

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC DR. NEWTON DA COSTA BRANDÃO
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Alan Biazetto Pache

**SISTEMAS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA
AUMENTO DA CONFIABILIDADE E IMPLANTA-
ÇÃO EM VEÍCULOS DE FROTAS E COMERCIAIS**

Santo André – São Paulo
2013

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC DR. NEWTON DA COSTA BRANDÃO
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Alan Biazetto Pache

**SISTEMAS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA
AUMENTO DA CONFIABILIDADE E IMPLANTA-
ÇÃO EM VEÍCULOS DE FROTAS E COMERCIAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia Eletrônica Automotiva da FATEC Santo André, como requisito parcial para conclusão do curso em Tecnologia em Eletrônica Automotiva.

Orientador: Prof. Cleber Willian Gomes

Santo André – São Paulo
2013

Faculdade de Tecnologia de Santo André

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 26 DE ABRIL DE 2013.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "SISTEMAS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA AUMENTO DA CONFIABILIDADE E IMPLANTAÇÃO EM VEÍCULOS DE FROTAS E COMERCIAIS" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. MSC. CLEBER WILLIAN GOMES

MEMBROS:

PROF. WAGNER MASSAROPE

PROF. ORLANDO DE SALVO JUNIOR

ALUNO: ALAN BIAZETTO PACHE

Dedico este trabalho a minha família e aos meus amigos que sempre estiveram próximos durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me concedido forças para concluir essa jornada, a minha família minha esposa Cristina e meu filho Miguel que puderam entender meus momentos de ausência, me dando apoio quando mais necessitei, aos meus companheiros de sala que participaram com suas experiências e motivações e a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Agradeço aos professores, colaboradores e funcionários da Fatec Santo André que sempre estiveram prontos a nos ajudar.

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.”

Ayrton Senna

RESUMO

A manutenção corretiva é a mais conhecida e vem sendo realizadas a tempos e podemos aumentar a confiabilidade e a redução dos custos usando algumas outras técnicas de manutenção como preventiva e preditiva e utilizar auxilio de ferramentas , softwares, instrumentos e periodicidade afim de monitorar possiveis falhas que possam vir a acontecer.Na indústria estas manutenções são muito utilizadas com sucesso vamos mostrar alguns casos da minha vivencia profissional na indústria mostrando seus impactos e mostrar onde e como podemos utilizar na area automotiva principalmente na manutenção de frotas e veiculos comercias.

Palavras chaves: técnicas de manutenção, confiabilidade, manutenção preditiva.

ABSTRACT

The corrective maintenance is the best known and is being held at times and can increase the reliability and reduce costs using some other techniques such as preventive and predictive maintenance and use aid of tools, software, tools and periodicity in order to monitor possible faults that might happen. In industry these maintenances are very successfully used'll show some cases of my professional experience in the industry showing its impact and show where and how we can use the area primarily in automotive maintenance vehicles and commercial fleets.

Keywords: technical maintenance, reliability, predictive maintenance

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Curva da banheira. Disponível em: < http://www.oficinadeveiculos.com.br/ > Acesso em: 26 jan. 2012.	18
Figura 2 Curva da banheira sem a fase 3 de quebras. Adaptado de: < http://www.oficinadeveiculos.com.br/ >. Acesso em: 26 jan. 2012.	19
Figura 3 Curva de tendência de acompanhamento preditivo. Disponível em: < http://www.oficinadeveiculos.com.br/ >. Acesso em: 26 jan. 2012.	21
Figura 4 Custos de manutenção x tempo. Disponível em: < http://aslmanutencao.com.br > Acesso em: 5 mar.2012.	24
Figura 5 Imagem da medição de temperatura de um mancal com aparelho infravermelho. (Do autor).	29
Figura 6 Imagem térmica mostrando a falha x imagem normal. Disponível em: < www.laborsolutions.com.br/ >. Acesso em: mar. 2013.	31
Figura 7 Exemplo do conteúdo de relatório de análise de óleo. Disponível em:	32
Figura 8 Movimento harmônico com projeção de movimento numa circunferência. Disponível em: < www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12 > Acesso em: 15 mar.2013.	33
Figura 9 Respostas das curvas de confiabilidade do deslocamento, velocidade e aceleração. Disponível em: < www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12 > Acesso em: 15 mar.2013.	34
Figura 10 Detecção do sinal de vibração. Disponível em: < www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12 > Acesso em: 15 mar.2013.	35
Figura 11 Forma de construção da máquina.(desenho do manual da máquina)	36
Figura 12 Aparelho de análise de vibração CMVA 65 Microlog da SKF. (do autor).....	37
Figura 13 Gráfico do aparelho onde a amplitude do harmônico indicando a falha. (gráfico retirado do software do aparelho de análise de vibração).	38
Figura 14 Esquema dos componentes do motoventilador (do autor)	39
Figura 15 Rolamento do mancal, componente que apresentou a falha. (do autor)	40
Figura 16 Gráfico do aparelho onde mostra a amplitude do harmônico após a intervenção. (gráfico retirado do software do aparelho de análise de vibração).	41
Figura 17 Gráfico de tendência onde mostra os níveis antes e depois da intervenção. (gráfico retirado do software do aparelho de análise de vibração).	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Evolução da manutenção e como ela foi dividida ao longo dos anos (KARDEC; NASCIF 2006)	16
Tabela 2 Tabela comparativa de custos do tipo de manutenção x HP (KARDEC; NASCIF 2006) .	23
Tabela 3 Técnicas de manutenção preditiva x indústria x veículos (do autor)	25
Tabela 4 Principais técnicas de manutenção preditiva (KARDEC; NASCIF 2002)	26
Tabela 5 Unidades de medidas de medição da amplitude em análise de vibração Adaptado de: < www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12 > Acesso em: 15 mar.2013.	34

LISTA DE ABREVIACÕES

1. PCM	Planejamento e Controle de Manutenção (PCM).
2. TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
3. RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
4. MP	Manutenção Preventiva
5. MPT	Manutenção Produtiva Total
6. MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
7. MHS	Movimento Harmônico Simples
8. MCU	Movimento Circular Uniforme
9. LOA	Lado Oposto ao Acoplado
10. LA	Lado Acoplado
11. ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
12. VDI	<i>Verein Deutscher Ingenieure</i> (Associação de Engenheiros Alemães)
13. ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
14. MTTR	<i>Mean Time To Repair</i> (Tempo médio de reparo)

SUMÁRIO

1	Introdução	13
1.1	Objetivos e motivação	14
1.2	Metodologia	14
2	Histórico dos sistemas de manutenção	15
2.1	Primeira Geração	15
2.2	Segunda Geração	15
2.3	Terceira Geração	16
3	CONCEITOS DE MANUTENÇÃO	17
3.1	Manutenção corretiva	17
3.2	Manutenção preventiva	18
3.3	Manutenção preditiva	19
3.4	Manutenção Produtiva Total	21
3.5	Manutenção Centrada na Confiabilidade	22
4	APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA	22
4.1	Custos de manutenção	23
4.2	Principais técnicas de Manutenção Preditiva	24
4.2.1	Análises de vibrações	27
4.2.2	Temperatura	28
4.2.3	Termografia	30
4.2.4	Análise de óleo	31
5	VIBRAÇÃO NA MANUTENÇÃO PREDITIVA	32
5.1	Fundamentos da Vibração	33
5.2	Amplitude de Vibração	33
5.3	Ressonância	35
6	ESTUDO DE CASO	36
6.1	Identificando a falha	37
6.2	A intervenção	38
7	CONCLUSÃO	42
8	Referências	43

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia com o avanço dos equipamentos de diagnose e da eletrônica embarcada envolvida, temos amplos recursos para manutenção, podemos atuar preventivamente ou monitorar o funcionamento dos componentes. Mas a manutenção mais utilizada acaba sendo a manutenção corretiva, precisamos atualizar as formas de gerir a manutenção, pois quando utilizamos a manutenção corretiva ficamos com o maquinas paradas por um tempo maior e inesperadamente aumentamos os custos e além do custo de manutenção temos o custo do equipamento que não está produzindo.

Podemos melhorar a atuação da manutenção melhorando as informações sobre cadastros de equipamentos, programação e planejamento dos serviços, quantidade de mão de obra, ordens de reparos, controle de estoque e *spare parts* (peças de reposição) e um cronograma de paradas que ajudam o controle de manutenção. Essas informações de programação não funcionaram, se não houver confiabilidade nos equipamentos ou veículos, isto de um determinado bem ou serviço, que agrega valor no custo da manutenção. Durante a negociação de um contrato, em uma indústria qualquer, é importante observar os prazos de manutenção dos equipamentos ou veículos. Esses devem ser respeitados e cumpridos com todo o rigor. Somente conhecendo e confiando na capacidade do seu sistema produtivo é que é possível atingir metas de produção ou de serviços no caso de veículos sem maiores sobressaltos. Um sistema produtivo sobre controle, confiável, é obtido com a combinação de vários fatores: treinamento de pessoal, equipamentos apropriados, sistema de produção correto, visão adequada do mercado, manutenção dos equipamentos.

Nosso principal interesse neste trabalho é estudar a manutenção preditiva. A manutenção é tão antiga quanto qualquer sistema de agregação de riqueza; seja ele: industrial ou artesanal. Na idade média, o artífice sabia que suas ferramentas deveriam ser afiadas. Pois essas, quando perdiam o corte prejudicavam o acabamento além de aumentar o tempo de produção. Existem pelo menos três formas de manutenção, são elas: corretiva, preventiva e preditiva.

