

Manutenção por Análise de Vibrações: Uma Valiosa Ferramenta para Gestão de Ativos

Luis Felipe Salomão Filho

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Engenheiro Naval e Oceânico.

Orientador: Severino Fonseca da Silva Neto

Rio de Janeiro

Abril de 2013

Manutenção por Análise de Vibrações: Uma Valiosa Ferramenta para Gestão de Ativos

Luis Felipe Salomão Filho

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO NAVAL E OCEÂNICO.

Examinada por

Prof. Severino Fonseca da Silva Neto,
D.Sc 1992 (COPPE/UFRJ)

Prof. Luiz Antonio Vaz Pinto,
D.Sc 2001 (COPPE/UFRJ)

Eng. Naval Guilherme da Silva Leal

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL DE 2013

SALOMÃO FILHO, LUIS FELIPE

Manutenção por Análise de Vibrações: Uma Valiosa Ferramenta para
Gestão de Ativos

Luis Felipe Salomão Filho – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola
Politécnica, 2013.

48 p: IX .;29,7 cm.

Orientador: Severino Fonseca da Silva Neto

Projeto de Graduação - UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de
Engenharia Naval e Oceânica, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 48

1. Programas de manutenção. 2. Manutenção Preditiva. 3.
Gestão de Ativos. 4. Novo Mercado

“Surviving a failure gives you more self-confidence. Failures are great learning tools, but they must be kept to a minimum.”¹

*Jeffrey Immelt, CEO
do conglomerado GE
(General Electric)*

¹ Tradução livre: Sobreviver a falhas aumenta sua auto-confiança. Falhas são ótimas ferramentas de aprendizado, porém devem ser mantidas ao mínimo .

AGRADECIMENTOS

Gostaria, em primeiro lugar, agradecer aos meus pais pela educação, dedicação, carinho e exemplos depositados em mim, certamente sem eles como pilares da minha fundação como indivíduo eu não estaria apto a concluir esse objetivo.

Meu pai, sempre motivo de muito orgulho não só para mim mais para toda a família e admirado por muitos de seu meio . A cada decisão e ação um exemplo que eu tento seguir passo a passo. Se eu um dia atingir metade do que ele hoje atingiu, estarei realizado.

Minha mãe, que não podia ter me educado de maneira melhor. Hoje sou o que sou em maior parte por sua dedicação, desde cedo me ajudou em muita ocasiões com os estudos no colégio, sempre procurando melhorar meu comportamento e moldar meu caráter. E ainda hoje é um porto seguro na qual sempre posso contar.

Ao meu Tio, Ricardo, que foi de grande valia na construção desse texto (proveito para registrar que alguns trechos e passagens são de autoria do mesmo). Deixo aqui minha gratidão pela sua pronta e rápida ajuda para concluir essa difícil tarefa.

Ao Severino, meu Orientador e Mestre, na verdade muito mais que isso. Ficaria inviável enumerar todas as vezes que ele esteve disposto e prontamente apto a me ajudar, esse projeto é apenas mais um episódio em que pude contar com sua atenção e dedicação. Acho que falo em nome de todos os alunos da Engenharia Naval quando agradeço o enorme e incansável suporte desse professor, sem citar seus exemplos como indivíduo e pessoa.

Ao grande amigo e dupla em Projeto II e Projeto III, Rodrigo Barilli, que em diversas ocasiões pude contar para me ajudar a superar as dificuldades ao longo do curso, principalmente de ambas disciplinas citadas acima.

Ao meu irmão, apesar de mais novo, ainda sim consegue me ensinar e ajudar em diversos momentos, inclusive nesse trabalho, servindo de parâmetro para verificar se o conteúdo estava apto a entendimento de terceiros.

A minha namorada, Lívia, pela sua paciência e compreensão em todos os momentos, principalmente nos finais de semana, que não foi possível estar ao seu lado para completar essa tarefa.

Aos meus amigos do Santo Agostinho, nos quais sou amigo até hoje, que completaram a minha formação com lições e exemplos valiosos. Em especial ao João Pedro, que me ajudou de boa vontade revisando e criticando esse projeto, buscando sua melhora.

Aos meus amigos da Eng. Naval, reconheço que não estaria apto a completar o curso sem a ajuda de muitos. Fica difícil citar todos os nomes nos quais pude contar ao longo da faculdade, aqui seguem alguns mais recentes, principalmente nesse último período que me recordo: Pablo - sem palavras para expressar minha gratidão por todas os momentos e explicações. Alexandre – Dupla de ArqNav e estudo diversas vezes. Arcoverde – PSM tamo junto. Eloana – Sem sua ajuda no relatório II de projeto III, a situação era outra. Guilherme – Muito Obrigado pela ajuda em Prog II. Diego – Recém formado, obrigado por toda ajuda ao longo de toda a faculdade meu amigo.

Salomão

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Naval e Oceânico.

Manutenção por Análise de Vibrações: Uma Valiosa Ferramenta para Gestão de Ativos

Luis Felipe Salomão Filho

Abril /2013

Orientador: Severino Fonseca da Silva Neto

Com o tema de gestão de ativos em alta nas grandes organizações europeias, esse trabalho visa introduzir alguns conceitos a respeito do assunto, além de propor boas práticas para empresas com objetivo de praticar a gestão de ativos. A evolução das técnicas de medição de vibração e de outros parâmetros, permitiram o crescente avanço no campo da manutenção preditiva. O trabalho em questão tem como um dos objetivos revisar os conceitos sobre as principais práticas de manutenção, com maior foco na manutenção preditiva, mais utilizadas pelas empresas atualmente. O maior objetivo neste, é apresentar o ponto chave entre a gestão de ativos e a manutenção preditiva e como uma prática pode amplificar os resultados da outra.

Palavras-chave: gestão de ativos, manutenção, manutenção preditiva, análise de vibração.

Abstract of the Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Naval Architecture.

Predictive through Vibration Analysis: A Valuable Tool for Asset Management

Luis Felipe Salomão Filho

April /2013

Advisor: Severino Fonseca da Silva Neto

With the theme of asset management at stake in major European organizations, this paper aims to introduce some concepts on the subject, and propose best practices for companies aiming to practice asset management. The evolution of techniques for measurement of vibration and other machine parameters enabled the increasing advancement in the field of predictive maintenance. One of the objectives here is to review the concepts on major maintenance practices which most companies employ, with major focus on predictive maintenance. The ultimate goal in this text is to present the key point between asset management and predictive maintenance and how a practice can amplify the results of another.

Keywords: Asset Management, Maintenance, Predictive Maintenance, Vibration Measurement.

Sumário

1. Introdução.....	1
1.1) Evolução das medições de Vibração voltadas para CBM	1
1.1.1) Primeiro Passo	2
1.1.2) Segundo Avanço.....	3
1.1.3) Terceira Evolução.....	3
1.1.4) Quarta Inovação.....	5
1.1.5) Último passo	6
1.1.6) Nova Evolução	7
1.1.7) No futuro... ..	8
1.2) Objetivos.....	9
2. Conceitos em Gestão de Ativos e Tipos de Manutenção	9
2.1) Gestão de Ativos	9
2.2) Manutenção.....	13
2.2.1) Manutenção Corretiva	15
2.2.2) Manutenção Preventiva	16
2.2.3) Manutenção Planejada.....	18
2.2.4) Manutenção Preditiva ou Condition Based Maintenance.....	19
2.2.5) Benefícios da Manutenção Preditiva	21
3. Otimização da gestão de ativos através da manutenção preditiva	26
4. Medições de Vibração como Ferramenta para Manutenção Preditiva.....	30
4.1) Desbalanceamento.....	Erro! Indicador não definido.
4.2) Desalinhamento	33
4.3) Instabilidade	34
4.4) Componentes Frouxos.....	36
4.5) Engrenagens	37
4.6) Diagnósticos para ativos mais comuns no meio naval.....	39
5. Conclusão	41
6. Novo Mercado.....	44
7. Referências	47

Índice de Figuras

Figura 1 - Cinco grandes avanços para medição de vibração.....	2
Figura 2 - Gráfico de deslocamento crítico de eixos, Dresser Clark.....	4
Figura 3 - Vibração mecânica medida por um acelerometro, no domínio do tempo.	5
Figura 4 - Primeiros equipamentos para medição de vibração no domínio da frequência.6	
Figura 5 - Acelerômetro do Iphone, medição a partir do aplicativo "Vibration by Diffraction Limited Desing".....	7
Figura 6 - Automatização da atividade de manutenção preditiva ou CBM.	8
Figura 7 – Ciclo da vida Útil de um Ativo	10
Figura 8 - Interrelação entre os ciclos de um ativo, através da gestão dos mesmos.....	12
Figura 9 - Objetivos de um programa de manutenção.....	14
Figura 10 - Manutenção corretiva ou reativa.....	16
Figura 11 - Bathtub Curve	17
Figura 12 - CBM visa detectar possíveis falhas prematuramente.	20
Figura 13 - Analisador químico portátil de fluidos para CBM.....	21
Figura 14 - Otimização do planejamento das gestão de manutenção via preditiva.....	22
Figura 15 - Detecção precoce de futuras falhas e precisão de diagnósticos sobre a condição do ativo.....	24
Figura 16 - Agravante de consequência de falha.....	25
Figura 17 - Integração das informações geradas pelos ativos em operação.....	26
Figura 18 - Como a gestão da manutenção influencia, através de dados, na gestão de ativos.....	27
Figura 19 - Processo de influência da informação na gestão de ativos.	29
Figura 20 - Defeito alterando a assinatura de vibração do equipamento.....	31
Figura 21 - Espectro de frequência típico de desbalanceamento.....	32
Figura 22 - Espectro de frequência típico de desalinhamento.....	34
Figura 23 - Espectro de frequência típico de Oil Whirl.	35
Figura 24 - Espectro de frequência típico de Oil Whip.....	35
Figura 25 - Componente Frouxos.....	36
Figura 26 - Espectros de Vibração gerados por problemas em Engrenagens.	38
Figura 27 - Nova etapa na cadeia de gestão de ativos para justificar os investimentos. 43	
Figura 28 - Certificação da "Underground" no PAS 55.	46

1. Introdução

A IAM (Institute of Asset Management) define gestão de ativos como “arte e ciência de tomar as decisões corretas e otimizar os processos com o objetivo comum de minimizar os custos de operação durante a vida útil de um ativo”.

Em outras palavras, **asset management** ou **gestão de ativos** é um sistema de controlar, monitorar ou manter bens de valor para uma entidade ou grupo. Esses bens podem ser físicos, como equipamentos e máquinas, financeiros (ações em uma bolsa de valores) e até abstratos como por exemplo, propriedade intelectual ou informação.

Novamente, para a IAM, podem ser considerados ativos físicos todos os equipamentos, máquinas, sistemas, ferramentas e instalações que contribuem diretamente ou indiretamente para o negócio principal de uma empresa.

A prática de manutenção tem um papel chave na gestão de ativos, todavia não é o único fator de importância, como será abordado mais a frente. Dentre os diferentes tipos de gerência da manutenção, um em particular será objeto de estudo nesse trabalho: A **manutenção preditiva** ou **Condition Based Maintenance (CBM)**. **Mais especificamente, o tema será abordado objetivando a prevenção de problemas relacionados com vibrações em navios e plataformas.**

No campo da manutenção preditiva, o monitoramento da condição de máquinas rotativas através de **medições de vibrações** evoluiu muito nos últimos anos, ganhando uma grande importância nesse cenário.

1.1) Evolução das medições de Vibração voltadas para CBM

Para entender como o estudo de vibrações pode influenciar os ativos através da manutenção preditiva, é preciso observar a evolução desse método durante os anos passados.

John S. Mitchell, especialista em estratégias para otimizar a vida útil e a utilização de ativos focado na análise de vibrações e na utilização da CBM com 35 anos de experiência e formado na U.S. Naval academy, publicou em 2007, na California, um estudo com o seguinte título: “*From Vibration Measurements to Condition Based Maintenance – Seventy Years of Continuous Progress*” ou em português, De medições de vibração para manutenção preditiva – 70 anos de avanço contínuo.

De acordo com [Mitchell S. John, 2007] nos últimos 70 anos, grandes avanços tecnológicos permitiram o avanço das análises de vibração e consequentemente na CBM nessa área. Desde equipamentos antigos que eram capazes apenas de captar ondas de baixa frequência para os equipamentos digitais de alta precisão, análises químicas detalhadas de amostras de óleo, estudo de corrente e circuito dos motores, análises térmicas, ultrassonografias e principalmente nos últimos 20 anos com a utilização da coleta, armazenagem e processamento dos dados nos computadores. Mitchell divide a evolução dessa prática em 5 grandes avanços, como é possível visualizar na figura 1.

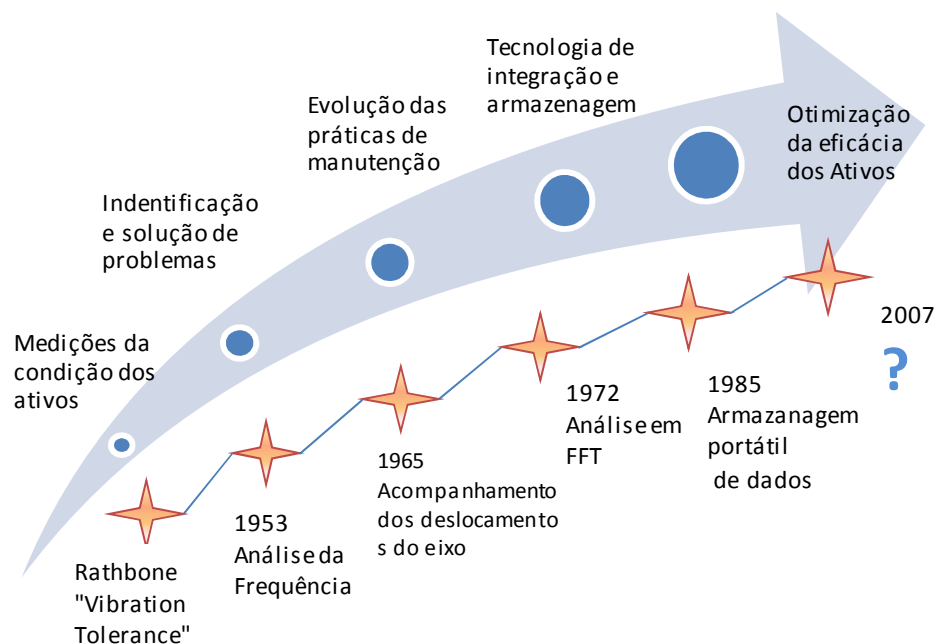


Figura 1 - Cinco grandes avanços para medição de vibração.

1.1.1) Primeiro Passo

A primeira utilização da medição de vibrações voltada para monitorar a condição de uma máquina rotativa foi realizada por T.C. Rathbone em 1939 através de um paper

intitulado “*Vibration Tolerance*” e publicado na então revista “Power Plant Engineering”. Através desse estudo, Rathbone introduz um guia para gestão de ativos através do monitoramento de vibrações para máquinas rotativas de aproximadamente 1 Hz até 120 Hz.

