

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
EDUARDO PEDRO DA SILVA

N. CLASS.	M621.26
CUTTER	5586m
ANO/EDIÇÃO	2012

MANUTENÇÃO PRÓ-ATIVA EM SISTEMAS HIDRÁULICOS

Varginha
2012

FEPESMIG

EDUARDO PEDRO DA SILVA

MANUTENÇÃO PRÓ-ATIVA EM SISTEMAS HIDRÁULICOS

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Prof. Ms. Alexandre Lopes, coorientador Sergio de Oliveira Lopes e Rullyan Marques Vieira.

**Varginha
2012**

FEPESMIG

EDUARDO PEDRO DA SILVA

MANUTENÇÃO PRÓ-ATIVA EM SISTEMAS HIDRAULICOS

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta por:

Aprovado em / /

Prof. Ms. Alexandre Lopes (coordenador):

Prof. Erik Vitor da Silva:

Prof. João Mario Mendes de Freitas:

Obs.:

Dedico este trabalho a minha família, aos professores do Centro Universitário do Sul de Minas, e aos amigos conquistados nesses cinco anos de aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela determinação, e minha mãe Lourdes, irmãos João Paulo e Lidia, avós Luiz e Maria e aos que contribuíram para a realização deste.

Experiência é intensidade, não é extensão no tempo. **Cortella**

RESUMO

Com a concorrência do mercado globalizado as organizações buscam a excelência nos seus negócios. Diante desse desafio as empresas começaram a mudar o olhar no setor de manutenção, o que antes era visto como centro de custo passa a ser conhecido como centro de lucratividade. Isso acontece com a chegada de novas técnicas de manutenção que muda o conceito de consertar máquina para manter um ativo. Uma dessas técnicas é a Manutenção Pró-ativa com a filosofia de analisar e resolver o problema na sua causa raiz, aumentando o MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) e tendo como consequência uma série de vantagens; redução do gasto, aumento da disponibilidade, diminuição de peças sobressalente entre outras. Para um melhor entendimento dessa técnica será dado um exemplo de aplicação de manutenção pró-ativa, auxiliado por ferramentas de análise de causa raiz em uma prensa hidráulica focando o sistema hidráulico. Por fim demonstraremos algumas apresentações de case realizadas por diversas empresas em vários segmentos industriais.

ABSTRACT

With the competition of globalized market organizations seeking excellence in your business. Faced with this challenge companies began to change the look in the maintenance sector, which was once seen as a cost center becomes known as a center of profitability. This happens with the arrival of new maintenance techniques that change the concept the concept of repair machine to maintain an asset. One such technique is the Proactive with the philosophy to analyze and resolve the root cause of the problem, increasing the MTBF and as a consequence a number of advantages, reduced spending, increased availability, reduced spare parts among others. For a better understanding this technique will be given an application example of proactive maintenance, aided by tools root case analyses in a hydraulic press focusing on the hydraulic. Finally we demonstrate some case presentation made by various companies in various industries.

LISTA DE FIGURA

Figura 01 – Gestão Moderna de Manutenção.....	16
Figura 02 – Sistema Hidráulico.....	20
Figura 03 – Diagrama de Causa e Efeito.....	25
Figura 04 – Prensa Hidráulica.....	26
Figura 05 – Gráfico de Pareto (Falha no Sistema Hidráulica).....	27
Figura 06 – Gráfico de Pareto (Tipos de Falhas nas Válvulas).....	28
Figura 07 – Gráfico de Pareto (Tipos de Falhas na Bomba).....	35
Figura 08 – Gráfico de Pareto (Tipos de Falhas na Bomba).....	35

LISTA DE TABELA

Tabela 01: Tamanho relativo das partículas.....	22
Tabela 02: 05 Porquês nas Válvulas Travadas.....	29
Tabela 03: Plano de Ação 5W 1H.....	30
Tabela 04: 05 Porquês na Vedação do Atuador.....	36
Tabela 05: 05 Porquês no Desgaste de Peças da Bomba.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 CONCEITO MANUTENÇÃO	14
2.1 Manutenção no Cenário Global	14
2.2 Evolução da Manutenção	15
3 TIPOS DE MANUTENÇÃO	16
3.1 RCM (Manutenção Centrada na Confiabilidade)	16
3.1.1 Manutenção Corretiva.....	17
3.1.2 Manutenção Preventiva.....	17
3.1.3 Manutenção Preditiva.....	17
3.1.4 Manutenção Pró-ativa.....	18
4 SISTEMA HIDRAULICO	20
5 CONTAMINAÇÃO DO SISTEMA HIDRAULICO	21
5.1 Tipos de Contaminação	21
5.1.1 Contaminantes Proveniente do Ar	22
5.1.2 Contaminantes Proveniente da Agua	22
5.1.3 Contaminantes Proveniente de Partículas Solidas.....	23
6 MÉTODO E FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE FALHAS	24
6.1 Gráfico de Pareto	24
6.2 Método dos 05 Porquês.....	25
6.3 Diagrama de Ishikauwa (Diagrama Causa e Efeito)	25
7 APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRÓ-ATIVA	26
8 APRESENTAÇÃO DE CASE	31
9 CONCLUSÃO	32
10 REFERENCIAL TEÓRICO	33
APÊNDICE A	35
APÊNDICE B	36

1 INTRODUÇÃO

O mercado atual globalizado e a crise mundial que afeta países de primeiro mundo e os demais, forçam as organizações a buscarem a excelência segundo KARDEC, (2004) organizações buscam cada vez mais novas ferramentas de gerenciamento, que auxiliam no aumento de competitividade.

A manutenção que até os dias de hoje é considerada pela maioria das empresas brasileiras como, sendo um centro de custo e por tanto acaba sendo abandonada ou deixada de lado pela diretoria. Mas esse conceito está mudando e a manutenção começa a ser vista como o setor que mantém um ativo “maquina”. Pinto (2001) afirma que para a manutenção contribuir efetivamente a fim que a empresa caminhe rumo a excelência empresarial, é preciso que sua gestão seja feita com uma visão estratégica.

Nesse trabalho discutiremos a Manutenção Pró-ativa como um novo tipo de manutenção muito utilizada no Japão e EUA, com resultados jamais vistos antes em termos de redução de custo e aumento de disponibilidade e principalmente aumento da confiabilidade. Segundo Fitch (pág. 02, 2012) “a manutenção pró-ativa tem recebido atenção mundial como o meio mais importante de alcançar economias inalcançáveis pelas técnicas de manutenção convencionais”.

A Manutenção Pró-ativa se destaca por não aceitar as quebras como falhas rotineiras e sim como anomalias, que devem ser investigadas ate sua causa raiz e atuar de maneira que ela não volte a acontecer.

O trabalho da uma atenção especial ao sistema hidráulico que converte energia em força e movimento e tem grande aplicação em vários setores industriais. Será apresentado o grande vilão do sistema hidráulico a contaminação.

