



# ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO

ALS TRIBOLOGY





# TÓPICOS

Introdução	03
Consequências de falha	04
Manutenção reativa ou corretiva	09
Manutenção preventiva	10
Manutenção preditiva	11
Manutenção proativa	13
ALS	19

# INTRODUÇÃO

O fracasso tem efeitos de longo alcance na operação de uma empresa desde interrupções, perdas de rentabilidade, clientes insatisfeitos, valor reduzido do investimento em instalações e equipamentos.

## Sobre o autor

**Michael D. Holloway** é Gerente de Contas Estratégicas e Formação Externa para ALS. Michael tem trabalhado na indústria por 30 anos em pesquisa e desenvolvimento, marketing técnico, a confiabilidade do equipamento e vendas. Ele escreveu livros sobre análise de gastos, desenvolvimento de especificações, interpretação de falhas, bem como operações, controle e confiabilidade de equipamentos de plantas de processo, o Dicionário de Termos Industriais e, recentemente, um best-seller sobre Fraturamento Hidráulico.

Ele é bacharel em química, bacharelado em filosofia e um MS em engenharia. Holloway é Especialista em Lubrificação Certificada (CLS), Analista de Monitoramento de Óleo (OMA I) através da STLE, Técnico de Lubrificação de Máquinas Nível I (MLT I) e Analista de Lubrificação de Máquinas (MLA I) através do ICML, bem como membro eleito da Russian Academia de Ciências Naturais.

# CONSEQUÊNCIAS DE FALHA

Consequências de falha podem ser classificadas em 4 grupos: Escondido; que não têm impacto direto, mas expõem a várias falhas associadas a dispositivos de proteção que não são a prova de falhas, Segurança e Meio Ambiente; falha pode ferir ou matar ou tem danos ambientais, Operacional; afeta a produção, como produção, qualidade, atendimento ao cliente, custos operacionais, incluindo custo direto de reparo, e Não operacional; nem segurança ou produção, mas apenas custo direto de reparo.

Muitas vezes, o equipamento experimentará falhas no início de seu ciclo de vida. Essas falhas são atribuídas a superfícies que não estão completamente lisas ou que materiais de produção estão presentes. A menos que haja um modo de falha dominante relacionado à idade, os limites de idade pouco ou nada fazem para melhorar a confiabilidade de itens complexos. As revisões podem, na verdade, aumentar as taxas gerais de falha, introduzindo a mortalidade infantil em sistemas que, de outra forma, seriam estáveis. Falhas acontecem em três etapas; **início no início, meia vida aleatória e fim de vida/desgaste.**