1.1.2) Segundo Avanço

Seguindo a linha, **o segundo grande avanço** nesse cenário foi a introdução da análise da frequência de vibração. Inicialmente, a amplitude era a única forma de análise para vibrações. Quanto maior a mesma, pior a máquina está. Com as medições de frequência e padrões de frequência, foi possível começar de detectar a natureza de um defeito e não somente a presença do mesmo. Porém, os equipamentos para medição ainda eram muito antigos e as leituras muito complexas, conseqüentemente necessitando de operadores com grande experiência.

1.1.3) Terceira Evolução

No final dos anos 60, muitas indústrias experimentavam problemas relacionados a eixo e mancais em seus ativos. Em decorrência dos citados problemas, Don Bently e Don Wilhelm (Helm Instrument Co.) surgiram com o conceito de monitoramento do deslocamento de eixos rotativos e sua proteção através de medições de proximidade, que foi **a terceira grande evolução**, para as medições de vibração voltadas para manutenção preditiva.

Esse estudo evoluiu e outros especialistas ao redor do mundo passaram a monitorar o deslocamento do eixo e de mancais no seus ativos. No anos 70, baseado nesses conceitos, o American Petroleum Institute (API) liderado pelos visionários Dick Dubner (Chevron) e Murray Rost (Mobil) lançou uma série de especificações para o projeto de máquinas, com margens de velocidades de rotação, níveis de vibração aceitáveis além de parâmetros para balanceamento de máquinas. Posteriormente, Dresser Clark publicou esses padrões e especificações refletidos em um gráfico, como pode ser visualizado na figura 2.

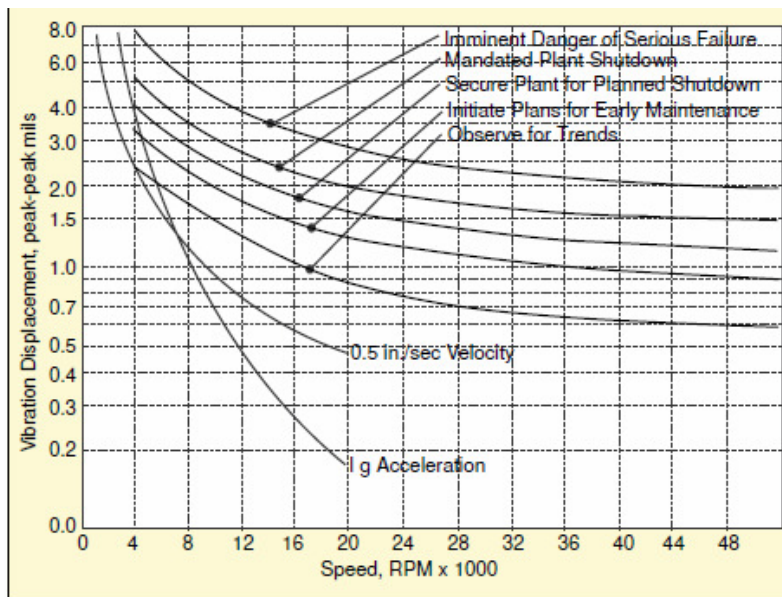


Figura 2 - Gráfico de deslocamento crítico de eixos, Dresser Clark.

Em 1974, a International Standards Organization (ISO) publicou as primeiras especificações sobre esse assunto:

- ISO 2372, *Vibração mecânica de máquinas operando com velocidades de 10 até 200 rps.*
- ISO 3945, *Medição e avaliação da seriedade de vibrações em grandes máquinas rotativas em Situ, operando com velocidades de 10 até 200 rps.*

A ISO 2372 foi implementada e evoluiu para a ISO 10816, *Vibração Mecânica – Avaliação de vibração através de medições em partes não rotativas.*

Do lado de vista americano, surgiam as primeiras publicações da API Standards, como a 670 – “*Vibration, and Axial-Position Monitoring Systems*”. A citada API foi um grande sucesso e acabou, nos EUA, se tornando um guia para monitoramento de deslocamentos dos eixos em quase todas as indústrias.

Em 1997, a General Motors Corporation publicou, a partir de todos as especificações citadas anteriormente, o *Standard for Machinery and Equipment*. Essa norma, especifica critérios para amplitude máxima em diversas faixas de frequência para diferentes classes de máquinas. Ainda hoje, é a norma mais detalhadas para critérios de aceitação de vibração em mancais, adotada e modificada por diversas empresas do ramo.

1.1.4) Quarta Inovação

A **quarta inovação** foi a utilização de análises em tempo real/ FTT. As medições de eixos e mancais forneciam grande quantidade de dados, todavia ambos eram limitados a análises no domínio do tempo, ao seja, só era possível determinar se a amplitude de vibração estava ou não acima do limite permitido. No final dos anos 60, foi descoberto que grandes frequências de rotação apontavam indícios de anormalidades e possíveis falhas.

Os sinais gerados, no domínio do tempo, eram muito complexos e não podiam ser corretamente interpretados, figura 3 e ninguém tinha tempo nem meios para analisar as máquinas em alta rotação.

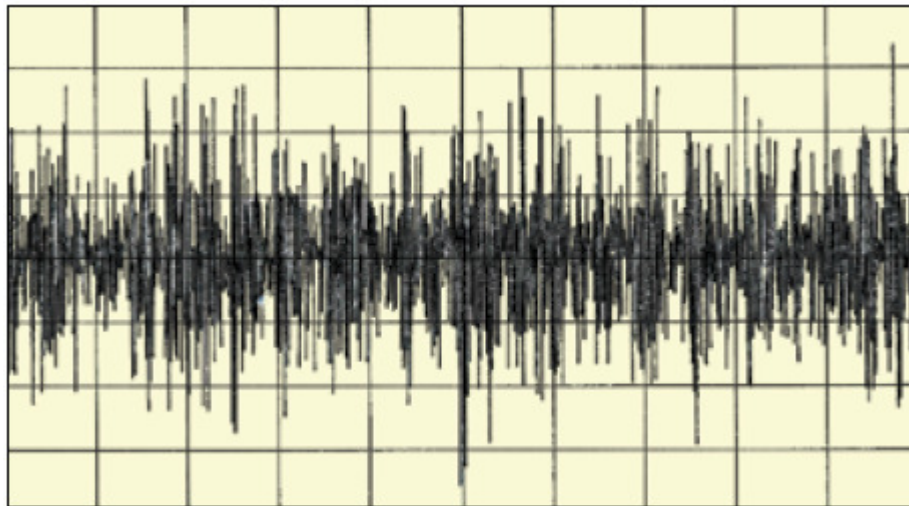


Figura 3 - Vibração mecânica medida por um acelerômetro, no domínio do tempo.

O pioneiro em análises de campo foi Richard Burchill no MTI no final dos anos 60. Um dos primeiros papers descrevendo possíveis análises do espectro para monitorar a condição e gerar diagnósticos de defeitos em máquinas rotativas foi publicado em 1972 com o nome de “*Applications of Spectrim Analysis to Onstream Condition Monitoring and Malfunction Diagnosis of Process Machinery*”. No começo, os primeiros analisadores eram muito grandes e pesados, figura 4, o que dificultava muito o trabalho em campo, principalmente em lugares apertados, como o caso de navios.

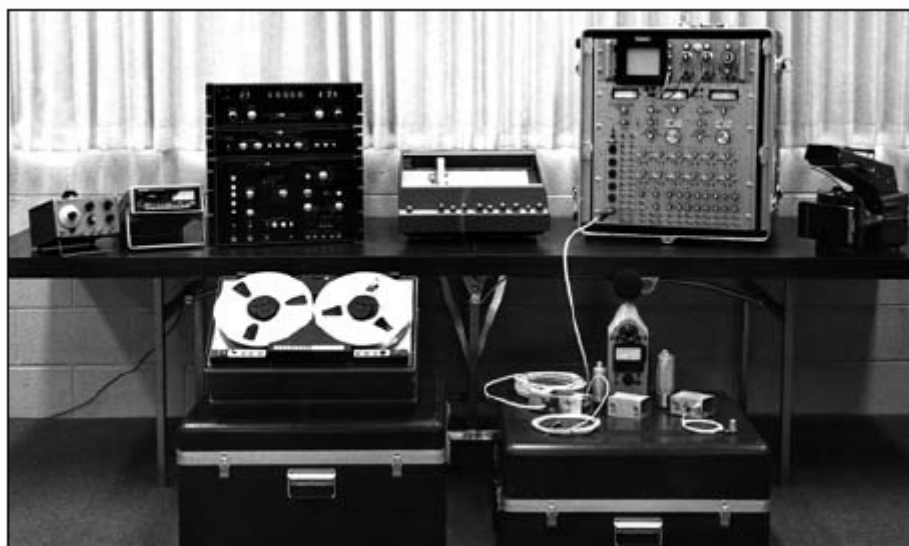


Figura 4 - Primeiros equipamentos para mediçãode vibração no domínio da frequência.

Uma posterior evolução, a introdução da FFT no final dos anos 70 substituiu os compressores de tempo, figura 4, por equipamentos que utilizavam a análise através da “fast fourier transform” (FFT). Essas máquinas tinham o tamanho e peso muito menores comparados com as antigas e realizam a transferência do domínio temporal para a frequência digitalmente em um display integrado.

1.1.5) Último passo

A **quinta e última inovação**, citada por Mitchell, que permitiu o avanço da medição de vibração para o monitoramento, veio junto com o início da era digital. Assim como quase todo mundo foi revolucionado com o aparecimento do PC e da capacidade de armazenamento de dados digitais em equipamentos (HD), o cenário no campo de vibrações e manutenção preditiva não foi diferente.

A possibilidade de salvar todos os dados e espectros gerados pelo conversores FFT, tornou essa atividade muito fácil, uma vez que anteriormente era necessário anotar em papel todos os resultados das medições imediatamente, caso dados fossem perdidos, era necessário realizar o experimento novamente. Com a chegada de meios para guardar e armazenar essas informações, tornando a atividade muito mais fácil e deixando o trabalho de raciocínio do operador apenas para interpretar os resultados e transcrevê-los.

1.1.6) Nova Evolução

Como o estudo de John S. Mitchell vai apenas até 2007, muita coisa evoluiu nesses 5 anos. Devido a isso, **o autor tomou a iniciativa de incluir outra etapa na evolução** dos meios de estudo e medição de vibração voltados para a área de manutenção de ativos.

Com a evolução dos sistemas digitais e aparecimento de tecnologias novas, a portabilidade se tornou algo cada vez mais desejado no mercado. Quanto menor e mais portátil (maior autonomia) um aparelho se torna, realizando as mesmas funções de seus antecessores, mais ele atende as expectativas do mercado. Nesse caso pode-se incluir os celulares, rádios, Gps e outros.

No contexto da medição de vibração o mesmo se aplica e mais, hoje é possível realizar medições de aceleração com análise em tempo real e FFT a partir de um aparelho celular como o Iphone, figura 5, sendo necessário adquirir apenas um aplicativo na “Apple Store” para tal. Avanços como este tornam a tarefa de monitoramento de seus ativos mais rápida e fácil devido ao tamanho e portabilidade dos equipamentos de medição.

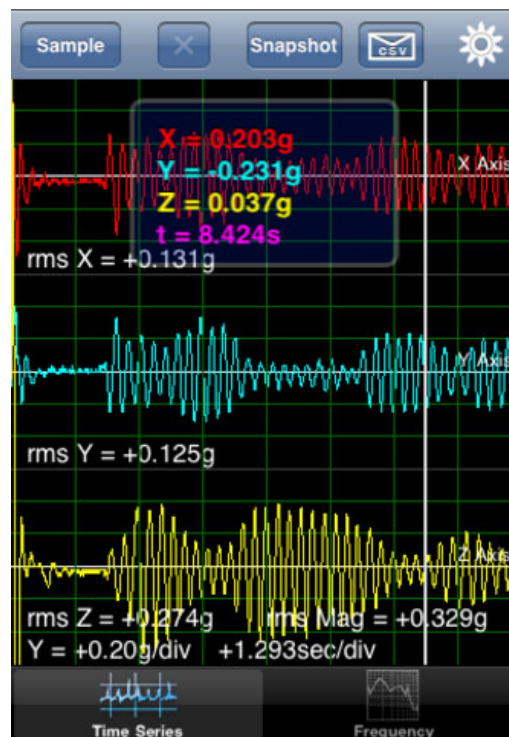


Figura 5 - Acelerômetro do Iphone, medição a partir do aplicativo "Vibration by Diffraction Limited Desing".

1.1.7) No futuro...

Para o futuro próximo, o autor toma a liberdade de fazer uma previsão do avanço nessa área para a automação. Medidores fixos em ativos principais enviando medições para uma rede principal que alimenta um sistema que pode ser visualizado em qualquer lugar do mundo, com a capacidade de interpretar os resultados e qualquer anomalia fora dos padrões aceitáveis para emitir avisos, programar vistorias ou até publicar ordens de compra para possível peças de reposição.

Indo mais além, tomando como exemplo os processadores chamados de “cérebros” que atuam nos sistemas de posicionamento dinâmico corrigindo qualquer distúrbio na posição da embarcação com a aumento ou diminuição da potência dos impelidores, um sistema que ao detectar uma amplitude acima dos padrões aceitáveis em algum equipamentos, instantaneamente passe a utilizar o equipamento redundante se possível, evitando qualquer período de operação de seus ativos em uma condição anormal, certamente aumento sua vida útil. Ou ainda, os processadores - em uma analogia com o DP - poderão atuar, no sentido de corrigir o problema (se isto for possível), após o diagnóstico.

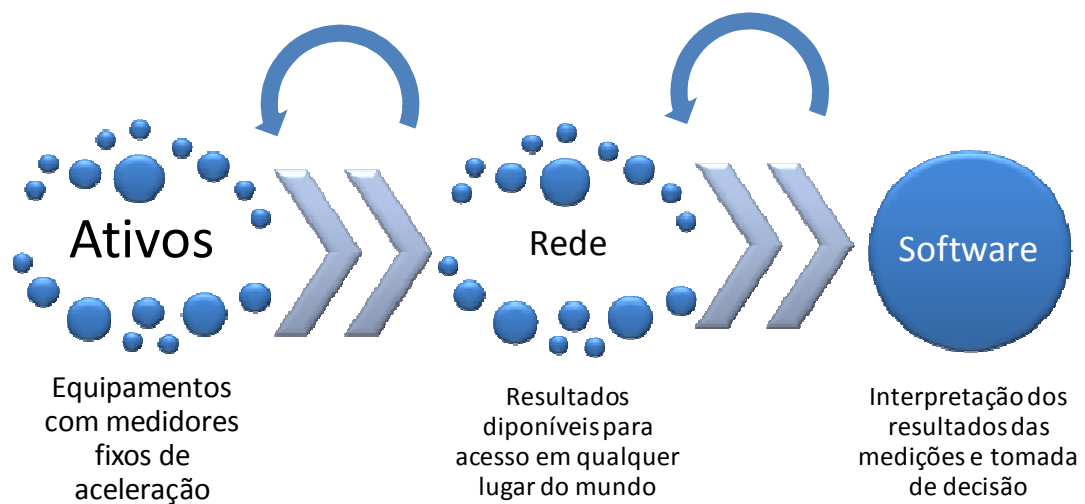


Figura 6 - Automatização da atividade de manutenção preditiva ou CBM.