1.1 Objetivos e motivação

A motivação deste trabalho vem da necessidade de diminuir custos e manutenções desnecessárias em veículos de frota e comerciais, e aumentar a confiabilidade usando a manutenção preditiva que tem muito sucesso na indústria como vejo no meu dia a dia na área de manutenção industrial.

Este trabalho propõe expandir este conhecimento da manutenção preditiva na indústria para área de veículos automotores a modo de obter os mesmos resultados, obviamente realizando adaptações necessárias para área embarcada.

O objetivo principal deste trabalho é demonstrar técnicas de manutenção para evitar erros, manutenções desnecessárias e aumentar a confiabilidade por meio de manutenção preditiva como análise de vibrações, termografia e análise de óleo. É importante notar que o principal assunto a ser abordado é sobre a manutenção e vamos mostrar alguns exemplos reais da indústria, mostrando quais são os seus impactos e como é feita a correção. Vamos apresentar os métodos, com o uso de softwares, instrumentos e ferramentas.

1.2 Metodologia

A metodologia utilizada nesse trabalho consistiu de pesquisa nos procedimentos para a solução dos problemas de disponibilidade da indústria com um exemplo de análise de vibração mostrando como funciona esta técnica que mostra o ponto certo de atuação da falha; na coleta de informações de como, onde e porque houve essas falhas; ações tomadas e acompanhamento dos serviços realizados nos equipamentos onde ocorreram as falhas.

O principal foco desse estudo manteve-se na gestão da manutenção preditiva na indústria. Mas este tipo de manutenção baseado em análises pode ser usado perfeitamente em frotas de veículos principalmente da linha comercial que o custo de manutenção é mais elevado que veículos de passeio e é necessária uma maior confiabilidade do veículo devido utilização constante.

2 HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE MANUTENÇÃO

Quando o homem começou a manusear instrumentos e desenvolver as máquinas para a produção de bens de consumo a manutenção foi surgindo a partir do momento em que novas necessidades eram criadas.

Ela acompanhou a evolução técnico-industrial da humanidade e se desenvolveu conforme as mudanças no perfil de mercado. No fim do século XIX, com a mecanização das indústrias, surgiu a necessidade dos primeiros reparos e até 1914, a Manutenção era renegada a segundo plano sendo executada pelo mesmo efetivo de operação.

Com a implantação da produção em série, instituída pelo Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência, sentiram necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível. Assim surgiu um órgão subordinado à operação, cujo objetivo básico era de execução da Manutenção Corretiva. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/a-importancia-do-pcm-na-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/>> Acesso em: 25 fev.2013.

O segmento de manutenção apresentou evolução significativa ao longo dos últimos 70 anos. Desde os anos 30, a manutenção passou por três gerações, conforme citam os autores (KARDEC e NASCIF, 2006).

2.1 Primeira Geração

Antes da 2^a guerra mundial, numa época em que a indústria era pouco mecanizada, com equipamentos simples e superdimensionados. A produtividade não era prioritária, com o foco voltado para a Manutenção Corretiva. (KARDEC; NASCIF 2006).

2.2 Segunda Geração

Período da 2^a guerra até os anos 60, ocorreu uma pressão por produção, com pouca disponibilidade de mão-de-obra para a indústria. Com a forte mecanização e a maior complexidade das instalações industriais, exigiu-se disponibilidade e confiabilidade de máquinas para a produção (evitar falhas). Surgiu a Manutenção Preventiva, com intervenções programadas em intervalos pré-definidos. Com isto, os custos de manutenção e a necessidade de investimentos em peças de reposição, passaram a destacar-se, forçando as empresas a melhorar suas programações, criando-se os Sistemas de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM). (KARDEC; NASCIF 2006).

2.3 Terceira Geração

A partir da década de 70, as paradas na produção começaram a perder produtividade afetando os custos dos produtos, o que começou a surgir repercussões. A aplicação de preventivas sistemáticas, com paradas de máquinas para revisão, nem sempre se adaptava ao processo industrial. Começava a surgir a “Manutenção sob Condição”, ou Manutenção Preditiva. Iniciou-se a interação entre as fases projeto, fabricação, instalação e manutenção de equipamentos com a disponibilidade exigida no processo industrial. (KARDEC; NASCIF 2006).

Empresas com modernos sistemas de manutenção e que exigem altos índices de disponibilidade de equipamentos, como a Cia de Cimento Itambé, adotam os conceitos de Preditiva, com forte ênfase em Planejamento e Controle de Manutenção e Técnicas de Inspeção Preditiva. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta> > Acesso em: 26 jan. 2012.

Primeira geração	Segunda geração	Terceira geração
Antes de 1940	1940 – 1970	Após 1970
Aumento da Expectativa em Relação à Manutenção		
.Conserto após a falha	.Disponibilidade crescente .Maior vida útil do equipamento	.Maior disponibilidade e confiabilidade .Melhor custo-benefício .Melhor qualidade dos produtos .Preservação do meio ambiente
Mudanças nas Técnicas de Manutenção		
.Conserto após a falha	.Computadores grandes e lentos .Sistemas manuais de planejamento e controle de trabalho .Monitoração por tempo	.Monitoração de condição .Projetos voltados para confiabilidade e manutenibilidade .Análise de risco .Computadores pequenos e rápidos .Softwares potentes .Análise de modos e efeitos de falha (FMEA) .Grupos de trabalho multidisciplinares

Tabela 1 Evolução da manutenção e como ela foi dividida ao longo dos anos (KARDEC; NASCIF 2006)

3 CONCEITOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção pode ser definida como o conjunto de técnicas para manter e disponibilizar o equipamento para produzir em suas condições originais e que tem como principal função o prolongamento da vida útil do equipamento.

Existem várias denominações para manutenção e cada uma delas há uma classificação, (KARDEC e NASCIF 2006), descrevem a seguir algumas dessas técnicas:

- Manutenção Corretiva
 - Planejada
 - Não Planejada
- Manutenção Preventiva
- Manutenção Preditiva

Esses tipos de manutenção devem ser consideradas pilares de manutenção sendo que seus efeitos resultam em uma definição gerencial, baseando-se em informações técnicas.

Temos disponíveis várias ferramentas que são adotadas com o nome de manutenção, deve-se observar que muitos desses novos tipos de manutenção são apenas ferramentas que podem ser aplicadas nos três tipos que foram citados anteriormente, destacando entre elas:

- Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total;
- Reliability Centered Maintenance* (RCM) ou Manutenção Centrada na Confiabilidade.

3.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é o tipo de manutenção mais antiga e mais utilizada, sendo empregada em qualquer empresa que possua itens físicos, qualquer que seja o nível de planejamento de manutenção.

Segundo a Norma NBR 5462 (1994), manutenção corretiva é “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Em suma: é toda manutenção com a intenção de corrigir falhas em equipamentos, componentes, módulos ou sistemas, visando restabelecer sua função.

Este tipo de manutenção, normalmente implica em custos altos, pois a falha inesperada pode acarretar perdas de produção e queda de qualidade do produto. As paralisações são quase sem-

pre mais demoradas e a insegurança exige estoques elevados de peças de reposição, com acréscimos nos custos de manutenção. (LIMA;CASTILHO 2006).

A seguir temos um gráfico chamado popularmente de curva da banheira, que mostra o comportamento de funcionamento e quebra todo o equipamento ou máquina, no início de seu funcionamento que no gráfico é mostrado pela fase 1 tem uma tendência a quebras devido erros de montagem, peças defeituosas, ajustes fora de tolerância que dura um período até estabilizar que é a fase 2 onde a probabilidade de falhas é mínima que é a vida útil do equipamento onde ele trabalhara sem problemas, até que devido a deteriorização das peças a probabilidade de falhas volta a subir entrando na fase 3 até o ponto de quebra.

Os tempos das fases do gráfico variam de acordo com o equipamento ou seja não é igual.



Figura 1 Curva da banheira. Disponível em: < <http://www.oficinadeveiculos.com.br/> > Acesso em: 26 jan. 2012.

3.2 Manutenção preventiva

A essência da Manutenção Preventiva é a substituição de peças ou componentes antes que atinjam a o ponto de quebra. A base científica da MP é o conhecimento estatístico da taxa de defeito das peças, equipamentos ou sistemas ao longo do tempo. A Manutenção Preventiva também é chamada de manutenção baseada em intervalos/tempo.

Ao contrario da Manutenção Corretiva a Manutenção Preventiva procura evitar e prevenir antes que a falha efetivamente ocorra.

A definição da NBR 5462(1994) para a Manutenção Preventiva é “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”. (LIMA;CASTILHO 2006)..

A seguir o gráfico que mostra a curva da banheira onde mostramos o objetivo da manutenção preventiva que é aumentar a vida útil do equipamento ou seja a fase 2, e eliminar a fase 3 que é a deterioração das peças assim evitando que a probabilidade de falhas aumente evitando pontos de quebras.