O problema contaminação é discutido amplamente desde sua origem e meios de entrar no sistema até os problemas e consequência por ela causado.

Em seguida demonstraremos uma investigação da causa raiz por meio de ferramentas e métodos bem conhecidos como; gráfico de pareto para identificar as principais causas, os 5 porquês para identificar o motivo da causa da falha e o diagrama de causa e efeito.

Tendo a informação dos resultados partiremos para criação de um plano de ação 5W 1H que permite a fácil visualização dos trabalhos a serem desenvolvidos bem como o porque por quem e quando.

Por fim citaremos algumas apresentações de case, são trabalhos de manutenção pró-ativa realizado por diversas empresas de vários segmentos, mas com algo em comum todas tiveram um excelente resultado, quase que inacreditável.

2 CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Segundo PINTO e XAVIER, (pag. 16, 1999) Manutenção é “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo adequados”.

A manutenção é um conjunto de ações técnicas e administrativa a fim de garantir as funções requeridas de uma maquina em todos os aspectos “operação de projeto, disponibilidade e confiabilidade”.

2.1 Manutenção de Classe Mundial

Segundo Pereira (2010) trabalho de manutenção de classe mundial é visto de duas maneiras manutenção de primeiro mundo e terceiro mundo.

- A. Manutenção de primeiro mundo; O profissional de manutenção trabalha de maneira a evitar a quebra da maquina e não concertar a maquina quebrada, o gerente reconhece que o problema não é a falta de gente, mas sim o excesso da demanda de serviços. Para o profissional de manutenção a filosofia de trabalho é prevenir, evitar, antecipar, pois ele sente-se bem quando consegue evitar a falha não programada.
- B. Manutenção de terceiro mundo; Trabalha no método apaga incêndio, ou seja, faz apenas o necessário para manter a maquina ou equipamento trabalhando, como conseqüências negativas temos;
 - a) Alta taxa de retrabalho
 - b) Falta de pessoal qualificado
 - c) Convivência com problemas crônicos
 - d) Falta de sobressalentes no estoque
 - e) Número elevado de serviços não previstos
 - f) Baixa Produtividade
 - g) Histórico de manutenção inexistente ou não confiável.
 - h) Falta de planejamento prévio
 - i) Abuso de "gambiaras"

j) Horas Extras em profusão

O Brasil se enquadra na manutenção de terceiro mundo não pela falta de conhecimento, mas sim pela falta de atitude, pois conhecemos e não fazemos.

2.2 Evolução da Manutenção

Segundo Tavares (1999), até 1914 a manutenção era executada pelo próprio pessoal da operação tendo uma importância secundária. Isso começou a mudar com a primeira guerra mundial e as linhas de montagem desenvolvidas por Henry Ford, as indústrias passaram a necessitar de equipes especializadas que pudessem realizar reparo nas máquinas o mais rápido possível esse tipo de manutenção é conhecido hoje em dia como manutenção corretiva.

A segunda geração inicia-se na segunda guerra mundial dando início à manutenção preventiva. É nesta época que os investidores avaliam os custos de manutenção e começam a enxergar a manutenção com outros olhos, ocupando assim posição hierárquica compatível à produção. A intervenção no equipamento antecipando as causas prováveis de falhas, através das ações determinadas em intervalos fixos de tempo, se caracteriza pela manutenção preventiva.

É na terceira geração, que se inicia a partir da década de 70, que os conceitos da manutenção preventiva são fundamentados na performance e desempenho dos equipamentos, e por meios de técnicas que fornecem diagnósticos preliminares de falhas dos equipamentos surge a manutenção preditiva. É neste período que as empresas iniciam o desenvolvimento tecnológico, crescendo na automação e mecanização e iniciando a medição da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

Na quarta geração surgem novas filosofias como Gestão de Ativos Industriais e Manutenção Pró-ativa, vêm sendo adotado por empresas de todo o mundo inicialmente nos países desenvolvidos para fazer frente aos desafios da economia globalizada, (ABRAMAN, 2008). Mas o desafio continua o mesmo, aumentar a confiabilidade e disponibilidade da máquina com redução dos gastos.

3 TIPOS DE MANTENÇÃO

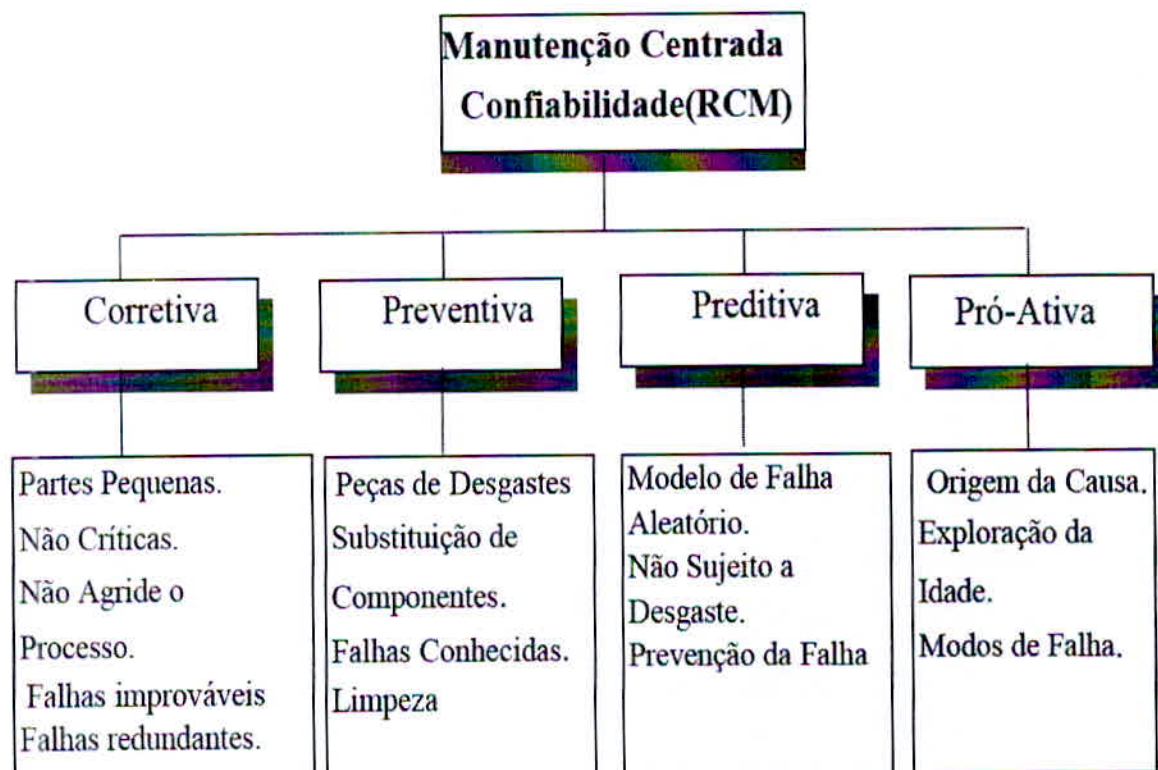
De acordo com SIQUEIRA (2005), os tipos de manutenção são também classificados de acordo com a atitude dos usuários em relação às falhas. Hoje em dia os mais conhecidos e utilizados são: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva, mas um novo tipo de manutenção vem roubando a cena no cenário mundial devido seus resultados a manutenção pró-ativa.