1.2) Objetivos

O presente trabalho tem como um dos principais objetivos, identificar a forte ligação entre a manutenção preditiva e a gestão de ativos e como o monitoramento contínuo de equipamentos pode otimizar o gerenciamento dos ativos de uma empresa, minimizando os riscos da operação e os custos de manutenção dos ativos.

Outra finalidade deste relatório é a revisão do estudo de terceiros no que tange a análise preditiva de possíveis defeitos e anomalias de máquinas rotativas, a partir das medições de vibrações e observação do espectro no domínio da frequência.

Em relação a última meta, o autor visa revisar e apresentar alguns conceitos básicos no campo de vibração, gestão de ativos e tipos de manutenção mais utilizados.

2. Conceitos em Gestão de Ativos e Tipos de Manutenção

Como mencionado no escopo desse relatório, um dos objetivos do autor é revisar conceitos básicos no cenário de vibrações, realizar uma introdução em alguns conceitos na parte de gestão de ativos e apresentar os tipos de manutenção mais utilizados. Essa seção está diretamente relacionada a esse objetivo, pois visa passar para o leitor uma noção básica para o leitor no que diz respeito aos assuntos citados acima.

2.1) Gestão de Ativos

Na introdução foi apresentado o que a IAM (institute of asset management) define como gestão de ativos e como o autor entende esse conceito. Nesse seção, serão introduzidos todos os aspectos que essa prática engloba e o que influencia no rendimento da mesma.

A gestão de ativos tem como principal objetivo garantir que as decisões quanto aos seus ativos sejam as melhores possíveis e para tal é necessário atuar e controlar todas as etapas desde o primeiro plano de compra do equipamentos até a hora da disposição do mesmo, ou seja, durante toda a vida útil desse item. Segundo [Hardwick John, 2012] as etapas que a gestão deve acionar são:

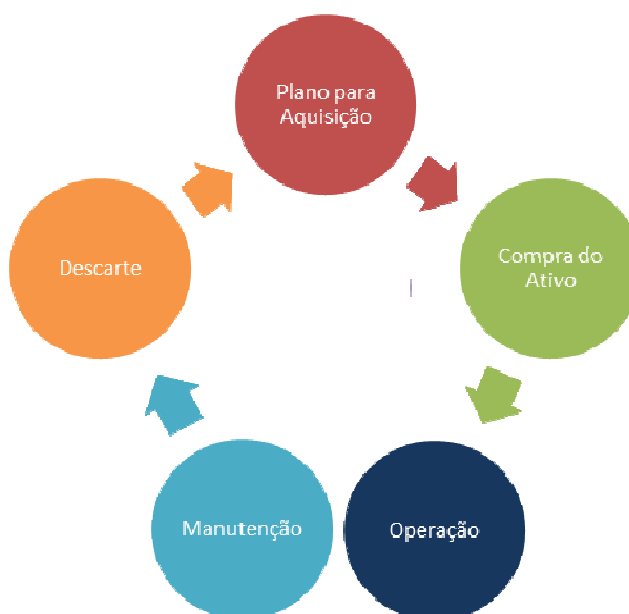


Figura 7 – Ciclo da vida Útil de um Ativo

Como pode ser visualizado na figura 7, o ciclo de vida de um equipamento é bem definido e portanto para administrá-los é necessário compreender todas as etapas ilustradas acima.

Cada empresa possui sua política de planejamento de compra e aquisição de equipamentos e um plano para seu descarte, essas etapas tem sua importância no processo de coordenação de ativos, porém são mais facilmente implantadas e alteradas de acordo com a estratégia principal da empresa, uma vez que são geralmente decisões tomadas pela alta gerência.

De acordo com o atual (2013) presidente da Abraman (Associação brasileira de manutenção), João Lafraia, as etapas de operação e manutenção, são considerados os pontos chaves na gestão de ativos em uma companhia. Como a manutenção e o uso dos equipamentos em uma fábrica engloba um grande número de recursos humanos, é

necessário entender que o sucesso desses itens está diretamente ligado a cultura e ao comportamento dos mesmos.

Em outras palavras, o sucesso do processo de manutenção e operação está totalmente ligado a como os colaboradores e seus gerentes enxergam a necessidade e importância desses processos e também como os mesmos foram capacitados para isso.

Essa dificuldade pode ser melhor compreendida ao comparar a política de manutenção com a de aquisição de um ativo. Ao passo que para alterar a estratégia de compra de uma empresa como por exemplo os fornecedores de certos equipamentos, basta a decisão da gerência ser propagada para o setor de compras que a nova política será acatada. Entretanto, para alterar os planos de manutenção não basta apenas a propagação de uma ordem da alta gerência para o setor de manutenção, pois esse setor não é capaz de sozinho obter sucesso nesse desafio. Para tal é preciso um esforço comum de todos os colaboradores envolvidos nessa atividade e não somente de um setor da companhia. Visando alcançar tamanha meta, deve-se alterar algo muito mais profundo que somente uma estratégia da diretoria. **A chave é transformar e modificar a cultura, comportamento e valores de seus funcionários. Tal afirmação está alinhada com o que pregam os grandes e reconhecidos gestores de empresas: Gestão é o conjunto de pessoas, processos e valores.**

Um grande exemplo dessa dificuldade é o atual contexto que a Petrobrás se encontra, quando a presidente Graça Foster, *fonte O globo em 06/02/2013*, anunciou que 2013 seria um ano difícil, principalmente devido à necessidade de paradas para manutenções de algumas unidades offshore. Essa declaração acarretou em uma queda de 8% nas ações da companhia. Provavelmente, se a empresa tivesse adotado, há tempos, um sistema de manutenção preditiva, não haveria necessidade de "paradas totais" de plataformas, mas sim paradas parciais planejadas de apenas alguns sistemas, não interrompendo a produção total das unidades.

Nos tempos atuais é possível perceber essas práticas em muitas empresas que utilizam uma maneira muito interessante, partindo dos líderes até o mais baixo funcionário a difusão e implantação da ideia que cada um não é apenas mais um colaborador e sim um dono da companhia, isso modela a cultura e comportamento dos funcionários, facilitando qualquer prática de manutenção desejada pela empresa. Vale ressaltar que essa mudança deve partir sempre da Alta Liderança da empresa que precisa agir como

patrocinadora desta nova visão, comunicando-a e dando o exemplo em cada atitude, cada declaração, cada postura.

Depois de citar a importância, para gestão de ativos, de cada item presente na vida útil, figura 7, é preciso demonstrar como cada um se relaciona com os outros. Para ilustrar essas interações, foi desenvolvido um fluxograma que visa evidenciar como cada etapa gera um custo e um risco associado.

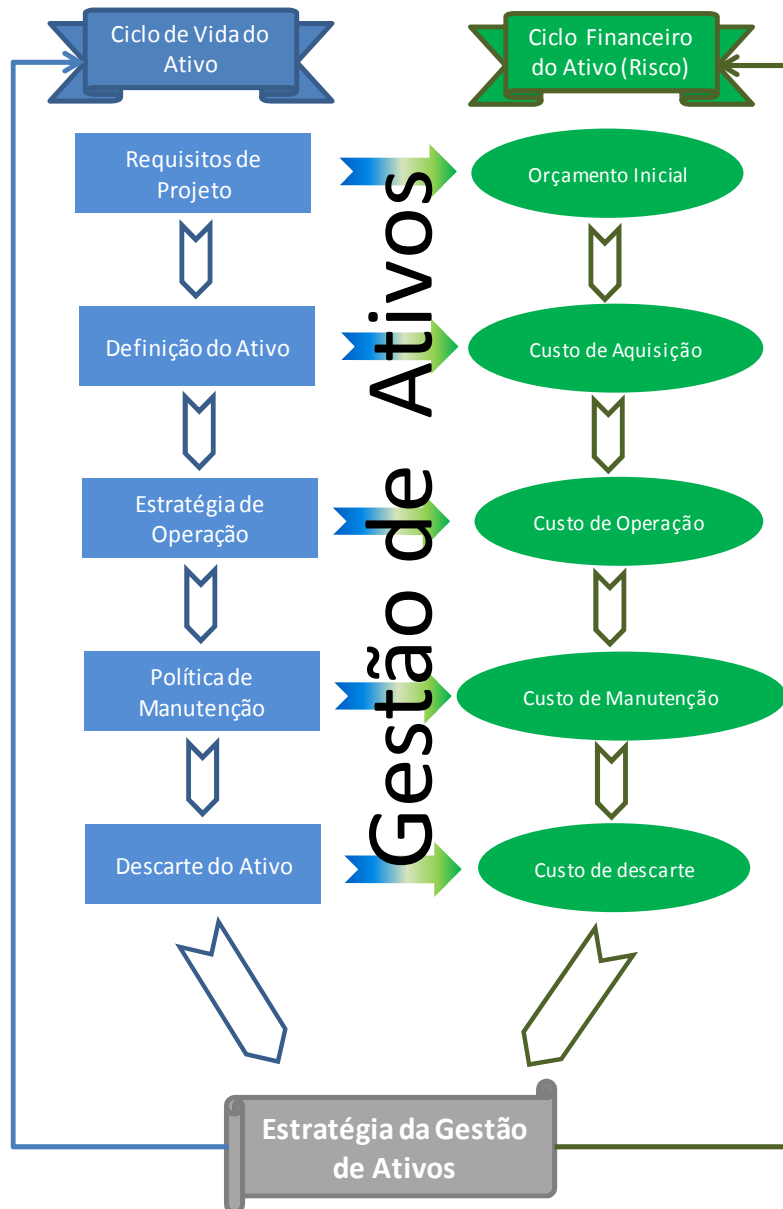


Figura 8 - Interrelação entre os ciclos de um ativo, através da gestão dos mesmos.

Ao analisar a figura 8, percebe-se que a gestão propriamente dita é a tomada de decisão no final do fluxograma com o objetivo de minimizar os custos (riscos) gerados em cada etapa da vida útil dos ativos, além de aumentar a duração de cada ciclo. **Vale ressaltar que com uma boa estratégia é possível sempre otimizar o próximo ciclo, proporcionando assim uma melhoria contínua do sistema de gestão.**

2.2) Manutenção

Todas as atividades necessárias para manter, a curto ou longo prazo, as funções e expectativas de um equipamento, grupo de equipamentos, sistemas ou conjunto de ativos dentro de padrões aceitáveis são chamadas de manutenção.

Alguns autores como [Maxwell, Stewart] atribuem, além do citado acima, ações como comissionamento, adaptação e qualquer tipo de reparos de qualquer natureza como manutenção.

Para definir os principais objetivos de uma política de manutenção, o autor se apoia nos conceitos presentes no livro *“Introduction to MACHINE VIBRATION”* por [White, Glenn D].

Certamente a principal razão de ser dos programas de manutenção é a eliminação da falha ou quebra de ativos. Adicionamos a tal assertiva outra finalidade, que é a extensão da vida útil econômica do ativo, evitando a necessidade prematura e, se possível e recomendável, ultrapassando aquela prevista pelo próprio fabricante. Em grande parte dos casos, uma falha inesperada acarreta um dano considerável ao equipamento aumentando demasiadamente (em torno de 10 vezes mais que a operação de manutenção pré falha) o custo do reparo. Sem mencionar a possibilidade de uma queda ou parada de produção dependendo da importância do ativo em falha e ainda a necessidade de reposição prematura. Não é possível, com a tecnologia atual, eliminar 100% dos defeitos repentinos, entretanto esse número pode ser muito reduzido com uma política sólida de manutenção de ativos.

O segundo objetivo visado ao realizar a atividade de manutenção, é adquirir a partir da mesma, condições de antecipar precisamente (organização) as necessidades para realizá-la. Como por exemplo, planejar de maneira eficaz as peças de reposição,

diminuindo os espaços ocupados, o tempo extra de trabalho para alocar essas peças e o decorrente custo financeiro associado a qualquer estoque. Outro ponto de importância gerado através do planejamento é o alinhamento e programação de maneira ideal dos reparos de equipamentos ou sistemas que necessitem de uma suspensão da operação com as paradas programadas da fábrica.

A **terceira meta de uma política de manutenção**, pode ser considerada uma consequência da primeira, pois ao reduzir as falhas de equipamentos, o número desses funcionando em um período de tempo amplifica-se. Logo, a produtividade e a confiabilidade da planta de produção aumenta

O **último objetivo** pode ser encarado como a possibilidade da criação de um banco de dados com informações de diversas naturezas, como: condição ótima e péssima de operação de cada ativo, desgaste dos equipamentos por tempo, consumo de peças de reposição ou consumíveis, horas de trabalho necessárias para manutenção, eficácia da máquina ou sistema em relação a atividade desempenhada e outros.

Segue abaixo uma ilustração que reflete de forma resumidamente o propósito de uma política de manutenção.

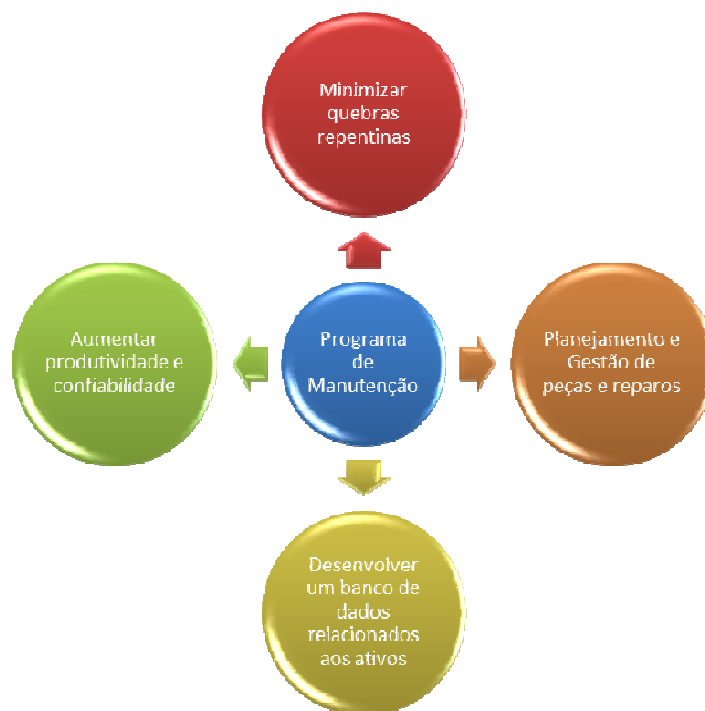


Figura 9 - Objetivos de um programa de manutenção.