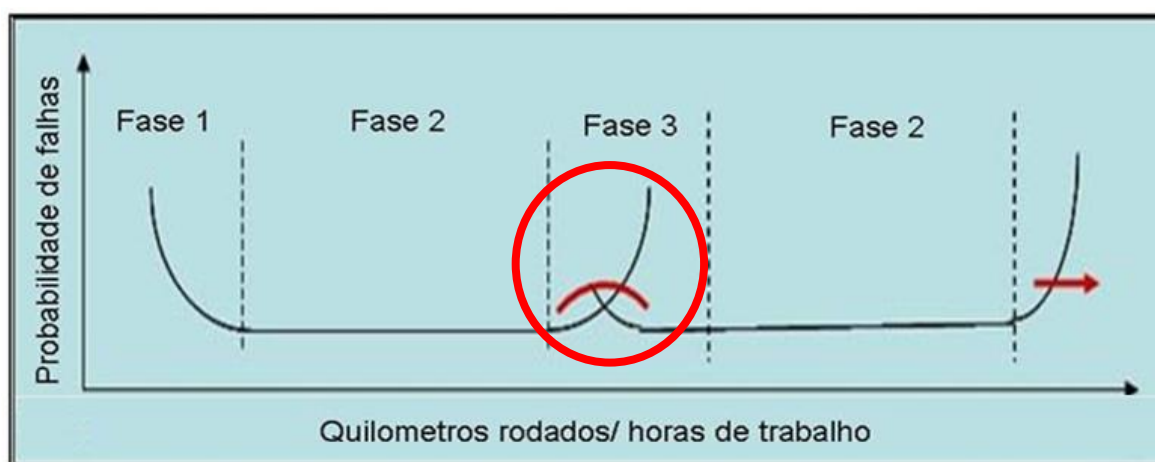


Figura 2 Curva da banheira sem a fase 3 de quebras. Adaptado de: <http://www.oficinadeveiculos.com.br>. Acesso em: 26 jan. 2012.

3.3 Manutenção preditiva

A Manutenção Preditiva pode ser considerada como uma forma evoluída da Manutenção Preventiva. Com o avanço da informática, tornou-se possível estabelecer previsão de diagnósticos de falhas possíveis, através da análise de certos parâmetros dos sistemas produtivos. Através do acompanhamento sistemático das variáveis que indicam o desempenho dos equipamentos, define-se a necessidade da intervenção.

Ela privilegia a disponibilidade, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento em funcionamento.

Outra condição considerada fundamental para a aplicação da manutenção preditiva é a qualificação da mão-de-obra responsável pela análise e diagnóstico, para que as ações de intervenção tenham qualidade equivalente aos dados registrados.

As características intrínsecas a esse tipo de manutenção impedem que ela seja empregada de forma generalizada porque exige grande volume de recursos iniciais, tanto humanos com materiais, mão-de-obra muito qualificada e treinada, e a restrição para aplicação em sistemas industriais complexos.

É a maneira mais eficaz e econômica de se fazer a manutenção e controle dos equipamentos. Ela permite acompanhar diariamente a situação garantindo que esteja em boas condições o funcionamento da máquina. A intervenção é programada considerando o ponto exato que a intervenção deve ser realizada. Assim percebe-se que máquinas semelhantes do mesmo modelo, podem ter paradas programadas com intervalos de tempo diferentes.

O desperdício pode chegar à zero, dependendo da complexidade do sistema de manutenção e acompanhamento implantado. Pois nesse, as peças são substituídas quando é realmente necessário, evitando paradas corretivas inesperadas. O controle fornecido pela manutenção preditiva representa a situação da máquina com maior precisão do que outros métodos de manutenção. Os métodos empregados para diagnosticar o desempenho e vida da máquina são muito mais confiáveis que os outros explicados até o momento. A análise de vibrações é o principal método empregado na manutenção preditiva. (LIMA;CASTILHO 2006).

Toda máquina vibra, mas nem toda vibração é normal ou necessária. Existem limites de vibração para cada máquina. Esses são determinados considerando: a geometria da máquina, forma construtiva e de operação, movimentos envolvidos no funcionamento da máquina, tipo de esforços a que a máquina é submetida.

A seguir um gráfico que mostra um exemplo de monitoração de manutenção preventiva o alerta 1, alerta 2 e o ponto de quebra, mas para você conseguir estes valores é necessário que você tenha o histórico do seu equipamento para saber os níveis de vibrações normais assim como quando o nível é elevado próximo ao ponto de quebra.

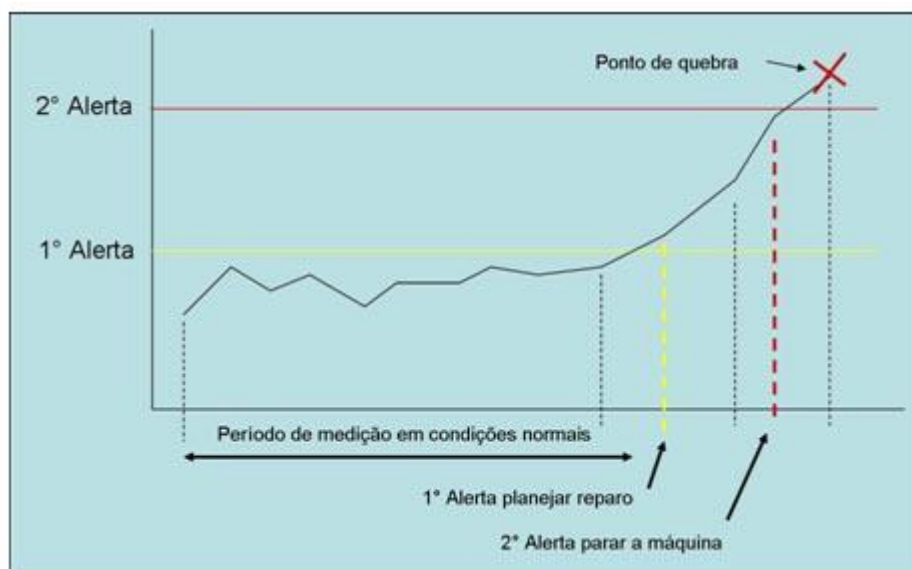


Figura 3 Curva de tendência de acompanhamento preditivo. Disponível em: <http://www.oficinadeveiculos.com.br>. Acesso em: 26 jan. 2012.

3.4 Manutenção Produtiva Total

A Manutenção Produtiva Total (MPT) teve origem nos programas de qualidade surgidos após a segunda guerra mundial, em face da necessidade de produção em massa, de forma a suprir a demanda, numa conjuntura em que muitas nações industriais tinham sido destruídas pela guerra.

Em função dos programas de qualidade, as manutenções seguiam programações pré-determinadas, desconsiderando a real necessidade de intervenções e ocorriam sem a participação dos operadores das máquinas. Em muitos casos a manutenção era desnecessária, acarretando em novos defeitos e aumento de custos.

Como uma das características dos programas de qualidade era o controle dos defeitos na sua origem, os operadores passaram a participar e apontar os defeitos nas suas máquinas, para evitar falhas futuras. Surge assim, em meados da década de 70 do século XX, a Manutenção Produtiva Total. A MPT estimula a participação dos operadores num esforço de manutenção preventiva e corretiva, criando assim uma mentalidade de autogerenciamento do seu local de trabalho. (LIMA;CASTILHO 2006).

O objetivo principal dessas ações é o aumento da eficiência dos equipamentos, com redução dos custos operacionais. A atuação não se dá apenas no reparo, mas também junto ao operador e na gestão do equipamento, visando eliminar todas as perdas.

3.5 Manutenção Centrada na Confiabilidade

A origem da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) está relacionada com processos tecnológicos e sociais decorrentes da segunda guerra. No campo tecnológico, situam-se as pesquisas da indústria bélica norte-americana, seguidas pela automação industrial em escala mundial, o desenvolvimento da informática e das telecomunicações.

No campo social, identifica-se a dependência da sociedade contemporânea em relação aos métodos automáticos de produção, que atingiu níveis capazes de afetar o meio ambiente e a segurança física dos seres humanos.

Com o lançamento do Boeing 747 que apresentou níveis de automação sem precedentes em relação às aeronaves até então existentes o uso das metodologias tradicionais de manutenção não atendia as exigências das autoridades norte-americanas.

Um estudo realizado por um grupo de engenheiros desse país resultou em um relatório, considerado hoje um clássico da literatura sobre manutenção, que introduziu os conceitos de uma nova metodologia culminada nos anos 70, nos princípios que definem a MCC.

Os benefícios da MCC foram percebidos e a metodologia rapidamente aplicada em diversos setores: submarinos nucleares, indústria elétrica, construção civil, indústria química, siderurgia, etc. (LIMA;CASTILHO 2006).

A generalidade dos conceitos e técnicas da MCC são aplicáveis hoje, a qualquer sistema independente da tecnologia.

Na MCC, os objetivos da manutenção são definidos pelas funções e padrões de desempenho requeridos para qualquer item no seu contexto operacional e sua aplicação é um processo contínuo, devendo ser reavaliada na medida em que a experiência operacional é acumulada.

4 APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva é a atuação realizada com base nos parâmetros coletados por meio de análise e monitoramento da condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática de um plano de manutenção.

Quando estes parâmetros estão fora do ideal é necessária a intervenção da manutenção no equipamento realiza-se uma manutenção corretiva planejada. Resumindo deve-se buscar a maior

disponibilidade do equipamento criando histórico para conhecer o equipamento, para prever, diagnosticar e planejar e eliminar a causa, evitando manutenções desnecessárias.

O ideal que este tipo de manutenção seja realizada quando o custo e o tempo de reparo seja muito longo e o impacto para produção seja muito alto.