3.1 RCM (Manutenção Centrada na Confiabilidade)

O RCM (Manutenção Centrada na Confiabilidade) é o processo que é usado, para determinar a manutenção mais efetiva, envolve e identifica ações, que reduzem falhas com menor custo (Benedetti 2002).

Esse sistema de manutenção é muito usado em empresas de alto desempenho ainda é pouco utilizado no Brasil, o RCM trabalha com quatro tipos de manutenção aproveitando o que de melhor cada uma oferece como apresentada na figura 01.

Figura 01: Gestão Moderna de Manutenção



Fonte: NASA 1996

3.1.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva ocasiona a paralisação do processo produtivo. Devido a isso, é bastante onerosa no ponto de vista econômico, em virtude da quebra de produção e do lucro cessante. Para as indústrias modernas, tal manutenção não é a mais adequada, pois não possibilita segurança para o cumprimento de prazos num plano de produção.

Segundo Viana (2002) “a manutenção corretiva é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves conseqüências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente; se configura em uma intervenção aleatória, sem definições anteriores. —

3.1.2 Manutenção Preventiva

De acordo com Lafraia (2001) sobre a manutenção preventiva temos que é definida como “tarefas efetuadas a intervalos pré-determinados conforme critérios prescritos e planejados, destinadas a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do desempenho de um item”.

Esse tipo de manutenção gera alguns inconvenientes como a troca de peças e equipamentos nas máquinas muitas vezes desnecessário, em função das variações encontradas nos materiais e peças. Outra variável importante é o uso do equipamento em relação ao tipo de trabalho e tempo de trabalho, isso pode gerar a troca de uma peça que teria muito tempo de vida útil.

Portanto “esse tipo de manutenção é eficiente para os sistemas que sofrem algum tipo de degradação em um ritmo uniforme e para as quais os custos de uma falha sejam altos quando comparados aos da sua manutenção” (LIMA; MARCORIN, 2003).

3.1.3 Manutenção Preditiva

Segundo Viana (2002) a preditiva engloba tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentam prever a proximidade da ocorrência da falha.

Segundo Pereira (pág. 124, 2011) as principais técnicas de Manutenção Preditiva: termografia e análise de vibração.

- a) “Análise de vibração; é uma técnica aplicada há várias décadas, nos mais diversos segmentos industriais, para, por exemplo, detectar desbalanceamento de eixo e rolamento danificado.” (PEREIRA pág. 130, 2011)
- b) “As técnicas termográficas geralmente consistem na aplicação de tensões térmicas no objetivo, medição de distribuição da temperatura da superfície e apresentação da mesma de tal forma que as anomalias possam ser detectadas.” (PEREIRA pág. 124, 2011)

3.1.4 Manutenção Pró-ativa

Flores Filho (pág. 55, 2005) diz que “Manutenção Pró ativa caracterize-se por posturas, de atitudes e comportamentos ancorados no conhecido conceito antecipado de pró-atividade, ou seja, a capacidade de agir antes, prevenindo e antecipando a ocorrência de problemas”.

Segundo Fitch (pág. 04, 2012) a manutenção próativa “tem como objeto central aumentar a vida da máquina mecânica ao invés de (1) fazer reparos quando em geral nada está quebrado, (2) aceitar a falha como rotina e normal (3) substituindo a manutenção de falha de crise pela manutenção de falha programada”.

A manutenção pró-ativa consiste na “identificação e eliminação sistemática dos problemas potenciais relacionados com todos os aspectos de confiabilidade, disponibilidade e sustentabilidade” (HANSEN, 2002).

Seguem algumas vantagens da utilização da manutenção pró-ativa (OTANI; MACHADO, 2008) (HUANG, R. ET AL., 2007) (LEE, JAY ET AL, 2006)

- a) Redução de custos com manutenção e eliminação de reparos desperdiçados.
- b) Redução de peças e equipamentos em estoque.
- c) Diminuição das paradas do processo produtivo, aumentando a disponibilidade.
- d) Previsibilidade para vida do equipamento e da ocorrência das falhas.
- e) Disponibilidade de informações precisas e em tempo real sobre a condição da planta industrial.
- f) Planejamento da manutenção.
- g) Plantas industriais ficam mais seguras e preservadas.

As possíveis desvantagens dessa estratégia.

- a) Requer uma equipe de manutenção mais capacitada e treinada com as novas tecnologias.
- b) Cada aplicação é desenvolvida unicamente para um determinado equipamento.
- c) Custo inicial alto para implantação.
- d) A implantação exige um maior investimento de recursos e de tecnologia, quando comparada com outros tipos de manutenção.
- e) Falhas no sistema de monitoramento da planta podem causar prejuízos incalculáveis.

Segundo (Boza 2009) a manutenção pró-ativa tem sido apresentada como uma solução inovadora para melhorar a gestão de manutenção em plantas industriais com sistemas produtivos complexos e críticos.

Ao se adotar a estratégia de manutenção pró-ativa, a monitoração, o diagnóstico e prognóstico são extremamente necessários para se alcançar um desempenho onde o número de paradas tende a ser o mais próximo de zero possível.

4 SISTEMA HIDRÁULICO

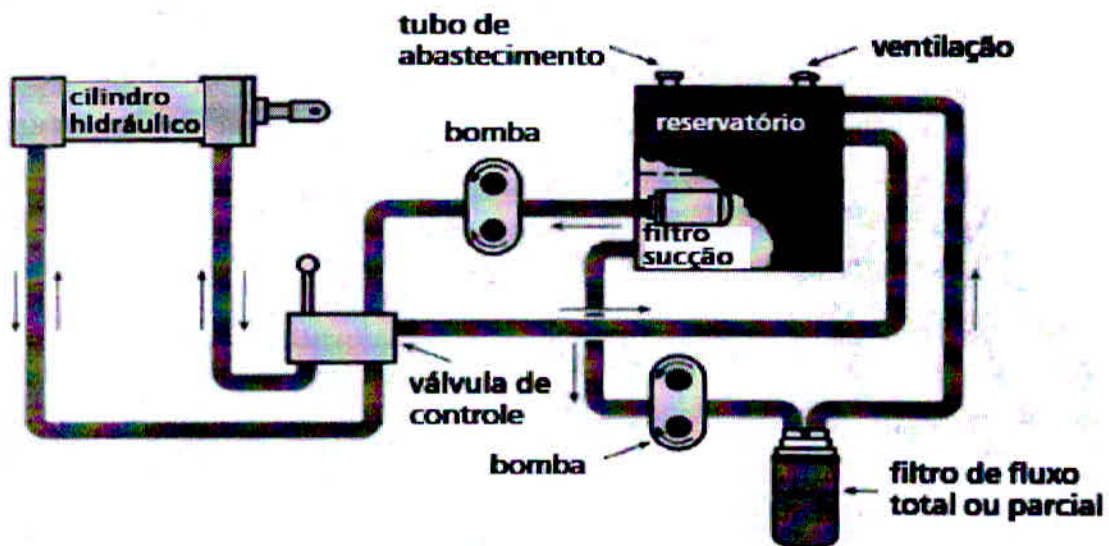
Os sistemas hidráulicos são agentes conversores de energia para a obtenção de força e/ou movimento controlado para as mais diversas aplicações em que se necessita precisão, velocidade controlada, elevada força e reversões de sentido de deslocamento, além de possibilitarem atuação em ambientes e condições críticas de operação onde as opções pneumáticas, elétricas ou mecânicas ainda apresentam algum grau de deficiência. (Parker)