Existem múltiplos caminhos para executar a manutenção de ativos, cada com seus pontos positivos e negativos em comparação aos demais, geralmente a melhor opção depende da expectativa da companhia e de seu cliente quanto ao equipamento ou produto. A principal finalidade desse capítulo é esclarecer os diferentes tipos de manutenção mais praticados pelas empresas em tempos atuais.

2.2.1) Manutenção Corretiva

Segundo o Professor Dr. João Candido Fernandes (Unesp, 2010) a manutenção corretiva visa corrigir, restaurar, recuperar a capacidade produtiva de um equipamento ou instalação, que tenha cessado ou diminuído sua capacidade de exercer as funções às quais foi projetado.

Tendo em vista que uma máquina parada compromete toda a produção, a manutenção corretiva é a primeira atitude tomada para que esta produção volte à normalidade. Ou seja, a manutenção corretiva é uma técnica de gerência reativa que espera pela falha da máquina ou equipamento, antes que seja tomada qualquer ação de manutenção.

É o método mais caro de gerência de manutenção. Os maiores valores em dinheiro associados com este tipo de gerência de manutenção são: alto custo de estoques de peças sobressalentes, altos custos de trabalho extra, elevado tempo de paralisação da máquina, e baixa disponibilidade de produção. Também gera a diminuição da vida útil das máquinas e das instalações, além de serem necessárias paradas para manutenção em momentos aleatórios, e muitas vezes inoportunos por serem em épocas de ponta de produção, correndo o risco de ter que fazer paradas em períodos de cronograma apertado, ou até em épocas de crise geral. Manutenção corretiva é aquela de atendimento imediato à produção. Esse tipo de manutenção baseia-se na seguinte filosofia: “equipamento parou, manutenção conserta imediatamente”. As empresas que não tem uma manutenção programada e bem administrada convivem com o caos, pois nunca haverá pessoal de manutenção suficiente para atender às solicitações.

Devido a isso, mais do que um grande número de especialistas, é preciso organizar de maneira muito eficaz as equipes de manutenção, pois nunca se sabe quando esses serão solicitadas. Mesmo que em muitas ocasiões o pessoal de manutenção seja requisitado em quantidade suficiente, não seria possível planejar as atividades dos mecânicos em épocas em de calma.

Outra grande desvantagem da manutenção corretiva, do ponto de vista de grandes equipamentos, é a dificuldade de deslocamento de enormes peças para oficinas de reparo. Uma vez que na grande maioria dos casos, é preciso remontar as peça quebrada e transportar para uma oficina, aumentando não somente o preço do reparo como também o tempo, ressaltando que *“time is money”*.



Figura 10 - Manutenção corretiva ou reativa.

Fonte: Infortech Manutenção

2.2.2) Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva obedece a um padrão previamente esquematizado e definido geralmente pelo fabricante ou fornecedor dos ativos da fábrica, que estabelece paradas periódicas com a finalidade de permitir a troca de peças usadas por novas, assegurando assim o funcionamento ideal da máquina por um período predeterminado.

Para gerar esse padrão, o fabricante analisa o histórico de cada tipo de máquina e programa as manutenções periódicas para antes dos defeitos esperados estatisticamente. É possível afirmar que, em sua maioria, máquinas de mesma natureza apresentam taxas de falha semelhantes e seu valor médio pode ser previsto para longos períodos de tempo. Essas estatísticas são responsáveis pela criação dos famosos gráficos do tipo “Bathtub Curve”, ilustrado na figura 11.

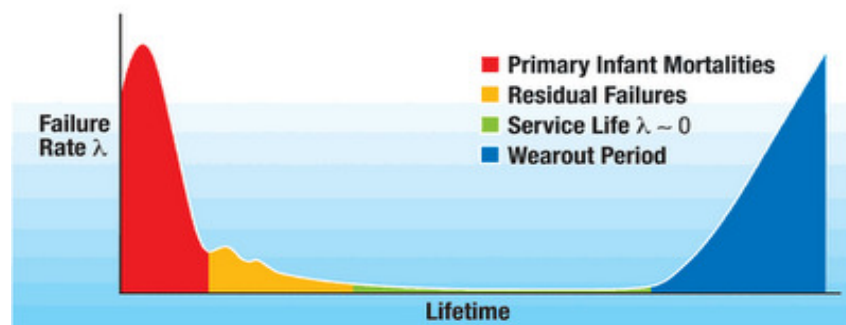


Figura 11 - Bathtub Curve

Fonte: *The Franklin Monologues*

O método preventivo proporciona um ritmo de trabalho bem definido, assegurando certo equilíbrio para a gestão das atividades de manutenção. Isso se deve a principalmente dois fatos, o controle das peças de reposição ser muito claro e definido, uma vez que as peças que serão repostas são descritas pelo fabricante, permitindo um planejamento muito preciso dos estoques de reposição. Além de permitir a empresa programar com antecedência as vistorias e paradas de ativos, pois as manutenções já estão todos definidas pelo manual do equipamento.

Um exemplo muito comum de manutenção preventiva é a utilizada por todas as marcas produtoras de veículos comerciais. Ao observar o manual de qualquer carro, todas as manutenções são definidas, o período que a mesma deve ser realizada (a cada 6 meses ou 10.000 Km) e todas as peças que devem ser trocadas (filtro de ar, óleo lub, filtro de óleo e etc) a cada revisão.

Aproveitando o exemplo acima, ao adquirir um veículo comum na cidade do Rio de Janeiro e o mesmo carro em Curitiba, as manutenções periódicas são exatamente as mesmas, o período é o mesmo e as peças que serão substituídas em cada revisão são exatamente as mesmas. Todavia, mesmo o país sendo o mesmo para ambos locais de atuação dos veículos, as cidades são completamente diferentes. No Rio de Janeiro o trânsito é muito intenso, o automóvel passará muito mais tempo funcionando, parado (sem contar quilometragem) que o mesmo em Curitiba. O asfalto no Sul, em geral, apresenta uma condição muito melhor que no Sudeste, logo o carro aqui fica sujeito a esforços muito mais intensos que no Sul, seguindo na mesma linha a intensidade de

partículas no ar, poluição, também é maior no Rio que em Curitiba e os filtro de ar certamente se desgastarão com mais facilidade no Rio. Até o perfil e comportamento dos indivíduos no Sudeste pode ser diferente do Sul, alterado o método de operação do ativo.

Ao realizar a vistoria programa em Curitiba, provavelmente o veículo trocará peças que poderiam ainda ser aproveitadas, elevando o custo da manutenção, enquanto no Rio de Janeiro o mesmo veículo possivelmente operou um período com uma peça defeituosa, podendo comprometer o sistema a longo prazo, reduzindo a vida útil do ativo.

Ao realizar um estudo sobre a eficácia da manutenção preventiva, a United and American Airlines, detectou que a maioria das máquinas rotativas apresentam um aumento muito considerável de chance de falhar logo após as vistorias (com desmontagem do equipamento) periódicas, em outras palavras, após uma manutenção periódica o ativo tinha sua confiabilidade reduzida, como se o equipamento retornasse a parte vermelha da curva acima, figura 11.

A partir desse estudo e observações subsequentes, foi determinado que depois de cada manutenção periódica em máquinas rotativas, de 20% a 25% apresentavam defeitos de inicialização. Esses fatores demonstram como valores médios e estatísticas nem sempre são os melhores parâmetros para nortear uma política de manutenção.

É necessário citar que se tratando de máquinas sujeitas a efeitos muito previsíveis como a corrosão, a manutenção preventiva tem um efeito muito positivo.

2.2.3) Manutenção Planejada

Segundo o Engenheiro Naval Ricardo Salomão, que atuou como Gerente Executivo na Petrobras em diversas áreas, inclusive Manutenção de Navios, a manutenção planejada pode ser considerada uma evolução da preventiva. Ao adicionar a experiência e vivência dos engenheiros e encarregados da parte de manutenção, é possível ajustar e corrigir os intervalos das manutenções periódicas determinados pelo fabricante apenas com dados estatísticos. **Ou seja, os dados próprios e a experiência do usuário são somados às recomendações do fabricante, obtendo-se um mix mais eficiente para a gestão do ativo.**

Ao realizar esse projeto, situações como a troca de peças sem necessidade podem ser reduzidas, evitando o desperdício ou pensando pelo outro lado, os ativos tem menor chance de operar com partes defeituosas que deveriam ser substituídas antes do período predefinido pelo fornecedor.

Outra grande vantagem mencionada pelo engenheiro citado é a diminuição das desmontagens prematuras das máquinas, pois o intervalo foi ajustado ao longo do tempo, reduzindo assim os problemas mencionados no item anterior.

A manutenção planejada também permite a criação de um programa de cuidados para partes do sistema que não possuem um manual de operações com as inspeções programadas, como, por exemplo, tubulações, válvulas, suportes, etc. que certamente influem no desempenho dos ativos (máquinas e equipamentos) e devem ser atendidas pela política de manutenção.

Ao mencionar as desvantagens dessa programa, Ricardo é claro ao afirmar que esse programa fica refém da experiência de seus criadores. Além de demandar um tempo para ajustar os intervalos previstos pelo manual do fabricante, acarretando ao cliente ou armador um alto risco de não ter seu prejuízo ressarcido pelo fornecedor ou seguradora caso um defeito ocorra. Por esse motivo, entende que foi dado o passo seguinte, na direção da Manutenção Preditiva.

2.2.4) Manutenção Preditiva ou Condition Based Maintenance

A CBM tem como principal característica a estratégia de determinar a condição de um ativo, enquanto o mesmo está operando. Essa técnica é baseada no fato de que em sua maioria, cada componente de uma máquina emite um tipo de aviso ou sinal antes de falhar. Para reconhecer esses “sintomas” apresentados pelos equipamentos, são necessários diversos ensaios e técnicas não destrutivos. A medição de vibrações, citada na seção de Introdução, é um dos métodos para compreender os “sinais” dados pelas máquinas.. Na realidade, podemos dizer que um equipamento "se comunica externamente" com seu mantenedor, através do nível de vibrações, da temperatura e do nível de ruído e outros que serão abordados ao longo do capítulo.

A manutenção preditiva tem um histórico semelhante ao mencionado na Introdução referente a evolução das análises de vibrações. Conforme a tecnologia avançou em diversas áreas, ensaios antes não conhecidos, como a ultrassonografia e a análise térmica, se tornaram grandes aliados da gerência de manutenção preditiva, além da muito utilizada endoscopia industrial. Outros tiveram grandes avanços, otimizando custos, tempo e portabilidade, como é o caso da análise de química de óleo e da própria medição de vibrações.

Uma das grandes vantagens desse método é a possibilidade de monitorar possíveis falhas, mesmo antes destas se tornarem defeitos, conforme demonstra a figura 12. A CBM permite que a gestão da planta controle os ativos e os programas de manutenção e vistoria e não ao contrário, os ativos ditando os planos de manutenção. Em uma embarcação portadora desse serviço, a condição dos ativos é sempre conhecida, aumentando a confiabilidade do armador em seu navio, bem como a precisão de planejamento.

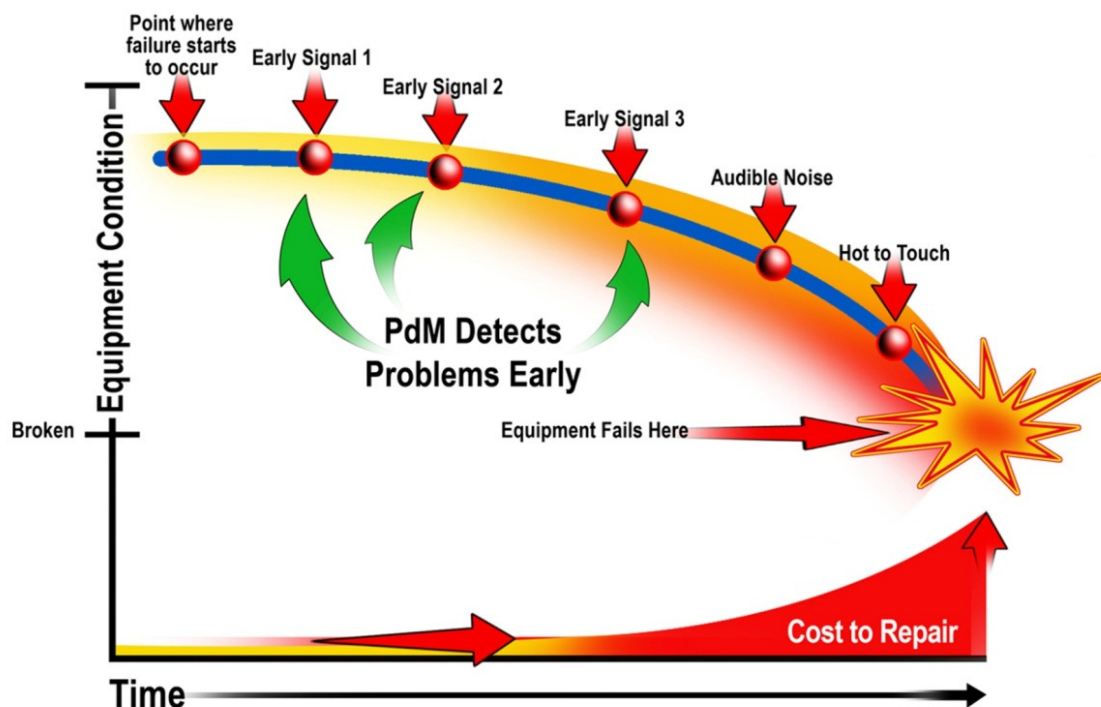


Figura 12 - CBM visa detectar possíveis falhas prematuramente.

Fonte: MARCON 2013 (Reliability & Maintainability)

Como mencionado em diversos outros momentos nesse estudo, a manutenção preditiva deve ser apoiada em atividades ou ensaios extras, como a medição de vibração que é de fato a mais importante análise, pois em diversos casos, de todos os ensaios não destrutivos que podem ser realizados para determinar as condições de um ativo que possua partes móveis, a assinatura de vibração apresenta as informações mais precisas sobre as peças internas e estado do equipamento internamente.

Outra atividade presente no escopo da manutenção preditiva é a análise química de óleo dos ativos, figura 13, especialmente para equipamentos críticos para a planta. Esse tipo de análise pode indicar se existem corpos estranhos, ou partes próprias, circulando pela máquina e se o óleo utilizado possui a composição adequada para operação.

A análise térmica determina a temperatura na superfície e proximidades da máquina através de infravermelhos. Esses instrumentos são de extrema importância para detectar possíveis defeitos ou sobre corrente nas partes de painéis elétricos e cabeamento, além de outras áreas de difícil acesso, que não ficam em falta a bordo.