4.1 Custos de manutenção

Vale ressaltar ainda, que no comparativo para a definição de qual sistema utilizar e a auxiliar a responder a pergunta dois, a tabela abaixo pode ser decisiva no processo de definição. Nele é apresentado o custo por unidade de potência instalada por ano para cada sistema de manutenção e é importante ressaltar o quanto caro é o custo da adoção do conceito: “Nossa fábrica não pode parar para efetuar manutenção. Quando quebrar, arrumamos”... e, quem sabe, poderíamos completar com a expressão: “ou quebramos junto com a máquina”. (KARDEC, NASCIF, 2006)

Custos de manutenção

TIPO DE MANUTENÇÃO	Custo R\$/(HP/ano)
Corretiva não planejada	34 a 36
Preventiva	22 a 26
Preditiva e corretiva planejada	14 a 18

Tabela 2 Tabela comparativa de custos do tipo de manutenção x HP (KARDEC; NASCIF 2006)

De forma bem clara e objetiva os custos envolvidos em cada uma delas. A tabela 2 mostra como a manutenção preditiva é no mínimo 50% mais barata que a corretiva não planejada e em torno de 28% mais barata que a preventiva. (KARDEC, NASCIF, 2006)

Como podemos perceber a manutenção corretiva não programada inicia com menor custo, pois não é realizada. A preventiva com custo mais elevado que a corretiva, pois antes da mesma já surge a necessidade da realização da manutenção com troca de óleo, peças, ou seja a substituição por período. A preditiva detectiva com o custo mais elevado que todas, pois para a realização da mesma faz-se necessário adquirir equipamentos específicos para análise de condições específicas para cada equipamento, material e treinamento para uso dos equipamentos. Com o passar do tempo

a manutenção corretiva terá o seu custo sempre crescente, diferente dos outros tipos de manutenção. A preventiva irá permanecer com valores constantes. Já a preditiva detectiva terá seu gráfico decrescente. Disponível em: < <http://aslmanutencao.com.br> > Acesso em: 5 mar.2012.

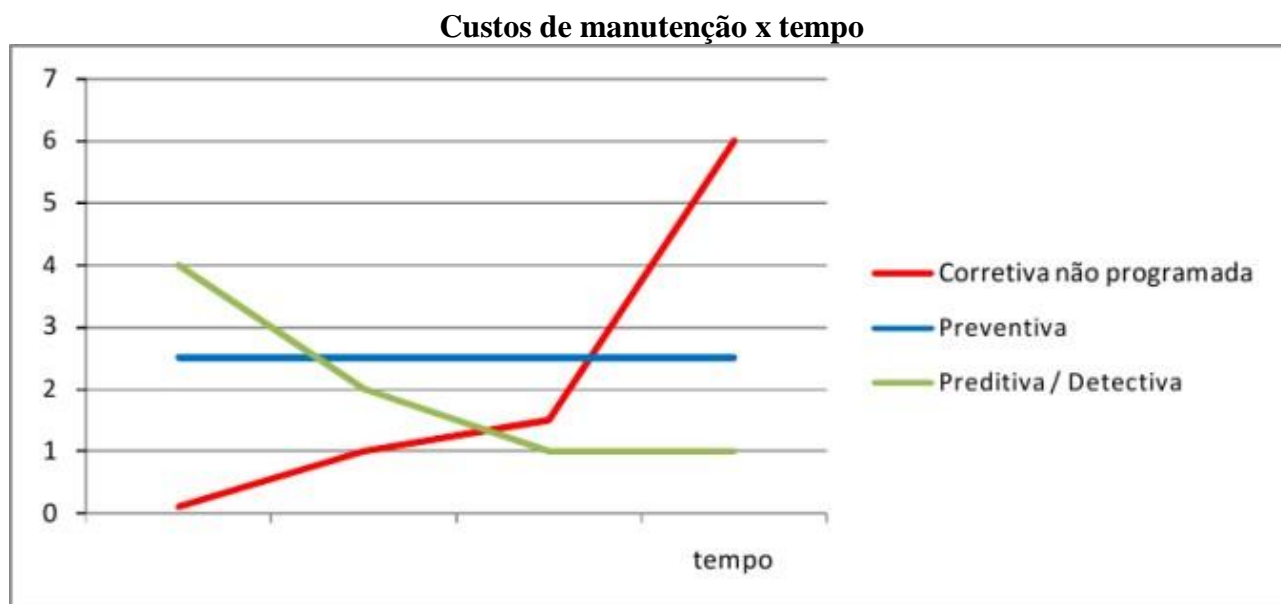


Figura 4 Custos de manutenção x tempo. Disponível em: < <http://aslmanutencao.com.br> > Acesso em: 5 mar.2012.

4.2 Principais técnicas de Manutenção Preditiva

Nesse capítulo vamos verificar algumas técnicas de manutenção preditiva.

Descrevem de forma prática os requisitos que uma técnica de manutenção preditiva deve atender sobre a possibilidade de: (KARDEC; NASCIF; BARONI 2002)

- Coletar dados ou amostras com o equipamento funcionando ou com o mínimo de interferência e a análise de tendência com a coleta dos dados.

Classificaram as técnicas da manutenção preditiva medidas:

- Pela Grandeza: vibração, temperatura, corrente elétrica.
- Pelo Defeito: vazamento, corrosão, baixa isolamento.
- Pela Aplicabilidade: caixa de engrenagens, sistemas hidráulicos, máquina elétrica.

ENSAIO	INDÚSTRIA	VEÍCULOS
<p>Analise de óleo lubrificantes</p>	<p>Óleo lubrificantes de caixa de engrenagens – Viscosidade, contaminação, reagentes; Óleo da unidade hidráulica – Viscosidade, contaminação, reagentes;</p>	<p>Óleo lubrificantes do carter - ferrografia, presença de água ou combustível, viscosidade, fuligem; Óleo da unidade hidráulica – Viscosidade, contaminação, reagentes; Óleo Diesel – Contaminação do combustível, poder calorífico e qualidade;</p>
<p>Analise de Vibração</p>	<p>Motoventilador balanceamento; Alinhamento motor, ventilador; Rolamentos folgas e oscilações;</p>	<p>Turbocompressor folgas e oscilações; Alinhamento motor, bomba hidráulica; Rolamentos folgas e oscilações; Polias balanceamento; Virabrequim folgas e oscilações;</p>
<p>Analise Termográfica</p>	<p>Monitorar e medir temperaturas em motores; Identificar "pontos quentes" em equipamentos eletrônicos; Identificar vazamentos em recipientes vedados; Localizar falhas de isolamento;</p>	<p>Medir temperatura do motor; Identificar vazamentos no radiador; Identificar vazamentos no coletor de escape e escapamento;</p>

Tabela 3 Técnicas de manutenção preditiva x indústria x veículos (do autor)

Algumas técnicas de ensaios não destrutivos, listadas na tabela a seguir, só podem ser aplicadas com o equipamento fora de operação, o que invalidaria a condição de que as técnicas preditivas são aplicáveis com o equipamento em funcionamento. Para melhor visualização considerar que as técnicas listadas nos quadros em azul claro são aplicáveis com o equipamento em operação, enquanto as contidas nos quadros azul escuro dependem (em geral) da retirada do equipamento de operação para sua realização.

Somente para efeito didático, podemos classificar as técnicas preditivas nas categorias indicadas na tabela 3 a seguir.

Radiações ionizantes Raios X Gamagrafia	Energia Acústica Ultrassom, Emissão Acústica
Energia eletromagnética Partículas magnéticas Correntes parasíticas	Fenômenos de viscosidade (Líquidos penetrantes)
Inspeção visual Endoscopia ou Boroscopia	Análise de Vibrações Nível global, Espectro de vibrações Pulso de choque
Deteção de vazamentos	
Análise de Óleos lubrificantes ou isolantes Viscosidade, Número de Neutralização Acidez ou Basicidade, Teor de água Insolúveis, Contagem de partículas Metais por Espectrometria por Infravermelho Cromatografia gasosa, Tensão Interfacial, Rigidez Dielétrica, Ponto de Fulgor	Análise de temperatura – Termometria Termometria convencional Indicadores de temperatura Pirometria de radiação Termografia
Ferrografia Ferrografia quantitativa Ferrografia analítica	Verificações de geometria Metrologia convencional Alinhamento de máquinas rotativas
Ensaio Elétricos Corrente, Tensão, Isolação Perdas Dielétricas, Rigidez Dielétrica, Espectro de corrente ou tensão	Forças Células de carga, Teste de pressão, Teste hidrostático, Teste de vácuo, Deteção de trincas

Tabela 4 Principais técnicas de manutenção preditiva (KARDEC; NASCIF 2002)

4.2.1 Análises de vibrações

O acompanhamento e a análise de vibração tornaram-se um dos mais importantes métodos de predição na indústria tendo a sua maior aplicação em equipamentos rotativos (bombas, turbinas, redutores, ventiladores, compressores). O estágio atual de desenvolvimento dos instrumentos, sistemas de monitoração e softwares especialistas é muito avançado, o que vem permitindo, por exemplo, que outras variáveis, além da vibração, sejam acompanhadas simultaneamente pelos mesmos instrumentos.

Alguns dos principais instrumentos para medição e monitoração de vibração estão mostrados a seguir:

- Analisador de vibração

São os aparelhos para medição de vibração mais simples existentes no mercado. São capazes de medir deslocamento e velocidade de vibração. Alguns modelos possuem filtros que permitem ajustar a medição da característica de vibração para uma determinada frequência.



Figura 5 O analisador vibração SVAN956 da SVANTEK oferece simultaneamente aceleração, velocidade e deslocamento. Disponível em: < <http://www.mra.pt> > Acesso em: 26 mar.2013.

- Coletor/analizador de dados

São instrumentos que oferecem uma variedade muito grande de recursos incluindo interface com softwares especialistas. Além de medir variáveis relacionadas à vibração, aceitam diversos outros parâmetros como temperatura, corrente elétrica e variáveis de processo.