Os campos de aplicação dos sistemas hidráulicos são os mais variados, desde os convencionais de aplicação industrial para obtenção de movimentos, aplicados em máquinas operatrizes, passando por aqueles utilizados em sistemas de controle fino de posição de elementos de máquina como rolos e cadinhos na siderurgia, submarinos e aeronáuticos.

Os sistemas hidráulicos são constituídos basicamente por um motor movido a energia elétrica, bomba, controle de fluxo e pressão, válvulas direcionais, atuadores lineares ou rotativos, conforme diagrama e figura abaixo:



Figura 02: Sistema Hidráulico



Fonte: Parker

5 CONTAMINAÇÃO DO SISTEMA HIDRAULICO

Os especialistas relatam que 70 a 80% de quebras em máquinas hidráulicas o responsável é a contaminação do sistema hidráulico. A contaminação causa problemas nos sistemas hidráulicos porque interfere no fluido, que tem quatro funções. (Parker)

- a. Transmitir energia.
- b. Lubrificar peças internas que estão em movimento.
- c. Transferir calor.
- d. Vedar folgas entre peças em movimento.

A contaminação interfere em três destas funções. Interfere com a transmissão de energia vedando pequenos orifícios nos componentes hidráulicos, o trabalho das válvulas não é apenas imprevisível e ineficiente, mas também insegura.

Devido à viscosidade, atrito e mudanças de direção, o fluido hidráulico gera calor durante a operação do sistema. Quando o líquido retorna ao reservatório, transfere calor às suas paredes. As partículas contaminantes interferem no esfriamento do líquido, por formar um sedimento que torna difícil a transferência de calor para as paredes do reservatório.

Provavelmente, o maior problema com a contaminação num sistema hidráulico é que ela interfere na lubrificação. A falta de lubrificação causa desgaste excessivo, resposta lenta, operações não seqüenciadas, queima da bobina do solenóide e falha prematura do componente.

O contaminante pode ser considerado um inimigo invisível, suas partículas são tão pequenas que não conseguimos observá-las a olho nu. As partículas que causam maior dano ao sistema têm seu tamanho de um micron a vinte microns esta geralmente é o tamanho da folga de bombas e válvulas.

Veja na tabela 01 o tamanho de certas substâncias, para ter um comparativo.

Tabela 01

Tamanho Relativo das Partículas		
Substância	Microns	Polegadas
Grão de sal refinado	100	.0039
Cabelo Humano	70	.0027
Limite máx. de visibilidade	40	.0016
Farinha de trigo	25	.0010
Células Verm. do sangue	8	.0003
Bactéria	2	.0001

Fonte: Parker

5.1 Tipos de Contaminação

A contaminação acontece a todo o momento desde o transporte do óleo hidráulico até seu trabalho na máquina.

5.1.1 Contaminação Proveniente do Ar

As vias mais comuns de acesso de ar no sistema hidráulicos são as fugas nas bombas ou cilindros, junto às furações de entrada de óleo. As bolhas de ar que passam pela bomba geram degradação interna porque o óleo hidráulico tem a função de lubrificar as folgas, aumenta o esforço da bomba para atingir a mesma pressão já que o ar é 20.000 vezes mais compressível que o óleo e causa oxidação em todo sistema. (NEGRI 1998)

5.1.2 Contaminação Proveniente da Água

“A água é encarada como um contaminante universal e, como contaminante, deve ser eliminada sempre que possível dos fluidos em operação.” (NEGRI pag. 49, 1998)

Assim como as partículas sólidas, a água contribui para a diminuição da vida útil dos componentes do sistema hidráulico sendo, tão indesejável como qualquer outro contaminante. Sua presença nos fluidos acarretará danos como:

- a) Falha dos aditivos
- b) Desgaste abrasivo acelerado

- c) Variação da viscosidade
- d) Aumento da condução elétrica
- e) Corrosão da superfície do metal

5.1.3 – Contaminação Proveniente de Partículas Solida

As partículas solidas podem surgir no sistema de varias maneiras; do ambiente externo como poeira, pano esquecido durante a limpeza e outros, ambiente interno devido a utilização do sistema que degrada naturalmente os componentes como bomba, válvulas, mangueiras, cilindros e a partir da contaminação do sistema onde partícula gera partícula uma reação em cadeia. (PEREIRA 2010)

6 MÉTODOS E FERRAMENTAS DE ANÁLISE FALHAS

Pereira (2011) diz que, as falhas possuem duas linhas básicas de análise para identificação e redução de seus efeitos.

- a) Falha por quebra de peças ou subsistema.
- b) Falha por erro humano.

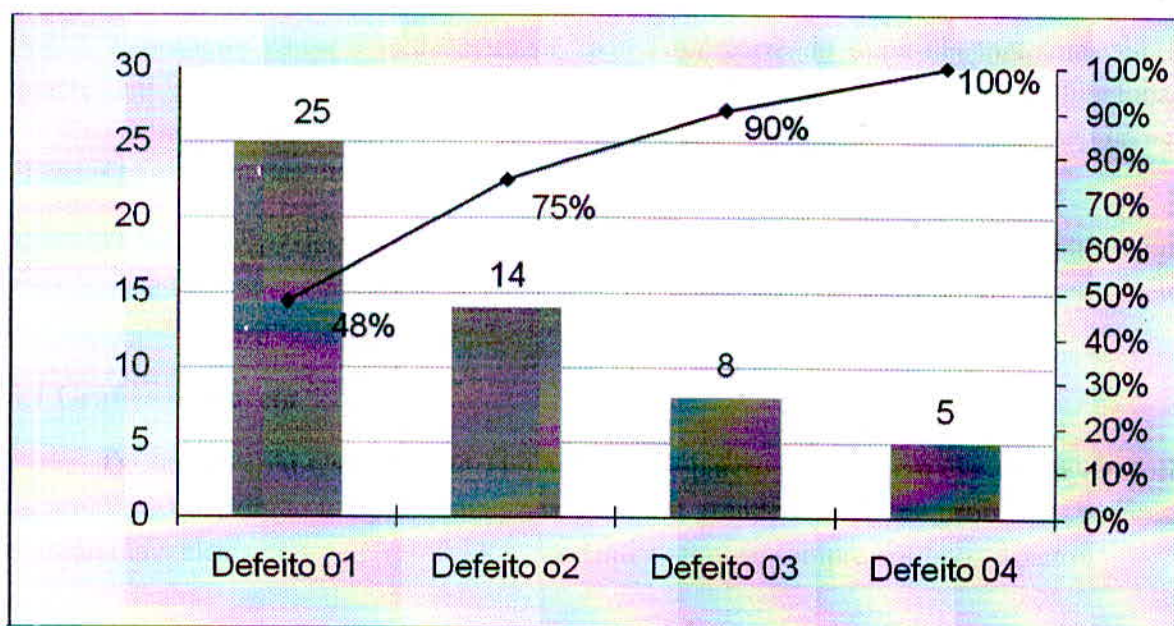
A primeira causa é mais evidente, por fazer parte do dia-a-dia tanto nas fabricas quanto em nossa residência, por exemplo, um aparelho de som para de funcionar e imediatamente é consertado. A segunda causa por erro de operação, geralmente não há ações eficazes para evitar sua ocorrência.

O Engenheiro de Manutenção deve implantar em seu ambiente de trabalho técnicas para análise das causas de falhas. Os métodos mais utilizados são; gráfico de pareto, método dos 5 Porquês e diagrama de Ishikawa.

6.1 Gráfico de Pareto

De acordo com Campos (2004) o Método de pareto consiste em classificar e priorizar os problemas dividindo um problema grande em um grande número de problemas menores e que são mais fáceis de serem resolvidos, fundamentando-se sempre em fatos e dados.

Figura 03: Gráfico de Pareto



Fonte: O autor

6.2 Método do 5 Porquês

Segundo Pereira (2011) “este método define uma das raízes possíveis do problema e tenta explicá-la por meio das respostas dadas aos porquês” questionados pelos componentes do Time Multidisciplinar.”

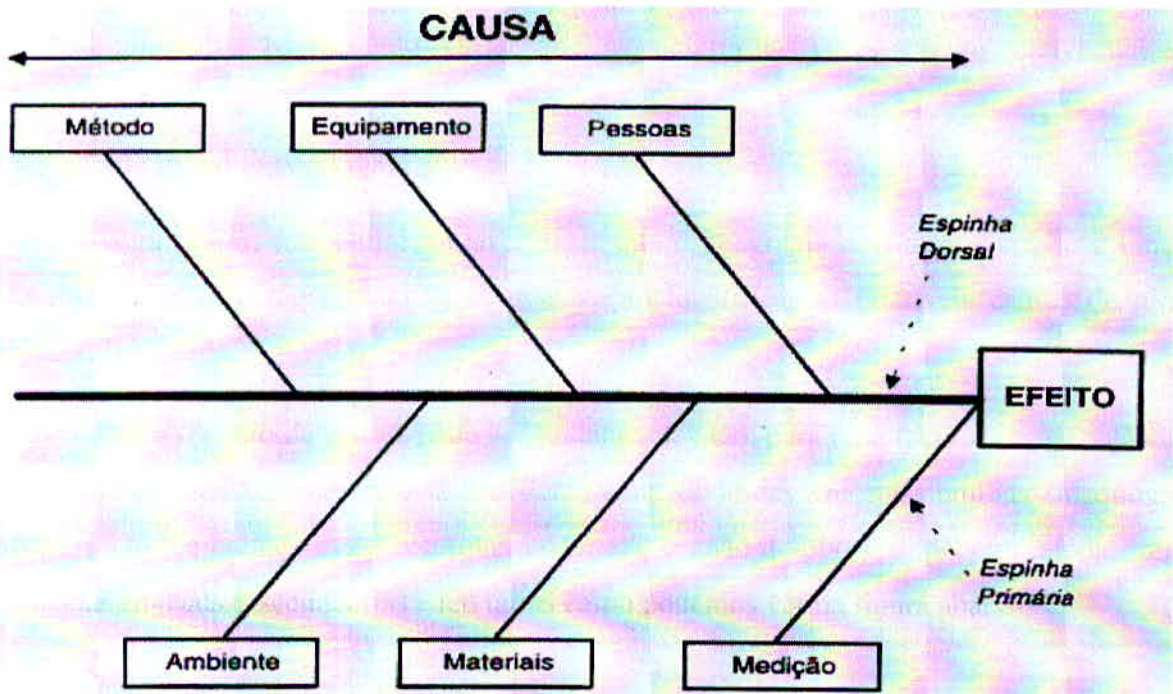
O importante é que esta ferramenta sirva para exercitar as idéias e retirar a pessoa de sua zona de conforto, que a desafie a buscar conhecimento e a observar o que acontece a sua volta. Este numero se baseou pelo fato de que, na maioria das vezes se consegue chegar a causa fundamental após cinco perguntas.

6.3 Diagrama de Ishikawa (Diagrama de Causa e Efeito)

Oliveira (1996) traz definição ao afirmar que o Diagrama de Causa e Efeito é uma representação gráfica que possibilita à organização identificar as possíveis causas de um problema.

Como o número de causas pode ser bastante elevado, para uma melhor organização e visualização do diagrama, as causas são geralmente divididas em seis famílias (máquina, método, meio ambiente, matéria-prima, materiais e mão-de-obra) e podem, ainda, ser ramificadas em causas secundárias e terciárias como podemos ver na figura abaixo.

Figura 04: Diagrama de causa e efeito

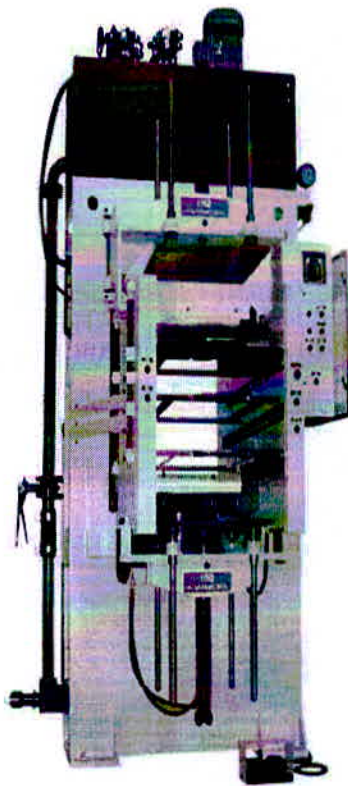


7 APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRÓ-ATIVA

Na realização deste trabalho a primeira ação tomada foi definir o problema, o motivo da realização da pesquisa. Foi acordado que o trabalho seria realizado em sistemas hidráulico por estar presente em um grande numero de maquinas com diversas aplicações, por conter componentes de valor elevado e estar relacionado ao meio ambiente uma vez que o fluido de trabalho é o óleo hidráulico.

