva não planejada	6	6	4	144	Inspeção Diária

	Planilha FMEA								<b>M.A</b> <b>02</b>
	O – Ocorrência      S- Severidade D – Detecção      RN – Risco (O *N *D)								
Retroescavadeira Caterpillar 416E									
Sistema Hidráulico	Pistões e mangueiras velhas.	Risco sistemas de funcionamento da maquina.	Falta lubrificação, peças ruins, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	2	50	Inspeção Diária
Laterais da Máquina	Peças soltas.	Risco movimentação da maquina.	Parafusos frouxos, etc.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	2	50	Inspeção Diária
Reservatório do Limpador de Para-brisa	Falta agua no reservatório.	Pouca visibilidade na chuva.	Reservatório quebrado.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	2	50	Inspeção Diária
Limpadores de Para brisa	Quebrados ou frouxos.	Funcionamento na chuva da maquina.	Parafusos ruins, palhetas desgastadas.	Manutenção Corretiva não planejada	6	6	4	144	Inspeção Diária
Parafusos Externos	Frouxos.	Mau funcionamento da maquina.	Parafusos velhos, desgastados.	Manutenção Corretiva não planejada	6	6	4	144	Inspeção Diária
Relógio Marcador de Horas da Máquina	Parado	Risco a manutenção da maquina	Peças velhas, pouca manutenção.	Manutenção Corretiva não planejada	7	6	4	168	Inspeção Diária

## ANEXO C: LISTA DE VERIFICAÇÃO DIÁRIA INSPEÇÃO VISUAL

ITENS A VERIFICAR	Estado		OBSERVAÇÕES
	Ruim	Bom	
	<b>Lista de Verificação Diária – Inspeção Visual</b> <b>Retroescavadeira Caterpillar 416 E</b> <b>Periodicidade: Diária</b> <b>Horímetro Máquina:</b>		<b>M.A</b>  <b>03</b>
Inspecionar Visualmente ao Redor da Máquina			
Limpar os vidros da janela			
Verificar nível do óleo do cárter do motor			
Verificar nível do óleo do sistema hidráulico			
Verificar o nível do óleo da transmissão			
Inspecionar o nível de água do radiador			
Inspecionar se a água do separador precisa de drenagem			
Inspecionar pontos de lubrificação com graxa			
Verificar se o aperto das porcas de rodas é o ideal			
Verificar nível do fluido de freios			
Inspecionar funcionamento da marcha ré			
Inspecionar nível de óleo no reservatório dos fluidos de freio			
Verificar nível do líquido de arrefecimento			
Verificar se o cinto de segurança está funcionando			
Inspecionar o forramento da cabine			
Ligar máquina e verificar se as luzes do painel funcionam			
Verificar estado dos dentes da caçamba			
Inspecionar os engates rápidos			
Verificar se os limpadores de para-brisa funcionam			
Verificar a existência de parafusos soltos no interior da			



## ANEXO D: DADOS COLETADOS COM MECANICO – 500 HORAS DE OPERAÇÃO

	<p>Dados coletados com o Mecânico</p> <p>500 horas funcionamento</p>	<p>M.A</p> <p>10</p>
Ruídos anormais no motor		
Sistema de arrefecimento e termostato		
Barra axial do sistema de direção		
Sistema hidráulico pistões		
Rotações		
Emissão de fumaça		
Sistema elétrico		
Funcionamento braço hidráulico		
Vazamento no sistema de alimentação do combustível		
Caixa de marchas		

## ANEXO E: FMEA – 500 HORAS DE OPERAÇÃO

ITEN	FALHAS POSSIVEIS			CONTROLE ATUAL	O	G	D	RN	AÇÕES RECOMENDADAS
	MODO	EFEITO	CAUSA						
 <p style="text-align: center;"><b>Planilha FMEA</b></p> <p style="text-align: center;">O – Ocorrência      S- Severidade D – Detecção      RN – Risco (O *N *D)</p> <p style="text-align: center;"><b>Retroescavadeira Caterpillar 416E – 500 horas</b></p>									
Ruídos anormais no motor	Motor ineficiente	Quebra de alguma peça, faltam regulagens.	Verificar regulagem de válvulas.	Manutenção Corretiva não planejada	2	10	10	200	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento
Sistema de arrefecimento e termostato	Temperatura da maquina sobe	Quebra de peças, filtros velhos, etc.	Verificar e substituir componentes.	Manutenção Corretiva não planejada	5	3	4	60	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento
Barra axial Sistema de direção	Direção pesada	Quebra de alguma peça, pouca lubrificação.	Existe folga na direção.	Manutenção Corretiva não planejada	6	7	10	420	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento
Sistema Hidráulico Pistões	Ruídos e alto consumo óleo.	Problemas em reparos, e lubrificação.	Substituir reparos e lubrificar.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	8	200	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento
Rotações	Motor sempre em rotação constante	Possível quebra de peças.	Substituir peças se necessário.	Manutenção Corretiva não planejada	4	4	6	96	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento

**M.A**  
**11**

	Planilha FMEA								<b>M.A</b> <b>11</b>
	Retroescavadeira Caterpillar 416E				O – Ocorrência	S- Severidade			
	D – Detecção								
Emissão de Fumaça	Descarga com defeitos	Possível quebra de peças.	Substituir respiros e escapamento.	Manutenção Corretiva não planejada	8	2	2	32	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento
Sistema elétrico	Descarga de bateria, falha sistema elétrico.	Problemas no chicote e sistema de aterramento.	Substituir peças.	Manutenção Corretiva não planejada	7	5	6	210	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento
Funcionamento braço hidráulico	Possível quebra de alavancas.	Problemas aceleradores manuais e quebra de peças.	Inspeccionar e substituir peças estragadas.	Manutenção Corretiva não planejada	5	5	5	125	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento
Vazamento no sistema de alimentação do combustível	Máquina perdendo força e falhando.	Possíveis problemas em mangueiras de alimentação combustível.	Verificar vazamentos em mangueiras e substituí-las.	Manutenção Corretiva não planejada	8	6	8	384	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento
Caixa de marchas	Ruídos, não é possível fazer as marchas.	Quebra de peças, engrenagens sem lubrificação adequada.	Inspeccionar peças e substituí-las se necessário.	Manutenção Corretiva não planejada	6	5	6	180	Inspeção a cada 500 horas de funcionamento

## ANEXO F: ORDEM DE SERVIÇO

	<b>Ordem de Serviço</b>  <b>Manutenção não-planejada</b>	<b>M.A</b>  <b>30</b>
NOME DO REQUERENTE: _____ FUNÇÃO: _____ CELULAR: _____ DATA: __/__/__		
<b>EQUIPAMENTO</b>  DESCRIÇÃO: _____ MARCA: _____ MODELO: _____ OBSERVAÇÕES: _____		
<b>SERVIÇO A EXECUTAR:</b> _____ _____ _____		
<b>MOTIVO DO SERVIÇO:</b> _____ _____ _____		
<b>SERVIÇO REALIZADO:</b> _____ _____ _____		
<b>PEÇAS UTILIZADAS</b>		
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR
Confirmando a realização dos serviços descritos E o uso das peças relacionadas.  DATA; __/__/__		
_____ Mecânico Responsável		

## ANEXO G: FLUXOGRAMA DA MANUTENÇÃO