Esses instrumentos são a base de trabalho de um programa de monitoramento de máquinas rotativas em indústrias cuja quantidade de equipamentos justifique sua aquisição. São capazes de fornecer as seguintes informações: espectro de vibração, espectro de corrente (motores elétricos), forma de onda, nível global de vibração e temperatura, dentre outros.

- Monitoramento On-line

Quando se deseja um acompanhamento contínuo do equipamento em função de sua criticidade para o processo ou alto custo, adota-se monitoramento on-line. Esse tipo de monitoramento é feito por meio de sensores instalados nos mancais, cujos sinais são levados até painéis de controles instalados no campo, ao lado das máquinas, na casa de controle ou locais remotos. Até alguns anos atrás, esse tipo de instalação era restrito a máquinas de grande porte (grupos geradores, compressores centrífugos e axiais de grande porte). Atualmente, com o desenvolvimento da microeletrônica eletrônica e de sensores, o preço vem sofrendo queda significativa e já é muito comum o monitoramento contínuo em máquinas de médio porte ou em equipamentos de uso geral. Disponível em:<
<http://www.blogindustrial.com.br/>> Acesso em: 11 mar. 2013.

4.2.2 Temperatura

A temperatura é um dos parâmetros de mais fácil compreensão e o acompanhamento de sua variação permite constatar alteração na condição dos equipamentos, componentes e do próprio processo produtivo. A seguir estão listados alguns exemplos clássicos, onde a monitoração da temperatura é primordial:

- Temperatura de mancais de máquinas rotativas;
- Temperatura da superfície de equipamentos estacionários;
- Temperatura de barramentos e ligações (conexões) elétricas.

A medição de temperatura pode ser feita por uma série de instrumentos, alguns dos quais estão listados a seguir:

- Termômetro de contato;
- Pirômetro de radiação ou pirômetro ótico;
- Radiômetro;
- Termógrafos ou termovisores.

Uma das técnicas preditivas que proporciona maior retorno e evita a ocorrência de acidentes ou paradas de produção é a termografia em instalações elétricas. O mau contato, a partir do qual se desencadeia a falha, pode ser detectado e corrigido pela utilização de radiômetros ou de termovisores. Disponível em: < <http://www.blogindustrial.com.br/> > Acesso em: 11 mar. 2013.

O aparelho é simples e mede a temperatura através de infravermelho.

Para melhor entendimento da medição de temperatura em manutenção preditiva será mostrado na figura a seguir um exemplo da medição de temperatura de um equipamento rotativo, um mancal de ventilador que na temperatura normal de trabalho abaixo de 70 graus, de 70 a 100 graus em alerta, e acima de 100 graus é necessário intervenção corretiva programada urgente.



Figura 6 Imagem da medição de temperatura de um mancal com aparelho infravermelho. (Do autor).

4.2.3 Termografia

A termografia é uma das técnicas preditivas que mais tem se desenvolvido no últimos 30 anos. Atualmente, os termovisores estão cada vez menores e mais precisos, oferecendo recursos importantes para o acompanhamento e controle de tendência.

Algumas das principais aplicações da termografia em instalações industriais são:

- Área elétrica onde existe necessidade de acompanhamento de componentes defeituoso ou mau contato;
- Usinas siderúrgicas – verificação do revestimento de altos-fornos, dutos de gás, regeneradores e carros torpedos;
- Fábricas de cimento – fornos rotativos para pesquisa de queda de refratários;
- Área de petróleo e petroquímica – vazamentos em válvulas de segurança, problemas com refratários em fornos, caldeiras e unidades de craqueamento catalítico. Disponível em: <<http://www.blogindustrial.com.br/>> Acesso em: 11 mar. 2013.

O aparelho é uma câmera que capta imagens térmicas, geralmente tira a foto de onde há o problema depois você pode acoplar a câmera em um computador e gravar as fotos.

Para melhor entendimento da medição termográfica em manutenção preditiva será mostrado na figura a seguir um exemplo da análise termográfica de um equipamento elétrico, um aquecimento na conexão do fusível em uma entrada trifásica onde duas das entradas chamadas fases está numa temperatura normal de aproximadamente 60 graus e a terceira fase numa temperatura muito maior de 160 graus o que indica algum problema que pode ser um mau contato.

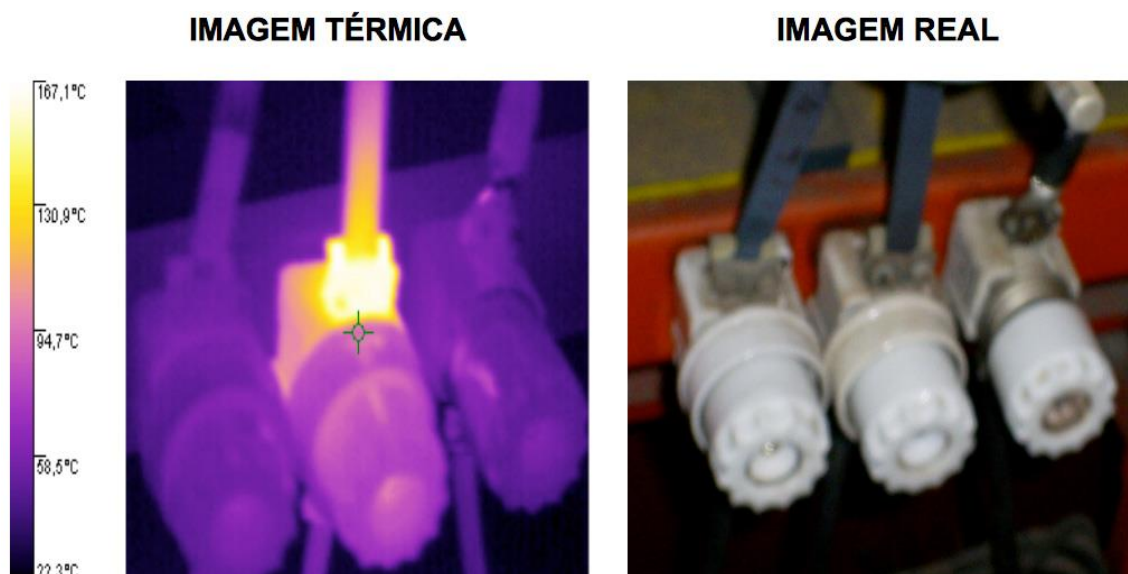


Figura 7 Imagem térmica mostrando a falha x imagem normal. Disponível em: <www.laborsolutions.com.br>. Acesso em: mar. 2013.

4.2.4 Análise de óleo

Existem duas formas de encararmos as informações obtidas a partir de uma análise de óleo:

- Condições do lubrificante – determinação das propriedades físico químicas do lubrificante para garantir uma boa lubrificação;
- Condições da máquina – análise de substâncias estranhas ao lubrificante (gases ou partículas em suspensão no lubrificante); Disponível em:< <http://www.blogindustrial.com.br/>> Acesso em: 11 mar. 2013.

Para avaliar as condições do lubrificante estão disponíveis diversos testes: estes testes tem que ser feitos em laboratório com amostras, e o laboratório envia um relatório específico que indicará propriedades do óleo, assim como contaminação, a seguir alguns testes que podem ser realizados na área automotiva e o exemplo de relatório na figura a seguir.

- Viscosidade;
- Índice de neutralização – acidez (TAN) e basicidade (TBN);
- Teor de água;
- Insolúveis;

- Espectrometria (presença de metais);
- Rigidez dielétrica;
- Ponto de fulgor.

FÍSICO-QUÍMICOS			30/05/2012
			AA14675
Viscosidade (40°C)	D-445	cSt	57,53
Índice de Viscosidade	TestOil		N/A
Água	D-4377	ppm	965
TAN	D-974	mgKOH/g	1,03
TBN	D-4739	mgKOH/g	N/A

CONTAGEM DE PARTÍCULAS			
>4µ	ISO 4406	Qtde	5720
>6µ	ISO 4406	Qtde	3463
>14µ	ISO 4406	Qtde	772
ISO	ISO 4406		20/19/17
NAS	NAS-1638		10

ANÁLISE ESPECTROMÉTRICA DE METAIS			
Desgaste			
Ferro	D-5185	ppm	8
Cobre	D-5185	ppm	5
Cromo	D-5185	ppm	4
Alumínio	D-5185	ppm	0
Chumbo	D-5185	ppm	0
Prata	D-5185	ppm	0
Estanho	D-5185	ppm	2
Níquel	D-5185	ppm	0
Manganês	D-5185	ppm	5
Titânio	D-5185	ppm	0
Cádmio	D-5185	ppm	0
Aditivos			
Molibdênio	D-5185	ppm	6
Magnésio	D-5185	ppm	9
Cálcio	D-5185	ppm	1016
Bário	D-5185	ppm	0
Fósforo	D-5185	ppm	475
Zinco	D-5185	ppm	563
Contaminantes			
Sódio	D-5185	ppm	0
Silício	D-5185	ppm	1
Boro	D-5185	ppm	0
Vanádio	D-5185	ppm	0

Figura 8 Exemplo do conteúdo de relatório de análise de óleo. Disponível em:

< www.predponta.com.br > Acesso em: 29 mar.2012

5 VIBRAÇÃO NA MANUTENÇÃO PREDITIVA

Vamos entender um pouco mais sobre vibração, oscilações e harmônicos entre outros para entender melhor o estudo de caso.

Todas as máquinas em funcionamento produzem vibrações que, aos poucos, levam-nas a um processo de deteriorização. Essa deteriorização é caracterizada por uma modificação da distribuição de energia vibratória pelo conjunto dos elementos que constituem a máquina. Observando a evolução do nível de tais vibrações, é possível obter informações sobre o estado da máquina.