#### **As falhas iniciais no set ocorrem de:**

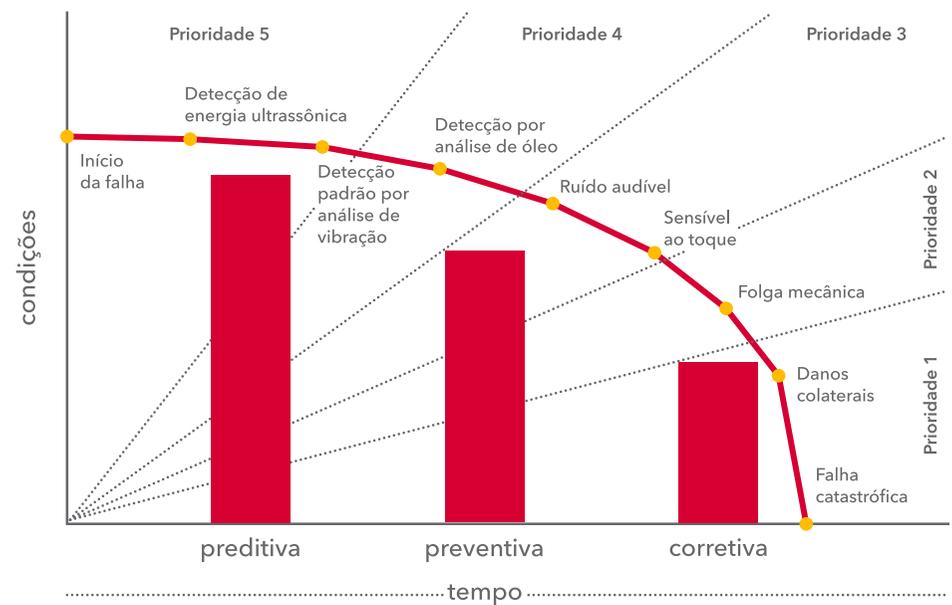
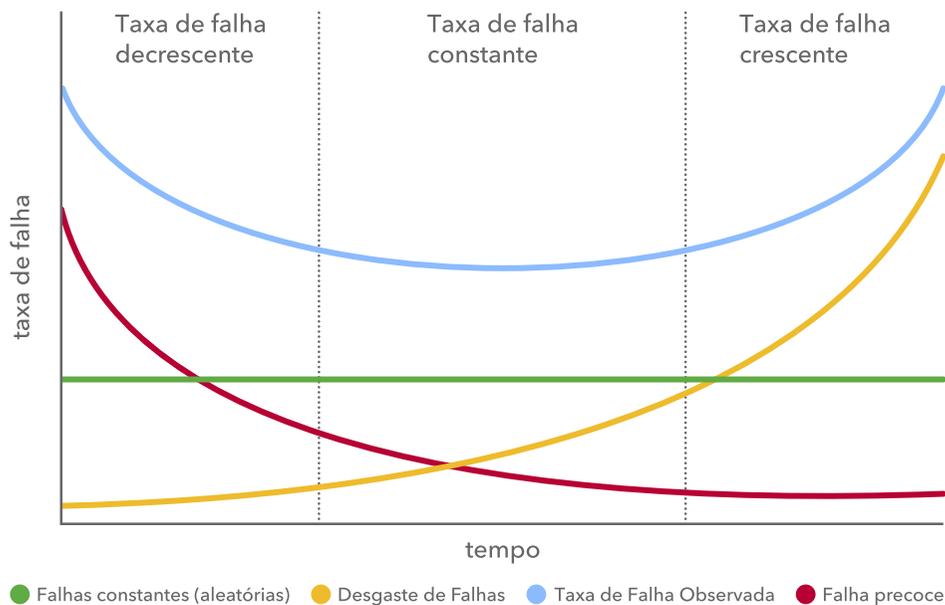
- Controle de Qualidade
- Obra pobre
- Queimadura insuficiente
- Materiais abaixo do padrão
- Contaminação

#### **Falhas aleatórias ocorrem de:**

- Erros de design
- Protocolos de segurança insuficientes
- Defeitos não detectados
- Má aplicação
- Abuso de Equipamentos
- Falta de medidas preventivas
- Contaminação

#### **As falhas de fim de vida / desgaste ocorrem de:**

- Estresse
- Fadiga
- Desgaste por abrasão
- Contaminação
- Corrosão
- Deformação
- Manutenção deficiente



Os efeitos de falha devem ser descritos de uma forma que permita à equipe fazer a análise decidir se a falha se tornará evidente sob condições normais e acompanhada de efeitos físicos (ruídos, cheiros, luzes, poços de líquidos) e deve indicar se a máquina é desligada como resultado da falha. O gráfico do intervalo de falhas em potencial é uma ferramenta elétrica para determinar a quantidade de tempo (ou ciclos) que decorre entre o ponto em que ocorre uma falha potencial (detectável) e o ponto em que ocorre uma falha funcional.

O Intervalo PF são os pontos em que a falha se torna detectável e o ponto em que ela se deteriora em uma falha funcional e informa com que frequência as tarefas sob condição devem ser realizadas. O intervalo entre verificações deve ser menor que o intervalo PF se a detecção de falhas potenciais for solicitada antes de falhas funcionais. Tarefas incondicionais devem ser realizadas em intervalos menores que o intervalo PF. O intervalo PF também é conhecido como o Período de Aviso, o Tempo de Falha ou o Período

de Desenvolvimento de Falha são expressos em termos de tempo de execução, unidades de saída, ciclos de parada/partida, mas geralmente medidos em termos de tempo decorrido.