Figura 13 - Analisador químico portátil de fluidos para CBM

Fonte: FluidScan manager (azom.com/2013)

2.2.5) Benefícios da Manutenção Preditiva

Certamente, uma das principais vantagens nessa política de gestão é aumentar a confiabilidade da planta de produção e olhando do ponto de vista naval, elevar a taxa de segurança do afretador perante a embarcação, uma vez que a probabilidade de equipamentos falhar é muito reduzida nesse programa, deixando o risco quase totalmente concentrado apenas nas falhas humanas. Vale ressaltar que ao implantar essa gestão, falhas catastróficas de equipamentos não devem ocorrer, salvo fatalidades ou

falhas humanas, se o programa funcionar corretamente. Pois ao monitorar em tempo real os ativos, é possível evidenciar a situação e condição da máquina não permitindo que a mesma opere até quebrar de forma catastrófica, minimizando o risco para os colaboradores e operadores quanto a probabilidade de sofrerem um acidente grave ou até mesmo o óbito causado por uma falha mecânica.

Assim como na manutenção preventiva, com essa política é possível planejar acontecimentos a longo prazo, figura 14, como coincidir a paralisação de algum ativo para reposição de peças ou balanceamento com alguma parada programada da embarcação no porto ou no dique seco para vistorias periódicas. Vantagem que certamente diminui o “down time” do navio, aumentando a receita e no caso de uma fábrica, aumenta a produtividade.

Com a habilidade de prever possíveis defeitos em alguma peça do equipamento, torne-se dispensável a compra precoce de peça de reposição, reduzindo desperdícios e custos com armazenagem. Diferente do que acontece na manutenção preventiva, na CBM as peças são compradas e trocadas apenas quando a máquina realmente dá sinais de que, em breve, apresentará alguma anomalia que pode se transformar em um futuro problema.

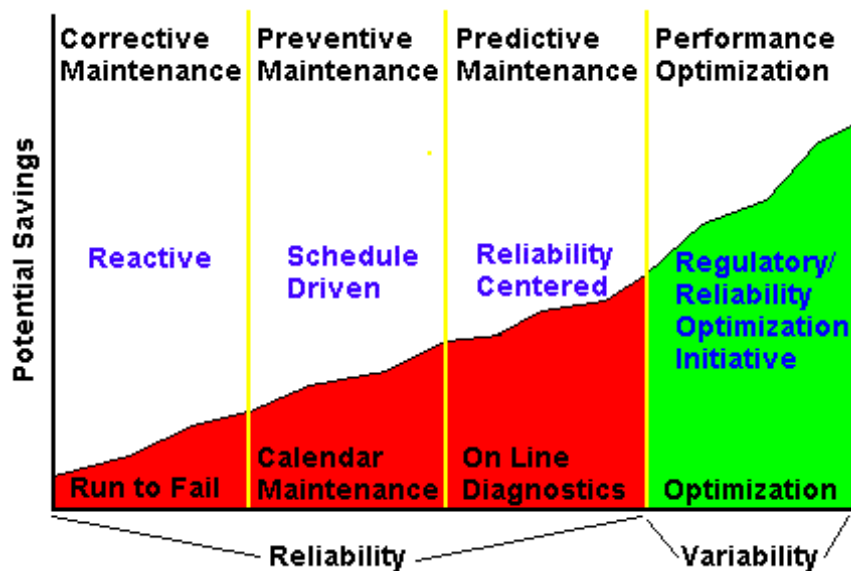


Figura 14 - Otimização do planejamento das gestão de manutenção via preditiva

Fonte: Emerson Process Management - The Ultimate Goal

Como citado nas seções anteriores, uma das maiores causas de defeitos é justamente a ação de desmontar e remontar o equipamento. Seja por qualquer razão, ao retirar os componentes do lugar para realizar um serviço e depois remontar os mesmos, são

esperados problemas na fase de inicialização do ativo. Com a manutenção preditiva não é possível evitar essas falhas iniciais, porém é factível reduzir a frequência de desmonte dos ativos realizando a **endoscopia industrial**, ou seja, indicar a condição interna do equipamento, através do monitoramento contínuo, sem necessidade de desmonte do mesmo. Devido a isso, essa ação de montagem e desmontagem torna-se necessária apenas quando a máquina apresenta algum sintoma real de provável falha futura. Muitos fabricantes já estão introduzindo em seus equipamentos facilidades (tais como aberturas para a introdução do endoscópio ou sensores) para a realização desta atividade de manutenção em tempo real.

Ainda nessa linha, vale ressaltar que em certos casos, equipamentos novos apresentam falhas e defeitos logo depois de sua inicialização, gerados por defeitos de fabricação da máquina ou em outros casos instalação errônea. Ao realizar o comissionamento de uma nova planta de produção ou em nosso caso, a prova de mar de uma embarcação, a gestão de manutenção preditiva permite a avaliação total das máquinas instaladas a bordo, uma vez que ao realizar o monitoramento real dos equipamentos em um teste inicial, é possível avaliar se os mesmo foram propriamente instalados e fabricados.

Outro grande benefício da gerência preditiva de manutenção é a otimização da vida útil dos ativos. Pois ao monitorar a condição em tempo real dos equipamentos, a probabilidade desse operar em alguma condição fora do normal é muito menor que em qualquer outra política de manutenção. Pois na preditiva, quando uma anomalia é detectada (figura 15), é possível programar uma inspeção para o equipamento antes que esse sintoma se agrave, ao passo que no caso preventivo, entre uma inspeção e outra, o equipamento pode operar em condições extremas por um período de tempo, gerando esforços incomuns em algumas peças e problemas a longo prazo e diminuindo sua vida útil.

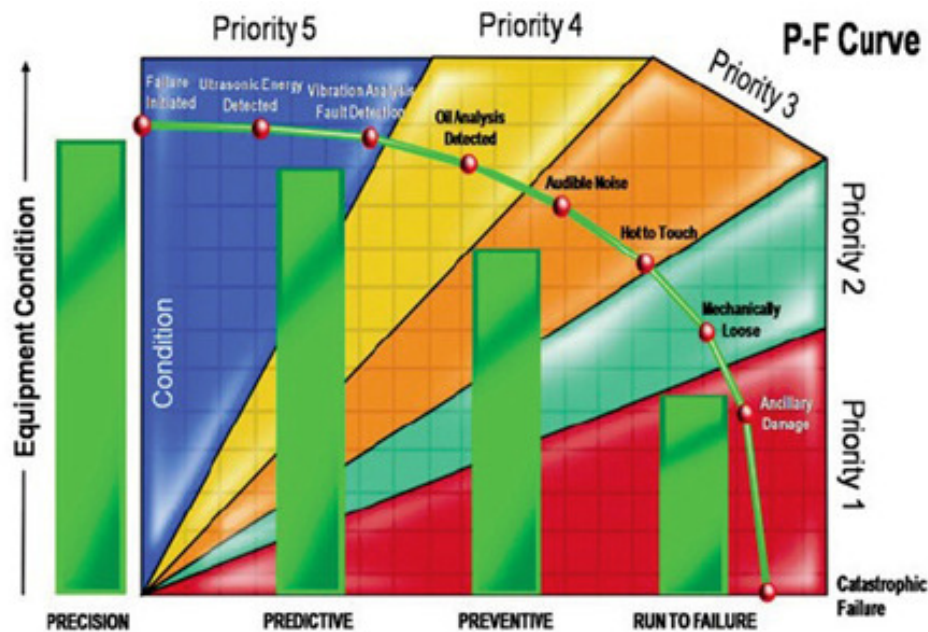


Figura 15 - Detecção precoce de futuras falhas e precisão de diagnósticos sobre a condição do ativo.

Fonte: <http://reliabilityweb.com> "A culture of reliability"

Seguindo nessa linha, o monitoramento em tempo real dos equipamentos permite a avaliação e investigação de possíveis causas de defeito. Por exemplo, uma embarcação ao aumentar a rotação do eixo, gera uma vibração alta no sistema, com o monitoramento de condição é possível apontar que ao operar o ativo nessas condições, uma possível falha pode ocorrer no futuro, pois os níveis de vibração do conjunto ficaram acima do aceitável naquele período de tempo. Diferente da manutenção preventiva, que ao realizar a inspeção periódica, a falha ia ser detectada e a peça ou componentes trocados, porém não seria possível apontar por que e quando aquilo ocorreu somente que ocorreu em algum momento entre o período de manutenção. **Essa atividade de monitoramento contínua, gera nada mais nada menos que dados sobre o ativo, sobre como o modo de operação, local de atuação e contexto inserido do mesmo influenciam em sua condição real e vida útil. A construção de uma parceria entre usuário e fabricante poderá permitir o aprimoramento contínuo do projeto e fabricação do equipamento, com benefícios para ambos e para o mercado em geral.**

Como a possibilidade de programar e coordenar as atividades de manutenção com um prazo maior, como citado anteriormente, peças de reposição são adquiridas somente quando necessário, inspeções e trocas de equipamentos planejados somente para

paradas da embarcações, mão-de-obra especializada em reparos acionada somente em urgência e outros. Todos esses fatores certamente reduzem custos e só se tornam possíveis em uma planta ou embarcação com alta confiabilidade. **Todavia, existem falhas e acidentes que não podem ser estimados, previstos ou evitados**, como por exemplo a falha humana ou um acidente de acaso. Caso um acidente dessa natureza ocorra, uma planta de fábrica sujeita a manutenção preditiva, certamente terá um prejuízo e tempo sem produzir muito maior que outra com uma política de manutenção corretiva, já “acostumada” a lidar com defeitos de outras naturezas e com grandes estoques de peça. Ao analisar a figura 15 é possível perceber essa única desvantagem do programa.

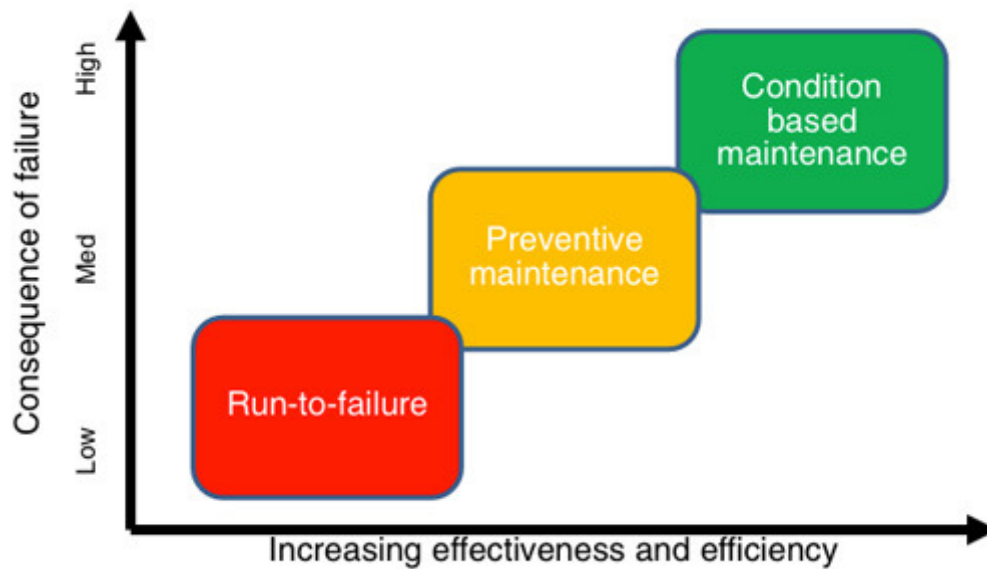


Figura 16 - Agravante de consequência de falha

Fonte: *Applied-Maintenance-Technology "Effective.Efficient.Reliable"*

3. Otimização da gestão de ativos através da manutenção preditiva

Para entender como uma política de manutenção preditiva pode influenciar de maneira positiva na gestão de ativos, é preciso entender quais os pontos chave para atingir sucesso em tal atividade e como eles se relacionam entre si.

Como mencionado anteriormente, a gestão de ativos pode ser encarada como a tomada de decisões visando sempre otimizar o próximo processo. Para tomar a “melhor decisão possível” é necessário se basear em informações sobre os ativos anteriores e sobre o histórico de cada ativo, a pergunta que resta é: que informações são realmente úteis para tomar uma decisão e como integrar para obter os melhores resultados ? Para responder essa pergunta, o autor faz uso de uma palestra ministrada, na IAM annual Conference em 2012 em Warwick (UK), pelo presidente do “Asset Management Council” John Hardwick.

Ao analisar a figura 17, conclui-se que a natureza das informações não é o fator mais importante, pois o tipo de dados necessários pode variar de casos em casos, o que deve ser considerado como mais importante é como integrar e utilizar todas informações que os ativos produzem como feedback de operação.

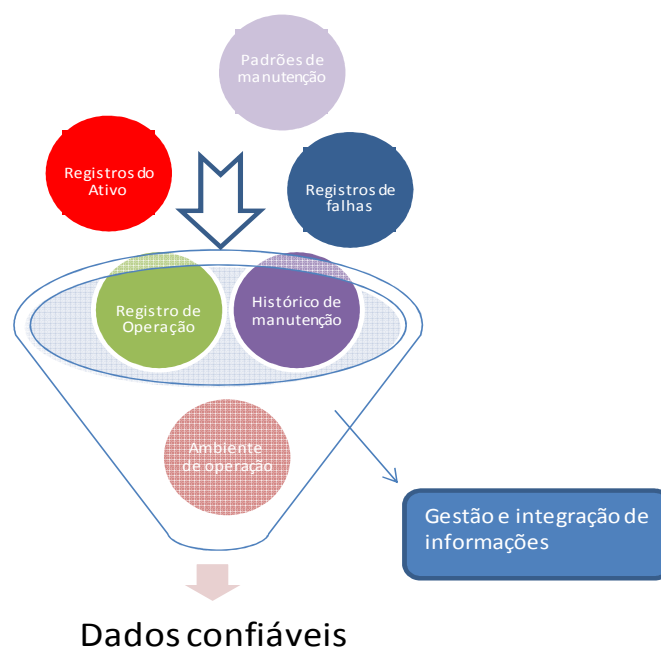


Figura 17 - Integração das informações geradas pelos ativos em operação.

Ou seja, identificar e tratar cada elemento separadamente não é o maior problema e sim integrá-los e utilizados de uma maneira comum, para tomada de decisão.

O próximo passo desse estudo, é entender como e por que utilizar esses dados para gestão de ativos.