5.1. Fundamentos da Vibração

A vibração é um movimento oscilante ou de trepidação de uma máquina ou de algum elemento de máquina, saindo de sua posição de estabilidade (estática ou dinâmica). Como exemplo, tomemos uma massa suspensa presa ao referencial por uma mola, e que se movimenta a partir de sua posição neutra (repouso) até os limites superior e inferior, retornando à sua posição neutra. Neste ponto, estará completo um ciclo de oscilação. Dizemos que existe vibração quando este ciclo se repete várias vezes numa unidade de tempo.

O tempo gasto para completar um ciclo é chamado período e, a quantidade de ciclos numa unidade de tempo é chamada frequência de movimento.

Registrando graficamente este movimento temos o traçado senoidal desta oscilação, que obedece às leis cinemáticas do.

Em nossas máquinas temos caracterizado um movimento rotacional que segue as leis cinemáticas do MCU (movimento circular uniforme), por tratar-se de rotação constante no momento da medição. Disponível em: <www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12> Acesso em: 15 mar.2013.

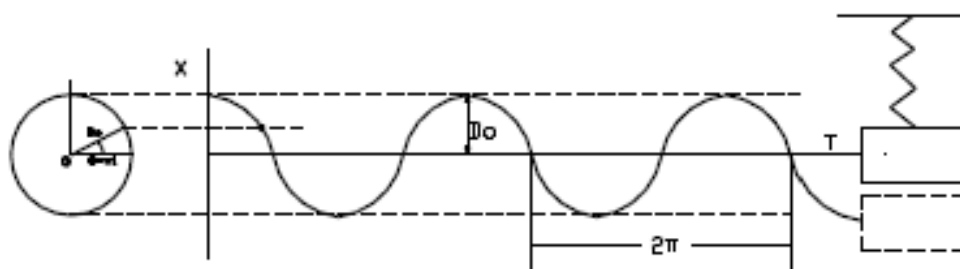


Figura 9 Movimento harmônico com projeção de movimento numa circunferência. Disponível em: <www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12> Acesso em: 15 mar.2013.

5.2. Amplitude de Vibração

A amplitude relaciona-se com a quantidade de energia contida no sinal vibratório mostrando-nos a criticidade e destrutividade dos eventos presentes. É plotada no “EIXO Y” cartesiano. Pode ser tomada em Deslocamento, Velocidade e Aceleração e suas curvas de confiabilidade de respostas são: Disponível em: <www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12> Acesso em: 15 mar. 2013.

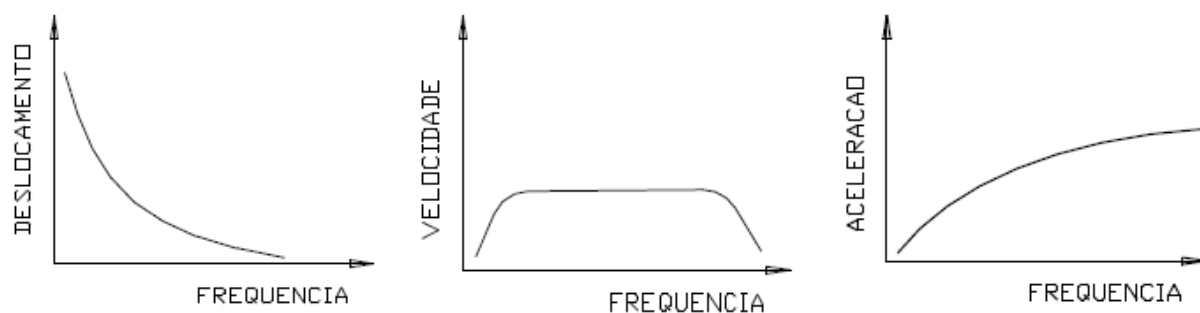


Figura 10 Respostas das curvas de confiabilidade do deslocamento, velocidade e aceleração.
Disponível em: <www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12> Acesso em: 15 mar.2013.

A seguir uma tabela onde mostramos as unidades de medidas que podem ser obtidas nos sistemas métrico ou inglês.

AMPLITUDE	MÉTRICO	INGLÊS
Deslocamento	Microns	Mils
Velocidade	mm/s	in/s
Aceleração	G*	G

Tabela 5 Unidades de medidas de medição da amplitude em análise de vibração Adaptado de:
<www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12> Acesso em: 15 mar.2013.

As Normas e Recomendações mais utilizadas para medição de análise de vibração são: ISO-2372, VDI-2056 e NBR-10.082 (ABNT).

A detecção do sinal de vibração pode ser de três tipos em pico, rms ou pico-a-pico.

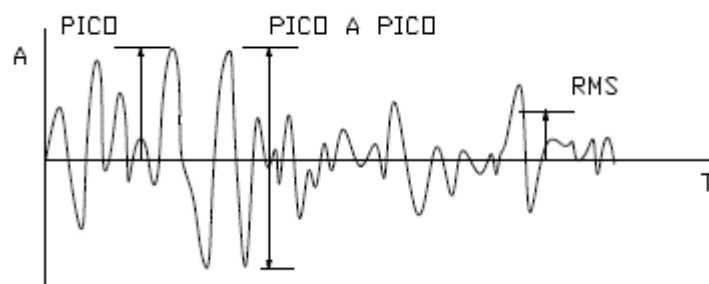


Figura 11 Detecção do sinal de vibração. Disponível em:
www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12 Acesso em: 15 mar.2013.

5.3. Ressonância

A ressonância é a interação física e matemática de dois ou mais eventos atuando simultaneamente. As energias dos eventos manifestando-se em frequências idênticas ou próximas entre si, darão surgimento a excitações não previstas inicialmente nos mais diversos sistemas mecânicos, elétricos ou estruturais. É objetivo da análise espectral, identificar os vários componentes que podem gerar as interações para assim proceder as modificações necessárias para eliminá-las.

Agregando o monitoramento periódico e sistemático, podemos identificar situações de ressonância as mais imprevisíveis, responsáveis, muitas das vezes, pela deterioração prematura de máquinas e componentes.

Nos estudos de ressonância é comum confundi-la com batimento, devido à forma de manifestação, uma vez que nos dois casos existe um ruído modulado e característico, porém, de naturezas diferentes.

Ressonância é a interação entre energias de frequências próximas, incluindo-se nestas, as frequências naturais envolvidas, ao passo que o batimento é a interação simples de dois eventos de rotação similar. A ressonância é permanente e o batimento é transitório. Disponível em:
www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12 Acesso em: 15 mar.2013.

6 ESTUDO DE CASO

Vamos demonstrar a aplicação das técnicas de manutenção preditiva para aumento de confiabilidade do conjunto dos motoventiladores de tempera de vidro automotivos Vigia (traseiro), usando análise de vibração com aparelho e software próprio para esta análise.

Estamos mostrando um item que foi realizada a manutenção programada, onde a falha foi captada pela inspeção preditiva, mas na área fabril o manutentor realiza rotas realizando inspeções mensais onde coletados dados de análise de vibração em aproximadamente 1200 motores elétricos.

Na figura a seguir a forma construtiva da máquina e do motoventilador que foi detectado a falha pela análise de vibração.