Intervalos de PF são fáceis de estabelecer para falhas relacionadas à idade, mas muito difíceis para falhas aleatórias. A pesquisa é a melhor maneira de determinar um intervalo de PF por simulação, mas esse caminho pode ser caro - isso deve ser considerado para sistemas com um grande número de componentes em risco e as falhas têm sérias consequências. Uma segunda abordagem é fazer as perguntas certas, como "a rapidez com que o item falha" - quando passa de potencial a falha funcional, não com que frequência falha ou por quanto tempo dura; em segundo lugar, perguntar às pessoas certas (operadores, artesãos, supervisores da linha de frente, técnicos de confiabilidade) e todos devem concordar; em terceiro lugar é focar em um modo de falha de cada vez.

O objetivo da manutenção e confiabilidade é manter a capacidade do sistema enquanto controla os custos. A manutenção é todas as atividades envolvidas em manter o equipamento de um sistema em funcionamento, a

confiabilidade é a probabilidade de que uma máquina funcione adequadamente por um tempo especificado. A confiabilidade é focada na melhoria de componentes individuais e no fornecimento de redundância. A manutenção está focada na implementação ou melhoria da capacidade de reparo.

A manutenção começa com **7 elementos** básicos da resolução de problemas:

1. O que vai ser feito (Tema).
2. Por que isso será feito (Visão).
3. Até onde vai (Alvos).
4. Quando é que vai ser feito (Tempo).
5. Qual é a sequência (Programa).
6. quem faz o quê (Roles).
7. Que resultados esperamos (Avaliação).

### Existem várias estratégias de manutenção sendo usadas:

- A manutenção reativa também é conhecida como manutenção de avaria, manutenção entre falhas, manutenção não programada e manutenção corretiva.
- Preventiva de Manutenção Preventiva também é conhecida como Manutenção Planejada, Manutenção Programada ou Manutenção Periódica.
- Preditiva de Manutenção Preditiva, também conhecida como Monitoramento Baseado em Condição ou Monitoramento de Condição.
- Manutenção Proativa também conhecida como Manutenção de Causa Raiz.
- A Manutenção Produtiva Total envolve projetar máquinas que sejam confiáveis, fáceis de operar e fáceis de manter.
- Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), que é a prática mais abrangente de todos eles.



# MANUTENÇÃO REATIVA OU CORRETIVA

**Manutenção Reativa ou Corretiva (CM)** é a velha linha “se não está quebrada, não conserte”. Essa abordagem é a execução perene para o modo de falha. É a própria simplicidade, não exige previsão e (pelo menos até o ponto de falha do maquinário) requer o mínimo de apoio da equipe e da infraestrutura de O & M.

Em um modo reativo, pouca ou nenhuma atenção é dada para garantir que as condições de operação estejam dentro do envelope de projeto e, conseqüentemente, o desempenho real do serviço e a vida útil do equipamento estão substancialmente abaixo das estimativas do fabricante.

O equipamento é simplesmente executado até que catastroficamente falhe, ou não possa mais fornecer sua função pretendida. Nesse momento, o equipamento deve ser substituído.

Embora a manutenção reativa faça algum sentido econômico em alguns casos (substituindo uma lâmpada, por exemplo), na grande maioria das aplicações de processo, é de longe a abordagem de manutenção mais cara. Ainda é, surpreendentemente, o método predominante de operação da usina nos EUA, apesar da alta perda de produto, perda de equipamento de capital, gasto total de pessoal e taxa de acidentes resultante.

# MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A **Manutenção Preventiva (MP)** é a arte de verificar periodicamente o desempenho ou a condição do material de um equipamento para determinar se as condições operacionais e a taxa de degradação resultante estão dentro dos limites esperados. Se não estiverem, é preciso buscar o motivo da degradação mais rápida para que o problema possa ser corrigido, ou pelo menos mitigado, antes que a máquina falhe.

Os testes, inspeções, reparos ou ações de substituição de peças são feitos em uma vida útil (por exemplo, horas de operação) ou puramente em uma base de tempo em serviço. Embora estatísticas precisas de falha permitam que o intervalo de teste seja otimizado, ainda é provável que ocorram falhas catastróficas.

O método de PM também é muito trabalhoso, é realizada manutenção muito desnecessária e danos acidentais ao equipamento são amplamente relatados como resultado de práticas de manutenção inadequadas.

Um sistema de PM pode, no entanto, ser uma estratégia econômica quando a vida útil do equipamento é bem compreendida e consistente. Estudos na indústria de serviços públicos relatam uma economia de custos de ciclo de vida reativa a preventiva na faixa de 12 a 18%. Assim, essa metodologia, embora reduza significativamente o custo de O & M em relação à variedade puramente reativa, ainda permite que fracassos abruptos estraguem uma boa noite de sono.

# MANUTENÇÃO PREDITIVA

A **Manutenção Preditiva (PDM)** defende medidas destinadas à detecção dos próprios mecanismos de degradação, permitindo assim que a degradação seja compreendida e eliminada ou controlada, e antes da deterioração física significativa do equipamento.

Esses métodos de medição geralmente não invasivos nos permitem detectar e corrigir o potencial de degradação consideravelmente mais cedo no cenário de degradação do equipamento.

Tecnologias como análise de vibrações, análise de óleo, termografia e monitoramento de condições levam nossa capacidade de reconhecimento de problemas para a ponta do envelope de degradação.

A aplicação desta tecnologia resulta em:

- Marcado aumento da vida útil do equipamento.
- Ações corretivas anteriormente tomadas.
- Diminuição do tempo de inatividade do processo.
- Diminuições nas peças de manutenção e mão de obra.
- Melhor qualidade do produto.
- Diminuição do impacto ambiental.
- Economia de energia.



A soma dessas vantagens adiciona economia em um bom programa de gerenciamento de projetos. A causa raiz geralmente pode ser entendida e, conseqüentemente, a mitigação pode ser melhor direcionada e as falhas repetidas são história.

Do lado negativo, o investimento inicial em equipamentos de diagnóstico e o alto nível de treinamento de pessoal tornam isso um passo mais difícil para uma equipe de gerenciamento sempre atenta e consciente dos custos. As poupanças são agora geralmente em termos de custo evitado (um conceito difícil de ser entendido pela gerência) e, portanto, tornam-se muito mais difíceis de demonstrar e mais fáceis de esquecer.

Manutenção condicional de manutenção preditiva são ações conduzidas como resultado de uma condição específica ou como resultado de circunstâncias ou eventos específicos. Exemplos de inspeções condicionais incluem desmontagem não programada, interrupção de energia, sobretensão ou subtensão, sobrecarga de tensão, desligamentos.

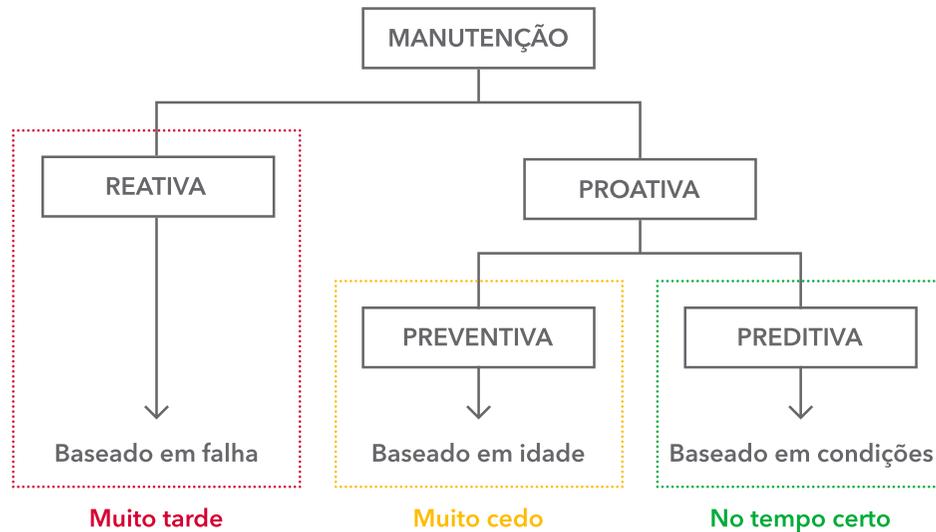
# MANUTENÇÃO PROATIVA

A prática de **Manutenção Proativa** programada fornece atividades de manutenção quando condições mecânicas ou operacionais garantem o reparo ou a substituição de equipamentos deteriorados antes que ocorram problemas óbvios. Isso permite avaliar se o equipamento irá falhar durante algum período futuro e indica o melhor momento para realizar reparos ou manutenção. A manutenção proativa fornece a visão de longo prazo, com foco de correção de prazo mais longo.

Na prática proativa de manutenção, as atividades operacionais incluem:

- Limpe, inspecione, lubrifique.
- Inspecione e observe a falha funcional da máquina.
- Perda de pressão de bloqueio em um pistão hidráulico.
- Perda de tempo de ciclo em uma máquina.
- Mudança no perfil da temperatura da máquina, vazamento de óleo ou ar, características sonoras de operação, etc...

A seguinte árvore de decisão mostra o caminho das diferentes rotas de manutenção e quando o tempo é ótimo:



Onde as atividades de manutenção incluem:

- Corrigir falhas funcionais.
- Ampla utilização de tecnologias para medir a presença de causas raízes de falhas funcionais (produção).
- Elimine as causas da produção e a falha da máquina.

- Manutenção Produtiva Total.
- Abordagem baseada em JIT.
- Trabalhadores realizam manutenção preventiva nas máquinas que operam.
- Pessoal qualificado de manutenção treina os operadores e desenvolve 'lições de um só ponto'.
- O departamento de manutenção passa de um modo de 'combate a incêndio' para um modo de prevenção e reengenharia.
- Restaure equipamentos deteriorados através da Manutenção Relacionada à Melhoria.
- Identifique os pontos fracos do projeto e melhore o equipamento.
- Preventiva (dados de fabricantes / operadores de equipamentos).
- Preditiva (análise de dados e testes diagnósticos periódicos).

- Enfatizando o custo total de propriedade ao comprar máquinas, para que o serviço e a manutenção sejam incluídos no custo.

- Desenvolver planos de manutenção preventiva que utilizam as melhores práticas de operadores, departamentos de manutenção e serviço de depósito.

- Treinar trabalhadores para operar e manter suas próprias máquinas.

A estratégia de Manutenção Centrada em Confiabilidade é um processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer ativo físico em seu contexto operacional. Um plano é baseado em critérios de confiabilidade com prioridade dada aos componentes mais críticos. É preciso determinar quais tipos de falhas são prováveis e focar na prevenção de falhas cujas consequências provavelmente são sérias, enfatiza o uso de práticas de manutenção preditiva e utiliza aspectos anteriores de conceitos de manutenção reativa e preventiva, em conjunto com a análise de causa raiz.



A Manutenção Centrada em Confiabilidade é um processo usado para determinar o que deve ser feito para garantir que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários desejam no contexto operacional atual, o que implica fazer **7**

**perguntas:**

1. Quais são as funções e padrões de desempenho em seu atual contexto operacional?
2. De que maneiras ele não funciona?
3. O que causa falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre falha?
5. De que maneira cada falha é importante?
6. O que pode ser feito para prever falha ou evitar cada falha?
7. O que deve ser feito se uma tarefa proativa adequada não puder ser encontrada?

No verão:

Um exemplo de manutenção reativa: seu pneu fica plano (falha) e você conserta o vazamento ou substitui o pneu. Ação baseada na reação.

Um exemplo de manutenção preventiva: você substitui um conjunto completo de pneus com base no tempo ou na quilometragem. Ação baseada apenas no cronograma.

Um exemplo de Manutenção Preditiva: Você substitui um pneu ou um conjunto de pneus com base na profundidade do piso de medição. Ação baseada em medição.

Um Exemplo de Manutenção Proativa: Você verifica a pressão dos seus pneus rotineiramente porque você sabe de falhas passadas que essa ação prolonga a vida útil do pneu. Você ainda verifica a profundidade do piso quanto a sinais de falha e fica atento quando a quilometragem se aproxima da quilometragem equivalente do seu último conjunto de pneus. Ação baseada no aprendizado de falhas passadas, isto é, nunca deixe falhar pela mesma razão duas vezes.



Em qualquer processo, medir o sucesso é essencial. Existem 5 maneiras diferentes de medir a eficácia da manutenção:

1. Com que frequência ele falha; medido pelo tempo médio entre falhas ou taxa de falhas.
2. quanto tempo dura; definido como vida útil, durabilidade.
3. Quanto tempo está fora de serviço quando falha também conhecido como tempo de inatividade.
4. Qual a probabilidade de falhar no próximo período - uma medida de confiabilidade é conhecida como a vida B10, na qual não mais do que 10% dos componentes deverão falhar - a probabilidade condicional de falha em um período estabelecido é de 10%.
5. Eficiência; a medição da saída em relação à entrada ou o desempenho de algo que ela está realizando.

Existe um lugar para cada prática de manutenção.

### Aplicações de Elementos Reativos:

- Pequenas peças e equipamentos.
- Equipamentos Críticos.
- Equipamento improvável de falhar.
- Sistemas redundantes.

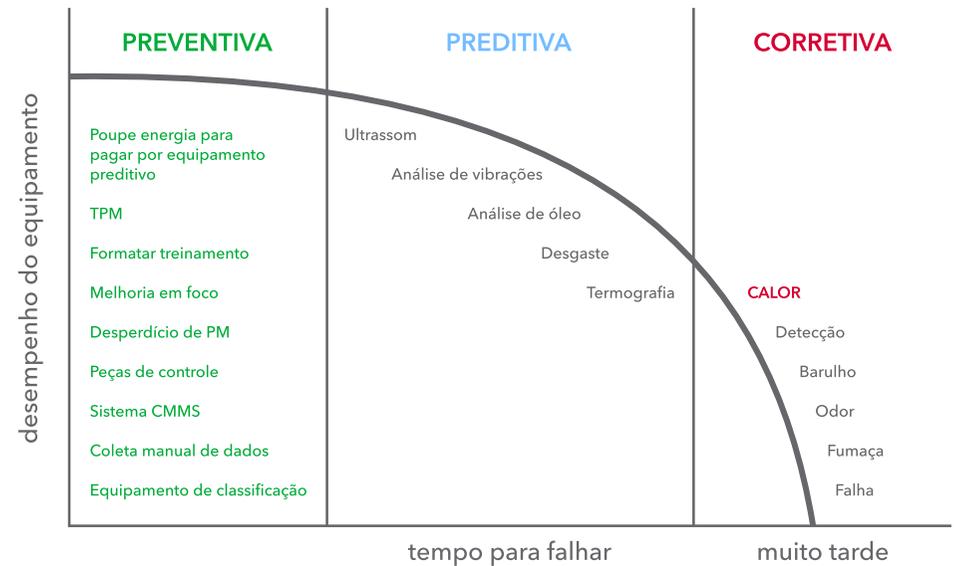
### Aplicações de elementos preventivos:

- Equipamento sujeito a desgaste.
- Equipamentos de consumo.
- Equipamento com padrões de falha conhecidos.
- Recomendações do fabricante.

### Aplicativos proativos / preditivos de elementos:

- Equipamento com padrões de falha aleatórios.
- Equipamentos Críticos.
- Equipamento sujeito a desgaste.
- Sistemas cuja falha pode ser induzida por manutenção preventiva incorreta.

Ao comparar a Curva PF com as várias estratégias de manutenção, o tempo até a falha pode ser projetado:



Reserve um tempo para determinar em qual máquina ou dispositivo se encaixa e continue aperfeiçoando uma estratégia que reduz o tempo de inatividade, a substituição de peças e os custos de mão de obra de forma contínua.

# ALS

## CONHEÇA A EMPRESA QUE MANTÉM O CUSTO DE MANUTENÇÃO DO SEU EQUIPAMENTO SOB CONTROLE.

A ALS é a empresa líder mundial em testes, inspeção, certificação e verificação. Atendendo a vários setores em todo o mundo, empregamos mais de 13.000 funcionários em mais de 65 países.

Oferecemos uma combinação única de soluções analíticas e de teste projetadas para aumentar a confiabilidade do equipamento e garantir a integridade do produto. Nossa dedicação aos mais altos níveis de atendimento ao cliente e excelência é inigualável no setor.

Se você deseja controlar seu equipamento, aumentando a confiabilidade e a disponibilidade com custos de manutenção reduzidos, a ALS é seu parceiro certo.





**GOSTOU DO CONTEÚDO,  
E QUER IR ALÉM?**

**[CLIQUE AQUI](#) E FALE COM UM ESPECIALISTA**