Para efeito de simulação da aplicação da Manutenção Pró-ativa, utilizaremos uma prensa hidráulica como mostra a figura.

Figura: Prensa Hidráulica

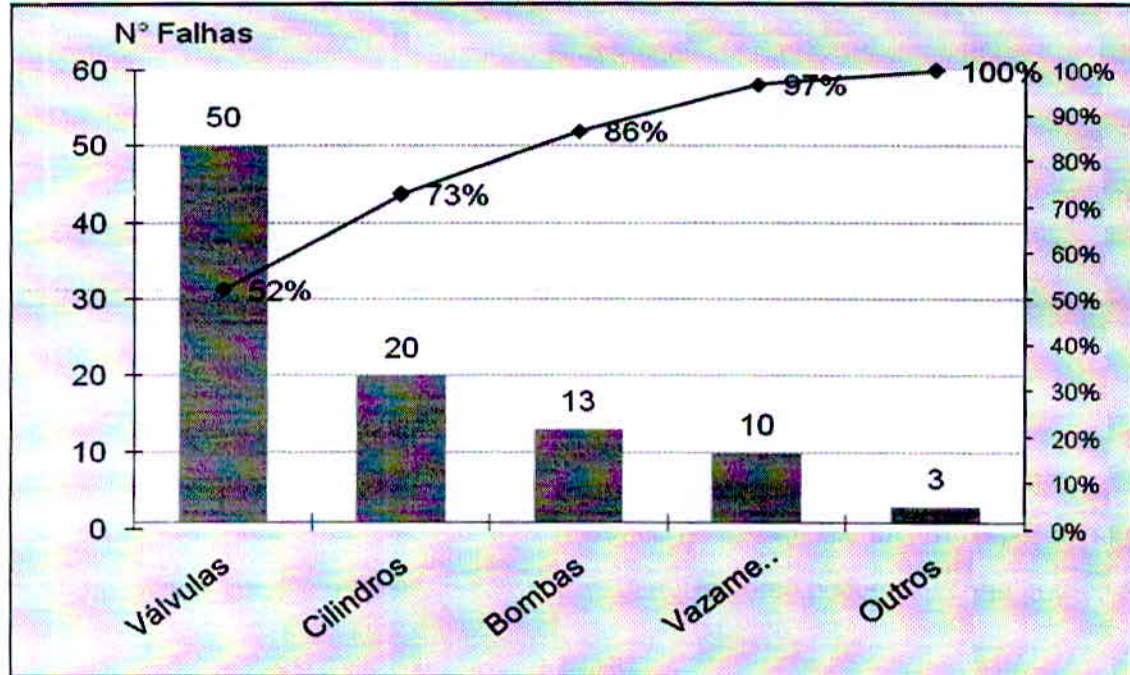


Fonte: Advanced

O primeiro passo é analisar o histórico da maquina para entender o quais os problemas de maior relevância. Com o histórico será elaborado um relatório de dados contendo informações como; numero de paradas; componentes danificados; componentes trocados entre outros.

Com os dados em mãos usaremos o gráfico de Pareto. Ele identifica por meio gráfico os componentes que são os maiores causadores de falha como podemos ver no gráfico abaixo.

Figura 05: Gráfico de Pareto (Falhas no Sistema Hidráulico)



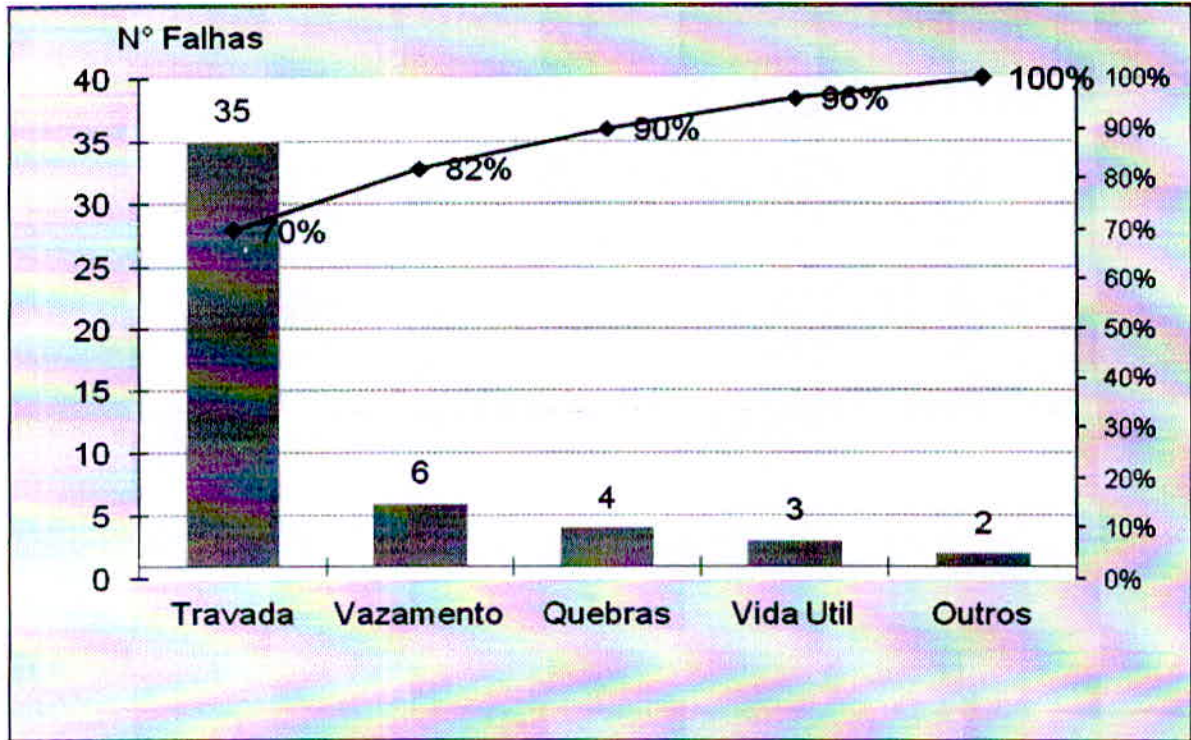
Fonte: O autor

No gráfico podemos observar que metade das falhas ocorrem nas válvulas seguido dos atuadores (cilindro) e bombas, juntos eles correspondem a 80% das falhas.

O gráfico de Pareto diz

Para entender melhor as falhas que ocorrem nas válvulas vamos abrir outro gráfico Pareto para as válvulas.

Figura 05: Grafico de Pareto (Motivo de Falhas na Valvula)



Fonte: O autor

Com os dois gráficos de pareto identificamos qual o componente que mais falhou e o tipo de falha como mostra o gráfico acima.

Agora temos que descobrir o que levou a válvula falhar, para isso será necessário reunir a equipe para utilizar uma técnica conhecida como os 5 Porquês. Veja na tabela abaixo como a causa da falha fica evidente.