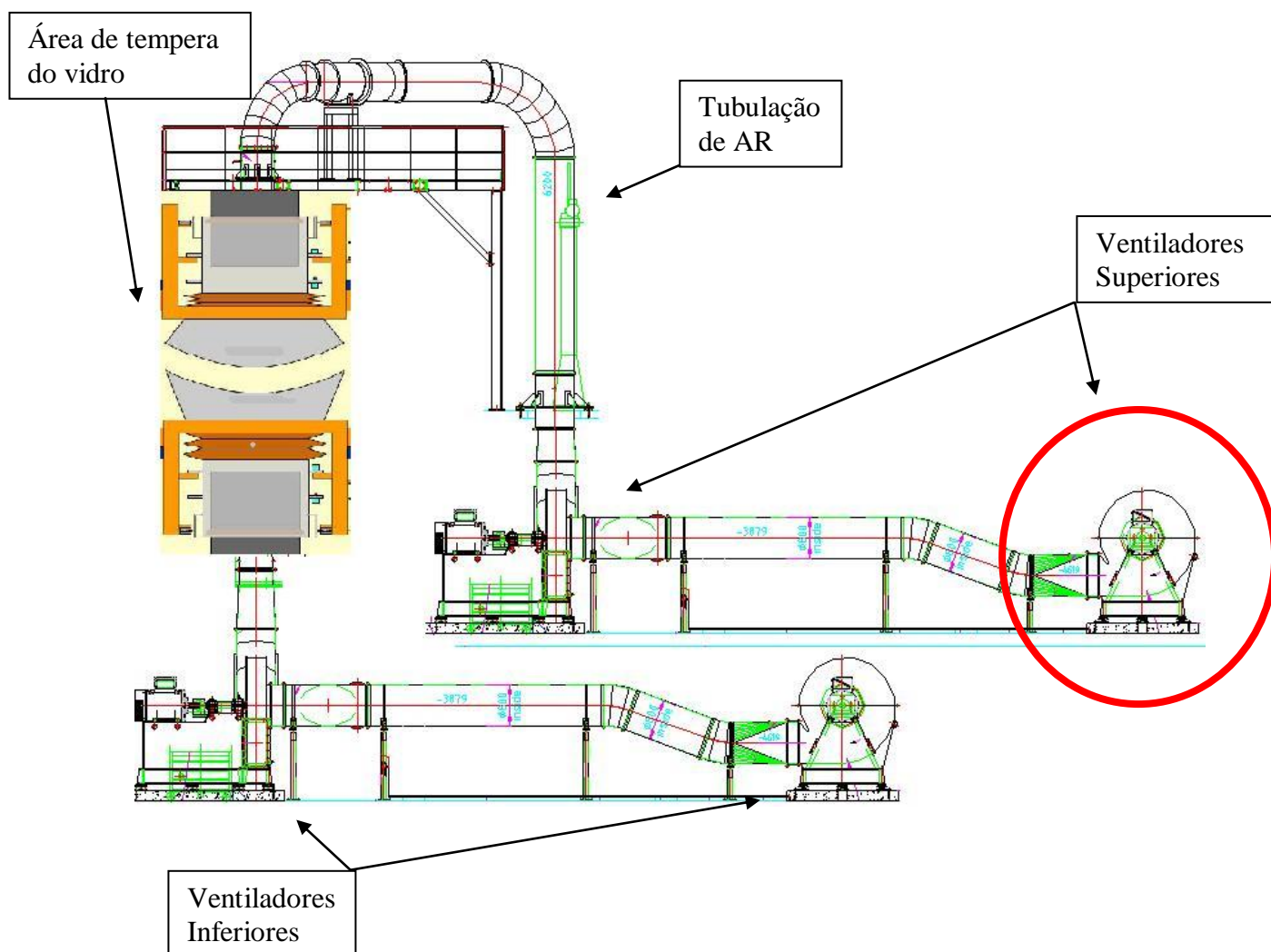


Figura 12 Forma de construção da máquina.(desenho do manual da máquina)

6.1 Identificando a falha

Vamos verificar neste item como é identificado a falha de uma análise de vibração

O aparelho utilizado é um CMVA 65 Microlog da SKF onde há dois acelerômetros com base magnética com 38mm de diâmetro para fixação no equipamento enquanto os dados são coletados, o manutentor posiciona nos mancais e no motor para coleta dos dados, e é próprio para análises de vibração e apresenta os dados em forma de gráfico, e é possível descarregar os dados no computador para criar o histórico de manutenção e gerar um relatório específico. Este aparelho capta velocidades na faixa de 1 a 99999rpm em uma precisão da amplitude de 5%.

O custo deste aparelho mais o software específico foi de aproximadamente R\$73000 dados de 2009.



Figura 13 Aparelho de análise de vibração CMVA 65 Microlog da SKF. (do autor)

De acordo com os harmônicos do gráfico indicam qual o problema que está acontecendo, que podem ser vários, como folgas no conjunto, desalinhamento do conjunto, rolamentos danificados do motor ou dos mancais, mais para entender estes harmônicos precisa de um estudo muito mais amplo sobre análises de vibração.

No caso a falha está no ponto de maior amplitude no gráfico.

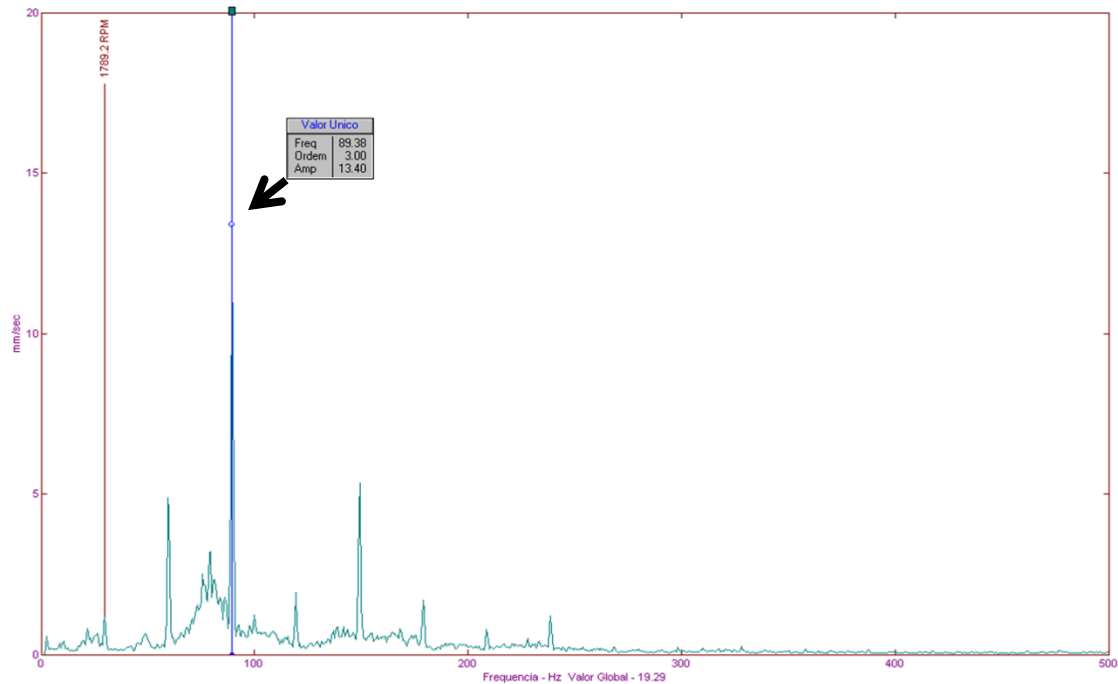


Figura 14 Gráfico do aparelho onde a amplitude do harmônico indicando a falha. (gráfico retirado do software do aparelho de análise de vibração).

6.2 A intervenção

De acordo com a identificação da falha, foi verificado que o problema era o rolamento do mancal do ventilador lado oposto ao acoplamento do motor como podemos ver na figura a seguir do conjunto do ventilador.

Temos algumas abreviações que indicam o rolamento para facilitar a identificação que são:

Rolamentos do motor LA- lado acoplado e LOA- lado oposto ao acoplado;

Rolamento do ventilador LA- lado acoplado e LOA- lado oposto ao acoplado;

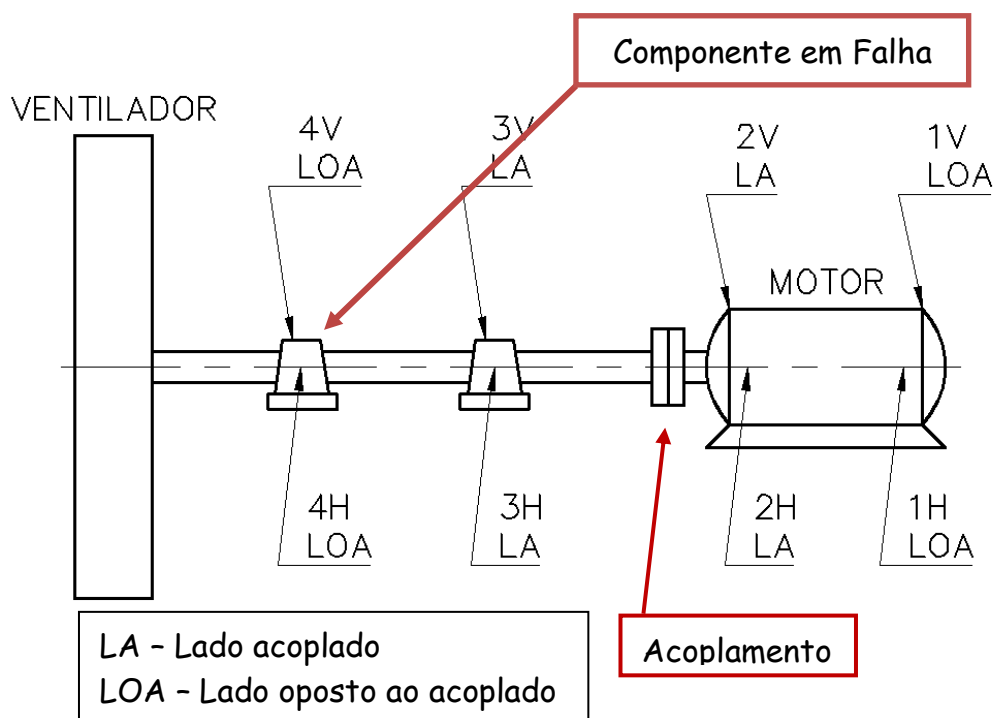


Figura 15 Esquema dos componentes do motoventilador (do autor)

Equipamento deverá ser corrigido revitalizando todo o conjunto para que o mesmo volte as condições normais de funcionamento.

A seguir a foto do componente danificado, pode observar que um grande desgaste no elementos rolante do rolamento.



Figura 16 Rolamento do mancal, componente que apresentou a falha. (do autor)

Para a montagem dos componentes novos para revitalizar todo o conjunto do motoventilador e precisamos de algumas ferramentas especiais para torque dos parafusos e para alinhamento de todo o conjunto assim como usar lubrificantes do tipo e na quantidade de acordo com as especificações técnicas dos fabricantes.

Após todo o conjunto montado e alinhado, temos que monitorar o início de funcionamento a temperatura e corrente elétrica do motor, pois no início estas duas grandezas costumam ser altas, depois de algumas horas de funcionamento a tendência é estabilizar.

Depois de estabilizados a temperatura e a corrente do motor vamos novamente realizar as coletas de dados com o aparelho de análise de vibração para verificar se está tudo correto na montagem e se a falha foi eliminada.

Vamos mostrar nas duas próximas figuras o gráfico coletado após a intervenção e um gráfico de tendência que mostra como estava com a falha, e como ficou após a intervenção.