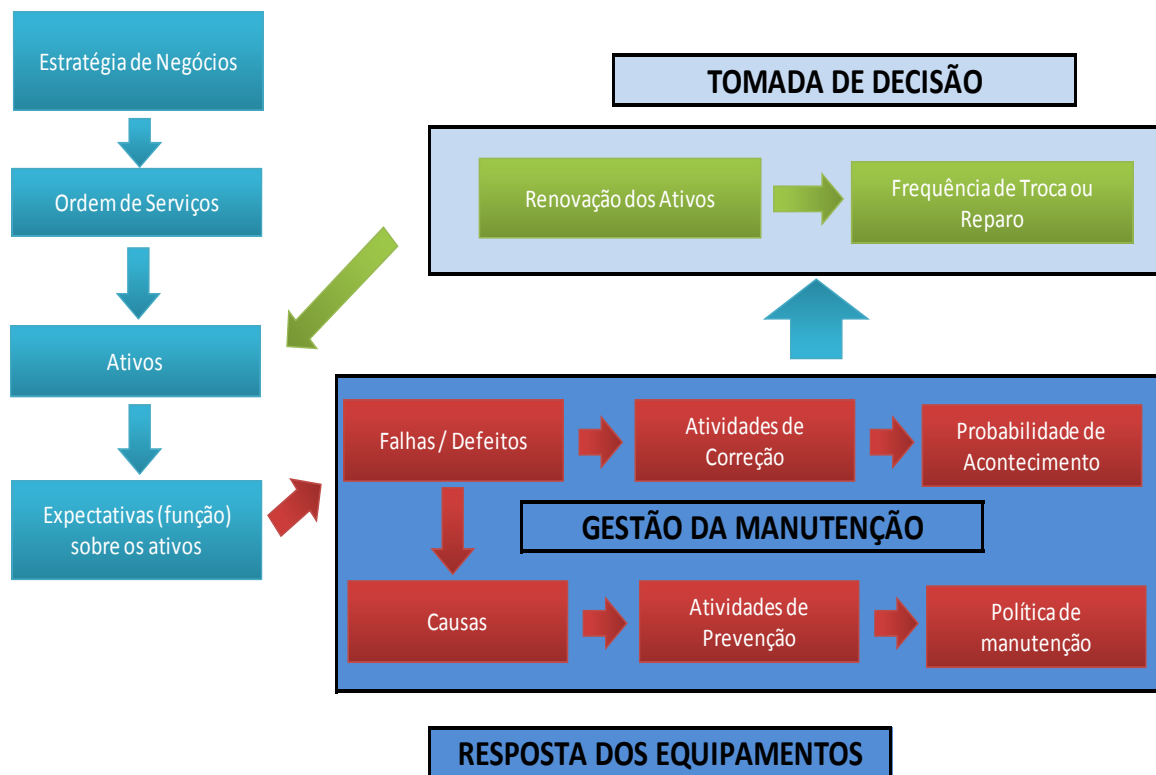


Figura 18 - Como a gestão da manutenção influencia, através de dados, na gestão de ativos.

Somente através do “feedback” dos equipamentos é possível gerar informações úteis para basear a tomada de decisão do próximo ciclo. John Hardwick afirma que este é o ponto crítico no processo de gestão, porque em muitos casos os colaboradores que atuam nessa área não entendem o motivo para o qual eles devem realizar a tarefa de colher esses dados. Isso se deve ao fato dos mesmo não entenderem o quão útil e quanto isso pode afetar a política de gestão da organização, apenas “levantado a cabeça” e olhando a figura toda é possível entender que cada processo de manutenção e seus resultados devem ser registrados para formar históricos, gerando uma base de dados para auxiliar a diretoria nas tomadas de decisões. Isto reforça a necessidade do

patrocínio interno da Alta Liderança das empresas na comunicação dos valores e da política adotados.

John cita também casos em que as informações são geradas, porém as diretorias não se baseiam nas mesmas para determinar o futuro dos ativos, tomando decisões errôneas baseadas em outros critérios. “Se você não utilizar os dados, não deveria nem ter perdido o tempo coletando essas informações” [Hardwick, John].

Depois de entender a importância de obter informações sobre os ativos para otimizar as decisões, fica claro como a manutenção preditiva pode melhorar todo o processo de gestão de ativos.

Para controlar os ativos, qualquer programa de manutenção pode ser suficiente, partindo do princípio que o mesmo seja administrado corretamente. Porém, para a manutenção corretiva e preventiva, análises pós-falha sempre deverão ser conduzidas para gerar as informações e feedbacks necessários, como citado acima. É exatamente nesse ponto que **a manutenção preditiva leva uma enorme vantagem em relação as demais.**

Com o monitoramento real e contínuo dos principais equipamentos a geração de dados é otimizada, dispensando qualquer tipo de análise extra. Pois é possível determinar o comportamento da máquina em qualquer momento. O banco de dados é alimentado com informações muito mais precisas e atualizadas. Como mencionado na seção “manutenção preditiva” no cap.2, o exemplo em que ao imprimir uma velocidade de operação no eixo, o mesmo começa a apresentar níveis de vibração apontando um problema futuro. Esse tipo de informação pode levar a uma decisão melhor por um equipamento com menor rotação ou adição de mancais entre outras possíveis soluções.

Nenhuma outra gestão de manutenção permite a geração e integração de informações tão precisas quanto a preditiva. Com o monitoramento contínuo, é possível determinar que em um dia de operação com o mar em condições adversas (ambiente de operação), o gerador atuou com uma carga tal (registro de operação), apresentou um espectro de vibração anormal (condição da máquina) que pode gerar falhas no futuro. Esse tipo de dados, como citado, deve influenciar nas decisões futuras sobre os ativos da embarcação.

Mesmo se a planta de produção ou embarcação apresentar uma política de manutenção não preditiva com melhores resultados no campo de gestão da manutenção por qualquer

motivo, certamente no campo da gestão de ativos, ao implantar essa política os resultados serão otimizados, uma vez que a base do processo, obtenção de informações sobre os ativos será otimizada. A figura 19 ilustra esse processo.



Figura 19 - Processo de influência da informação na gestão de ativos.

Ao observar a ilustração acima, para atingir decisões corretas e justificar todo o investimento realizado nesse programa de gestão de ativos, é extremamente necessário que as primeiras etapas sejam realizadas de maneira correta.

A geração de dados deve ser considerada como ponto crucial nesse processo para atingir o objetivo superior e não existe nenhuma política de manutenção melhor que preditiva ou Condition Based Monitoring para realizar essa função.

4. Medições de Vibração como Ferramenta para Manutenção Preditiva

Como observado na seção 2.2.4, “manutenção preditiva”, a análise de vibrações é apenas uma das ferramentas disponíveis para determinar as condições de uma máquina, apesar de ser “apenas uma” as medições de vibrações certamente produzem um grande volume de dados sobre as possíveis falhas futuras ou como um ativo se comportou em determinada situação e como visto no cap.3, os citados dados são de extrema importância para a gestão de ativos como um todo.

O estudo de vibrações pode ser considerado um tanto quanto complexo, pois cada estrutura, sistema, equipamento ou máquina possui um comportamento diferente e merece uma análise metódica para cada caso. Em muitas ocasiões não é uma análise intuitiva, ou seja, para casos aparentemente solucionados por enrijecimento da mesma, a solução reside no amolecimento, deixando clara a grande importância da experiência no campo para realizar uma abordagem concreta nesse assunto.

Esse trabalho não tem como objetivo entrar no mérito ou abordar como essa valiosa ferramenta funciona, tampouco solucionar porque cada possível falha ou defeito gera seu recíproco espectro de vibração e sim demonstrar como é possível retirar e utilizar os dados, que mais tarde se tornam informações, provenientes das medições em prol da gestão de ativos.

Esse relatório utilizada dois autores, que através de estudos teóricos ou históricos, disponibilizam uma série de defeitos em ativos com seus característicos espectros de vibrações associados. São eles: José Carlos Faustini Rezende, engenheiro da Petrobras e o já citado, Glenn D White, através do livro “*Introduction to MACHINE VIBRATION*”.

O primeiro passo é entender como a vibração pode ser utilizada para reproduzir a condição ou estado de um equipamento. Segundo [Rezende, José Carlos], em uma máquina ideal, toda a energia é focalizada para a produção de trabalho e nada é transformado em calor, ruído ou vibração. Em uma máquina real, a vibração pode ser entendida com o produto da transmissão normal de forças cíclicas através das máquinas, quando os elementos do equipamento interagem, parte da energia é dissipada através da

estrutura sob a forma de vibração. Quanto menos energia for “perdida”, mais eficiente pode ser considerado o projeto, ou seja, quanto menor os níveis de vibração, melhor projetada a máquina foi.

A vibração pode ser interpretada como um “vilão”, pois é resultante da transmissão de forças internas no ativo, gerando acelerações em diversos sentidos, muitas vezes não previstas no desing inicial, que por sua vez provocam desgaste em diversos componentes precocemente.

Cada ativo ou conjunto de ativos possui um padrão ou espectro de frequência único, denominado assinatura de vibração. - O autor deixa aqui uma observação; no meio naval, uma excelente ocasião para determinar o padrão inicial e adotar este como o ponto de referência (se os níveis iniciais estiverem dentro dos padrões e normalidade), é a prova de mar. Uma vez medida a vibração dos equipamentos na praça de máquinas e verificando que os mesmo estão com uma valor inicial adequado e esperado, esse resultado deve ser utilizado para monitoramento futuro do equipamento, ou seja, ao constatar uma alteração desse nível, alguma falha pode estar em desenvolvimento.- **Qualquer defeito em desenvolvimento altera a assinatura da máquina (figura 20) e justamente por isso, as medição de vibração é uma excelente ferramenta para a manutenção preditiva e consequentemente, gestão de ativo.**

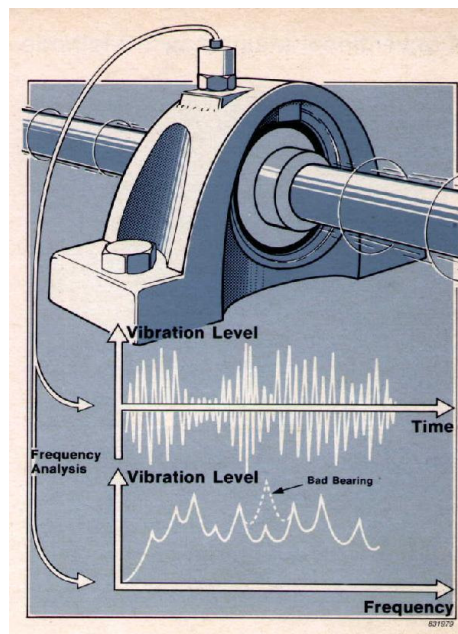


Figura 20 - Defeito alterando a assinatura de vibração do equipamento.

Os autores citados acima, vão além de apenas detectar uma futura falha devido a uma alteração na assinatura da máquina. Apoiados em estudos teóricos e práticos (históricos), os mesmos são capazes de determinar ou diagnosticar a natureza do defeito, analisando apenas o espectro de vibração da máquina. Esses dados são extremamente importantes para tomada de decisões futuras (gestão de ativo), pois representam diversos dados já integrados. Como mencionado ainda nesse capítulo, o autor não tem como objetivo abordar porque cada tipo de falha possui uma respectiva mudança no espectro inicial.

Utilizando o material dos mencionados autores, seguem abaixo uma série de informações e diagnósticos relacionados a principalmente máquinas rotativas.

4.1) Desbalanceamento

As principais causas para o desbalanceamento são: Balanceamento executado de maneira inadequada, “deixando” o desbalanceamento residual; Perda de parte do rotor por qualquer razão; depósito de material estranho em alguma das pás do rotor, desbalanceado as massas; empeno permanente ou temporário; excentricidade entre os componentes acoplados e outros.

A vibração resultando de um desbalanceamento puro é reproduzida através de um sinal de forma senoidal na própria frequência (ordem x1), como demonstra a figura 21, de rotação da máquina em questão.

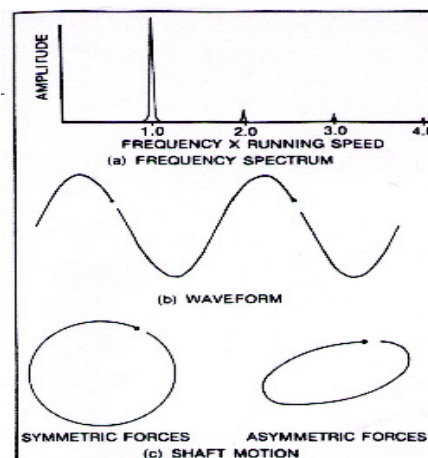


Figura 21 - Espectro de frequência típico de desbalanceamento.

Através do livro “*Introduction to MACHINE VIBRATION*”, o autor Glenn D White, disponibiliza uma **série de tabelas para interpretação e geração de dados** a respeito de cada situação que resulta em problemas com vibração. Ao longo do capítulo, as citadas tabelas serão introduzidas com o intuito de **produzir mais evidências do poder da manutenção preditiva, através da medição de vibrações, para a produção de dados e informações para auxiliar a gestão de ativos.**

Tabela 1 - Tabelas de Diagnóstico - Desbalanceamento

Desbalanceamento				
Fonte de vibração	Frequência de Excitação	Plano de Ação	Amplitude	Características do Espectro
Estático	1X	Radial	Estável	Faixa Estreita
Dinâmico	1X	Radial	-	Geralmente, Harmônicos na ordem 1X
No acoplamento	1X	Radial e Axial	-	
Motor em Balanço	1X	Radial e Axial	-	

4.2) Desalinhamento

A vibração associada ou desalinhamento tem uma característica peculiar, pois o acoplamento do eixo possui a capacidade de absorver o desalinhamento e devido a isso, a vibração só se manifesta quando as forças provocadas pelo desalinhamento são transmitidas ao rotor e mancais sob a forma de pré-carga.

Os principais problemas sob o aspecto de pré-carga em máquinas rotativas são: desalinhamento angular, paralelo ou ambos; acoplamento defeituoso; desalinhamento entre mancais ou engrenagens entre outros.

O desalinhamento é reproduzido no espectro principalmente na componente de segunda ordem (figura 22), X2, especialmente em casos onde o acoplamento é realizado via engrenagens, podendo ser observada uma elevação da componente relacionada a frequência da máquina, X1. Essa elevação na primeira ordem, em alguns casos pode levar a dúvida quanto a fonte de vibração, ou desalinhamento ou desbalanceamento.

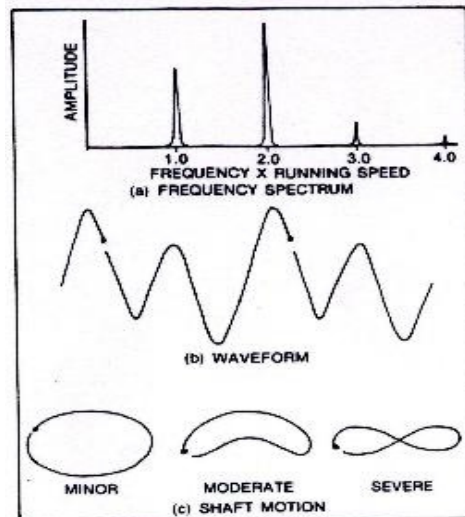


Figura 22 - Espectro de frequência típico de desalinhamento.

Tabela 2 - Tabelas de Diagnóstico – Desalinhamento.

Desalinhamento				
Fonte de vibração	Frequência de Excitação	Plano de Ação	Amplitude	Características do Espectro
Angular	1X, 2X	Axial	Estável	Faixa Estreita
Paralelo	1X, 2X	Radial	Estável	Faixa Estreita
Combinado	1X, 2X	Radial e Axial	Estável	Faixa Estreita
Mancais	2X	Radial, Axial e Tangencial	Alta, Estável	Faixa Estreita
Impelidor	2X, aumento de harmônicos na ordem igual ao numero de pas	Radial	Estável	Faixa Estreita
Engrenagem	Forte na ordem do "gear mesh"	Radial, Axial e Tangencial	Estável	Geralmente, faixas laterais (X1) perto da ordem de "gear mesh"

4.3) Instabilidade

Os problemas devido à instabilidade pertencem ao chamado grupo das Vibrações subsíncronas, ou seja, aquelas cujas frequências estão abaixo da rotação da máquinas são consideradas auto-excitadas e caracterizam-se pela incapacidade dos mancais manterem o rotor numa posição estável. Os principais casos são: Oil Whirl, Oil whip e instabilidade derivada da selagem.

O fenômeno denominado Oil Whirl é a instabilidade do filme de óleo, na qual o gradiente de pressão ao longo do mancal não consegue ser mantido constante. Seu espectro característico pode ser visualizado na figura 23.

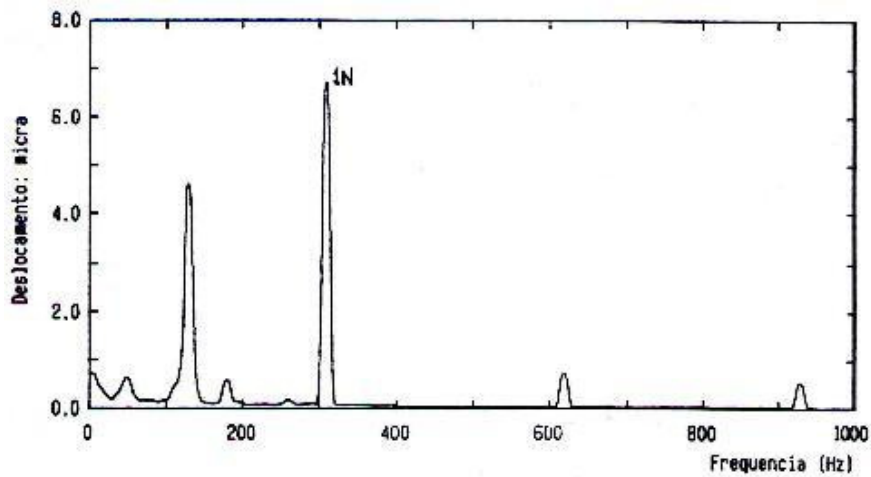


Figura 23 - Espectro de frequência típico de Oil Whirl.

Quando a frequência de vibração provocada pelo oil whirl se aproxima da crítica do conjunto rotor/mancal, os níveis de vibração atingem amplitudes elevadas, culminando no rompimento do filme de óleo e na falha no mancal, essa situação é conhecida como Oil Whip.

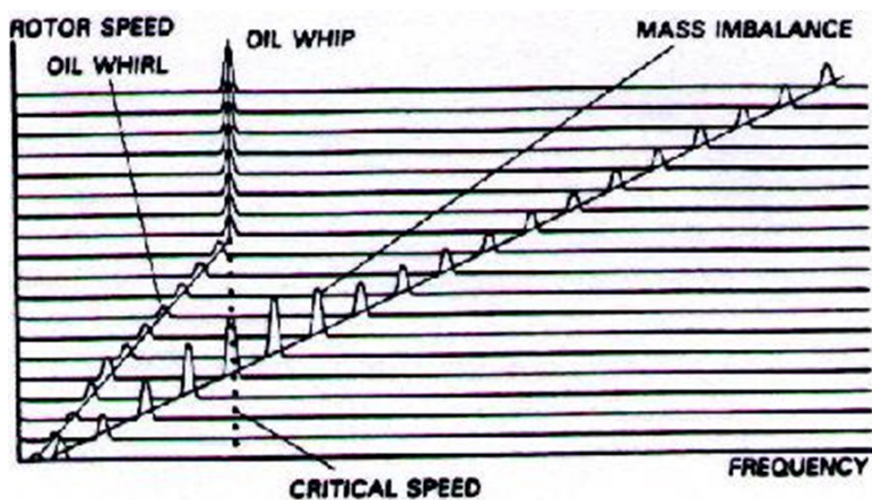


Figura 24 - Espectro de frequência típico de Oil Whip.

Tabela 3 - Tabelas de Diagnóstico – Instabilidade nos Mancais.

Instabilidade nos Mancais				
Fonte de vibração	Frequência de Excitação	Plano de Ação	Amplitude	Características do Espectro
Oil Whirl	0.38X até 0.48X	Radial	Estável	Altos picos
Oil Whip	0.38X até 0.48X	Radial	-	Altos picos
Limpeza excessiva do mancal	Harmônicos na ordem 1X	Radial	-	Salto na serie harmônica de ordem X1
Mancais Frouxos	0.5X, 1X	Radial	-	Harmônicos de ordem 0.5X

4.4) Componentes Frouxos

É a vibração provocada pela existência de folga entre componentes que deveriam permanecer estáticos, os casos mais comum de ocorrência são: folga entre a caixa dos mancais e a carcaça da máquina.

Reprodução obrigatória da componente de $\frac{1}{2}$ ordem podendo também provocar a geração de grande quantidade de harmônicos. Dependendo da severidade do problema, a frequência crítica ou a de *whirl* podem também ocorrer.

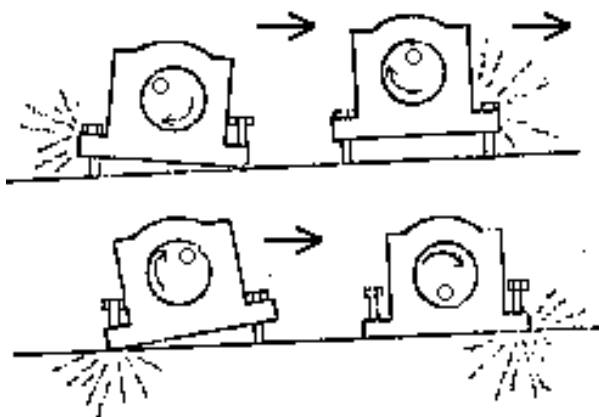


Figura 25 - Componente Frouxos

Tabela 4 - Tabelas de Diagnóstico – Componentes Frouxos.

Componentes frouxos				
Fonte de vibração	Frequência de Excitação	Plano de Ação	Amplitude	Características do Espectro
Nos Jazentes	1X Hamônicos	Tangencial	Estável	Faixa Estreita
Nos Mancais	1X Hamônicos	Radial	Estável	Faixa Estreita
Intenso nos Mancais	0.5X Harmônicos	Radial	Estável	-

4.5) Engrenagens

São originados pela necessidade de interação entre os eixos que compõem as próprias engrenagens. Os principais problemas em engrenagens estão associados:

Excentricidade das Engrenagens: Centro de giração não coincide com o centro do círculo formado pela pitch line. Níveis elevados de vibração síncrona no plano dos eixos.

Operação com baixa carga: Geralmente detectada em grandes caixas de engrenagem operando com a carga muito a baixa da mesma de projeto, sobrecarregando os mancais. Isso se deve ao fato do equilíbrio entre o torque transmitido e peso dos eixos, existir apenas durante ou próximo da carga nominal.

Defeitos de Fabricação ou fadiga dos dentes: Além de observar os níveis absolutos de vibração, é de grande importância acompanhar a evolução das componentes no espectro de vibração. Harmônicos e bandas laterais da frequência de engrenamento em níveis significativos indicam forte tendência do problema, outra boa indicativa para detecção de folga elevada entre os dentes é o aparecimento de picos acompanhados de bandas laterais.

Seguem abaixo os espectros característicos dos problemas citados acima, todos relacionados a problemas em engrenagens.

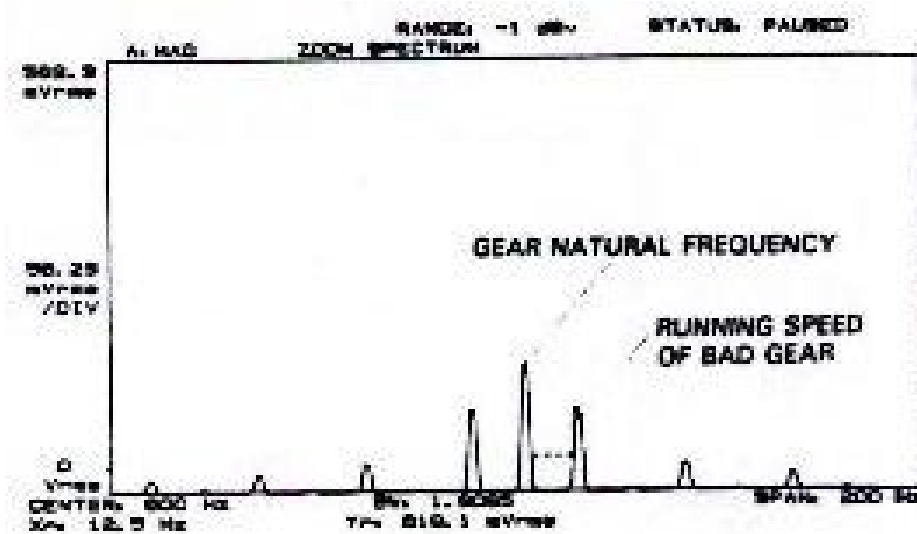
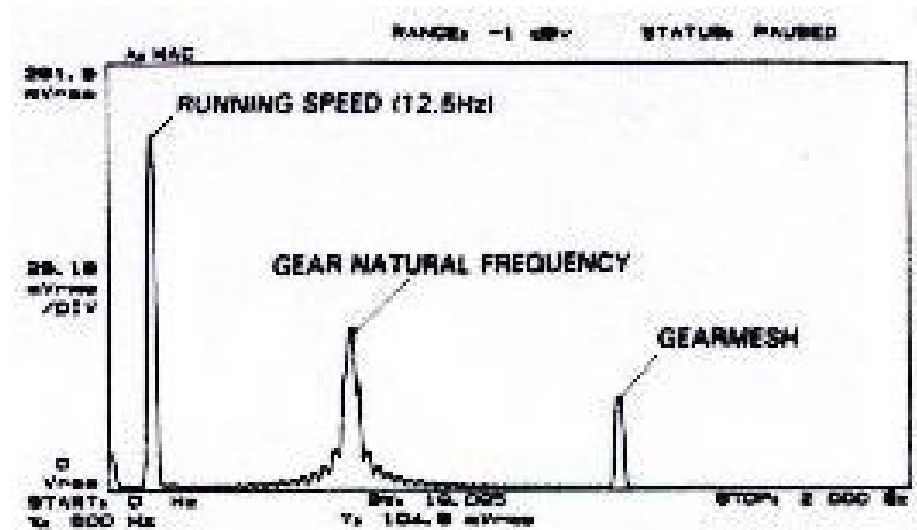
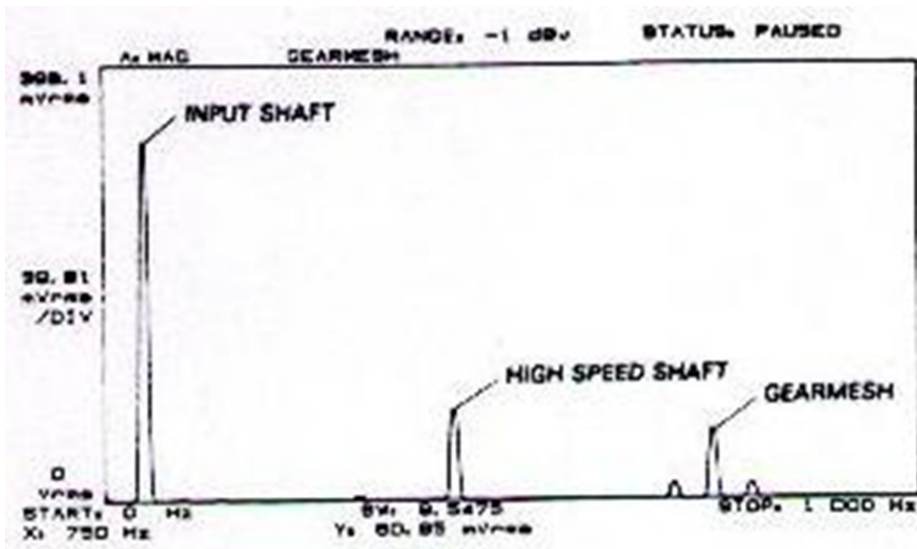


Figura 26 - Espectros de Vibração gerados por problemas em Engrenagens.

Tabela 5 - Tabelas de Diagnóstico – Problemas em Engrenagens.

Problemas em Engrenagens				
Fonte de vibração	Frequência de Excitação	Plano de Ação	Amplitude	Características do Espectro
Contato de dentes impróprio	X (Nº do contato de dentes)	Radial e Axial	Estável e as vezes intermitente	Faixa Estreita
Excentricidade	1X, Malha de Dentes	Radial	-	Faixa Estreita
Desalinamento	2X, Malha de Dentes	Axial	Estável	Faixa Estreita
Baixa Carga	1X mais a Frequencia da Malha de Dentes	Radial ou Axial	Estável	Faixa Estreita

4.6) Diagnósticos para ativos mais comuns no meio naval

Como mencionado no título da seção, abaixo algumas tabelas de diagnósticos retiradas do “*Introduction to MACHINE VIBRATION*”, Glenn D White, e traduzidas para esse relatório, assim como as demais já apresentadas acima.

Tabela 6 - Tabelas de Diagnóstico – Bombas.

BOMBAS				
Fonte de vibração	Frequência de Excitação	Plano de Ação	Amplitude	Características do Espectro
Componentes estáveis Frouxos	1X, 2X, 3X	Radial	Estável	Faixa Estreita
Componentes dinâmicos Frouxos	1X	Radial	Variável	Faixa Estreita
B. Centrífugas com pás em (V)	Passo das Pás = VX	Radial	Fluando de acordo com o nº de pás	Harmônicos da Bomba
Rotor	1X	Radial e Axial	-	
Cavitação	Aleatório	Radial	Flutuante	Banda Larga

Tabela 7 - Tabelas de Diagnóstico – Turbinas.

TURBINAS				
Fonte de vibração	Frequência de Excitação	Plano de Ação	Amplitude	Características do Espectro
Problema no Rotor	Passagem de Pás	Radial	Estável	Faixa Estreita
Avarias nas Pás	1X e Harmônicos na passagem das pás	Radial	Estável	Faixa Estreita

Tabela 8 - Tabelas de Diagnóstico – Ventiladores/Exaustores.

VENTILADOR / EXAUSTOR				
Fonte de vibração	Frequência de Excitação	Plano de Ação	Amplitude	Características do Espectro
Problema de Limpeza nas Pás	Nº de Pás	Radial, Axial e Tangencial	Estável	Faixa Estreita
Desbalanceamento	1X	Radial e Tangencial	Variável	Faixa Estreita
Problema de Pitch	1X	Axial	Fluando de acordo com o nº de pás	Harmônicos da Bomba
Velocidade de Ar descontínua	Nº de Pás	Radial e Tangencial	-	

Tabela 9 - Tabelas de Diagnóstico – Motores Diesel.

MOTORES DIESEL				
Fonte de vibração	Frequência de Excitação	Plano de Ação	Amplitude	Características do Espectro
Falha de ignição de 1 ou mais Cilindros	0.5X	Radial e Tangencial	5 mils	Faixa Estreita
Reação de Torque desbalanceada ou desalinhada, Jazente Fraco	1X	Radial e Tangencial	5 mils	Faixa Estreita
Balancador Harmônico	2X	Radial e Tangencial	4 mils	Faixa Estreita
Força de combustão Residual do Cilindro	1.5X, 2.5X, N.5X	Radial e Tangencial	4.3 mils	Faixa Estreita

As tabelas e os espectros ilustrados nesse capítulo são apenas alguns dos dados que a manutenção preditiva pode gerar, através da manutenção. Com essas informações é possível tomar decisões otimizadas e embasadas em dados reais e integrados proveniente dos ativos.

Como citado no início do capítulo, a medição de vibrações é apenas uma das muitas ferramentas disponíveis para a manutenção preditiva, porém ao longo da presente seção, ficou claro a quantidade de informações geradas através das análises de espectros gerados pelas vibrações, **tornando essa a ferramenta mais útil para gestão de ativos.**

5. Conclusão

Conceitos como gestão de ativos e manutenção preditiva, especialmente no campo da medição de vibração, estão muito em pauta no atual cenário. Na parte de manutenção, o assunto já foi amplamente divulgado e trabalhado, deixando para o autor desse presente trabalho apenas uma revisão sobre os principais pontos no assunto.

Do lado da gestão ativos, o autor foi capaz de ir além do atual contexto, apoiado em mestres no assunto, apresentando conceitos e práticas modernas e ainda pouco exploradas. Outro lado positivo abordado nesse campo, foi o destaque da Alta Liderança para o sucesso do programa, uma vez que para atingir esse objetivo é preciso extrapolar a meta para todas as áreas, pois como mencionado no trabalho, somente a área de manutenção de qualquer que seja a companhia não é capaz de alcançar esse propósito.

A maior contribuição desse trabalho em ambos os campos, certamente é tratar os dois assuntos em conjunto, destacando como a manutenção preditiva pode amplificar os resultados obtidos pela gestão de ativos, através da captura de dados

mais precisos, completos e integrados, gerando informações de extrema importância para tomada de decisões sobre os subsequentes ciclos de ativos.

Aproveitando essa seção de conclusão, o autor reserva um espaço para destacar alguns aspectos que dificultam a aplicação dos conceitos, principalmente da gestão de ativos, apresentados no texto, nas empresas brasileiras.

O primeiro item a ser observado é de natureza financeira, pois em uma sociedade capitalista, a margem de lucro é quase sempre o fator de maior peso na estratégia principal das organizações. Ao praticar a gestão de ativos com a manutenção preditiva, custos são associados; despesas relacionadas a mão-de-obra especializada no assunto, equipamentos para medição de parâmetros, políticas para coleta de dados, sistemas para armazenagem e monitoramento de informação entre outros. **Se tratando de uma área de manutenção (sem produção de riquezas) e não de produção, em sua grande maioria, as diretorias das companhias associam esse investimento somente a despesas e não como redução de despesas futuras, como deve ser encarado.**

Prevendo esse comportamento, John Hardwick, de maneira brilhante adiciona uma etapa a mais no procedimento da gestão de ativos (figura 27), com a função única e exclusiva de realizar a engenharia necessária para contabilizar e apresentar para as diretorias opções geradas a partir das informações coletadas pela política da gestão de ativos com o valor (\$) associado a cada escolha. **Essa forma de apresentação deixa clara que a decisão tomada pela Alta Liderança baseada nos dados provenientes do programa salvou para empresa uma quantia tal e se decisão, desinformada, fosse outra o prejuízo teria sido tal.** Esses valores justificam os investimentos realizados em políticas como essa, provando que o esforço no final vale a pena, também no ponto de vista financeiro.

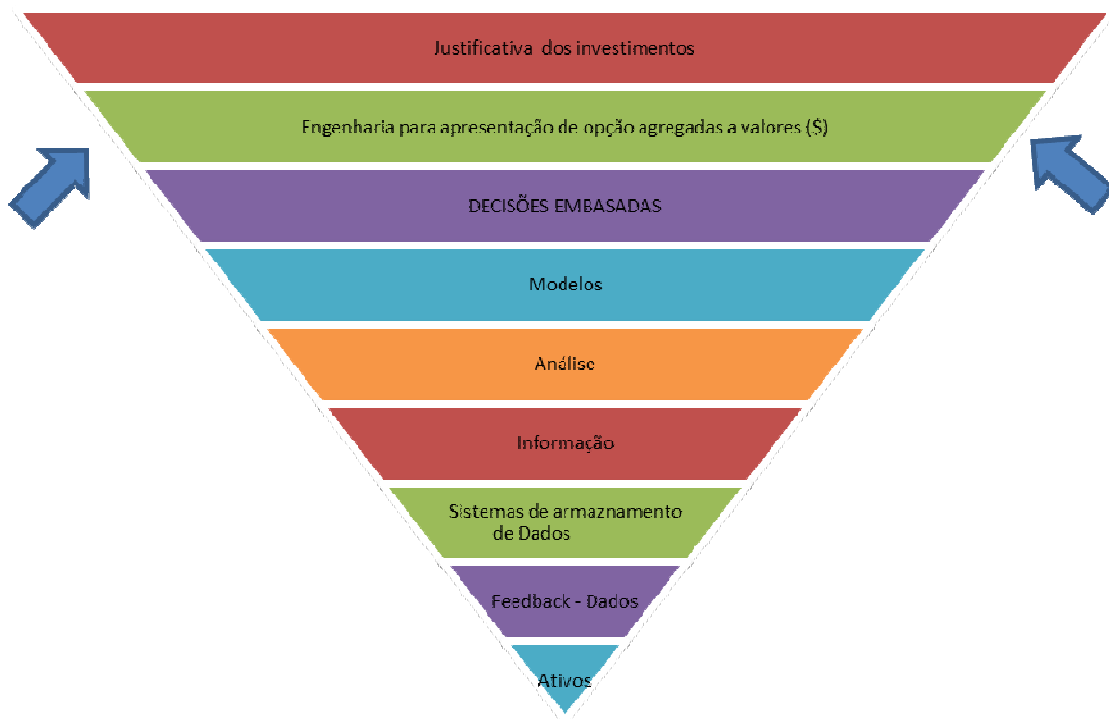


Figura 27 - Nova etapa na cadeia de gestão de ativos para justificar os investimentos.

O segundo ponto de destaque a ser vencido, é a **cultura e comportamento não só dos colaboradores como também das Altas Lideranças quanto a importância e necessidade de programas de gestão de ativos e da implementação de políticas de manutenção mais sólidas e precisas como a manutenção preditiva**. Muitas organizações no Brasil ainda não apresentam o devido cuidado e foco em políticas como essas, muito em parte devido a cultura empresarial brasileira. Técnicas como a prática de implantar no colaborador a ideia do mesmo fazer parte da empresa e se sentir como um dos “donos” e não apenas trabalhador sem cuidado ou prezar pelos ativos da companhia.

Acompanhando o raciocínio anterior, para que estratégias como essa obtenham êxito, a força que vence a inércia para mudança deve partir sempre de cima para baixo, ou seja, da Alta Liderança e gerência das empresas. E os líderes de amanhã são os ocupantes das grandes faculdades de hoje. Aqui fica evidente outro ponto de dificuldade para ideais como esse prosperarem, a **falta de comprometimento das universidades brasileiras no assunto**. Tirando como exemplo uma das maiores Universidades de Engenharia do país, a UFRJ, pouco se não nada é apresentado, na graduação, sobre praticas de

manutenção de ativos. Quando o assunto é gestão de ativos, nenhuma cadeira é oferecida pela Universidade para abordar o tópico.

Reconhecendo que o conteúdo pode ser considerado novidade, principalmente no Brasil, o autor espera chamar atenção para esse contexto, cada vez mais em pauta em empresas Europeias. Organizações como a DNV (Det Norske Veritas), entre outras, já possuem departamentos, DNV KEMA <http://www.dnvkema.com/services/etd/am/>, de consultoria na área de Asset Management (gestão de ativos). **Certamente é hora das Universidades brasileiras atentarem para o fato, para que os líderes das organizações brasileiras no futuro possuam o conhecimento e visão necessários para promoverem essas políticas.**

6. Novo Mercado

Para entender a ideia ou previsão do autor nesse último capítulo, é necessário voltar no passado para observar um fenômeno muito parecido com o momento que estamos vivenciando hoje, nesse contexto de gestão de ativos.

As primeiras políticas relacionadas a qualidade surgiram logo após o aparecimento da linha de montagem por Henry Ford (1863 – 1947), foram as inspeções. Com a segunda guerra em cenário, a produção de equipamentos bélicos, principalmente de blindados, teve de ser acelerada e o conceito de amostragem foi implantado nos programas de qualidade, essa prática foi desenvolvida pela “Bell Telephone Laboratories”, mais precisamente o conceito de Gráfico de Controle aplicado a Controle da Qualidade, aceitação (inspeção) por amostragem.

Com a guerra fria, e a corrida dos programas espaciais, o governo americano lançava programas para contratar empresas especializadas em certas tecnologias necessárias para a construção de seus protótipos. E justamente para garantir a qualidade das peças e

itens recebidos por terceiros, começaram a surgir as primeiras exigências por empresas com programa de qualidade implantados. A solução foi adotar os padrões que surgiam na Europa através da International Organization for Standardization (ISO). Porém o problema era como garantir que as empresas estavam cumprindo de fato os requerimentos exigidos pelas regras da ISO, uma vez que a organização em questão era e ainda é apenas uma emissora dos padrões e não certificadora. Foi exatamente desse cenário que nasceram as primeiras certificadoras de programas de qualidade, na verdade as primeiras organizações que ofereceram esse serviço foram as sociedades classificadores de navios, muito pela sua experiência no ramo de certificação.

Nos dias atuais existem diversas empresas no ramo, é possível certificar uma empresa no programa ISO 9.000 ou ISO 9.001 (qualidade) para atuar em qualquer lugar do mundo, para isso a certificadora precisa apenas da aprovação do órgão regulador do país desejado, no Brasil por exemplo, esse órgão é o INMETRO. Esse é um mercado muito abrangente que move grandes quantidades de recursos financeiros ao redor do mundo, pois para prestar qualquer serviço para a qualquer organização de valor, é requisito básico estar certificado pelos padrões ISO.

De maneira semelhante, **em 2004 foi emitido pela BSI (British Standards), o primeiro documento regulador para gestão de ativos, o PAS 55. O documento aborda 28 itens para boa prática da gestão de ativos, passando em conceitos como, estratégias para conservar o ciclo de vida do ativo até manutenção do dia a dia (custos/ riscos e eficiência).**

Hoje em sua segunda versão, o PAS 55: 2008 é uma realidade crescente em muitas empresas na Europa, que cada vez mais exigem a certificação de seus fornecedores e prestadores de serviço. Hoje apenas uma das únicas empresas capaz de emitir um certificado de PAS 55 é a Lloyd's Register (sociedade classificadora inglesa) e um caso recente de empresa que obteve esse certificado foi a Underground (companhia que administra toda a rede subterrânea de metro de Londres), como mostra a figura 2.

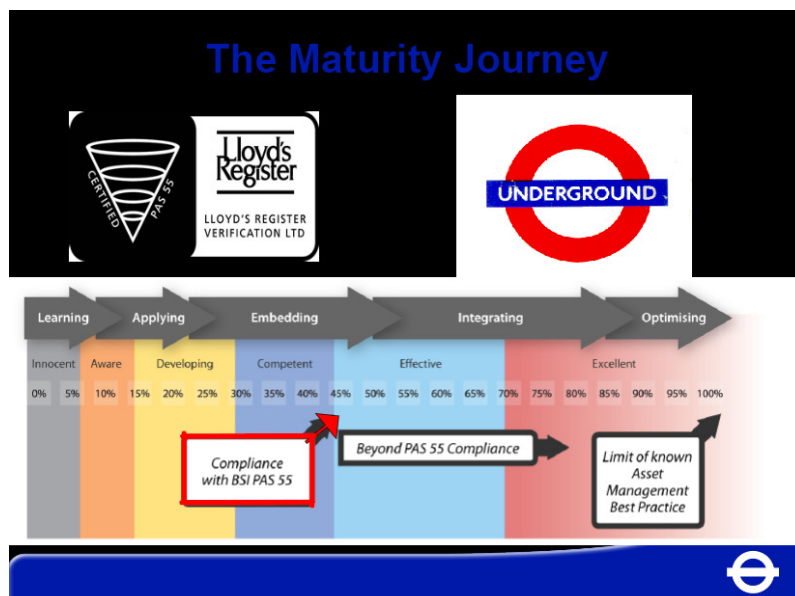


Figura 28 - Certificação da "Underground" no PAS 55.

Fonte: The Institute of Asset Management Pas55 Case Study <http://theiam.org/files/4b-case-study-pas55>

Tomando como lição a história da evolução no controle da qualidade, o autor toma a liberdade de fazer uma previsão para o aparecimento de um mercado emergente para atender a futura demanda de empresas para certificação em práticas de gestão de ativos.

7. Referências

IAM (INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT) Conferencia Annual,– Julho/2012 – The Asset Management Journey. Hardwick, John Speech - <http://theiam.org/videos> Acesso: Fevereiro / 2013

IAM (INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT) Conferencia Annual,– Julho/2012 – The Asset Management João Lafraia Speech - <http://theiam.org/videos> Acesso: Fevereiro / 2013

White, Glenn D - Introduction to MACHINE VIBRATION – DLI Engineering Corp Winslow, Agosto de 2008

Faustini, José Carlos – Curso Básico de Vibrações Aplicado as Máquinas - 2012

Mitchell, John S. From Vibration Measurements to Condition Based Maintenance . San Juan Capistrano, California, 2008

Mitchell, John S - Physical Asset Management Handbook, Quarta Edição, 2006

Asset Management Master Planning: The Evolution of Maintenance Master Planning – Webinar.com Acesso: Março/2013

From Vibration Measurements to Condition Based Maintenance - 70 Years of Continuous Progress – Reliabilityweb.com Acesso: Março/2013

Secall, Jorge Martins – Apresentação de Gestão de Ativos – <http://www.cbtu.gov.br/estudos/pesquisa/viseminarioantp/080306/jorge/antp.pdf> Acesso: Março / 2013

Multisector ASset Management Case Studies – Presented by U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Department of Transportation, 2011

De Almeida, Márcio tadeu – Manutenção Preditiva: Benefícios e Lucratividade – Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 2010

Fernandes, João Candido – Manutenção Corretiva – UNESP Universidade Estadual Paulista, 02 de Setembro de 2010

www.abraman.org.be Acesso: Fevereiro/2013

www.theiam.org Acesso: Março/2013

www.reliabilityweb.com Acesso: Março/2013