Tabela 01: 05 Porquês na Válvula Travada

Pergunta	Resposta
Por que a válvula travou?	Alojamento do carretel menor.
Por que o alojamento do carretel ficou menor?	Incrustação de partículas solida.
Por que aconteceu a incrustação de partículas solidas?	Não tinha filtro antes da válvula.
Por que não tinha filtro antes da válvula?	Maquina antiga, não constava no projeto.

Fonte: O autor

A partir daqui a investigação da causa da falha ou causa raiz esta encerrada, o procedimento deve ser feito com os atuadores e as bombas também como segue em anexo. A partir desse banco de informações deve ser desenvolvido um plano de ação nesse caso hipotético vamos trabalhar com o 5W 1H.

O 5W e 1H auxilia na identificação de ações e responsabilidades de forma precisa para a execução de uma tarefa.

Tabela 02: Plano de Ação 5W 1H

PLANO DE AÇÃO 5W 1H					
WHAT	WHO	WHEN	WHERE	WHY	HOW
(O QUE)	(QUEM)	(QUANDO)	(ONDE)	(POR QUE)	(COMO)
Analisar possibilidade de implantar filtro antes da válvula.	Engenheiro Manutenção	-	Prensa Hidráulica	Evitar que a contaminação chegue à válvula	Aplicando a Engenharia de Manutenção
Revisar manutenção preventiva	Engenheiro Manutenção	-	Programação de Manutenção	Para inspecionar trocador de calor	Teste periódico sob pressão
Verificar filtros em relação ao projeto da máquina.	Mecânico 01	-	Prensa Hidráulica	Diminuir contaminantes do banco hidráulico	Verificando informação do manual da máquina e do filtro
Implantar a monitoração de contaminantes no sistema hidráulico	Gestor de Manutenção	-	Prensa Hidráulica	Para avaliar o sistema hidráulico em períodos	Por meio de contador de partículas

Fonte: O autor

8 APRESENTAÇÃO DE CASE

São vários os estudos realizados ao redor do mundo que comprovam a eficácia da manutenção pro ativa trabalhando no controle de contaminação.

A Oklahoma State University relata que quando o fluido é mantido 10 vezes mais limpo a vida das bombas hidráulicas é aumentada 50 vezes.

De acordo com a Caterpillar, “sujeira e contaminação são de longe a causa número um das falhas do sistema hidráulico”. A J. 1. Case diz que “uma coisa é verdadeira sobre sistemas hidráulicos: os sistemas devem ser mantidos limpos — imaculadamente limpos — a fim de atingir a produtividade que são capazes”.

A Nippon implantou um programa de controle da contaminação de sistemas hidráulicos em toda a fábrica, envolvendo ambos: filtragem melhorada e monitoramento rigoroso da limpeza do fluido — a frequência de troca de bombas foi reduzida a um quinto e a frequência acumulada de todas as falhas devidas a desgaste e contaminação foram reduzidas a um décimo.

A Kawasaki Steel, para não ser ultrapassada, implantou um programa de controle de contaminação similar e conseguiu uma redução quase inacreditável de 97% nas falhas de componentes hidráulicos.

O estudo da BHRA cobriu um período de 3 anos e baseou-se numa experiência de campo com 117 máquinas hidráulicas, cuidadosamente monitoradas, de oito categorias (moldagem por injeção, máquinas ferramentas, movimentação de material, móvel/ construção, marítimo, trabalho com metal, bancadas de teste e diversos). Os resultados do estudo mostraram uma relação expressiva entre níveis de contaminação do fluido e vida útil. Limpeza melhorada do sistema atingiu tempo médio entre falhas (mean time between failures - MTBF) real aumentado de 10 a 50 vezes, dependendo da limpeza.

Um estudo do Naval Air Development Center em Warminster, Pennsylvania (EUA), realizado em bombas hidráulicas de avião, mostrou um aumento de aproximadamente 4 vezes na vida útil com 66 por cento de melhoria na filtragem e aumento de 13 vezes na vida útil com 93 por cento de melhoria na filtragem.

9 CONCLUSÃO

As empresas que buscam a excelência organizacional dependem de um setor de manutenção que tenha alta disponibilidade e confiabilidade de máquina, com um custo adequado. Nos últimos anos a Manutenção Pró-ativa vem se destacando por seus resultados. Neste trabalho destacamos as vantagens e desvantagens da Manutenção Pró-ativa, em seguida descrevemos alguns métodos e ferramentas de análise de falha como: gráfico de Pareto, diagrama causa e efeito e 5 Porquês. A fim de um melhor entendimento exemplificamos um processo de investigação de causa raiz da falha. Detalhamos o processo desde a análise do histórico da máquina até o plano de ação devidamente elaborado. Por fim apresentamos alguns estudos de caso realizados por empresas de credibilidade e muito respeitadas que obtiveram resultados surpreendentes.

10 REFERENCIAL TEÓRICO

BENEDETTI Julinho Alberto. **Manutenção Centrada em Confiabilidade e Análise de Vibração**. UFRGS Porto Alegre, Julho, 2002

BOSA, Jeferson Luiz. **Sistemas Embarcados para a Manutenção Inteligente de Atuadores Elétricos**. UFRG, Porto Alegre, 2009

CAMPOS, V. F.; **TQC – Controle de Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8º ed., Nova Lima – MG, INDG Tecnologia e serviços LTDA, 2004.

FITCH, James C. **Manutenção proativa pode economizar 10 vezes mais do que práticas de manutenção preditiva/preventiva convencionais**. Disponível em <www.revistaelo.com.br/downloads/proativa.pdf> acesso em 09, abr 2012.

FLORES Filhos Joubert f. **A Manutenção no segmento metro-ferroviário**. Revista ferroviária, Rio de Janeiro, pag. 55 outubro/2004

HUANG, R.; XI, L.; LI, X.; ET AL. **Residual life predictions for ball bearings based on self-organizing map and back propagation neural network methods**. Mechanical Systems and Signal Processing, v. 21, n. 1, p. 193-207. doi: 10.1016/j.ymsp.2005.11.008,2007.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade**. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2001

NASA-National Aeronautics and Space Administration,. **“RCM Guide for Facilities and Collateral Equipment”**. 1996

NEGRI, Victor Juliano. **Automação e Controle Experimental em Hidráulica e Pneumática**. UFSC Florianópolis, 1998.

OTAMI, M.; MACADO, W. V. **A Proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na base da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, 2008.

PARKER Hannifin. **Manual de Instalação e Manutenção Para Unidades Hidráulicas**. Jacaré SP. www.parker.com.br acessado em 25/08/2012. Paulo: Atlas, 2002.

PEREIRA, Mário Jorge da Silva. **Técnicas Avançadas de Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2010

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção – Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2011.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. - **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

PINTO, Alan Kardec. **Manutenção Empresarial. Revista Manutenção:** Revista oficial da ABRAMAN. Rio de Janeiro, n. 80, mar./abr., 2001.

PINTO, Alan Kardec; NASCIF, Júlio Aquino. **Manutenção: função estratégica.** 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São UBQ (União Brasileira da Qualidade – MG). **Coletânea dos Estudos de Caso apresentado na 7ª Convenção Mineira de TPM / 4ª Convenção Brasileira de TPM.** Belo Horizonte, 2007.

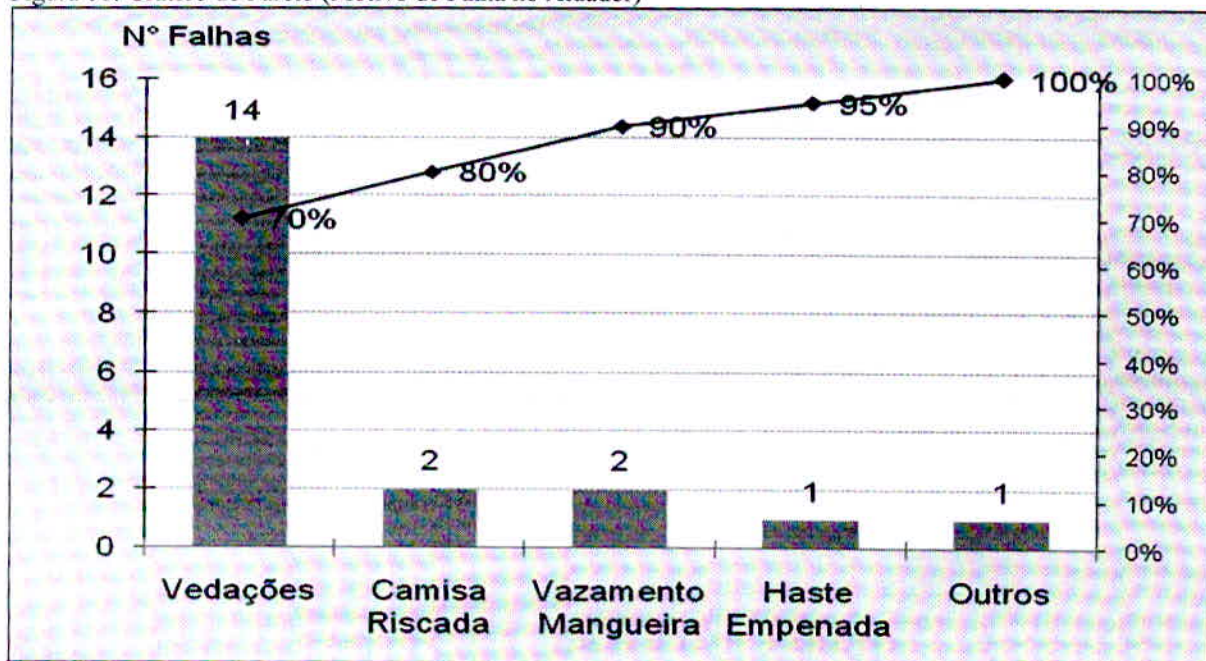
VAZ, José Carlos. **Gestão da manutenção.** 2. ed. Edgard Blücher São Paulo,; 1998.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM – planejamento e controle de manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: planejamento e controle da manutenção.** Qualitymark, Rio de Janeiro.192p 2002

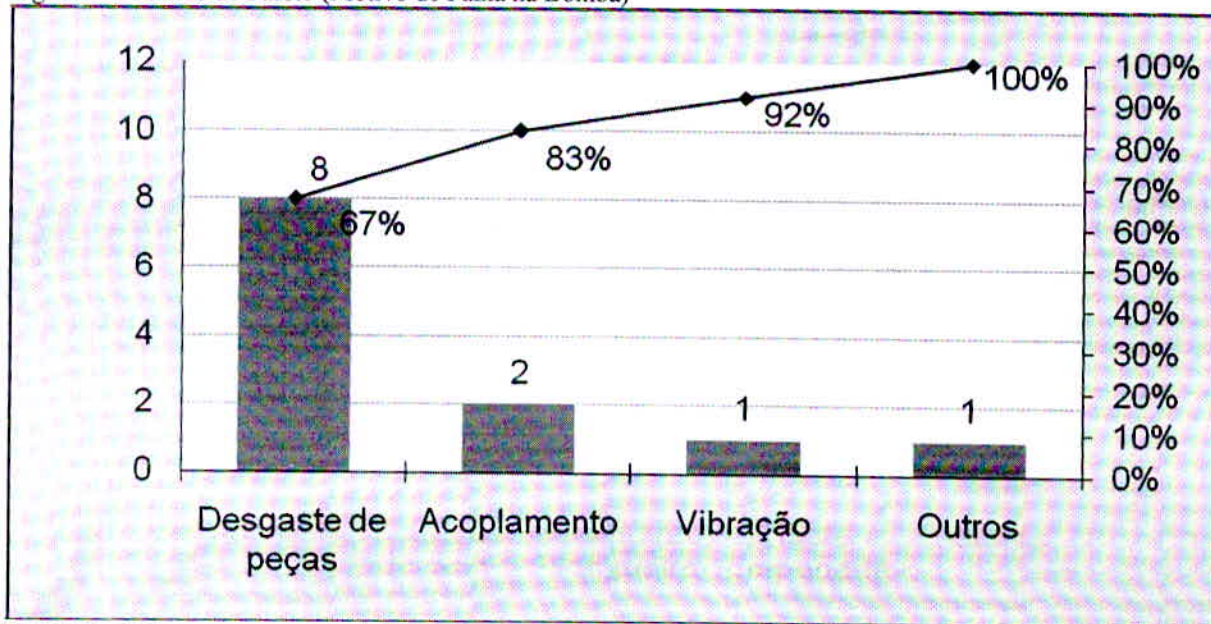
APÊNDICE A – GRÁFICO DE PARETO

Figura 06: Gráfico de Pareto (Motivo de Falha no Atuador)



Fonte: O autor

Figura 07: Gráfico de Pareto (Motivo de Falha na Bomba)



Fonte: O autor

APÊNDICE B – ANÁLISE DO 5 PORQUÊS

Tabela 03: Análise do 5 Porquês nas Vedações do Atuador

Pergunta	Resposta
Por que as vedações danificaram?	Óleo hidráulico muito quente.
Por que o óleo hidráulico estava muito quente?	As paredes do reservatório não estavam trocando calor com o ambiente.
Por que as paredes do reservatório não estavam trocando calor com o ambiente?	Incrustação de sólidos na parede do mesmo.
Por que ocorreu incrustação de sólidos na parede do mesmo?	Devido a contaminação.
Por que ocorreu a contaminação?	Filtro de retorno com fora do especificado.

Fonte: O autor

Tabela 04: Análise do 5 Porquês no Desgaste de Peças da Bomba

Pergunta	Resposta
Por que a bomba falhou?	Desgaste de peças.
Por que ocorreu o desgaste de peças?	Falta de lubrificação
Por que faltou lubrificação?	Água no óleo.
Por que tinha água no óleo	Trocador de calor com furo.

Fonte 05: O autor