Perdas que foram evitadas com a aplicação da manutenção preditiva:

- Hora do Equipamento sem produzir: aproximadamente R\$2200 por hora
- Multa de Montadora: aproximadamente R\$25000 por hora
- MTTR 40 horas
- Mão de obra
- Reparo do Equipamento: peças aproximadamente R\$10000

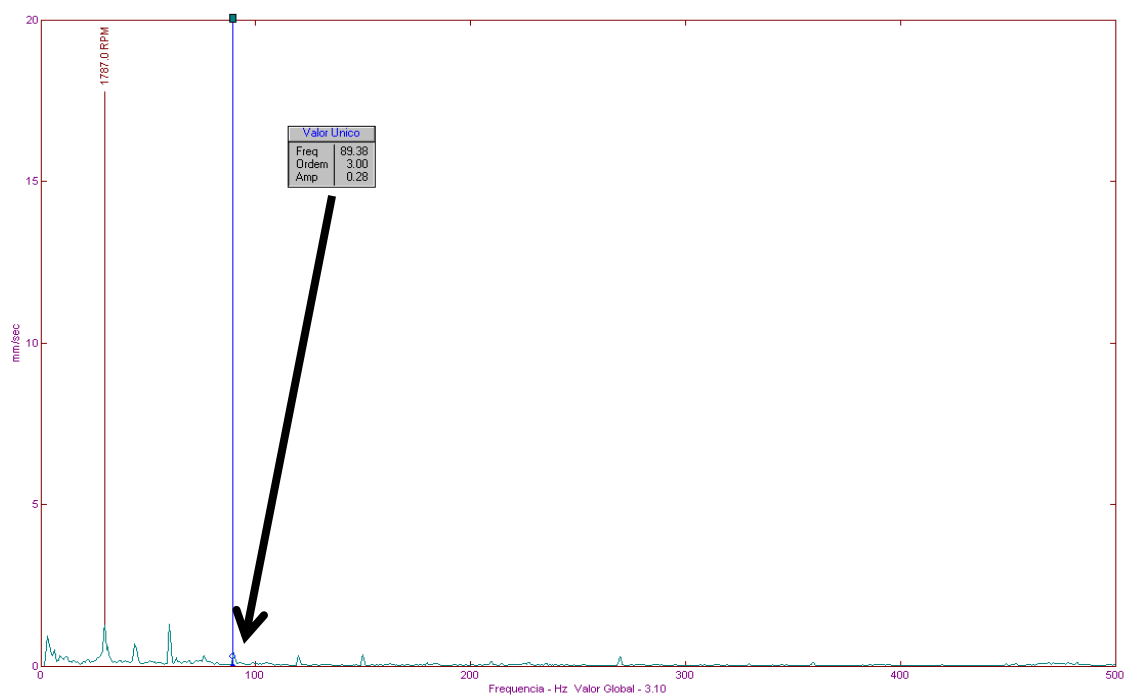


Figura 17 Gráfico do aparelho onde mostra a amplitude do harmônico após a intervenção. (gráfico retirado do software do aparelho de análise de vibração).

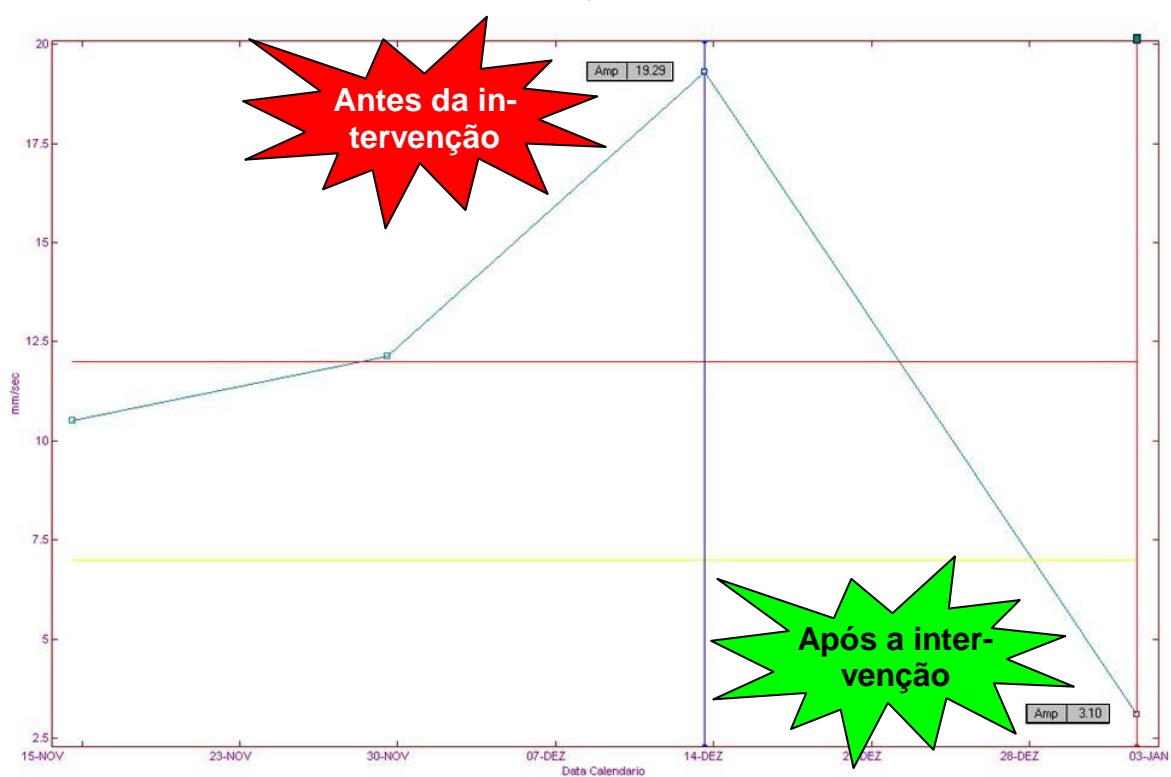


Figura 18 Gráfico de tendência onde mostra os níveis antes e depois da intervenção. (gráfico retirado do software do aparelho de análise de vibração).

7 CONCLUSÃO

Pode-se concluir através desta investigação que:

- A aplicação de um plano de manutenção exige um conhecimento de técnicas e um investimento em equipamentos específicos para a coleta dos dados e treinamentos dos funcionários para coletar estes dados.
- Que com o tempo de aplicação preditiva apesar deste custo inicial com a implantação este custo retornara com o tempo já que o custo da manutenção vai diminuir muito.
- Utilização destas técnicas de manutenção de coleta de dados gera grandes reduções nos custos de manutenção e pode ser implantado em veículos principalmente de frotas e comerciais, além de maior disponibilidade dos mesmos, que são fatores essenciais nos dias atuais das empresas.
- Que este tipo de manutenção faz parte da evolução da manutenção que mostra que a manutenção não tem que ser tratada como um mal necessário e sim potencial para ganhos em disponibilidade o que é um retorno financeiro de qualquer forma, pois maior disponibilidade maior produtividade.

8 REFERÊNCIAS

AUGUSTO TAVARES, Lourival. **A Evolução da Manutenção. Revista Nova Manutenção y Qualidade** ? N°54. 2005.

ELPÍDIO Campos Jr., Estevam. **Reestruturação da Área de Planejamento, Programação e Controle na Gerência de Manutenção Portuária.** CVRD. Universidade Estadual do Maranhão. 2006.

. NASCIF, Júlio; CARLOS DORIGO, Luiz. **Administração, Planejamento e Gestão de Manutenção.** 2008.

NASCIF, Júlio; KARDEC, Alan. **Instituto de Consultoria e Aperfeiçoamento Profissional (Ecas);** Tecém Tecnologia Empresarial Ltda. 2001.

PEREIRA DA SIVEIRA, Wilson. **Manutenção como Função Estratégica.** Qualitymark Editora Ltda. 2008.

PEREIRA DA SIVEIRA, Wilson. **Planejamento, Programação e Controle de Manutenção.** Estado-da-Arte Consultoria e Treinamento Ltda. 2008

RICARDO GARCIA VIANA, Herbert. **PCM: Planejamento e Controle de Manutenção.** Qualitymark Editora Ltda. 2002

KARDEC, Alan; NASCIF; Baroni, Tarcisio **Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas** Editora Quality Mark, Rio de Janeiro 2002 – Coleção Manutenção– Abraman

LINZMAYER, Eduardo **Guia Básico para Manutenção Hoteleira** – Editora Senac – São Paulo, 2008

ALMEIDA, Márcio Tadeu **Artigo: Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**

LIMA, Francisco Assis de; CASTILHO, João Carlos Nogueira de **Aspectos da Manutenção dos Equipamentos Científicos da Universidade de Brasília.** Dissertação apresentada à Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação (FACE) - Brasília - DF, ano 2006.

GUISELINI, Nilson J. **A manutenção preditiva no setor sucroalcooleiro.** Disponível em: <<http://www.blogindustrial.com.br/index.php/2009/09/02/a-manutencao-preditiva-no-setor-sucroalcooleiro/>> Acesso em: 11 mar. 2013.

Custos de Manutenção. Disponível em: < http://aslmanutencao.com.br/?page_id=142>
Acesso em: 5 mar.2012.

TERRA, J. C. 2005. **Gestão do Conhecimento: o grande desafio empresarial.5**, Editora Negócio

NETO, Teófilo Cortizo Moreira. **A história da evolução do sistema de gestão de manutenção.** Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/a-importancia-do-pcm-na-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650/#ixzz2Ow98h2OT>> Acesso em: