



Gestão da manutenção

Gestão da manutenção

Marcus Vinícius de Abreu Soeiro

Amauri Olivio

André Vicente Ricco Lucato

© 2017 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Alberto S. Santana
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Cristiane Lisandra Danna
Danielly Nunes Andrade Noé
Emanuel Santana
Grasiele Aparecida Lourenço
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Paulo Heraldo Costa do Valle
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Roberto Mac Intyer Simões

Editorial

Adilson Braga Fontes
André Augusto de Andrade Ramos
Cristiane Lisandra Danna
Diogo Ribeiro Garcia
Emanuel Santana
Erick Silva Griep
Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S681g Soeiro, Marcus Vinícius de Abreu
Gestão da manutenção / Marcus Vinícius de Abreu
Soeiro, Amauri Olivio, André Vicente Ricco Lucato. – Londrina:
Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.
208 p.

ISBN 978-85-8482-833-3

1. Máquinas – Manutenção e reparos. 2. Edifícios –
Manutenção. 3. Confiabilidade. I. Olivio, Amauri. II. Lucato,
André Vicente Ricco. III. Título.

CDD 621

Sumário

Unidade 1 Evolução e interfaces da manutenção _____	7
Seção 1.1 - Definição de manutenção industrial _____	9
Seção 1.2 - Sistema de manutenção _____	26
Seção 1.3 - Gerenciamento de materiais de estoque _____	46
Unidade 2 Tipos de manutenção _____	63
Seção 2.1 - Manutenção preditiva e detectiva _____	65
Seção 2.2 - Manutenção proativa _____	78
Seção 2.3 - Viabilidade técnica das tarefas sob condição e técnicas preditivas _____	93
Unidade 3 Organização da gestão da manutenção _____	111
Seção 3.1 - Planejamento e controle da manutenção _____	113
Seção 3.2 - Planos de manutenção _____	129
Seção 3.3 - Indicadores de manutenção e gerenciamento de estoque de manutenção _____	143
Unidade 4 Sistemas integrados da gestão de manutenção _____	161
Seção 4.1 - Manutenção produtiva _____	163
Seção 4.2 - Efetividade da manutenção _____	175
Seção 4.3 - Avaliação da gestão da manutenção e terceirização _____	189

Palavras do autor

Prezado aluno, seja bem-vindo!

Esperamos que nossa jornada seja prazerosa e que, ao final dela, você adquira conhecimentos sólidos para embasar sua atuação profissional. O objetivo desta disciplina é discutir manutenção industrial, máquinas, processos e produção, recorrendo à análise dos sistemas de produção atualmente encontrados nas empresas.

A manutenção evoca a ideia de projetos de máquinas, estratégia de manutenção, exige conhecimentos técnicos apresentados durante o curso de engenharia mecânica, desenvolve habilidade gerencial e aproxima você dos investidores da organização. Nesse sentido, a manutenção industrial apresenta um aspecto relevante, pois sabemos que, se não houver um sistema gerindo a organização, as ações daqueles que a comandam, por mais bem-intencionadas que possam ser, não levarão à concretização de seus objetivos. Por isso, logo no início dos nossos estudos, você compreenderá o histórico da manutenção até chegarmos à manutenção produtiva total dos dias atuais. Você estabelecerá um diálogo com a teoria crítica sobre manutenção com base em alguns autores e, além disso, entenderá por que o setor de manutenção industrial tornou-se imprescindível para o setor produtivo e a mão de obra.

Na primeira seção, você estudará a evolução da manutenção industrial e suas áreas de atuação. Por meio dessa seção, você vai entender que a manutenção ideal de uma máquina é a que garante uma grande disponibilidade do equipamento para a produção, com um custo adequado, garantindo as condições de segurança e a preservação do meio ambiente. Essa seção, portanto, é focada na gestão de uma organização com lastro em um modelo de excelência.

Na segunda seção, abordaremos o tema manutenção preditiva e detectiva, com o objetivo de proporcionar ao aluno capacidade técnica de manutenção aplicada na indústria atual. Você terá conhecimentos sobre manutenção preditiva, que indica as condições reais de operação do equipamento com base em dados que informam

seu desgaste ou processo de degradação. Com a ferramenta de manutenção preditiva em mãos você poderá eliminar desmontagens desnecessárias de máquinas, antecipar a necessidade de manutenção de um equipamento, impedir que o equipamento seja danificado e aproveitar a vida útil total dos componentes e do equipamento.

Na terceira seção, você aprenderá mais sobre o conceito e os procedimentos da padronização. Entenderá, ainda, as estratégias e os métodos de aplicação das técnicas de manutenção dentro das empresas. Vamos descrever a estrutura da manutenção, políticas e processos da manutenção, gerenciamento de estoque e fator humano na manutenção, pois todos esses itens têm o objetivo de capacitá-lo para gerenciar e desenvolver uma gestão de manutenção eficiente na empresa.

Na quarta seção, você vai aprender a desenvolver e aplicar os conceitos de manutenção produtiva, avaliar a efetividade da manutenção e identificar as vantagens e desvantagens da terceirização no setor de manutenção.

Ao final dos estudos, você estará apto a elaborar o plano de manutenção da sua empresa, incentivar o setor de manutenção a adotar procedimentos e executar ações em conformidade com as melhores práticas mundiais. Leia cada seção com atenção, revise os conceitos importantes, realize as tarefas, assista aos vídeos e bons estudos!

Evolução e interfaces da manutenção

Convite ao estudo

Prezado aluno, seja bem-vindo!

Iniciaremos nosso estudo em Gestão da Manutenção, cujo objetivo é construir conhecimentos e habilidades aplicadas em todos os níveis de um processo industrial. Durante o estudo da Unidade 1 você vai perceber que a expectativa sobre o colaborador da manutenção é grande, não só da parte dos superiores, mas também de todos os demais colegas de trabalho. Dele são esperadas as novidades, como novos Modelos de Gestão, para tornar mais eficazes as atividades do departamento.

Estudando os conceitos desta unidade desenvolveremos a seguinte competência geral: conhecer e saber utilizar os fundamentos da manutenção moderna aplicados à engenharia de produção por meio da apresentação de princípios, técnicas e processos relativos à gestão da manutenção de equipamentos e sistemas, capacitando o aluno a fazer uso eficiente e eficaz dos recursos e das tecnologias disponíveis nos dias atuais. Também, desenvolveremos as seguintes competências técnicas: conhecer, compreender e ser capaz de aplicar e identificar os principais fundamentos e tipos de manutenção industrial.

Esta unidade de ensino possui os seguintes objetivos de aprendizagem: (1) conhecer a evolução e as interfaces da manutenção; (2) apresentar os conceitos gerais de manutenção focando questões ligadas à evolução histórica da manutenção; (3) conhecer os tipos de manutenção e a gestão estratégica da manutenção; (4) entender os fatores humanos que afetam o setor; (5) e, finalmente, levar o aluno a buscar sempre a excelência nos processos iniciais e finais da manutenção.

Uma indústria de laticínios, trabalha com uma produção diária de processamento de 200 mil litros de leite para atender a seus clientes. Entretanto, a empresa não está conseguindo atender a essa demanda por causa de quebra constante dos equipamentos, falta de qualificação dos colaboradores e estoque de peças no sistema não condizente com o estoque real. Ultimamente, o setor de manutenção apresenta-se como o grande responsável pelo atraso nas entregas.

Então, como podemos resolver esses problemas? Por onde devemos começar? Quais equipamentos devemos analisar primeiro? Qual é o perfil de funcionário desejado para o setor? Por que a manutenção não apresenta indicadores de produtividade?

Para encontrar soluções eficientes para resolver as situações-problema desta unidade, ao longo das seções e por meio das atividades propostas você construirá conhecimentos sólidos e avançará nos estudos, completando o ciclo de encontrar novos desafios, mas também novos ensinamentos, enriquecendo, dessa maneira, seu conhecimento.

Caro estudante, é válido reforçar a importância de fortalecer seus conhecimentos e criar um ambiente favorável para desenvolver suas atividades. Fique atento às novidades! Um profissional que não estuda, que não lê uma revista especializada, que não faz treinamentos em sua área corre o risco de ficar obsoleto rapidamente. O ser humano prefere a rotina às mudanças bruscas que o tiram da chamada “zona de conforto”. Acreditamos ser esse o principal obstáculo a ser vencido. Ser um grande agente de mudança é uma importante característica esperada pelos seus superiores.

Bons estudos!

Seção 1.1

Definição de manutenção industrial

Diálogo aberto

Uma empresa, por mais desenvolvida que seja tecnologicamente, precisa ser gerida de maneira correta para que os processos se tornem eficientes. Precisamos compreender, então, quais são os modelos de gestão de manutenção atuais, como eles se relacionam com as organizações e como a gestão de manutenção afeta a produtividade de uma empresa.

Vamos conhecer um pouco mais sobre a empresa de laticínios. Ela passa por um momento de desorganização em seu processo de produção. A empresa vem apresentando algumas falhas na entrega, na qualidade e impactos negativos no meio ambiente por causa de problemas na gestão de manutenção. A empresa está perdendo competitividade no mercado porque sua produtividade está abaixo da esperada em relação aos concorrentes.

Assim, seu primeiro desafio será compreender: o que é manutenção industrial? Quais são suas interferências no processo produtivo? Por que é importante desenvolver uma gestão de manutenção?

Ao entendermos esses aspectos de gestão, podemos compreender as melhores técnicas a serem aplicadas no desenvolvimento de estratégias de manutenção. O que verificamos nesse contexto é a necessidade do desenvolvimento de um programa de manutenção e da implantação de uma estrutura organizacional para esse setor. Nesse sentido, a manutenção industrial não pode errar, sendo inevitável que seu processo de operação seja eficaz.

Fazendo uma breve simulação, para processar 200 mil litros de leite por dia, a manutenção precisa de informações do setor de estoque referentes à quantidade de itens estocados. Precisa, também, de informações do almoxarifado sobre as matérias-primas para produzir o que falta desses itens, além de insumos e ferramentas necessárias para produzir os itens não estocados. Precisa, ainda, de informações do setor de recursos humanos para saber se há mão de obra suficiente para a demanda de produção. Precisa, por fim, de informações do setor de engenharia para saber quais

são as mudanças no projeto ou no processo desses produtos etc, pois, com essas informações é bem sedimentadas na mente de todos os que trabalham no setor de manutenção, pois com essas informações é possível determinar: o número de horas que uma máquina tem de trabalhar; quais máquinas não podem parar; os recursos de manutenção adequados que devem ser alocados em cada linha de produção; quando e onde usar o banco de horas dos mantenedores etc.

Nesta primeira seção, veremos ferramentas para otimizar a produção por meio do aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. Estude cada aula atentamente. Sublinhe os conceitos importantes e faça os exercícios propostos, pois esse é o caminho para você crescer profissionalmente.

Não pode faltar

A manutenção deixou de ser, nas últimas décadas, uma simples atividade de reparo e se tornou um meio essencial para o alcance dos objetivos e das metas da organização. Conforme afirma Campos (1994), a única razão pela qual você trabalha é porque alguém precisa do resultado do seu trabalho. Nesse novo ambiente, cada vez mais são utilizados equipamentos de última geração, com os mais modernos sistemas mecânicos e eletromecânicos, de maior grau de complexidade, alto custo e exigências elevadas quanto ao nível da manutenção. Essa maior complexidade dos equipamentos e a diversidade dos ativos físicos fizeram da manutenção uma função igualmente complexa, levando ao desenvolvimento de novas técnicas, de modernas ferramentas de gestão e de abordagens inovadoras quanto à organização e à estratégia de manutenção.

Gerenciar corretamente esses modernos meios de produção exige conhecimentos de métodos e sistemas de planejamento, programação, controle e execução que sejam, ao mesmo tempo, eficientes e economicamente viáveis. Equipamentos parados em momentos inoportunos comprometem a produção e podem significar perdas irrecuperáveis em um ambiente altamente competitivo. Além do caráter tecnológico envolvido nesse processo, a mudança exige também novas atitudes e habilidades do pessoal de manutenção. É preciso ter, sobretudo, visão sistêmica do negócio,

espírito de equipe e disposição irrevogável para mudar paradigmas e assumir desafios. A maior guerra que o homem pode vencer é superar desafios a ele impostos no decorrer dos tempos.

A manutenção deve ser voltada para os resultados objetivados pela organização, notadamente ao atendimento do programa de produção, ao custo planejado e à qualidade requerida. Cabe à manutenção buscar maior eficácia na aplicação dos recursos e uma relação de custos e vida útil que represente o menor custo do ciclo de vida dos equipamentos. A seleção de novos equipamentos, componentes e sistemas deve levar em consideração, necessariamente, a confiabilidade, a manutenibilidade e os custos operacionais futuros.

A gestão de estoques e a logística para aquisição de peças e serviços são funções essenciais de apoio à manutenção. As áreas de manutenção devem buscar o aprimoramento contínuo de seus processos, por meio da capacitação dos seus recursos humanos, da motivação pessoal e da adoção de ferramentas adequadas para a tomada de decisão. Os aspectos ligados à segurança e à proteção contra danos ao meio ambiente devem ser priorizados.

Diante dos desafios propostos, como podemos definir manutenção industrial? Segundo o *Minidicionário da língua portuguesa*, manutenção é o "Ato ou efeito de manter: gerência: administração: conservação" (BUENO, 2001). Podemos verificar que essa definição de manutenção não preenche as necessidades do setor, portanto, propomos uma definição moderna de manutenção: garantir a disponibilidade (máxima ou requerida?) é a função dos equipamentos e instalações, de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado. Assim,



Para exercer papel estratégico, a manutenção precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada. (KARDEC; NASCIF, 2013, p. 13)

Podemos afirmar que a estrutura mínima do setor de manutenção deve contemplar as seguintes atividades, conforme Figura 1.1:

Figura 1.1 | Estrutura mínima de manutenção



Fonte: elaborada pelo autor.

Nos últimos anos, as atividades de manutenção têm passado por mudanças profundas tanto no aspecto gerencial quanto no aspecto tecnológico e, por conseguinte, em recursos humanos. Essas alterações são consequências das seguintes condições: aumento do número e da diversidade dos itens físicos (instalações, equipamentos e edificações) que precisam ser conservados; programas mais complexos de produção; novas tecnologias de manutenção; novos enfoques sobre a organização da manutenção e suas responsabilidades.

As empresas têm reagido mais rapidamente às mudanças. Essa nova postura inclui uma crescente conscientização do quanto uma falha de equipamento afeta os resultados operacionais da empresa, a segurança e o meio ambiente. Tem-se observado uma maior conscientização da relação existente entre manutenção e qualidade do produto, maior pressão para se conseguir alta disponibilidade e confiabilidade da instalação, ao mesmo tempo em que se busca a redução de custos.

A evolução da manutenção pode ser dividida em três gerações. Na **primeira geração** da manutenção industrial, de 1940 até 1950, as empresas possuíam relativa estabilidade e previsibilidade dos negócios, em que os ativos financeiros – como capital, edifícios, máquinas, equipamentos, matérias-primas – predominavam como os mais importantes patrimônios empresariais. Além disso, a concorrência não exigia constante troca de vários produtos, e ter grandes estoques de produtos acabados não representava um custo elevado para a empresa. Nesse contexto, as indústrias eram pouco mecanizadas, os equipamentos possuíam baixa tecnologia, a informação no chão de fábrica era basicamente ditada pelos superiores, os equipamentos eram lentos e superdimensionados, o homem da manutenção “não precisava pensar”. Conseqüentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada, mas, sim, apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era, basicamente, corretiva. A habilidade exigida do mantenedor era apenas executar o serviço desejado.

A **segunda geração** da manutenção industrial surgiu nos períodos de 1950 a 1970. Como o mundo estava passando por grandes mudanças decorrentes da guerra, a demanda por qualquer tipo de mercadoria aumentou, enquanto o contingente operacional diminuiu. Como consequência, nesse período houve forte aumento da mecanização, e as plantas industriais passaram a ser mais complexas. Começava a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, bem como de maior confiabilidade, tudo isso na busca de maior produtividade. A indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas, e isso levou à ideia de que falhas dos equipamentos poderiam ser evitadas, o que resultou no conceito de manutenção preventiva. As máquinas não podiam ficar muito tempo ociosas.



Na década de 60 a manutenção preventiva consistia em intervenções nos equipamentos feitas em intervalos fixos. O custo da manutenção também começou a se elevar muito em comparação com outros custos operacionais. Este fato fez aumentar os sistemas de planejamento e controle de manutenção que, hoje, são parte integrante da manutenção moderna. (KARDEC; NASCIF, 2013, p. 13)

Finalmente, a quantidade de capital investido em itens físicos, juntamente ao nítido aumento do custo desse capital, levou as empresas a buscar meios para aumentar a vida útil dos itens físicos. Então, surgiu a necessidade de identificar novas técnicas de controle de equipamentos e ferramentas que permitissem elevar a disponibilidade e confiabilidade, bem como reduzir custos de produção por meio da manutenção.



Assimile

A Era da Informação trouxe um cenário turbulento e instável no qual a imprevisibilidade tornou-se um fator crítico (não se conseguia mais atender às novas necessidades de mudança e inovação empresarial imprescindível para a sobrevivência em um contexto altamente competitivo e globalizado).

A **terceira geração** iniciou-se a partir da década de 1970, quando se acelerou o processo de mudança nas indústrias. Paralisações constantes da produção diminuían o rendimento operacional, aumentavam os custos de produção e afetavam a qualidade dos produtos. Evitar parar a produção, portanto, tornou-se uma preocupação generalizada na indústria. Com a recuperação do sistema japonês de produção, os processos de manufatura começaram a sentir os efeitos dos grandes períodos de paralisações, em que o sistema Just in Time fazia frente aos sistemas de produção tradicionais. Nesse novo contexto, houve uma enorme necessidade de garantir a confiabilidade, e foi então que ferramentas de análise e combate às falhas foram desenvolvidas. Segundo Kardec e Nascif (2013), o conceito e a utilização de manutenção preventiva foram reforçados, o avanço da informática permitiu um melhor controle

sobre o planejamento da manutenção e iniciou-se o conceito de confiabilidade na engenharia de manutenção. A partir da terceira geração da manutenção, a disponibilidade, a confiabilidade e a manutenibilidade passaram a ser medidas de desempenho da manutenção.

A evolução das práticas atuais de manutenção teve um enfoque empresarial, razão principal para a obtenção da competitividade, necessária à sobrevivência da empresa. Há um esforço conjunto em todas as áreas coordenadas pela sistemática da Gestão de Ativos. O engenheiro de manutenção deixou de ser apenas uma pessoa que conserta máquinas para ser um gestor de máquinas milionárias que estão no pátio da empresa, ou seja, sua função passou a ser garantir o programa de produção de acordo com as metas propostas pelos investidores da empresa. Você está preparado para ser esse engenheiro?

Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção correspondem às formas de conduzir as ações nas máquinas da produção. Nessa perspectiva, verificamos que existe um entendimento, exceto algumas variações, quanto aos principais tipos de manutenção, descritos a seguir.

A **manutenção corretiva** sempre é feita depois que a falha ocorreu. Em princípio, a opção por esse método de manutenção deve levar em consideração fatores econômicos: é mais barato consertar uma falha do que tomar ações preventivas? Se for, a manutenção corretiva é uma boa opção. Logicamente, não podemos nos esquecer de levar em consideração também as perdas e seus consequentes custos por parada na produção, além dos aspectos de segurança e preservação do meio ambiente, pois a manutenção corretiva pode acarretar mais custos e maior impacto do que imaginávamos no princípio. A manutenção corretiva é indicada quando: existir equipamento em standby; não for possível prevenir a falha; for nulo o impacto da falha; for baixo o custo do reparo, inviabilizando o custo de fazer manutenção preventiva.

Tipo importante de manutenção em qualquer empresa, a **manutenção preventiva** é realizada periodicamente. Ela envolve algumas tarefas sistemáticas, com intervalos bem definidos, sendo essas reformas e trocas de peças, principalmente. Se comparada à manutenção corretiva – somente do ponto de vista do custo direto de manutenção –, a manutenção preventiva é mais cara,

pois peças devem ser trocadas e os componentes têm de ser reformados antes de atingirem seu limite de vida. É uma estratégia muito eficiente quando o controle de desgaste da peça por tempo é eficiente. A manutenção preventiva apresenta como resultado uma diminuição na frequência de ocorrência de falhas, um aumento da disponibilidade dos equipamentos e também uma diminuição das interrupções inesperadas da produção. A manutenção preventiva é indicada quando o controle por tempo é eficaz e a monitoração por condição não é possível.



Exemplificando

Trocar o óleo do motor de um carro a cada 10 mil km rodados e trocar o filtro de óleo de um compressor a cada 10 mil horas de operação são exemplos de manutenção preventiva. Se a troca não for executada conforme estabelecido, a máquina irá sofrer uma falha que comprometerá o sistema produtivo.

A **manutenção preditiva** tem sido cada vez mais divulgada, até mesmo por alguns “especialistas” em manutenção, como algo bastante avançado e alheio aos outros métodos de manutenção. Por causa do uso de tecnologia avançada, a manutenção preditiva costuma ser tratada de forma diferenciada dentro das empresas – quase uma ciência avançada demais para ficar nas mãos de uma pessoa não especializada. Em muitas empresas, ainda é comum designar uma equipe independente de engenheiros e técnicos especializados – com seus próprios sistemas e métodos de controle – somente para cuidar da manutenção preditiva.

A tecnologia disponível atualmente permite o desenvolvimento de dezenas de técnicas de manutenção preditiva. Dessa forma, as empresas passam a ter a seu dispor um aparato tecnológico de manutenção preditiva capaz de trazer um resultado bastante eficaz e, conseqüentemente, de colher bons frutos. Também, é possível prever o momento dos componentes mecânicos analisando o óleo lubrificante. A manutenção preditiva deve ser usada quando o custo do reparo for alto, a falha tiver impacto relevante na produção, na segurança e no meio ambiente.

A **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)** é um programa de gestão de manutenção industrial que visa que quaisquer componentes de um ativo ou um sistema operacional mantenham suas funções, sua condição de uso, com segurança, qualidade, economia e, ainda, que seu desempenho não afete o meio ambiente. Segundo Pereira (2011), a MCC objetiva a diminuição da manutenção corretiva e preventiva por meio de atividades mais eficientes; a utilização constante das técnicas de análise de falha; a garantia de que o equipamento cumprirá suas funções com o menor custo; a utilização das metodologias FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis* – Análise dos Modos e Efeitos das Falhas) e FTA (*Fault Tree Analysis* – Análise da Árvore de Falhas) na manutenção.

Por meio das técnicas de manutenção apresentadas, esperamos que o engenheiro elabore as bases para a realização de seu plano de manutenção. Para a confecção de um plano de manutenção, ele deverá entender cada tipo de manutenção, conhecer os equipamentos da planta industrial, entender a importância de cada equipamento para o processo produtivo, compreender o custo de manutenção do equipamento e conhecer seus clientes internos. Com esses dados, é possível determinar o melhor tipo de manutenção a ser aplicado no equipamento.

Uma estratégia de manutenção que vem sendo valorizada nas empresas é a **Manutenção Autônoma (MA)**, que é o processo de capacitação dos operadores, com o propósito de torná-los aptos a promover mudanças, em seu ambiente de trabalho, que garantam altos níveis de produtividade. A manutenção autônoma é composta pelos sete passos descritos a seguir:

- Limpeza inicial da máquina.
- Eliminação de fontes de sujeiras e locais de difícil acesso.
- Elaboração de normas de conservação.
- Inspeção geral.
- Inspeção autônoma.
- Padronização.
- Autogerenciamento.

O primeiro passo da MA consiste na limpeza do equipamento. Cabe ao gestor da área exibir o equipamento limpo para que pequenos vazamentos, trincas, partes soltas, falta de parafusos etc. sejam

facilmente perceptíveis. No dia da limpeza da máquina, a empresa deve parar as atividades da linha da máquina e registrar, por meio de fotos, o antes e o depois da limpeza. Naturalmente os colaboradores irão se acostumar a trabalhar com o equipamento limpo.



Refleta

Não desanimar se a máquina se sujar novamente em pouco tempo. É importante verificar quanto tempo ela demora para se sujar novamente e detectar as causas da sujeira. E então já será possível definir o procedimento então, já será realizado para manter a máquina produzindo sempre limpa.

O segundo passo da MA consiste na eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso. Como exemplo, a equipe deverá reparar vazamentos hidráulicos, vazamentos de ar e realizar melhorias no equipamento que facilitem os acessos à limpeza. Outras fontes que precisam ser observadas são as geradoras de resíduos do próprio processo, como cavaco, rebarbas, pó, soldagem, óleo etc. Não sendo possível eliminar de imediato todas as fontes, elabore um cronograma com ações, datas e responsáveis para que as melhorias sejam implantadas.

O terceiro passo da MA consiste na elaboração de normas provisórias, limpeza, inspeção e lubrificação: Eliminar pontos fracos com base na análise das falhas observadas no passado, por meio de histórico, e bloquear o avanço do desgaste de degradação dos diversos componentes do equipamento, por meio de ações periódicas de conservação, tais como inspeções, ajustes e lubrificações, realizadas pelo próprio operador da máquina.

Para estar apto ao quarto passo, o operador precisa ser treinado e qualificado em conhecimentos gerais do equipamento e não somente saber operá-lo. Além disso, deve conhecer seu funcionamento, os principais sistemas e componentes. No quarto passo, o operador da máquina irá receber instruções sobre: correias soltas; parafusos soltos; ruídos anormais; aumento de temperatura e pressão; mangueiras desgastadas; cabos de aço desgastados; componentes sem lubrificação; e proteções soltas. Se o operador puder identificar uma das situações propostas, isso será de grande valia.

Para o quinto passo da inspeção geral da MA, todas as responsabilidades estão registradas e entendidas pela equipe de operação. As tarefas de operadores e mantenedores envolvidos no processo devem estar definidas em planilhas no estilo de calendário, para que os padrões de limpeza e inspeção tenham um plano eficiente de execução. A inspeção geral tem o objetivo de garantir os padrões de uso da máquina, aumentar o sentido autônomo dos operadores na manutenção dos padrões, promover o treinamento dos operadores e incentivar o controle visual.

O sexto passo da manutenção visa revisar todos os documentos elaborados até o quinto passo, racionalizar as rotinas implementadas, consolidar todos os conhecimentos do operador por meio de treinamentos e avaliações periódicas, estender as rotinas de organização às áreas periféricas da máquina, incluindo local de ferramentas e instrumentos, e, por fim, garantir repetibilidade na performance operacional por meio da consolidação das rotinas operacionais.

O sétimo passo consiste na organização do posto de trabalho com materiais de limpeza em locais apropriados, ferramental organizado e identificado, equipamento limpo e apresentável, balanços anuais dos resultados obtidos junto a operadores e pessoal de manutenção, além de pessoas treinadas e certificadas para atuar como multiplicadores.



Refleta

Qual é a melhor técnica de manutenção para o meu pátio industrial? Tenho de fazer manutenção preditiva em todas as máquinas para obter 100% de confiabilidade?



Pesquise mais

Assista aos filmes indicados a seguir que retratam aspectos importantes da evolução dos sistemas produtivos e como a manutenção se tornou parte importante do processo.

SANGUE Negro. Direção de Paul Thomas Anderson. EUA: Miramax Films. Produção: Paramount Vantage, 2008. 158 min. P&B.

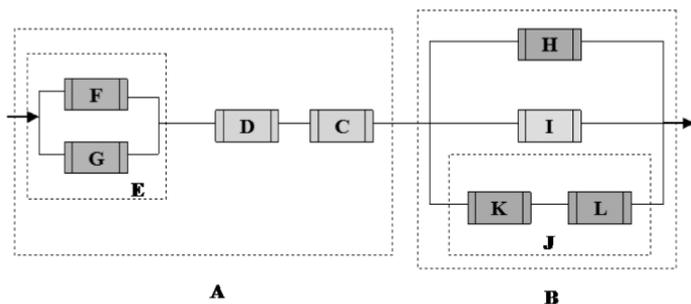
TEMPOS Modernos. Direção de Charles Chaplin. Produção de Charles Chaplin. Realização de Charles Chaplin. EUA: United Artists, 1936. P&B.

Sem medo de errar

Para planejar a manutenção da planta de laticínios, você precisará obter informações do almoxarifado sobre matérias-primas, do setor de recursos humanos sobre a disponibilidade de mão de obra suficiente para a demanda de produção, assim como informações do setor de Engenharia para saber quais são as mudanças no projeto ou processo dos produtos. Com essas informações é possível determinar diversas variáveis importantes para a manutenção na planta.

Na planta de laticínios estudada, temos o processo de fabricação de creme de leite, conforme a estrutura indicada pela Figura 1.2.

Figura 1.2 | Planta de um processo de fabricação



Fonte: elaborada pelo autor.

Considere a estrutura como máquinas que constituem uma instalação industrial, sendo que F e G fazem a mesma função e têm a mesma capacidade individual, assim como K e L também cumprem a mesma função de H e I, com a mesma capacidade em cada ramo. Assim, quais são as possíveis opções de tipo de manutenção para cada equipamento das instalações A e B? Defina um contexto operacional e monte a melhor estratégia com seu grupo de trabalho.

Os tópicos, a seguir, representam de maneira fictícia máquinas dispostas e uma sequência de produção.

a) Contexto operacional significa como sua produção está caracterizada: você está em um pico de produção? Ou sua produção está em baixa? Portanto, podemos parar determinada máquina para fazer manutenção.

b) Depois que você determinou o contexto operacional, já pode estabelecer quanto cada máquina produz. Exemplo: A máquina F produz 1.000 unidades, enquanto a máquina D consegue processar apenas 800 unidades.

c) Após definir o contexto operacional e a capacidade de carga de cada máquina, você deverá estabelecer qual será a melhor estratégia a ser adotada em cada máquina. É importante você responder o porquê da escolha de cada tipo de manutenção.

Podemos observar que, pelo exemplo exibido, o contexto operacional de qualquer empresa depende do conhecimento do processo produtivo, das demandas da produção, da forma como a manutenção está organizada. Portanto não existe uma padronização do contexto operacional, pois, para cada situação você deverá desenvolver sua estratégia para entender qual máquina não pode parar e quais são seus pontos críticos.

Para fins didáticos, vamos elaborar um contexto operacional de produção e escolher a melhor técnica de manutenção. Vamos considerar que, no contexto operacional, o processamento de cada máquina seja:

- Máquina F: processa 1.200 litros de leite/dia.
- Máquina G: processa 800 litros de leite/dia.
- Máquina D: processa 2.200 litros de leite/dia.
- Máquina C: processa 1.200 litros de leite/dia.
- Máquina H: produz 800 litros de leite/dia.
- Máquina I: produz 800 litros de leite/dia.
- Máquinas K e L: processam 600 litros de leite/dia.

Considerando que há a necessidade de processar 1.000 litros de leite/dia, durante 30 dias podemos adotar a seguinte estratégia de manutenção:

Em relação à **técnica de manutenção a ser usada**, a máquina F processa 1.200 litros de leite/dia – pode trabalhar com manutenção preventiva, pois sua capacidade de produção supera os 1.000 litros/dia; a máquina G processa 800 litros de leite/dia – pode trabalhar com manutenção preventiva, porque a máquina F trabalha como reserva.

Portanto, a data da manutenção preventiva deverá ser alternada.

A máquina D processa 2.200 litros de leite/dia – pode trabalhar com manutenção preditiva, pois, embora ela tenha uma capacidade produtiva acima da necessidade, ela não possui reserva, portanto custos não deverão ser analisados para manter o funcionamento dessa máquina. A máquina C processa 1.200 litros de leite/dia – deve trabalhar com manutenção preditiva, pois, embora ela tenha uma capacidade produtiva acima da necessidade, ela não possui reserva, portanto custos não deverão ser analisados para manter o funcionamento dessa máquina.

A máquina H produz 800 litros de leite/dia – essa máquina deve trabalhar com manutenção preventiva, pois, embora ela tenha uma capacidade produtiva abaixo da necessidade, ela possui duas máquinas em paralelo que executam a mesma função. A máquina I produz 800 litros/dia de leite – essa máquina deve trabalhar com manutenção preventiva, pois, embora ela tenha uma capacidade produtiva abaixo da necessidade, ela possui duas máquinas em paralelo que executam a mesma função.

As máquinas K e L processam 600 litros/dia de leite – essa máquina deve trabalhar com manutenção preventiva, pois, embora elas tenham uma capacidade produtiva abaixo da necessidade, elas possuem duas máquinas em paralelo que executam a mesma função.

Cada máquina, portanto, terá um processo de manutenção de acordo com a função que desenvolve e sua importância para o processo produtivo. Esse entendimento do papel que a máquina desempenha na produção e como nós podemos tratar sua manutenção é que denominamos contexto operacional.

Avançando na prática

Escolha da melhor estratégia de manutenção

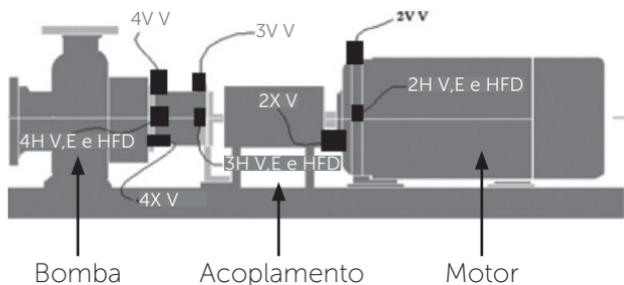
Descrição da situação-problema

Uma bomba utilizada no setor de bombeamento de água gelada para a empresa está com problemas constantes. Cabe a você desenvolver uma estratégia de manutenção para esse equipamento, com a finalidade de localizar possíveis falhas nele logo no início. Esse plano de manutenção deve contemplar

algumas técnicas de manutenção para garantir que o equipamento não falhe de forma inesperada.

A Figura 1.3 representa o conjunto bomba, motor e acoplamento. Cada ponto na cor preta representa onde o acelerômetro é colocado para captar as vibrações do equipamento e realizar o diagnóstico.

Figura 1.3 | Bomba d'água



Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

O equipamento em questão é uma bomba d'água que apresenta em seu conjunto o motor, o acoplamento e a bomba. As técnicas de manutenção listadas, a seguir, podem ser usadas para aumentar a confiabilidade desse equipamento.

A técnica de manutenção preditiva de análise de vibração irá captar possíveis falhas no equipamento logo no início, portanto essa técnica deverá ser utilizada. Outra técnica que pode ser usada é o aperto dos parafusos da base do conjunto quinzenalmente, com a finalidade de evitar o desalinhamento do conjunto. Será necessária uma inspeção de rota semanal apenas para verificar se a bomba está apresentando vazamentos de água. O selo mecânico da bomba deverá ser trocado (trimestral ou anualmente) conforme instrução do fabricante. Analisar os fatores elétricos da bomba, com a ajuda de um multímetro, também vai aumentar a confiabilidade do equipamento. Bimestralmente, é necessário fazer alinhamento do conjunto usando raio laser para garantir que o conjunto não esteja desalinhado. À medida que os resultados obtidos forem constantes, pode-se aumentar a periodicidade do alinhamento para trimestral e semestral.

Com essas medidas, é esperado que os resultados de disponibilidade e confiabilidade do equipamento sejam melhorados.

Faça valer a pena

1. Manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se da manutenção que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos, além das condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. A manutenção preditiva é usada para identificar falhas potenciais em um equipamento. Marque a opção que indica a melhor técnica para monitorar o equipamento.

- a) Análise de vibrações – equipamentos pneumáticos e máquinas de fluxo.
- b) Termografia – circuitos hidráulicos.
- c) Corrente elétrica – caixa de engrenagem.
- d) Ultrassom – redutores.
- e) Análise de vibrações – máquinas rotativas em geral: motores, redutores, compressores, bombas, ventiladores, rolamentos e engrenagens.

2. A manutenção deve ser organizada de tal maneira que o equipamento ou sistema pare de produzir somente de forma planejada. Quando o equipamento para de funcionar por si próprio, sem uma tática gerencial, estamos diante de uma manutenção não planejada, o que gera custos elevados para o setor produtivo.

Pode-se afirmar, em uma visão ampla, que os equipamentos falham por causa de três fatores básicos. Quais são eles?

- a) Falha de projeto, falha na fabricação, falha na falta de produção.
- b) Falha de projeto, falha na troca de gestão da empresa, falha na utilização.
- c) Falha de projeto, falha na fabricação, falha na utilização.
- d) Falha por aumento do número de redundância, falha na fabricação, falha na utilização.
- e) Falha por diminuição do número de redundância, falha na fabricação, falha na aplicação.

3. A formação do quadro de Planejamento e Gestão, bem como do Grupo de Apoio de Engenharia, depende normalmente da ênfase que se quer dar a essas atividades. A distribuição de tarefas e, como consequência, a definição de interfaces dependem também das particularidades das equipes.

A Engenharia de Manutenção é o suporte técnico da manutenção e está dedicada a consolidar a rotina de manutenção e implantar melhorias nos procedimentos. Qual opção seria uma atribuição do setor produtivo da empresa?

- a) Aumentar a confiabilidade.
- b) Definir metas de produção.
- c) Eliminar problemas crônicos.
- d) Melhorar a capacitação do pessoal.
- e) Zelar pela documentação técnica e pelos registros.

Seção 1.2

Sistema de manutenção

Diálogo aberto

A seção anterior apresentou uma introdução aos tipos de manutenção e sua contextualização em relação ao cenário atual. Além disso, foram exibidos alguns modelos de manutenção existentes. A questão que se coloca é que existem dezenas de métodos e filosofias de trabalho, todos com graus de dificuldade elevados por causa de restrições políticas corporativas, dificuldades de comunicação, resistência dos colaboradores e alta direção, entre outros motivos. Portanto, atualmente, as grandes corporações trabalham com um conceito moderno de manutenção, que visa vencer os problemas gerenciais e proporcionar maior eficiência ao setor de manutenção.

A eficiência da manutenção está alinhada ao tempo de produção, porque, produzindo ou não peças boas, o tempo foi de qualquer forma utilizado. Isso significa que, mesmo tendo sido usado o tempo na produção de produtos ruins que não servem para o cliente, os funcionários responsáveis por essa má qualidade ainda serão pagos. Em outras palavras, um custo de má gestão da manutenção está embutido no processo. O sistema de manutenção deve estar voltado para o máximo desempenho, produtividade e qualidade da empresa, além de ser composto pelos métodos de manutenção e pelas funções gerenciais da manutenção.

Os métodos de manutenção classificam-se de acordo com o tipo de manutenção e objetivam manter e melhorar as características e capacidades dos equipamentos ao longo do tempo. Por outro lado, as funções gerenciais da manutenção auxiliam o gerenciamento eficiente da manutenção ao serem combinadas com os métodos de manutenção.

Um sistema de manutenção para uma planta ou uma unidade industrial específica compreende toda a formulação de estratégias para cada item de manutenção e os respectivos planos mestre, contendo as ordens de serviço necessárias para a garantia da performance desejada em termos de disponibilidade requerida. Na construção de um sistema

para determinado objeto de manutenção ou instalação ou, ainda, para um conjunto de instalação industrial, há etapas bem definidas que devem ser seguidas para a montagem desse sistema. Podemos dizer que um sistema de manutenção é constituído por: Gestão estratégica da manutenção, Gestão de desempenho da manutenção, Benchmarking e Políticas e processos na manutenção.

Convidamos você a desenvolver um sistema de manutenção para a empresa de laticínios, sendo que a estratégia que você adotar para a empresa de laticínios será aplicável a qualquer tipo de empresa. Lembre-se: se você conseguir ser um bom gestor em uma empresa, você conseguirá ser um bom gestor em qualquer empresa. Toda empresa é constituída de entrada de insumo, processamento e saída de produtos. O que muda é sua forma de conduzir a gestão, sua forma de implantar ideias e obter resultados.

O que faremos nesta seção é colocar algumas ferramentas de gestão importantes na sua mão. Vamos trabalhar? Como iniciaremos o processo de implantação? Quais são os componentes de um sistema de manutenção? Qual estratégia de manutenção devemos adotar?

Ao final de seus estudos, você terá um conhecimento sólido de Gestão estratégica da manutenção, Gestão de desempenho da manutenção, Benchmarking e Políticas e processos na manutenção. Bons estudos!

Não pode faltar

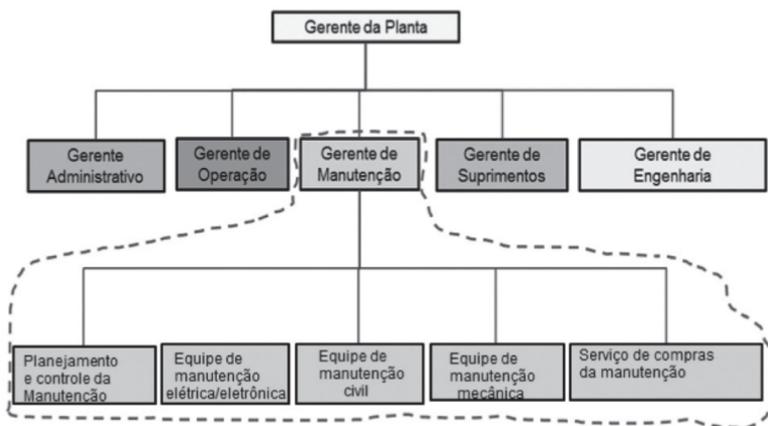
A complexidade das instalações industriais em termos de máquinas/equipamentos e tecnologia embarcada demonstra a necessidade de um sistema de manutenção capaz de gerar respostas rápidas às solicitações da produção. O sistema de manutenção (SM) engloba todas as atividades da organização e suas respectivas inter-relações, voltadas para a geração de resultados em um ambiente de alta diversidade. Seu foco, portanto, é a melhoria contínua dos processos.

O SM é a parte da gestão da empresa voltada para os meios de produção – equipamentos e instalações – e tem como principal objetivo transformar o trabalho da manutenção em uma função estratégica diante da concorrência, visando à redução permanente de custos, ao aumento da confiabilidade dos equipamentos, ao

atendimento rápido e a serviços de alta qualidade. O SM deve ser ensinado e executado por todo o quadro da manutenção.

A Figura 1.4 mostra, esquematicamente, a gestão da empresa e o posicionamento do SM (composto pelas caixas inseridas dentro da linha tracejada). A junção dos métodos de manutenção representa a manutenção produtiva, que se integra às funções gerenciais da manutenção e ordena o SM.

Figura 1.4| Estruturação organizacional da manutenção



Fonte: elaborado pelo autor.

O sistema de manutenção está organizado para assegurar a uniformização das ações da manutenção de forma sustentável. Isso significa que, independentemente das pessoas envolvidas, ele deve se perpetuar de forma homogênea e integrada ao longo do tempo.

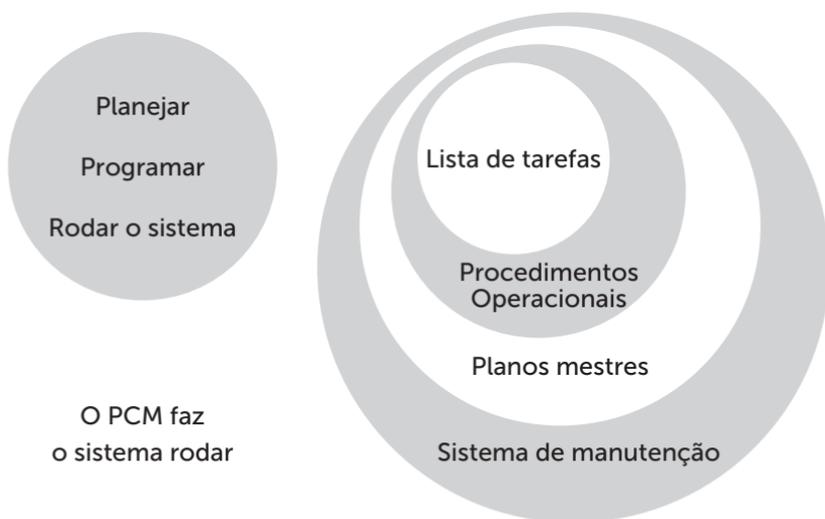
A forma pela qual o SM é conduzido deve ser de fácil percepção e compreensão, seja para um funcionário recém-admitido ou proveniente de outra localidade, seja para pessoas externas à manutenção. Todos devem entender que a linguagem e os métodos utilizados são únicos, padronizados e praticados em todas as gerências da área.

O SM está alicerçado em uma estrutura de sustentação que envolve procedimentos essenciais para sua implantação. A gestão do sistema decorre de uma combinação de elementos fundamentais com ferramentas de gestão. Essas ferramentas possibilitam a

operacionalização dos elementos fundamentais e são aplicáveis aos métodos e às funções gerenciais da manutenção. Em conjunto, esses itens orientam o planejamento estratégico, que norteia a função manutenção dentro da empresa. O foco é trabalhar com uma visão de futuro alicerçada nas ações do presente e passado.

A Figura 1.5 ilustra os componentes de um sistema de manutenção. A estrutura mostra que o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é responsável por gerir todas as ações da manutenção. Desde a programação da ordem de serviço, retirada de manuais e contatos com os fabricantes, até sua execução e entrada final no sistema.

Figura 1.5 | Componentes de um sistema de manutenção



Fonte: elaborada pelo autor.

Um aspecto importante no modelo apresentado na Figura 1.5 é que, após a construção do sistema de manutenção, a área de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é a responsável por fazer o sistema funcionar.



O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é realizado de forma a assegurar as necessidades da produção, pois sua função é gerir a manutenção de forma a atender às necessidades do cliente, que é a produção.

O sistema de manutenção tem a missão de integrar os processos relacionados ao setor de manutenção. Ele permite:

- A definição dos serviços a serem executados.
- A definição da melhor data para a execução dos serviços em conjunto com o processo produtivo.
- A definição do tempo gasto para a execução dos trabalhos.
- A elucidação dos custos dos serviços.
- A demarcação das áreas da produção que serão afetadas.
- O estabelecimento dos recursos necessários para a execução do serviço.

As fases de construção de um sistema de manutenção podem se apresentar de acordo com o processo exibido na Figura 1.6 a seguir. O plano mestre de manutenção é composto por planos preventivos, rotas de lubrificação, rotas de inspeção e, por fim, pela construção e execução das ordens de serviço. Quando o sistema de manutenção está funcionando, todas as estratégias mostradas na Figura 1.6 devem ser executadas.

Figura 1.6 | Construção de um sistema de manutenção



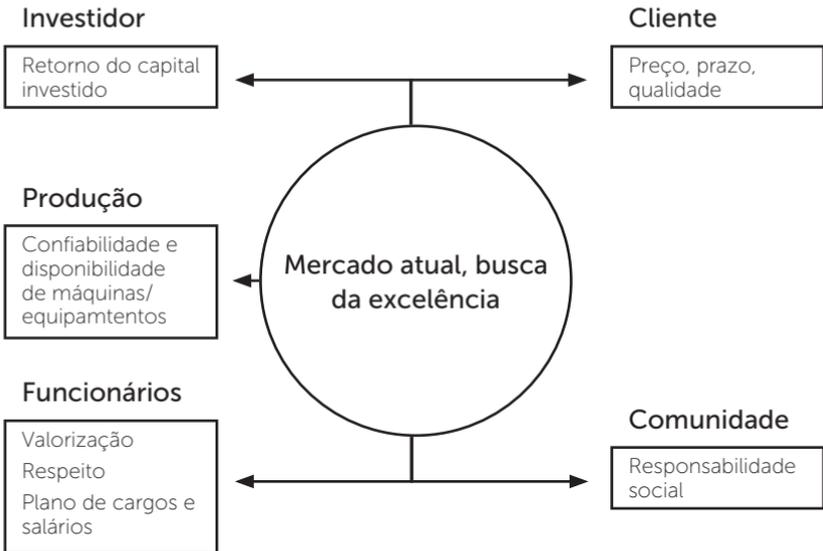
Fonte: elaborada pelo autor.

A empresa de laticínios em questão, para tornar-se competitiva, deverá trabalhar sob esse novo conceito de manutenção, em que não existe espaço para ações inesperadas.

Gestão estratégica da manutenção

Estamos cada vez mais inseridos em um ambiente mercadológico competitivo, em que todos os setores de uma companhia devem funcionar adequadamente para evitar perdas. Nesse sentido, encontram-se as exigências do setor de produção, meio ambiente, almoxarifado, acionistas, administrativo, vendas, fornecedores e consumidor final. Conforme já discutimos anteriormente, é no contexto de confiabilidade operacional que a manutenção da empresa de laticínios se insere, para garantir a condição em que a empresa entregue seus produtos com a qualidade requerida, no tempo combinado, com as boas práticas de fabricação, segurança e meio ambiente. A Figura 1.7, a seguir, exhibe o que cada parte do processo produtivo espera de seu negócio.

Figura 1.7 | Expectativa do negócio



Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto, diante desse cenário, deduzimos que a manutenção passa a ter cada vez mais uma função estratégica no contexto empresarial, sendo um centro de resultados importantes para alavancar a competitividade dos negócios. Em vista disso, a estratégia de manutenção eficiente deverá conter as seguintes etapas:

- Contexto operacional do negócio: quais são os equipamentos mais importantes da empresa? Quanto de produção se espera por dia? Quais são as previsões de produção para os próximos anos?
- Definição da estratégia de manutenção para cada equipamento, requisitos de manuais, experiência dos profissionais da área e histórico existente dos equipamentos.
- Introdução das melhores práticas de manutenção do mercado: *benchmarking*.
- Plano de cargos e salários para os colaboradores do setor.

Reunidos todos esses requisitos e estruturado o sistema de manutenção para as instalações, é possível iniciar um gerenciamento estratégico, girando o ciclo dos processos do sistema de manutenção, que se constitui em planejamento, programação, execução e gerência de desempenho, sendo esse último os índices de controle

para a avaliação dos resultados de confiabilidade e custos, validando a qualidade da estratégia implantada e considerando as metas estabelecidas para as instalações.

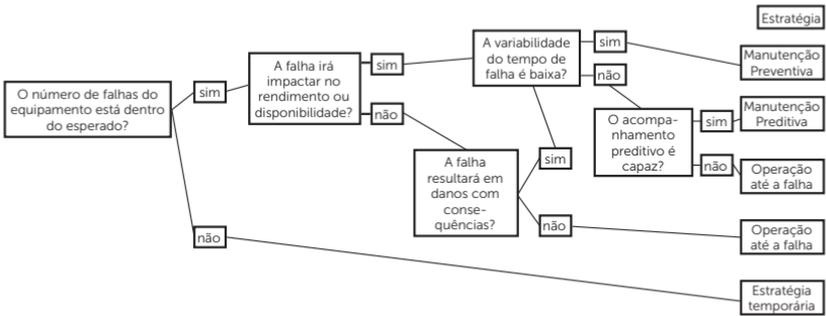
Diversas são as maneiras de aplicar recursos para obter os resultados pretendidos no setor de manutenção, entretanto uma estratégia de manutenção deverá contemplar:

- Visão do negócio, que consiste em unir a manutenção aos interesses do cliente.
- Visão de curto, médio e longo prazo em conjunto com os objetivos da companhia.
- Melhoria contínua sempre aplicada em todas as fases da manutenção.
- Geração de valor por meio da construção de know-how específico.

Podemos dizer que a inteligência da manutenção está na construção da estratégia e, conseqüentemente, do sistema de manutenção e da gestão do planejamento e controle da manutenção. É necessário, portanto, estabelecer uma lógica que oriente a equipe de manutenção a aplicar sua estratégia.

Na Figura 1.8 encontramos uma sugestão de orientação configurada em forma de árvore de decisão, para encontrarmos a melhor estratégia para cada caso dentro de um contexto operacional. Cabe a você entender o contexto operacional de sua empresa e aplicar a estratégia de manutenção.

Figura 1.8 | Exemplo de estratégia de manutenção



Fonte: elaborada pelo autor.

Podemos afirmar que o sucesso da manutenção está na definição correta da melhor estratégia para gerir as falhas nos equipamentos, pois não existe uma tática única, visto que cada colaborador tem de vivenciar seus próprios desafios para estruturar sua estratégia de manutenção.

Gestão de desempenho

Na administração, a gestão de desempenho, para acompanhar o desenvolvimento de uma área, é fundamental para garantir aos gestores o conhecimento dos resultados e de quais são as tendências gerais de desempenho para os resultados futuros. Na administração da manutenção, medir a produtividade não é uma tarefa fácil. Enquanto os colaboradores da produção relacionam-se diretamente com a quantidade produzida, o setor de manutenção realiza serviços que proporcionam as condições ideais para que a produção atinja seus objetivos.

Todo o controle da mão de obra de manutenção é feito com base em homem-hora (HH). Ainda que algumas atividades possam ter sua produtividade medida em termos de unidades reparadas ou peças confeccionadas, a base de cálculo continua sendo o tempo de duração em HH. Nesse sentido, a gerência de desempenho tem como objetivos:

- Comunicar e facilitar a implementação das estratégias e valores da empresa.
- Identificar as ameaças e oportunidades do setor.
- Definir responsabilidade.

- Identificar quando e onde uma ação é necessária.
- Favorecer o envolvimento de pessoas.
- Servir de base para um sistema de remuneração.



Refleta

Um gestor que não mede seus resultados não gerencia. Como podemos desenvolver indicadores para gerenciar a manutenção? Qual é a importância desses indicadores para a manutenção?

Entre os índices consagrados para avaliar o desempenho da manutenção está o *backlog*, que determina o nível de pendências que existe no sistema de manutenção e que deveria ter sido executado. O *backlog* reflete as seguintes situações: se estiver acima do permitido, indica que devemos avaliar o número de funcionários da manutenção, ou seja, faltam colaboradores; se estiver muito abaixo, indica que há mão de obra ociosa.

Os indicadores de manutenção podem ser elaborados de várias maneiras, mas, de forma geral, o índice de disponibilidade mede o tempo que o equipamento ficou preparado para produzir em um intervalo de tempo determinado. Horas extras trabalhadas também são um indicador de que o gestor de manutenção deve ficar atento, pois elas demonstram possíveis falhas de programação da manutenção. Outro indicador importante chama-se índice de manutenção preventiva, que mostra quanto tempo foi gasto de manutenção preventiva em um equipamento. E, por fim, o índice de manutenção corretiva exhibe quanto tempo uma máquina ficou sem produzir por causa da manutenção corretiva. Todos esses índices demonstram a eficácia da manutenção e como ela pode ser melhorada.

O objetivo dessas medições é acompanhar os resultados todos os meses para o estabelecimento de ações corretivas para aqueles índices cujo desempenho não está dentro das metas previstas.



Elabore um indicador na sua área de trabalho. Quanto tempo você gasta para atender a um cliente? Quanto tempo você perde por dia no celular?

Benchmarking

Benchmarking é uma medida de referência, um nível de performance reconhecido como um padrão de excelência para um processo ou negócio específico. Pode ser definido como o “processo de identificação, conhecimento e adaptação de práticas e processos excelentes de organizações, de qualquer lugar do mundo, para ajudar uma organização a melhorar sua performance” (KARDEC; NASCIF, 2013, p. 14).

O processo de *Benchmarking* consiste em:

- Analisar e comparar a performance de organizações (ou entre áreas afins de uma mesma empresa), com o objetivo de identificar os melhores resultados e otimizar o próprio desempenho.
- Identificar e conhecer as práticas de organizações reconhecidas pela excelência em seu ramo de atividade, em qualquer parte do mundo, e adaptação dos processos da organização para a incorporação das melhores práticas.

A manutenção deve utilizar o *benchmarking*, sempre que possível, para a obtenção de um desempenho superior. O processo de *benchmarking* possibilita identificar melhores práticas, o que se torna muito interessante no caso da manutenção, principalmente pela diversidade de trabalhos que são desenvolvidos. Buscar referências em instalações de negócios em diversos mercados pode ser uma descoberta interessante sobre melhores práticas e deve ser considerada pelos gestores de manutenção.



Pesquise mais

Pesquise mais sobre *Benchmarking* aplicado nas organizações:

CAMARGO, Carla Regina et al. **Criatividade e benchmarking fazem a diferença na metalúrgica Suzuki**. Disponível em: <<http://www.convibra.com.br/2004/pdf/84.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2016.



Exemplificando

Para exemplificar melhor, assista ao vídeo indicado a seguir sobre *benchmarking*, indicadores de desempenho da manutenção e gestão eficaz.

Benchmarking. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vRoK2JrKVJg>>. Acesso em: 27 jul. 2016.



Vocabulário

Estratégias: arte de aplicar os meios disponíveis com vista à consecução de objetivos específicos.

Horas-calendário: tempo que a produção adota para produzir.

Horas de manutenção: soma de todas as horas de manutenção na linha.

Planejamento: processo que leva ao estabelecimento de um conjunto coordenado de ações visando à consecução de determinados objetivos.

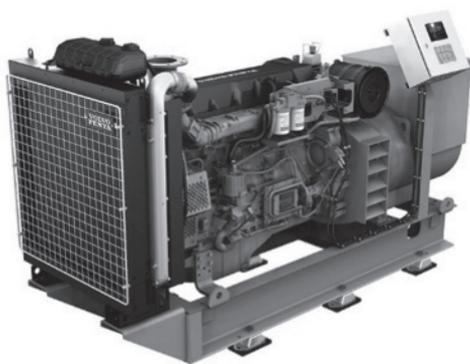
Planejamento e Controle de Manutenção: conjunto de ações para preparar e verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção contra valores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios, para a consecução dos objetivos e da missão da empresa, usando os meios disponíveis.

Programação: plano de trabalho de uma empresa ou organização para ser cumprido ou executado dentro de determinado período de tempo.

Sem medo de errar

O compressor de um gerador de energia (Figura 1.9) é utilizado na empresa de laticínios somente quando ocorre queda de energia elétrica na empresa. Esse compressor tem capacidade para fornecer energia para a linha principal do envase de leite, além de iluminação para as saídas de emergência. O gestor da manutenção mecânica está preocupado com essa máquina, porque ela não tem histórico de manutenção e não foi utilizada nos últimos dez meses. Compete a você auxiliar esse gestor a desenvolver um plano de manutenção para esse equipamento, visando torná-lo confiável e mais rendável para a empresa.

Figura 1.9 | Foto ilustrativa do compressor que existe na empresa de laticínios



Fonte: http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=2752>. Acesso em: 27 out. 2016.

Para solucionar essa tarefa, siga os passos:

1º) Classificar o equipamento quanto à sua criticidade, conforme o Quadro 1.1.

Quadro 1.1 | Classe de criticidade dos equipamentos industriais

FATORES		CLASSE DE CRITICIDADE		
		A	B	C
CARACTERÍSTICAS		Necessidade de operar com capacidade plena; a falha do equipamento tem implicações significativas sobre o processo produtivo.	A falha do equipamento afeta parcialmente o processo produtivo, podendo comprometer a qualidade ou a quantidade produzida.	A falha do equipamento não traz consequências relevantes para o processo produtivo.
ABORDAGEM		Máxima confiabilidade.	Parâmetros balanceados e custos.	Vida útil máxima, custo mínimo.
OBJETIVOS		Menor tempo possível de paralisações; inexistência de intervenções não programadas ou de emergência.	Número mínimo de intervenções não programadas ou de emergência.	Mínimo aporte de recursos da manutenção (pessoal, materiais e equipamentos).
FORMULAÇÃO DE ESTRATÉGIAS	MÉTODOS DE MANUTENÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoração rigorosa e permanente das condições operacionais e das variáveis que caracterizam o desempenho. - Preventiva com base na condição. - Preventiva com base em intervalos constantes, para os itens em que não seja possível a preventiva com base na condição. - Implementação de melhoria sempre que observada uma falha e identificada sua causa, eliminando os pontos vulneráveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoração preditiva para a maximização do uso dos componentes dentro de limites que não comprometam a confiabilidade. - Preventiva com base em intervalos constantes, conforme as características de falha. - Implementação de melhoria sempre que observada uma falha e identificada sua causa, eliminando os pontos vulneráveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoração para a maximização do uso de componentes e redução do esforço da manutenção. - Corretiva planejada, quando for mais econômico reparar o equipamento após a falha.
	POLÍTICAS DE INVESTIMENTOS	Prioridade para investimentos que visem ao aumento de confiabilidade.	Prioridade para melhorias em equipamentos que apresentem maior taxa de falha.	- Prioridade para investimentos objetivando a redução do esforço da manutenção.
FORMULAÇÃO DE ESTRATÉGIAS	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Análise permanente dos dados de desempenho operacional. - Análise imediata de qualquer anormalidade apresentada. 	Análise periódica das anormalidades com base no histórico.	Análise de falhas de equipamentos que apresentem taxa de falhas elevada.
	CONFIABILIDADE	Elemento determinante na definição de estratégia de manutenção.	Possui peso relevante na estratégia de manutenção; conteúdo conjunto a custo.	Importante porém secundária em relação ao custo.
	CUSTO	Considerado de forma secundária.	Muito importante na definição das estratégias, analisando conjuntamente a confiabilidade.	Elemento determinante na definição da estratégia de manutenção.

Fonte: Menezes (2002).

2º) Estabelecer um plano de manutenção conforme o manual do equipamento e a experiência dos mantenedores.

3º) Visando melhorar o aproveitamento do equipamento, realizar uma comparação entre o custo do quilowatt-hora (kWh) fornecido pelo gerador e o custo do quilowatt-hora (kWh) fornecido pela concessionária de energia, ou seja, você deve verificar se o custo da energia será menor usando o gerador ou usando a energia fornecida pela concessionária. Fazer essa análise no horário no qual a energia elétrica tem o custo mais elevado, o chamado horário de "pico".

Para ajudá-lo nessa tarefa, verifique o raciocínio a seguir:

A potência do chuveiro varia de acordo com a posição da chave. Pode variar de 4.500 a 6.000 watts no modo Inverno (quente) ou de 2.100 a 3.500 watts no modo Verão (morno). O consumo por hora (60 minutos) de uso é de 4,50 a 6,0 kWh (quilowatts-hora) na posição Inverno e de 2,10 a 3,50 kWh em Verão.

Para calcular o consumo do seu chuveiro, basta utilizar a seguinte regra:

$$\begin{aligned}\text{Consumo} &= (\text{potência em watt} / 1000) \times (\text{tempo}) \text{ número de horas} \\ &= \text{total em kWh.}\end{aligned}$$

Assim, se a potência for de 5.500 W e a utilização por determinado período for de 2 horas, o consumo total expresso em kWh será de $= 5.500 \text{ W}/1000 \times 2 = 11 \text{ kWh}$.

Verifique o site da sua concessionária para saber quanto custa o quilowatt-hora na sua região.

Avançando na prática

Plano mestre de manutenção para uma torre de resfriamento

Descrição da situação-problema

A empresa de laticínios possui quatro torres de resfriamento, mas, quando uma delas para, todo o processo de envasar o leite fica comprometido. Pensando nessa situação, você deverá montar um plano de manutenção para uma torre de resfriamento detalhando os tempos de homem-hora e horas de manutenção preventiva. Elabore a constância das intervenções. Considerando R\$ 13,50 por hora o custo unitário da mão de obra, qual é o custo total de manutenção com a mão de obra?

Resolução da situação-problema

1º) Entender o que é uma torre de resfriamento.

As torres de resfriamento são equipamentos utilizados para resfriar a água utilizada num processo industrial. Por meio de um circuito fechado, a água gelada que foi resfriada na torre retorna ao processo.



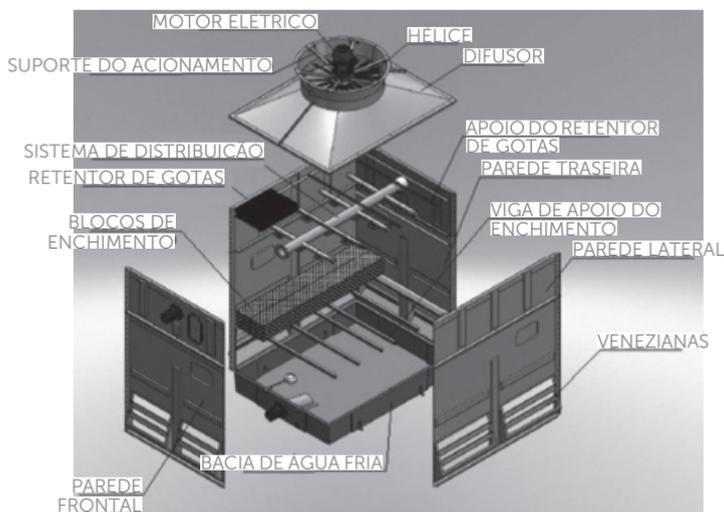
Exemplificando

Assista a este vídeo que exemplifica o que é uma torre de resfriamento.

Produto Torre de Resfriamento. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IP5sw39BnOA>>. Acesso em: 28 jul. 2016.

2º) Explorar a torre de resfriamento em suas partes (Figura 1.10).

Figura 1.10 | Esquema de uma torre de resfriamento



Fonte: <<http://www.alfaterm.com.br/#>>. Acesso em: 27 out. 2016.

3º) Fazer o plano de manutenção mestre (Quadro 1.2)

Quadro 1.2 | Quadro de manutenção

O que fazer?	Homem-hora	Frequência
Fazer a análise de vibração do motor da torre	2 horas	720 horas
Verificar bicos pulverizadores	0,5 hora	100 horas
Verificar vazamentos de água nas venezianas	0,5 hora	100 horas
Inspeccionar a máquina funcionando	0,5 hora	100 horas
Verificar a boia de controle de nível da água	0,5 hora	100 horas
Revisar o motor elétrico	16 horas	8.000 horas
Revisar o circuito elétrico	4 horas	4.000 horas

Fonte: <<http://www.alfaterm.com.br/#>>. Acesso em: 27 out. 2016.

4º) Custo

- Para cada Ordem de Serviço, devemos dividir o número de horas anuais (8.760 horas) pela frequência em horas do intervalo de manutenção. Desse modo, encontramos o número de vezes que essa atividade será executada no ano.
- Multiplicamos a carga em HH prevista na atividade pelo número obtido no passo anterior. Assim, determinamos o volume de horas de cada atividade por ano.
- Se somarmos no item anterior o volume de horas anuais dos planos mestre que compõem o sistema de manutenção, temos o volume de horas demandadas das atividades previstas para todas as ordens de serviço. Essa informação, distribuída para cada oficina, permite que determinemos o número de funcionários necessário na manutenção.
- Se quisermos prever os custos anuais de manutenção para cada instalação, com base no custo unitário da mão de obra, multiplicamos o valor unitário pelo montante em horas determinado no item anterior. Devemos considerar que o custo unitário em hora é calculado somando toda a massa salarial da manutenção, dividindo-a pelo número de horas executadas no período considerado.

Faça valer a pena

1. O gestor do setor de automóveis da Pontiac, nos EUA, recebeu uma curiosa carta de reivindicação de um freguês:



[...] Eu posso aparentar que estou maluco, minha família sempre come sorvete após a última refeição do dia. Temos este hábito todos os dias, trocando somente o tipo do sorvete, eu fico responsável por comprá-lo. Toda vez que eu adquiro sorvete de baunilha, quando volto do estabelecimento para casa, o automóvel não funciona. Se for outro sabor de sorvete o carro funciona.

Independentemente das brincadeiras, um engenheiro da companhia foi incumbido de resolver a solicitação. Repetiu o mesmo costume do reclamante e comprovou que, de fato, o carro só não ligava quando se comprava sorvete de baunilha. Depois de duas semanas de apuração, o engenheiro descobriu que, quando escolhia sorvete de baunilha, o consumidor gastava menos tempo, porque esse tipo de sorvete estava bem na frente da loja. Verificando o veículo, fez uma nova revelação: como o prazo de compra era muito menor no caso do sorvete de baunilha, os gases nos dutos de alimentação de combustível não saíam, impedindo que a nova partida fosse imediata. A partir desse fato, a Pontiac mudou o sistema de alimentação de combustível, colocando modificações em todos os modelos a partir da série 99.

Fonte: Adaptado de: O Sorvete de Baunilha e o Pontiac 99 – GM. Disponível em: <<http://devagarsevaimaislonge.blogspot.com.br/2011/02/o-sorvete-de-baunilha-e-o-carro-pontiac.html>> Acesso em: 29 jul. 2016.

O colaborador da empresa realizou as seguintes etapas para encontrar uma solução para o problema:

- I - Fazer testes e ensaios para confirmar quais são as variáveis relevantes.
- II - Constatar a natureza sistemática do problema.
- III - Criar hipóteses sobre possíveis variáveis significativas.

Considerando que as etapas I, II e III não estão na ordem em que esses eventos devem ocorrer, marque a opção que exhibe a sequência correta.

- a) I, III, II.
- b) II, III, I.
- c) II, I, III.
- d) III, I, II.
- e) III, II, I.

2. As afirmações, a seguir, caracterizam procedimentos que devem ser executados para a criação de indicadores no setor de manutenção.

1. O gestor de Planejamento e Controle da Manutenção deve criar os indicadores de manutenção começando pelos setores que estão causando mais problemas.

2. Os indicadores de manutenção devem ser colocados na gestão à vista da empresa, com o objetivo de mostrar que todos estão envolvidos no processo.

3. Caso sejam utilizados gráficos, não é interessante que eles sejam padronizados, pois isso causa monotonia na equipe, que sempre vai observar os mesmos dados na mesma configuração.

4. Todo gráfico deve apresentar a meta a ser alcançada.

5. Gráficos de manutenção desatualizados não têm propósito algum no setor e criam uma cultura de descrença nos valores exibidos.

Assinale a alternativa correta:

a) Apenas a afirmativa 1 está correta.

b) Apenas as afirmativas 1, 2, 3 e 4 estão corretas.

c) As afirmativas 1, 2, 4 e 5 estão corretas.

d) Apenas as afirmativas 2, 4 e 5 estão corretas.

e) Todas afirmativas estão corretas.

3. *Benchmarking* é uma expressão inglesa que significa níveis de observações utilizados em medições topográficas. Essa expressão foi colocada no vocabulário corporativo pela empresa Xerox, que o definiu como "o processo ininterrupto de medição e confronto entre produtos, serviços e práticas com os mais intensos concorrentes ou com as empresas reconhecidas como líderes". Benchmarking é uma medida, uma referência, um nível de performance reconhecido como um padrão de sucesso para um processo.

Antes de utilizar essa ferramenta, é obrigatório que a manutenção reconheça o estágio atual, ou seja, tenha consciência dos seus números para poder avançar um estágio. Após a compreensão do estágio atual, a manutenção pode avaliar em qual momento futuro ela deseja estar. Para utilizar essa ferramenta de comparação, o gestor deve estar atento à questão das condições de comparação, ou seja, quando uma empresa avalia seu custo de manutenção em relação à outra empresa, ela deve aproximar ao máximo as condições vivenciadas, pois, caso isso não seja realizado, grandes distorções podem aparecer.

As companhias usam o benchmarking para:

a) Identificar os melhores resultados e otimizar o próprio desempenho.

b) Obter resultados superiores somente na manutenção.

- c) Promover a competitividade interna para despedir os piores funcionários.
- d) Realizar espionagem industrial com o objetivo de destruir o concorrente.
- e) Apontar as diferenças competitivas entre as empresas e solicitar aos governantes mais impostos para as grandes empresas.

Seção 1.3

Gerenciamento de materiais de estoque

Diálogo aberto

Todas as ferramentas que envolvem o conceito moderno de manutenção vistas até o momento são dispositivos que auxiliam o gestor de manutenção a atuar de maneira objetiva no setor, com vistas à obtenção dos resultados propostos.

Para Groover (2011), os sistemas de manufatura são um conjunto de equipamentos e recursos humanos integrados, com o objetivo de executar uma ou mais operações de processamento e/ou montagem na matéria-prima, na peça ou em um conjunto inicial de peças. O funcionamento desse sistema de manufatura depende muito do setor de manutenção para funcionar conforme o esperado.

Na Seção 1.3, apresentaremos as políticas de manutenção, a gestão de estoque do setor de manutenção, a estrutura gerencial da manutenção e como o fator humano interfere na manutenção. Podemos dizer que a política de manutenção deve estar alinhada aos valores que norteiam o modelo gerencial patrocinado pelos acionistas. Nosso objetivo nesse contexto é atrelar o desenvolvimento do setor de manutenção da indústria de laticínios a uma política de manutenção ideal.

Iremos desenvolver uma gestão de estoques eficiente para o setor de manutenção da empresa de laticínios, visando atingir o ponto ideal entre atendimento aos clientes, operação de fábrica de baixo custo e investimento mínimo no estoque. Também, desenvolveremos uma estrutura gerencial da manutenção da empresa, buscando a definição de uma estrutura hierárquica da manutenção, definindo as responsabilidades da gerência e demais áreas ligadas a ela.

Por fim, discutiremos o fator humano na empresa de laticínios. Destacaremos a dependência que temos da qualidade, da motivação e da competência das pessoas que prestam serviços para que possam ser cumpridos os desafios diários inseridos nas atividades de manutenção.

Assimilando todos esses conceitos, você compreenderá mais uma ferramenta gerencial da manutenção industrial, processo esse que visa não apenas levar mais um produto ao mercado como resultado final, mas também proporcionar valores aos envolvidos na cadeia produtiva e no ciclo de vida do produto.

Bons estudos!

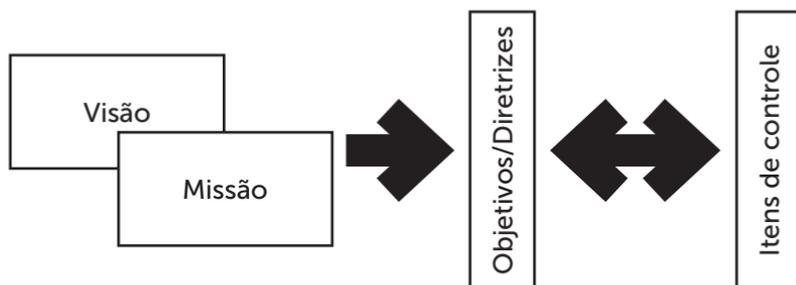
Não pode faltar

As políticas de manutenção fazem parte das diretrizes gerais definidas pela alta administração das empresas, porque elas devem estar ligadas a um conjunto de crenças e valores que norteiam o modelo gerencial patrocinado por acionistas, presidentes, diretores, pessoas que compõem o *board* das empresas e que definem o conjunto de objetivos estratégicos para a organização.

Na empresa estudada de laticínios, a Política de Manutenção de toda a empresa representa o compromisso gerencial, envolvendo os elementos humano, técnico e econômico. Desenvolve-se em dois níveis: proposição de princípios e seleção de estratégias de manutenção. A manutenção deve estar voltada para os resultados objetivados pela organização, notadamente ao atendimento do programa de manutenção, ao custo planejado e à qualidade requerida. Para tanto, a manutenção deve agir de forma integrada às demais áreas da empresa.

A determinação da visão e missão é o ponto de partida para a identificação das metas da área de manutenção, como mostra a Figura 1.11. Essas metas devem estar diretamente ligadas ao cumprimento da missão. É de suma importância que a missão da área de manutenção contenha todos os componentes referentes a custo, qualidade, atendimento ao cliente, moral e segurança e que seja de factível alcance. Quando a missão é definida dessa forma, as metas daí advindas são a real representação da intenção da equipe de manutenção, e, por consequência, os itens de controle realmente irão contribuir para a gestão de manutenção.

Figura 1.11 | O foco estratégico da manutenção



Fonte: elaborada pelo autor.

Trata-se de atingir níveis de excelência sustentados por uma equipe alinhada com os desafios da organização e com enfoque na manutenção como uma função estratégica. A missão da manutenção é gerir o parque de equipamentos das instalações de processamento de leite da indústria de laticínios, garantindo parâmetros adequados de disponibilidade, confiabilidade e custos, objetivando o atendimento do programa de produção e contribuindo para o desenvolvimento das equipes, para a segurança e preservação do meio ambiente.

O impacto do equipamento no processo produtivo e, por conseguinte, seu grau de importância são definidos pela classe de criticidade. A definição dos métodos de manutenção deve ocorrer para cada equipamento, de modo a satisfazer os objetivos relacionados à classe correspondente:

- Classe A: máxima confiabilidade.
- Classe B: parâmetros balanceados de disponibilidade e custos.
- Classe C: vida útil máxima, custo mínimo.

A otimização e padronização dos métodos devem ser almejadas pelas equipes de manutenção. O conjunto de opções adotadas forma a estrutura do plano de manutenção. De qualquer maneira, espera-se que as políticas de manutenção sejam explicitadas de forma objetiva para toda a organização. Portanto, os valores compartilhados entre empresa e colaboradores devem ser tratados dessa forma, para que conflitos de objetivos não se tornem um problema no dia a dia da organização.

No caso da manutenção da empresa de laticínios, deve ser disseminada a política de manutenção nos seguintes pontos:

organograma funcional; valor da gestão para saúde, segurança e meio ambiente; sistema de manutenção (planos e rotinas preventivas); planos de contingência operacionais; atendimento emergencial; engenharia de manutenção e políticas de gestão de estoques. No desenvolvimento organizacional da manutenção, a partir da visão e da missão, a unidade gerencial da manutenção deverá trabalhar os princípios destacados na política da empresa.

A administração de estoques de materiais e sobressalentes é fundamental para um planejamento eficiente da manutenção, assim como o diligenciamento das compras e recebimento de materiais. O grande problema do dimensionamento de estoques reside no fato de manter imobilização de capital e ter de arcar com os custos da manutenção deles. Todo esse custo deve ser compensado pelo atendimento ao consumidor no momento em que ele deseja. A forma mais comum de definir a quantidade a se comprar de determinado item é o chamado lote econômico, que tenta equilibrar as vantagens e desvantagens da manutenção de estoques.

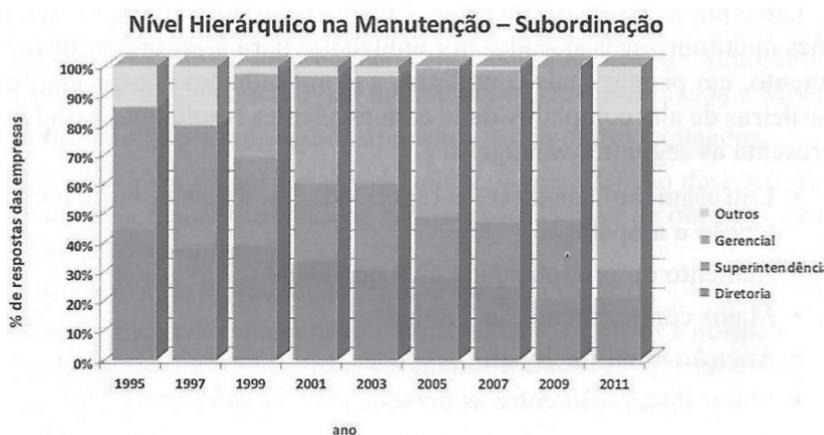
A gestão de estoque da empresa de laticínios deve pautar-se nos seguintes princípios: melhor coordenação entre o programa de manutenção e o aprovisionamento; evitar estoques excessivos de peças e materiais, de modo a reduzir os custos de posse e manuseio; minimizar perdas ocasionadas por estrago, deterioração, obsolescência e perda de valor; eliminar paralisações dos equipamentos causadas pela falta de sobressalentes; e maior aproximação entre estoque físico e contábil. O objetivo primordial deve ser o fortalecimento da posição financeira da empresa pela obtenção de uma maior liquidez do capital de giro. Em determinados seguimentos, os custos de materiais chegam a representar mais de 45% dos custos totais de manutenção. Nesse sentido, não só o aspecto de planejar bem para reduzir necessidades e volumes de estoques elevados, mas também o trabalho da engenharia de manutenção conjuntamente à área de suprimentos, de desenvolver novas opções de materiais, são fundamentais para o resultado da manutenção na empresa.

Como pode ser visto nesse processo, a qualidade da administração vai determinar os custos de estocagem, que são parte do capital de giro empregado pela empresa, bem como a qualidade e eficiência do processo de compra, que precisa de planejamento para poder negociar bem as aquisições necessárias para atender à manutenção.

A atividade de manutenção é encontrada em todos os lugares e situações da empresa de laticínios, por isso, tanto sua estruturação quanto sua subordinação na empresa pode ter alguma variação em virtude da diversificação das atividades da empresa. Vários fatores devem ser levados em consideração para elaborar a estrutura gerencial: o tamanho da empresa; a política da empresa; o impacto da manutenção industrial nos resultados.

Segundo Kardec e Nascif (2013), no decorrer dos últimos 20 anos, em função de alguns “movimentos” como a Reengenharia, *Downsizing* e Redução de Níveis Hierárquicos, a subordinação da manutenção à Diretoria de Superintendência foi reduzida, enquanto cresceu sua consolidação no nível gerencial. A Figura 1.12, a seguir, mostra exatamente essa tendência da consolidação da manutenção em funções estratégicas da manutenção.

Figura 1.12 | Nível hierárquico na manutenção

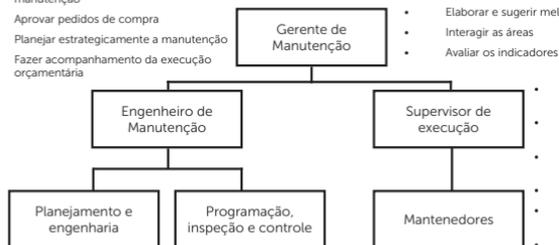


Fonte: Kardec e Nascif (2013, p. 89).

Na montagem da estrutura gerencial da manutenção, o primeiro aspecto que tem de ser levado em consideração é a definição da forma de atuação da manutenção, isto é, a indústria de laticínios vai optar por uma gestão centralizada, descentralizada ou mista. Como estamos tratando a empresa de laticínios como uma planta única, o melhor sistema de gestão de manutenção é o centralizado, composto conforme a Figura 1.13.

Figura 1.13 | Estrutura gerencial centralizada

- Adaptar as atividades de manutenção da gerência às diretrizes e metas de produção do complexo
- Coordenar a execução dos serviços
- Compor e avaliar os índices de gestão da manutenção
- Aprovar pedidos de compra
- Planejar estrategicamente a manutenção
- Fazer acompanhamento da execução orçamentária



- Assegurar o cumprimento das normas da empresa
- Cumprir os fluxos das funções e atribuições
- Elaborar e sugerir melhorias na manutenção
- Interagir as áreas
- Avaliar os indicadores

- Incentivar, através de análises adequadas, oportunidades para os empregados
- Assegurar a motivação da equipe e a otimização de processos
- Manter o controle sobre os índices de manutenção
- Autorizar requisições de materiais
- Monitorar a evolução do tratamento das anomalias
- Controlar o treinamento do pessoal

Fonte: elaborada pelo autor.

O planejador de manutenção terá como função: dimensionar recursos para a execução dos serviços; acompanhar relatórios diários de execução de serviço; elaborar, juntamente ao técnico, o escopo e as planilhas para a contratação de serviços e obras; checar diariamente pendências de serviços nas oficinas de apoio; trabalhar sempre antecipando a disposição de recursos; acompanhar diariamente o custo de materiais; e participar das revisões dos planos de manutenção.



Refleta

A organização hierárquica de uma empresa deve mudar constantemente ao longo de sua vida para se acomodar a fatores externos e internos. No entanto, as funções permanecerão estáveis?

O programador de manutenção terá como função: fazer cumprir o programa de paradas; priorizar serviços; programar a execução dos planos de manutenção preventiva periódica; programar a execução dos serviços aperiódicos conforme prioridade de execução; promover e coordenar as reuniões de programação; verificar interferências da programação com outras áreas; e disponibilizar equipamentos auxiliares e ferramentas especiais.

O mantenedor terá como função: participar diariamente do diálogo de segurança; tomar conhecimento da programação diária e tirar as dúvidas existentes sobre execução junto ao técnico

responsável; executar as ordens de serviço programadas; zelar pela limpeza e organização da área, oficinas, ferramentaria, depósitos de peças/materiais; recolher materiais após as manutenções; cuidar e preservar os materiais, equipamentos e ferramentas sob sua responsabilidade; buscar autodesenvolvimento por meio de sugestões para melhorar sua condição de trabalho; programar a execução dos planos de manutenção preventiva periódica; programar execução dos serviços aperiódicos conforme prioridade de execução; promover e coordenar as reuniões de programação; verificar interferências da programação com outras áreas e disponibilizar equipamentos auxiliares e ferramentas especiais.

Podemos verificar outros tipos de estruturas gerenciais para a manutenção, lembrando sempre que o objetivo é garantir um foco de programação eficiente, em que se possa ter a garantia de que o sistema de manutenção esteja trabalhando de forma satisfatória.

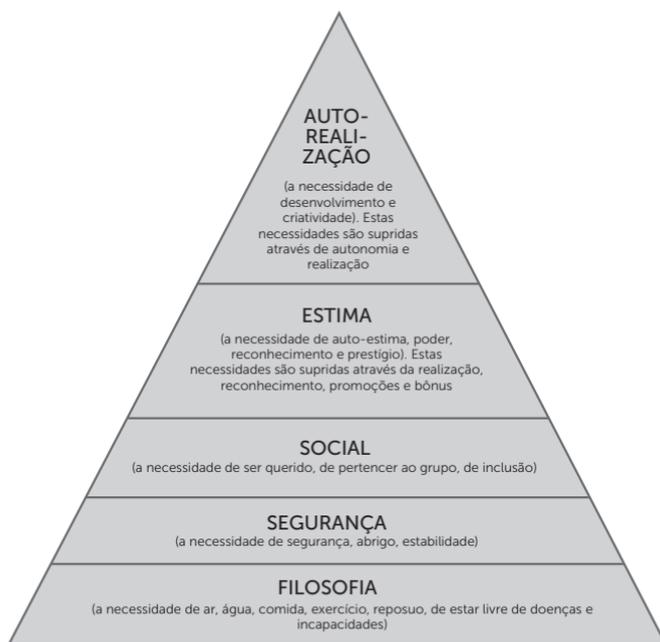
De modo geral, o que verificamos atualmente é uma busca por estruturas de trabalho cada vez menos burocráticas, o que significa que a estrutura da manutenção precisa ter como objetivos: eliminar níveis de chefia e supervisão; adotar polivalência, tanto na área de manutenção quanto na área de operação; contratar serviços por parceria e fusão de especialistas, por exemplo, eletricidade e instrumentação.

Os fatores humanos envolvidos na manutenção da empresa de laticínios não são diferentes daqueles encontrados em outros campos das organizações. Eles consistem nas necessidades dos indivíduos, dos grupos e nas necessidades que surgem no seu inter-relacionamento. As palavras-chave no estudo da dimensão humana são: indivíduos, grupos, motivação e comportamento. As atividades de manutenção, por outro lado, possuem particularidades relacionadas às condições de trabalho, o que torna o comportamento das pessoas especialmente sensível a elas. Tais particularidades podem ser resumidas assim: enquanto o trabalhador da produção sabe exatamente, de antemão, onde estará, a tarefa que executará no dia seguinte e quanto deverá produzir, o homem da manutenção, muitas vezes, não tem ideia do que fará nem do local exato onde trabalhará. Além disso, as condições ambientais podem variar muito, sendo comum encontrar locais com elevado risco para a segurança pessoal. A definição dos parâmetros de produtividade é uma tarefa

complexa, mesmo com técnicas disponíveis para estimar o tempo necessário para a execução do serviço. A atividade da produção é mais evidente, pois é orientada para o produto, enquanto a manutenção tende a ficar obscurecida; muitas vezes, o homem da manutenção só é lembrado quando algo sai errado. As pressões orçamentárias atingem diretamente a manutenção, fazendo com que algumas atividades de menor relevância sejam postergadas, mesmo quando afetam as necessidades básicas dos colaboradores.

Esses fatos explicam por que a atividade da manutenção na indústria de laticínios é uma atividade única sob vários aspectos. É a natureza do trabalho em si, tanto quanto qualquer fator, que determina o comportamento dos empregados da manutenção. Outra dificuldade também encontrada no setor de manutenção é explicada pela formação técnica dos profissionais dessa área, pois os engenheiros e técnicos são orientados. Conhecer a fundo as particularidades que caracterizam a atividade da manutenção é o primeiro passo para compreender a dinâmica do comportamento no trabalho, mas não é o bastante. O maior erro que o gestor da manutenção pode cometer é assumir que todos os empregados da manutenção são essencialmente iguais e tratá-los da mesma maneira. A empresa de laticínios busca motivar seus funcionários através da teoria de Maslow, que é uma das teorias mais aceitas para motivar funcionários. Maslow descreve o comportamento humano como uma busca pela satisfação de necessidades pessoais. Uma boa parte dessa busca se dá no ambiente de trabalho. Maslow resume as necessidades básicas do ser humano conforme a pirâmide descrita na Figura 1.14.

Figura 1.14 | O modelo de Maslow para as cinco necessidades básicas do ser humano



Fonte: <<http://casadaconsultoria.com.br/teoria-comportamental/>>. Acesso em: 19 ago. 2016.

O ponto central do modelo de Maslow é que as razões que impulsionam as pessoas são diferentes, pois cada um tem suas próprias prioridades. A extensão com que tais necessidades são satisfeitas determina a qualidade do comportamento no trabalho.

Somente fatores verdadeiramente “motivadores” podem incentivar os esforços disciplinados e cooperativos. Salários, férias, seguro e plano de pensão são considerados fatores não satisfatórios, ou seja, não são, em essência, motivadores. Os benefícios podem atrair as pessoas para a empresa, mas é a natureza, a qualidade e as próprias relações do trabalho que exercem a verdadeira força motivadora. Para realmente motivar a equipe de trabalho da empresa estudada, devemos dar aos colaboradores:

- Reconhecimento pelas realizações.
- Acesso à informação.
- Tarefas desafiadoras.
- Delegação.

- Responsabilidade ampliada.
- Liberdade para tomar iniciativa.
- Envolvimento no planejamento.
- Envolvimento no estabelecimento de metas.
- Envolvimento em questões que afetam o grupo.
- Utilização das habilidades manuais.



Assimile

As funções gerenciais demandam conhecimento. Quanto maior o conhecimento de um indivíduo, maiores são as possibilidades de atingir as metas nunca antes imaginadas (FALCONI, 2001, p. 11).

Difícilmente alguém trabalha sozinho na manutenção; via de regra, o trabalho é feito por duplas ou por pequenas equipes. Entra em cena um novo elemento, a influência ou pressão do grupo ou a dinâmica de grupo. Cabe ao supervisor da manutenção de laticínios promover um ambiente participativo, onde o poder coletivo seja respeitado e o indivíduo, valorizado. Os melhores resultados são obtidos pelos supervisores que trabalham com seus grupos para solucionar problemas, procurando satisfazer às demandas dos grupos.

Cabe ressaltar que a empresa não deve permitir qualquer tipo de discriminação em termos de recrutamento, acesso a treinamento, remuneração, avaliação ou promoção de seus empregados. Devem ser oferecidas oportunidades iguais às pessoas, independentemente de sexo, raça, idade, origem, orientação sexual, religião, deficiência física, condições de saúde etc. Atenção especial deve ser dada a membros dos grupos que geralmente sofrem discriminação na sociedade.



Pesquise mais

Leia o artigo indicado sobre a importância do gerenciamento correto do estoque.

GOMES, Antonio Vinicius Pimpão; WANKE, Peter. Modelagem da gestão de estoques de peças de reposição através de cadeias

de Markov. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 57-72, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2008000100007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 20 ago. 2008.



Exemplificando

Gerentes de muitas empresas ainda vivem preocupados com questões sobre o dimensionamento adequado das equipes do departamento de manutenção. Constantemente ouvimos perguntas do tipo: "Como saber se a minha equipe de manutenção está bem dimensionada?", "Existem valores de referência para a quantidade de pessoal? Se existem, qual deverá ser o *benchmark*?". A solução para o dimensionamento correto da mão de obra de manutenção é a definição do volume de ações preventivas necessárias, em homens-horas, para determinado período de tempo. Esse dimensionamento varia de acordo com os requisitos de manutenção dos equipamentos, e as comparações entre empresas são bastante difíceis.

Assista ao vídeo a seguir para aprender mais sobre o assunto.

CÁLCULO de mão de obra necessária para a OS. Canal Sigma, São Paulo, 2011. 10 min. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=QWa4SPQo-wU>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

Sem medo de errar

Como vimos nesta seção, fator humano, estrutura gerencial, gestão de estoque e políticas e processos da manutenção são itens importantes que devem ser considerados para a elaboração de um sistema de gestão de manutenção capaz de se sustentar e resolver as demandas solicitadas ao setor. Portanto, a indústria de laticínios deve ter um setor de recursos humanos habilitado para suprir o desafio proposto a seguir.

A empresa de laticínios possui em sua planta industrial equipamentos complexos, como caldeiras, compressores,

envasadoras, trocadores de calor, chiller, supervisor, ou seja, permite a monitoração das válvulas de controle, entre outros. Portanto, a área de manutenção requer profissionais com formação sólida, habilidades específicas, capacidade de percepção de detalhes, gosto por atividades generalistas e multidisciplinares, boa capacidade de relacionamento e de trabalho em equipe. Normalmente, esses recursos humanos são formados dentro da organização, onde desenvolvem conhecimentos e habilidades específicos, tornando-se, à medida que o tempo passa, profissionais estratégicos nos quadros da manutenção. Como a área de Recursos Humanos conseguirá contratar um mantenedor que preencha as necessidades descritas para a função? Elabore também um programa de desenvolvimento para o colaborador da manutenção.

a) Você deverá solicitar ao DP um mantenedor com as seguintes características:

Exigência comportamental: saber trabalhar em equipe; possuir habilidades para negociar; boa comunicação; possuir técnicas de liderança e bom relacionamento interpessoal.

Exigência de caráter técnico: ter conhecimento específico sobre o equipamento; conhecer os métodos de manutenção; saber usar ferramental específico; fazer uso de ferramentas da qualidade; ter conhecimento sobre as necessidades de peças sobressalentes; e saber ler documentação técnica relativa à área de atuação.

Escolaridade: curso técnico completo em uma instituição reconhecida pelo mercado.

b) Para o desenvolvimento dos profissionais da manutenção:

É preciso treinar os funcionários com o objetivo de: ganhar em competitividade e qualidade; identificar os pontos fortes e fracos dos profissionais e da organização como um todo; capacitar as pessoas; aumentar a lucratividade; racionalizar os procedimentos e desenvolver o pessoal; aumentar a produtividade; reduzir os desperdícios; propiciar um clima organizacional saudável. Os funcionários deverão ser treinados por meios de *workshop*: atividades para troca de experiências; *coaching*: aconselhamento, orientação do processo; videotransferências; intranet e internet e universidade corporativa.

A partir das exigências salientadas, o produto final dessa situação-problema consiste em contratar um profissional que esteja

alinhado com a missão e visão da empresa. Esse profissional deverá ser desenvolvido nas áreas de gestão de estoque e se inteirar das políticas de manutenção praticadas na empresa. Cabe também a esse novo profissional ter ambição de crescer na empresa, de acordo com a estrutura organizacional da companhia. O gerente de manutenção será o responsável pelo desenvolvimento do novo profissional contratado.

Avançando na prática

Políticas e processos na manutenção

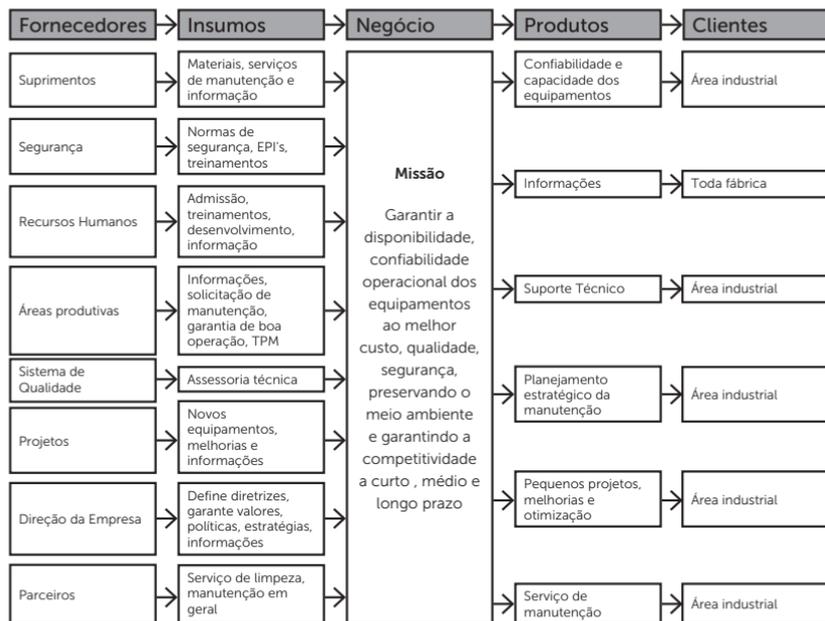
Descrição da situação-problema

No desenvolvimento organizacional da manutenção, a partir da visão e missão, a unidade gerencial da manutenção deve trabalhar os princípios destacados na política da empresa que deverão ser seguidos. A partir de uma política de manutenção bem-definida, definimos a posição da manutenção no contexto operacional, com subsídios para desenvolver o negócio da manutenção dentro da empresa. A empresa de laticínios, para manter bem-definidas a posição da manutenção e suas tarefas, solicitou ao gerente um organograma da manutenção. Faça um organograma gerencial do setor de manutenção levando em consideração os fatores, fornecedores, insumos, negócio, produtos e clientes. Você deverá escrever como a manutenção vai relacionar gerencialmente os fatores propostos.

Resolução da situação-problema

A Figura 1.15 apresenta um modelo de organograma gerencial para a manutenção da empresa de laticínios. Nesse organograma, levam-se em consideração todos os fatores que se relacionam com a manutenção. A manutenção deverá zelar por fornecedor, insumos, negócio, produtos e clientes, pois somente por meio dos indicadores de cada unidade ela terá o entendimento, se deve manter ou melhorar suas relações. Esse organograma tem a função de exibir a manutenção com as relações que ela tem com os demais setores da empresa, e transitar de forma certa em cada unidade apresentada é fundamental para o sucesso da manutenção.

Figura 1.15 | Descrição da unidade de gerenciamento da manutenção



Fonte: elaborada pelo autor.

Faça valer a pena

1. Entre os princípios da política da empresa que devem ser seguidos, especificamente os princípios da manutenção são:

- I - Organograma funcional.
- II - Valor da gestão para saúde, segurança e meio ambiente.
- III - Planos de contingências operacionais.
- IV - Sistemas de manutenção (planos e rotinas preventivas).
- V - Relatórios gerenciais.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente os itens 1 e 2 estão corretos.
- b) Somente os itens 2, 3, 4 e 5 estão corretos.
- c) Somente o item 1 está correto.
- d) Somente os itens 4 e 5 estão corretos.
- e) Estão corretos os itens 1, 2, 3, 4 e 5.

2. Como forma de gerenciar os materiais de estoques e garantir redução de altos volumes de produtos estocados, precisam ser adotadas algumas estratégias que busquem esse resultado. Enumere as lacunas de acordo com as formas adequadas de gerenciamento de estoque:

1-Banco de dados. 2- Compra. 3-Receber. 4-Despachar. 5-Avaliação.

() Solicitar cotações, fazer pedidos.

() Avaliar continuamente a qualidade do processo.

() Produtos e fornecedores com características técnicas.

() Atender requisitos.

() Controlar qualidade e características do produto recebido, armazenar.

Assinale a alternativa que apresenta a ordem correta:

a) 2, 5, 1, 4, 3.

b) 2, 1, 5, 4, 3.

c) 2, 4, 3, 5, 1.

d) 5, 2, 1, 4, 3.

e) 2, 5, 4, 1, 3.

3. Em uma organização há algumas variações de estrutura gerencial, sendo uma considerada típica centralizada e descentralizada. Costuma ser usada em grandes polos industriais, em que o planejamento é típica a centralizada, enquanto ilhas de programação e controle da manutenção são divididas em áreas mais destacadas de forma descentralizada, com o objetivo de garantir um foco de programação eficiente, em que se possa ter a garantia de que o sistema de manutenção gire plenamente. Nos últimos anos, a área de manutenção tem sido vista cada vez mais como uma função estratégica dentro das organizações, por isso, cada vez mais temos visto a manutenção atuar de forma independente da produção, ligada a uma gerência geral.

Assinale a alternativa que apresenta uma característica da estrutura gerencial típica centralizada:

a) Aconselha a divisão em áreas e setores.

b) O superintendente de cada área é responsável pelas decisões.

c) Uniformização de rotinas que garante melhor aproveitamento de pessoal.

d) A manutenção de área recorre à ajuda do próprio pessoal da produção.

e) A área da manutenção está subordinada à produção.

Referências

BOLTANSKI, L.; CHIAPELLO, E. **O novo espírito do capitalismo**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

BUENO, Silveira. **Minidicionário da língua portuguesa**. São Paulo: FTD, 2001.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina**: do trabalho do dia-a-dia. 7. ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2001. 256 p.

GROOVER, Mikell. et al. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013. 440 p.

MENEZES, Ivan Montenegro de. **Manual da manutenção industrial**. Itabira: Lettrográfica Editora Ltda, 2002. 220 p.

MENEZES, Ivan Montenegro de; ALMEIDA, Magnus de Lellis. **Manual da manutenção industrial**. Itabira: Complexo Minerador de Itabira, 2002. 225 p.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de manutenção**: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011. 228 p.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia et al. **PCM, planejamento e controle da manutenção**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 196 p.

Tipos de manutenção

Convite ao estudo

Prezado aluno, bem-vindo a mais uma etapa!

Durante o estudo da Unidade 2 você vai perceber a importância da análise de óleo no processo produtivo, análise de vibração e a técnica de manutenção denominada termografia. Estudando os conceitos dessa unidade, desenvolveremos a seguinte competência geral: conhecer e identificar as principais técnicas preditivas disponíveis no mercado e permitir o discernimento crítico dos procedimentos mais adequados ao plano de manutenção vigente, adotado por determinada organização, de modo a monitorar os equipamentos críticos conforme gestão de análise de óleo, temperatura e/ou vibração.

Essa unidade de ensino possui os seguintes objetivos de aprendizagem: conhecer o conceito e as vantagens da manutenção preditiva, as formas de monitoramento e análise dos dados; conhecer e saber identificar as falhas potenciais dentro do processo produtivo e o modelo de gestão da análise de óleo, vibração e temperatura incorporado no plano de manutenção preventiva; capacitar o futuro gestor para escolha dos equipamentos críticos a serem monitorados, correta análise dos dados coletados e consequente programação para intervenção na produção, de modo que a equipe responsável pelo departamento de manutenção possa garantir a excelência na prestação de serviços dentro da organização.

Você, aluno, como parte de uma equipe de manutenção da empresa de laticínios, tem como principal objetivo implantar técnicas de manutenção na companhia, para aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. A gestão de

manutenção requer ajustes, pois uma nova meta de aumento de produção foi estipulada, em 25%, mas sem aquisição de equipamentos. Após reunião interna das equipes de engenharia, manutenção e planejamento logístico, concluiu-se que as principais interrupções na produção se devem às constantes quebras dos rolamentos dos equipamentos rotativos, o que inviabiliza o cumprimento da nova meta. Como podemos resolver esses problemas? Por quais equipamentos podemos começar a atuar? A implantação da manutenção preditiva poderá contribuir para o cumprimento da meta de produção? Será necessário capacitar a equipe?

Nessa unidade, gostaríamos de dar ênfase à importância da fixação dos conceitos de manutenção preditiva para posterior aplicação na vida profissional pelos futuros gestores. O embasamento técnico, o conhecimento do processo produtivo, a liderança e o espírito de equipe são fatores determinantes para que se alcance o patamar de gestor dentro de uma organização, para que se torne um profissional bem-sucedido e admirado.

Seção 2.1

Manutenção preditiva e detectiva

Diálogo aberto

A concorrência acirrada existente nos tempos atuais entre as grandes corporações faz emergir cada vez mais a necessidade de modelos de gestão estratégica bem estruturados, que possibilitem a redução do custo em projetos, já em andamento ou não, e também em processos de manufatura, sem detrimento da produtividade, da qualidade e da confiabilidade dos bens a serem produzidos. A correta implantação da manutenção preditiva como reforço do plano de manutenção preventivo de uma empresa proporciona significativos ganhos para toda a corporação, pois permite definir a origem e a criticidade do problema, antes mesmo que este venha a se transformar em falha catastrófica.

Vamos nos informar mais sobre a empresa de laticínios.

O estudo de caso que vamos abordar é referente a uma empresa de laticínios que adequou recentemente o seu processo produtivo a um novo modelo de gestão, baseado na manutenção preventiva, porém, que requer ajustes para reduzir os seus custos de manutenção e aumentar a sua produtividade, visando atingir nova meta de produção.

Assim, seu novo desafio será compreender: o que é e quais são os tipos de manutenção preditiva? Quando devo usar as técnicas preditivas e em quais circunstâncias? Há necessidade de uma equipe de preditiva dedicada à coleta e análise de dados? Fazendo um breve raciocínio diante do estudo de caso da empresa, entende-se que para o cumprimento da nova meta de produção, 25% mais alta, sem a ampliação do seu número de máquinas, faz-se necessária a adoção de um modelo de gestão em que os departamentos de engenharia, manutenção e planejamento estratégico estejam em sintonia com cada atividade do plano de manutenção preventiva, as corretivas realizadas, os equipamentos novos ou reformados de reserva, equipamentos a serem reformados, equipamentos críticos a serem monitorados pela preditiva e o seu intervalo (contínuo ou intermitente). Nessa segunda unidade do livro veremos técnicas

preditivas para aumentar a produtividade por meio da análise de dados, para detecção das falhas potenciais antes que elas ocorram. de estoque, entretanto, com prazo de entrega curto, caso a sua reforma envolva custos moderados, equipe especializada e tempo considerável para reparo, mas sem transtornos significativos. Os equipamentos de uso geral são selecionados de acordo com os seguintes critérios: se a sua falha não afeta a segurança da planta, se, por um acaso, não forem críticos para o processo produtivo, se a sua reforma envolve baixo custo, se a equipe não for especializada e se o tempo para reparo for reduzido ou se a substituição do item e os danos secundários forem mínimos ou não ocorrerem.

Considera-se aceitável o uso de manutenção corretiva nos equipamentos de uso geral, porém, há casos em que corporações com planos mais rigorosos de controle incluem esses equipamentos nas rotinas de inspeção, mas sem maiores investimentos no seu *budget*.

A manutenção preditiva pode ser considerada basicamente como uma manutenção preventiva baseada no monitoramento da condição e, nesse caso, para os equipamentos classificados como essenciais, não se usa a vida útil média como parâmetro para avaliação ou agendamento de paradas.

As técnicas preditivas mais comumente empregadas são a análise de óleo, a análise de vibração e a termografia. A seleção do método ideal depende do tipo de indústria, tipo de maquinário e equipe disponível para realização do monitoramento. Para atingir benefícios tangíveis, uma equipe treinada e capacitada deverá ficar dedicada à atividade de coleta, a fim de chegar à causa raiz da falha. Outro fator importante na implantação de manutenção preditiva é o detalhamento e cumprimento dos procedimentos operacionais adotados para cada técnica. O comprometimento dos gestores no suporte ao plano de manutenção, o investimento em equipamentos de diagnóstico de falhas e a capacitação de profissionais pode levar a resultados excepcionais em um curto intervalo de tempo.



Assista ao vídeo e leia o artigo indicado a seguir, assim você terá mais conhecimento sobre manutenção preditiva.

Vídeo: A-15 Sobrecarga em Tomadas e Emendas Malfeitas em Condutores: Estudo Via Termografia. Direção de Luciano Duque. São Paulo: IPT, 2016. (24 min. 12 s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Y3TBuFxygyA>>. Acesso em: 15 set. 2016.

Artigo: PERES, Carlos Roberto Coelho; LIMA, Gilson Brito Alves. Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 15, n. 15, p. 149-158, 4 abr. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v15n1/a13v15n1>>. Acesso em: 15 set. 2016.

2.1.2 Análise de óleo

A análise de óleo é uma técnica preditiva em que uma amostra de óleo lubrificante retirada do equipamento é analisada e a presença de partículas microscópicas pode indicar desgaste de componentes em rolamentos, engrenagens e outras partes móveis dos equipamentos. Mais do que uma ferramenta para avaliar as propriedades do lubrificante, a coleta e análise de óleo, conforme Figura 2.1, indica em que condições se encontram os componentes mecânicos do equipamento.

Os mecanismos que contribuem para o desgaste de um componente são o desalinhamento, o desbalanceamento e o uso do equipamento em condições de sobrecarga ou superaquecimento. Os diferentes tipos de desgaste que podem ocorrer são: o desgaste por abrasão, o desgaste por corrosão, a cavitação, o desgaste por fadiga e o desgaste por fricção. Existem casos especiais em que a análise de óleo consegue identificar o desgaste anormal de componentes rotativos, como motores a diesel, antes mesmo que ele possa ser identificado por meio da análise de vibração. Os tipos de testes, pontos de coleta de dados e interpretação da análise dependem necessariamente do tipo de equipamento e do local de sua aplicação.

Figura 2.1 | Coleta de óleo



Fonte: <<http://www.ceptrumsolucoes.com.br/site/analise-de-oleo>>. Acesso em: 19 set. 2016.

Os tipos de testes utilizados são: a análise espectrométrica do óleo, a contagem de partículas, a ferrografia quantitativa e a ferrografia analítica.



Assimile

Uma máquina em operação pode apresentar um desgaste natural devido ao atrito das suas peças móveis, e os lubrificantes se encarregam de coletar essas partículas. Cabe à análise de óleo fazer o devido monitoramento, indicar o tipo de desgaste e a sua fonte de origem, para se ter uma indicação do início ou não de uma ação corretiva visando, evitar uma falha futura.

Durante a amostragem, é imprescindível evitar a contaminação por agentes externos. Para sistemas hidráulicos, o projeto dos equipamentos já contempla pontos de coleta na linha de retorno, antes da passagem do óleo pelo filtro, o qual também aponta indícios de contaminação numa eventual falha no sistema. Além da análise de óleo para identificação de possíveis contaminantes, também são verificadas as propriedades do próprio lubrificante, como a viscosidade, o teor de sólidos, o teor de água, a acidez, a basicidade e o ponto de fluidez. A condição do óleo lubrificante pode ser analisada de forma mais ampla para indicar outras anormalidades. O Quadro 2.1 exhibe anormalidades no óleo e possíveis ações para correção.

INDICAÇÃO	CAUSA PROVÁVEL	AÇÃO SUGERIDA
Espuma	Agitação excessiva ou passagem sob pressão através de uma restrição.	Verificar o sistema
Emulsão - Separa-se naturalmente ou por Centrifugação	Contaminação por água	Drenar a água Trocar o óleo
Escurecimento	Oxidação do óleo Temperatura elevada Produtos de combustão em contato com o óleo	Trocar o óleo

Fonte: elaborado pelo autor.

2.1.3 Análise de vibração

A análise de vibração é, sem dúvida, a técnica preditiva não invasiva mais efetiva para identificação de falhas potenciais em equipamentos mecânicos rotativos em operação. Essa técnica realiza o monitoramento das vibrações de forma contínua ou em intervalos predefinidos.

A análise de vibração pode detectar as folgas mecânicas ou quebras em engrenagens, o desalinhamento, o desbalanceamento, as falhas em rolamentos e as falhas de montagem durante *startup* de equipamentos reformados. A análise dos espectros de vibrações nos gráficos de tendência permite identificar práticas de manutenção impróprias, como montagem ou substituição incorreta de rolamentos, alinhamentos imprecisos de eixos ou balanceamentos imprecisos de rotores, além do efeito da ressonância na máquina. A vibração causa defeito quando ocorre em frequências específicas, dependendo das características dos componentes, do tipo de montagem e do tipo de desgaste. As amplitudes de vibração nesses casos são indicativos da severidade do defeito em uma máquina. Os mancais dos equipamentos são um exemplo de pontos indicados para coleta dos dados uma vez que apresentam estrutura rígida.

As vibrações mecânicas geradas pelo funcionamento de equipamentos rotativos podem ser medidas através de três parâmetros: deslocamento [μm], velocidade [m/s] e aceleração [m/s^2]. O sistema de análise de vibração é inerente aos mecanismos rotativos. Esse sistema consiste de um transdutor, que é um sensor de coleta de dados de vibração, como o mostrado na Figura 2.2.

Figura 2.2 | Sensor de vibração



Fonte: <http://www.sermatecnet.com.br/produto-site/cmss_2110>. Acesso em: 19 set. 2016.

Ao ser aplicada em equipamentos menos críticos, a análise de vibrações pode ainda ser efetiva na redução de custos, ou seja, essencial, caso a mão de obra da empresa seja escassa e o *budget* para reposição de peças, limitado. Porém, o treinamento e a capacitação de funcionários sempre serão um fator determinante para o sucesso da aplicação. Em locais da planta com vários ruídos ou em máquinas de maior porte e complexas, a coleta de dados pode vir a ser prejudicada e sofrer alguma interferência, portanto, pode não ser confiável. Assim, a técnica preditiva é uma forma eficaz de identificar problemas antecipadamente em máquinas que apresentam falhas recorrentes e, dessa forma, aumentar consideravelmente a confiabilidade da planta. Verifica-se que a manutenção preditiva baseada em vibração pode usar técnicas menos sofisticadas, utilizando o sentido humano da audição. Em algumas empresas brasileiras, ainda encontramos mecânicos colocando uma chave de fenda no ouvido conectada a um motor para sentir a vibração, técnica totalmente ultrapassada, mas ainda usada por alguns profissionais. Essa técnica, embora seja bastante rudimentar, ajuda a monitorar o desgaste do equipamento. Seu maior problema é que o sensor que capta a vibração é o ouvido humano. Portanto, é um sensor que irá captar possíveis defeitos já em estado avançado de desgaste do equipamento. A norma ISO 101816-1 pode ser usada como referência para níveis aceitáveis de vibração, de acordo com as classes de máquinas. O Quadro 2.2 é utilizado na avaliação da vibração de máquina.

Quadro 2.2 | Avaliação da vibração de máquinas

ISO 101816-1	Avaliação da vibração de máquinas através de monitoramento de partes não rotativas				
	Velocidade [mm/s]	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
	0,28				
	0,45		BOM		
	0,71				
	1,12				
	1,8				
	2,8		SATISFATÓRIO		
	4,5				
	7,1		INSATISFATÓRIO		
	11,2				
	18		INACEITÁVEL		
	28				
	45				
	71				

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir do Quadro 2.2, tem-se a classificação das máquinas:

Classe I: partes individuais de motores e máquinas, integralmente conectadas à máquina completa em sua condição de operação normal (por exemplo: motores elétricos de até 15 kW).

Classe II: máquinas de tamanho médio sem fundação especial (motores elétricos de 15 kW a 75 kW), motores ou máquinas montadas rigidamente sobre fundação especial (até 300 kW).

Classe III: turbinas ou motores grandes e outras máquinas grandes com massas rotativas montadas sobre fundação dura e pesada, e relativamente rígida.

Classe IV: turbinas ou motores grandes e outras máquinas grandes com massas rotativas montadas sobre fundações relativamente dúcteis (por exemplo: conjunto de turbogerador e turbinas a gás com produção maior do que 10 MW).

2.1.4 Termografia

A termografia infravermelha é uma técnica preditiva não invasiva que produz imagens termográficas da energia térmica irradiada pelos equipamentos. Qualquer objeto com temperatura acima do zero absoluto emite energia, a qual é diretamente proporcional ao

seu aumento, no caso de ser aquecido. A radiação infravermelha é não ionizante, ou seja, não danosa ao ser humano. Apesar de não ser visível, ela pode ser notada no corpo sob forma de calor.

A termografia utiliza a faixa da banda infravermelha do espectro eletromagnético, com comprimentos de onda entre 1 e 14 μm . A Figura 2.3 ilustra o modelo de espectro eletromagnético.

Figura 2.3 | Espectro eletromagnético



Fonte: <<http://bcend.com.br/blog/end/metodos-de-ensaios-nao-destrutivos-mais-usuais>>. Acesso em: 19 set. 2016.

As vantagens da termografia são: não há contato físico com a superfície da peça ou equipamento; não oferece perigo para os seres humanos; não é afetada pelas ondas eletromagnéticas; monitora equipamentos mecânicos em operação e em plena carga; monitora equipamentos elétricos com a corrente ligada; a análise de tendências é realizada através do monitoramento intermitente ou contínuo das imagens; o banco de dados é armazenado em formato digital; e a técnica da termografia reduz os custos com manutenção e reparos.



Assimile

O monitoramento contínuo é adotado em toda situação em que o intervalo de tempo entre o surgimento e a propagação do defeito seja curto, para equipamentos críticos e essenciais.

As desvantagens da termografia são: o investimento elevado para aquisição do equipamento; a limitação do software para

alguns sistemas; a emissividade do objeto deve ser calculada ou conhecida; as fontes externas podem afetar a coleta de dados; e a distância, a temperatura e as condições atmosféricas podem afetar a coleta de dados. É aplicada para detecção de falhas em equipamentos ou componentes elétricos e eletrônicos (motores elétricos, capacitores, fusíveis), equipamentos ou componentes mecânicos (rolamentos, mancais, eixos e bombas) e sistemas de energia (aquecedores, linhas de transmissão e transformadores).

Sem medo de errar



Vocabulário

Budget: orçamento.

O setor de envase do doce de leite está apresentando muitas paradas bruscas, devido a problemas nos mancais de rolamentos das esteiras que transportam as latas e problemas constantes devido à lubrificação central do cabeçote da máquina que realiza o envase. Essas paradas foram responsáveis pela perda de produtividade na linha em torno de 10%, pois, no tempo em que a máquina esteve parada para o setor de manutenção, várias latas de doce de leite deixaram de ser produzidas. Estabeleça uma solução para que a perda de produtividade devido à manutenção na envasadora seja reduzida, elabore uma ficha de controle contendo a periodicidade, o tipo de graxa e o responsável pela lubrificação. Observe que a máquina envasadora tem a função de colocar o doce de leite na lata e, posteriormente, fechar a lata.

Resolução da situação-problema

Com o objetivo de melhorar o seu entendimento sobre uma máquina envasadora, sugerimos que você assista ao vídeo:

DOSADORA, envasadora, seladora, datadora - Doce de leite - M22 Pastoso. Piracicaba/SP: Milainox, 2010. (2 min.). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pJ-IE-RKjkY>>. Acesso em: 22 set. 2016.

A máquina envasadora é muito importante para o processo produtivo da empresa de laticínios, por isso ela deverá ter uma gestão de manutenção específica que contemple o seu funcionamento constante.

Como a máquina apresenta problemas nos mancais das esteiras, a solução seria a realização de análise de vibração nesses mancais, ou seja, adotar manutenção preditiva nos mancais das esteiras. Outro ponto a ser abordado é a melhoria da gestão da lubrificação dos mancais das esteiras: os colaboradores da produção, por meio de manutenção autônoma, deverão gerir a lubrificação dos mancais das esteiras com a especificação correta das graxas e periodicidade de lubrificação. Cabe ao gestor da área elaborar uma planilha contendo data, responsável e tipo de graxa a ser usada em cada mancal da esteira. Assim teremos uma melhora nos índices de confiabilidade e disponibilidade do equipamento.

Quadro 2.3 | Exemplo de ficha de controle de lubrificação

Responsável	Graxa	Programado	01/ set	Programado	07/ set	Programado	14/ set	Programado	21/ set	Programado	28/ set
João	NLGI No.2	Realizado									

Fonte: elaborado pelo autor.

A lubrificação central da máquina de envase de doce de leite deverá passar por um processo de desenvolvimento de produto. O gestor da manutenção deverá solicitar a uma empresa especializada em óleos e graxas que desenvolva uma graxa especial para essa máquina. O óleo ou graxa que atua em máquinas do setor alimentício deve possuir o grau alimentício para ser aceito, ou seja, se por acaso o lubrificante cair no produto, não causará danos ao consumidor. A graxa para o cabeçote central deverá apresentar uma fluidez que atenda às necessidades de trabalho da máquina levando em consideração velocidade de rotação, tempo de troca da graxa e custo adequado.

Avançando na prática

Caro aluno, nessa nova situação-problema, iremos aprofundar nosso conhecimento sobre manutenção preditiva e seus benefícios para o processo produtivo.

Seleção de técnica preditiva em sistemas mecânicos

Você é o gestor de uma planta industrial responsável pelo setor de manutenção. Sua unidade apresenta problemas com os rolamentos dos mancais. Visando resolvê-los, elabore uma planilha contendo: como esses componentes podem falhar, qual é o efeito dessas falhas, qual a causa de falha desses componentes e qual seria a solução para o problema. Essa planilha vai servir de base para evitar futuros estragos e deverá ficar nos documentos da manutenção para minimizar os problemas causados por esses componentes.

Resolução da situação-problema

Visando resolver o problema apresentado no *Avançando na prática*, sugere-se o uso da planilha apresentada no Quadro 2.4:

Quadro 2.4 | Modo, efeito e causa de estragos nos rolamentos

Peça	Modo de Falha	Efeito de falha	Causa do modo de falha	Solução
Rolamento	Fratura no anel externo	Travamento	Apoio insuficiente no mancal	Seguir padrões de montagem
	Desalinhamento	Desgaste na pista seguido de vibração e aquecimento	Eixo sujo e deformado	Limpeza e inspeção
	Fadiga Normal	Erosão seguida de vibração e aquecimento	Rolamento em operação além do tempo previsto	Substituir o rolamento ou redimensionar
	Contaminado	Marcas nos corpos rolantes levando à vibração	Lubrificante usado ou contaminado	Armazenamento correto e análise química

Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 2.4 tem o objetivo de mostrar que a manutenção é feita regularmente. O mesmo problema pode acontecer várias vezes, cabe aos colaboradores da manutenção desenvolver um banco de dados para que não sejam surpreendidos por problemas

desconhecidos. Portanto, a tabela visa mostrar o modo de falha, o efeito da falha e suas consequências.

Faça valer a pena

1. A vibração é um movimento oscilante de trepidação de uma máquina ou de algum elemento de máquina, saindo de sua posição de estabilidade. A análise de vibração é indicada para o uso em máquinas rotativas e um dos cuidados que se deve ter é a correta instalação dos sensores, para que a coleta de dados não fique comprometida.

Quais são os pontos indicados para instalação dos transdutores de coleta de dados de vibração em um compressor? Em quais direções (com relação ao eixo)?

- a) Acoplamento, plano vertical.
- b) Base de apoio (mancal), planos horizontal, vertical e radial.
- c) Eixo de entrada, planos horizontal e vertical.
- d) Chapa fina ou flexível, plano radial.
- e) Eixo de saída, planos horizontal e vertical.

2. A manutenção preditiva indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação e, assim, prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. Apresenta-se como uma excelente ferramenta para que os gestores possam reduzir custo e aumentar a disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos. Entretanto, torna-se necessário escolher a técnica preditiva adequada de acordo com o tipo e a aplicação do equipamento.

As técnicas preditivas devem ser escolhidas de acordo com o tipo de equipamento e aplicação. A termografia não é muito eficaz para detectar:

- a) Folga nas conexões de um circuito elétrico.
- b) Desalinhamento em um acoplamento.
- c) Trincas nos componentes refratários dos equipamentos.
- d) Ressonância estrutural.
- e) Alinhamento de um equipamento.

3. O monitoramento de fluidos é uma prática frequente principalmente em empresas que possuem frotas de equipamentos móveis de grande porte. Uma empresa possui uma frota de 20 carregadeiras de rodas e alguns dos equipamentos vêm apresentando falhas em seus motores, assim, um programa de análise de óleo foi implementado.

Qual procedimento não faz parte da rotina de coleta de óleo lubrificante?

- a) Identificação do tipo de óleo lubrificante usado e viscosidade.
- b) Coleta da amostra duas horas após a parada do motor.
- c) Coleta da amostra na linha de retorno do tanque.
- d) Registro do número de horas de operação do motor após a última troca.
- e) Evitar a contaminação externa do sistema.

Seção 2.2

Manutenção proativa

Diálogo aberto

Prezado aluno, abordaremos nesta seção a manutenção proativa, também chamada de Engenharia da Manutenção. No decorrer do nosso estudo aprenderemos que existem dois intervalos durante o processo de falha de uma peça ou máquina: o intervalo entre o surgimento do defeito e a sua detecção e o intervalo entre a detecção do defeito e a falha funcional ou catastrófica do item. A manutenção proativa, aliada às técnicas preditivas e preventivas, ajuda a identificar de forma mais eficaz as falhas potenciais, com auxílio de tecnologia embarcada, e ajuda a atuar de forma a eliminar o problema por meio da investigação da sua causa raiz, sem impactos consideráveis nas áreas de processo.

Estudando os conceitos desta seção, desenvolveremos a seguinte competência geral: aprender a usar os fundamentos da manutenção proativa, de forma que, após a detecção das falhas potenciais no equipamento sob monitoramento, apliquem-se as medidas de bloqueio necessárias para a eliminação do problema e reestabelecimento da operação dentro do padrão de desempenho esperado e em tempo hábil para que não ocorra a falha funcional.

A empresa de laticínios está implantando uma concepção nova de manutenção: a manutenção proativa, que traz o conceito de falhas potenciais e manutenção sob condição. Esse tipo de manutenção permite garantir a qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. A manutenção proativa relaciona fatores como: índice de horas corretivas evitadas; índice de acertos dos diagnósticos realizados; custo do item monitorado; e intervenções que foram feitas. Mas, para trabalhar com esses fatores existe a necessidade da definição do conceito dessa técnica de manutenção proativa. Como engenheiro da empresa, de que forma você implantará a manutenção proativa? Quais equipamentos deverão passar por essa

técnica de manutenção? O que a empresa ganha implantando a manutenção proativa em seu pátio industrial?

Caro aluno, está preparado para mais essa tarefa? Convidamos você a participar desse novo desafio. Esperamos que esteja animado.

Bons estudos e um ótimo trabalho!

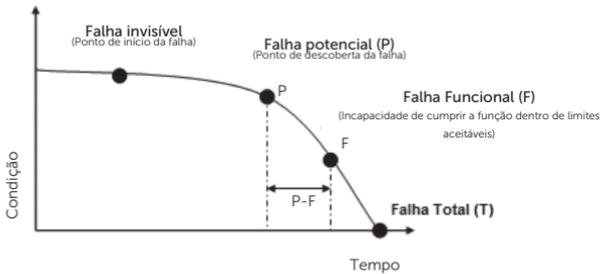
Não pode faltar

2.2.1 Falhas potenciais

A manutenção proativa tem por objetivo não apenas se antepor à deflagração da falha funcional, mas também investigar a sua causa raiz e, assim, agir para evitar a sua recorrência. Um equipamento pode apresentar falhas no início de operação ou no decorrer da sua vida útil. O período que antecede a detecção de uma falha por meio de técnicas preditivas é denominado de “falha invisível” ou “falha oculta” correspondendo a alterações anômalas que gradativamente se agravam, até que possam vir a ser detectadas pelas técnicas preditivas. Nesse instante, tem-se a “falha potencial”, que se estende até culminar na “falha funcional” do equipamento, quando este não desempenhará mais as suas funções de origem, inviabilizando a continuidade da produção.

A falha potencial é a falha detectável por pelo menos uma das técnicas preditivas e que indica uma degradação do componente ou máquina, exigindo um monitoramento sob condição. A falha funcional pode ser definida como a incapacidade de um ativo cumprir as atividades operacionais previstas conforme parâmetros de projeto ou limites aceitáveis, após determinado número de horas de operação. Verifique na Figura 2.4 a condição do equipamento e o início da detecção das falhas possíveis em relação ao tempo.

Figura 2.4 | Condição do equipamento por tempo



Fonte: elaborado pelo autor.

O intervalo P-F corresponde ao tempo que a falha potencial leva para se converter em falha funcional e é específico para o tipo de equipamento e finalidade de uso. O período de desenvolvimento da falha pode durar meses ou poucos minutos. O período ótimo para realizar a intervenção com o agravamento da falha será aquele em que todos os recursos para a troca foram alocados e em que o devido planejamento foi realizado.



Assimile

Falha potencial é a falha detectável por pelo menos uma das técnicas preditivas e que indica uma degradação do componente ou máquina, exigindo um monitoramento sob condição.

Para que a intervenção baseada no monitoramento sob condição seja possível de realizar antes que ocorra a falha funcional, o intervalo P-F deverá ser maior que o tempo requerido para monitoramento da falha, planejamento e execução da tarefa. Em certos casos, em que o intervalo P-F é suficientemente pequeno e inviabiliza o monitoramento sob condição, sensores internos poderão desligar o equipamento evitando a falha funcional ou mesmo catastrófica (falha total).



Refleta

Qual o impacto da descoberta de uma falha no início, para segurança operacional?

O avanço da tecnologia permite que cada vez mais falhas que antes eram ocultas sejam descobertas após o seu surgimento, com intervalos de tempo menores devido ao aumento da precisão dos equipamentos preditivos.

2.2.2 Manutenção sob condição

A manutenção sob condição pode ser realizada com o acompanhamento contínuo ou periódico do desempenho, através da análise de parâmetros críticos, que determina de maneira proativa a causa raiz do problema, o momento adequado para realizar a intervenção após o surgimento da falha potencial baseado em dados da produção, o planejamento de paradas preventivas e o grau de deterioração do equipamento.

Quatro principais técnicas de monitoramento de condição são destacadas a seguir:

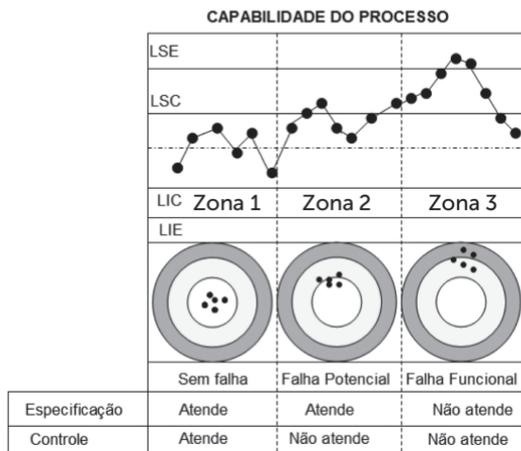
2.2.2.1 Monitoramento por aparelhos de medição especializados

Apresentam maior precisão, além de monitorar apenas uma condição, e apresentam limitação de acordo com a aplicação e o tipo de máquina; possuem diferentes faixas de precisão de acordo a técnica preditiva usada. Exemplos: analisadores de vibração, espectrômetros, termógrafos etc.

2.2.2.2 Controle estatístico pela variação na qualidade do produto

A incidência de defeitos em uma máquina está diretamente relacionada com o gerenciamento da qualidade. O Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma técnica bastante utilizada pela área de qualidade para mensurar a quantidade de itens fabricados ou mesmo número de ordens de serviço de equipamentos críticos, que estejam dentro dos limites inferior e superior da especificação e os devidos desvios. A Figura 2.5 mostra as leituras feitas de um dispositivo no início de operação: um modo de falha ocorre causando um desvio nas medições em uma direção. Na zona 2, podemos ver o processo que está fora de controle, mas ainda dentro da especificação. Essa mudança no meio é uma condição claramente identificável, indicando que uma falha funcional está para ocorrer. Em outras palavras, é uma falha potencial. Se nada for feito para corrigir a situação, o processo começa eventualmente a produzir fora da especificação, como é mostrado na zona 3.

Figura 2.5 | Carta CEP de um rebolo



Fonte: adaptada de Carpinetti (2010, p. 23).



Exemplificando

Um rebolo de esmeril se desgasta, e então os diâmetros das sucessivas peças variam até que o rebolo seja ajustado ou substituído. Esse exemplo descreve somente uma das muitas maneiras pelas quais o CEP pode ser usado para medir e gerenciar a viabilidade de processos.

2.2.2.3 Monitoramento de efeitos primários

Este é o tipo de monitoramento mais simples, em que parâmetros como velocidade, corrente, força, torque e temperatura de trabalho são levados em consideração. Medidores analógicos simples e equipamentos menos sofisticados, com baixa precisão, auxiliam na leitura dos dados. A aferição é medida necessária.

Figura 2.6 | Manômetro de pressão



Fonte: <<http://www.nowak.com.br/hidraulicos/mangueira-alta-pressao-manometro-acessorios/manometro-mn-4-1000-bar-ref-3012>>. Acesso em: 28 set. 2016.

2.2.2.4 Inspeções técnicas baseadas nos sentidos humanos

Esta é uma técnica baseada na visão, audição, tato e olfato, que apresenta grande versatilidade e pode detectar condições variadas em diversas aplicações, porém, por ser de baixa precisão, quando o funcionário percebe qualquer situação anômala, o problema já está bem avançado e próximo da falha funcional. É desaconselhável o uso dos sentidos em situações que envolvam risco de morte para o colaborador, por exemplo: em trabalhos em alto forno de siderúrgicas.

2.2.3 Gestão da análise de óleo

Considerando-se a acirrada concorrência entre as empresas e diante da atual situação econômica, busca-se a excelência no setor produtivo por meio da transição da gestão de manutenção para a gestão de ativos. Na gestão de manutenção tem-se um controle de todos os gastos com a corretiva, preventiva, preditiva e detectiva além da engenharia de manutenção, ou proativa. Na gestão de ativos, tem-se o controle desde o projeto, aquisição de equipamentos, capacitação de pessoas, operação, e de tudo o que está envolvido na manutenção, de forma a monitorar a condição e o desempenho dos equipamentos; investigar falhas com foco na causa raiz do problema; controlar os custos de manutenção; controlar os custos com reposição de peças e insumos; e implementar melhorias com visão sistêmica.

A gestão de ativos exige que os equipamentos críticos sejam devidamente identificados e individualmente monitorados. Esse monitoramento, como vimos anteriormente, é realizado por meio do uso das técnicas preditivas, podendo gerar dados de forma contínua ou intermitente, os quais formam o histórico de falhas do equipamento. A análise de óleo se consolida como uma das principais ferramentas preditivas, pois pode identificar alterações no sistema hidráulico com uma antecipação maior do que outras técnicas preditivas. É função da manutenção proativa analisar continuamente os dados armazenados, verificar tendências de contaminação, degradação interna, alteração de comportamento e, por fim, indicar à equipe de corretiva e preditiva a necessidade de intervenção pela constatação de alguma falha potencial e sua respectiva causa raiz. Conforme a obra *Handbuch der Schadenverhütung* (ALLIANZ, 1984), 63% das falhas de compressores e 78% das falhas de turbinas não são detectáveis pela análise de vibração, até instantes antes que ocorra a falha funcional. Na maioria das máquinas, o desgaste das peças ocorre bem antes do aumento da vibração, que é um indício de falha potencial. Assim, a análise de óleo proativa traz grandes benefícios, reduzindo os custos de manutenção e aquisição de peças.



Pesquise mais

Veja o artigo a seguir, publicado no congresso de engenharia mecânica em 2010.

VIANA, Eduardo Sousa Henrique et al. Manutenção preditiva em frotas cativas com motorização diesel, realizada a partir das emissões gasosas e análise do óleo lubrificante. In: VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 6, 2010, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, Paraíba, Brasil: ABCM, 2010. v. 1, p. 1-8. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/anais/conem/2010/PDF/CON10-0373.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2016.

Uma abordagem sistemática é necessária para implementar um programa de análise de óleo em uma planta de produção e envolve basicamente quatro passos:

- Inspeção do equipamento crítico e levantamento de dados: o primeiro passo envolve o levantamento dos dados

técnicos e operacionais, por exemplo, a identificação do equipamento, a especificação, a aplicação, os limites de operação, o histórico de manutenção, o mapeamento dos pontos de coleta de óleo lubrificante, a especificação do óleo lubrificante de acordo com fabricante, a FISPO (Ficha de informação de segurança para produtos químicos) do óleo lubrificante, os tipos de técnicas preditivas aplicadas, os procedimentos de coleta, o intervalo de coleta, o fornecedor do óleo lubrificante, o procedimento de armazenamento e distribuição do óleo lubrificante e o procedimento de descarte do óleo lubrificante.

- **Análise do óleo lubrificante:** analisam-se as propriedades físicas e químicas, a contaminação do óleo e detecção de partículas de desgaste. A análise da amostra avalia se o óleo lubrificante usado no equipamento está de acordo com o óleo especificado pelo fabricante, se sofreu degradação por superaquecimento e se há presença de contaminantes decorrente de desgaste de rolamentos ou engrenagens.
- **Monitoramento da condição:** é o processo de acompanhamento e análise de tendência que visa identificar falhas potenciais. As informações coletadas agem como um guia para as atividades de manutenção que evidentemente levam a operações mais seguras e confiáveis.
- **Avaliação da gestão da análise de óleo:** a gestão da análise de óleo com visão proativa deverá conter indicadores de desempenho de forma a evidenciar claramente a progressão do desempenho de máquinas e/ou unidades produtivas e a relação custo/benefício. A confirmação de ganhos financeiros com a implantação de programas de monitoramento e o aumento da segurança operacional justifica novos investimentos e a continuidade dessa atividade.



Veja o capítulo 2 do texto a seguir, sobre análise de óleo.

SERRA, Gabriel Machado. **Manutenção centrada na confiabilidade em equipamentos de uma empresa do setor alimentício**. 2014. 45 f. TCC (Graduacao)-Curso de Engenharia de Producao, Centro Universitario Euripides de Marilia – UNIVEM, Marilia, cap 2, 2014. Disponível em: <[http:// aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/1109/gabriel_machado_serra.pdf?sequence=1](http://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/1109/gabriel_machado_serra.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 7 out. 2016.

2.2.4 Gestão da análise de vibração e termografia

A gestão da análise de vibração e termografia, com visão proativa, deverá, da mesma forma que na gestão da análise de óleo, conter indicadores de desempenho visando a evidenciar de forma clara a progressão do desempenho de máquinas e/ou unidades produtivas e o custo/benefício. Dependendo do tipo de equipamento a ser monitorado, as duas ações de manutenção preditiva deverão ser executadas e sobrepostas de maneira a reforçar a conclusão sobre existência e/ou desenvolvimento da falha potencial.

A inspeção do equipamento crítico e o levantamento de dados são necessários para identificação do equipamento, determinação das faixas de vibrações e temperaturas de trabalho, histórico de manutenção do equipamento, mapeamento dos pontos de medição, procedimento de medição e intervalo de medição. Na análise termográfica, se faz o levantamento da emissividade da peça ou equipamento (aplicável para termografia), com isso, a temperatura ideal de trabalho do equipamento será determinada.

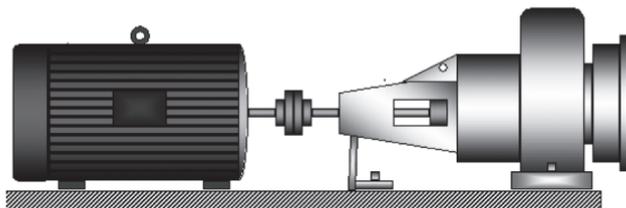
Normalmente, é fácil decidir se uma tarefa proativa é tecnicamente viável. As características da falha orientam essa decisão e são normalmente bastante claras para permitir a decisão com um simples sim/não. Decidir se compensa realizar a técnica de manutenção proativa normalmente exige melhor julgamento. Por exemplo, a Figura 2.5 indica que pode ser tecnicamente viável para duas ou mais tarefas da mesma categoria prevenir o mesmo tipo de falha. Podem até ser semelhantes em termos de custo, então a escolha por uma delas é questão de preferência pessoal. A situação é complicada, ainda mais quando tarefas de duas categorias

diferentes são tecnicamente viáveis para o mesmo modo de falha. Por exemplo, muitos países, hoje em dia, especificam um mínimo legal para as profundidades de sulcos de pneus (normalmente com 2 mm). Os pneus que estiverem abaixo desse valor devem ser trocados. Na prática, os pneus de caminhão – especialmente pneus de veículos similares de uma frota de trabalho nas mesmas rotas – apresentam razoável relação entre idade e falha. A recauchutagem restabelece quase toda a resistência a falha original, por isso, os pneus podem ser programados para restauração depois de rodarem uma determinada distância. Significa que todos os pneus da frota deverão ser recauchutados depois de cumprirem a quilometragem especificada, quer necessitem ou não do serviço.

Sem medo de errar

Você, aluno, é o engenheiro contratado para implantar a manutenção proativa na empresa de laticínios. Sua unidade já trabalha com manutenção preventiva, corretiva, rotas de inspeção e controle de dados. Agora, você deverá desenvolver uma ficha de controle para a manutenção proativa e elaborar o fluxo que a ordem de serviço percorrerá, após a execução do trabalho preditivo. O equipamento a ser avaliado é uma bomba d'água que circula água quente para o setor de limpeza das máquinas que envasam creme de leite. A bomba é composta por motor, acoplamento e bomba. A Figura 2.7 exibe o equipamento.

Figura 2.7 | Conjunto mecânico, bomba, motor, acoplamento



Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

Visando resolver o problema proposto, apresentamos a ficha de controle de manutenção e o fluxo que a ordem de serviço deverá

percorrer após ser entregue ao planejamento de manutenção.

Nessa ficha de manutenção preditiva, o técnico de manutenção preditiva deverá anotar, no campo de observações, se os parâmetros de análise de vibração estão dentro dos níveis aceitáveis ou não. No campo início e fim, o mecânico anotará o início e o tempo final da atividade. Ele deverá marcar com X os riscos que poderá ter exercendo a atividade, como barulho excessivo, choques elétricos e outros.

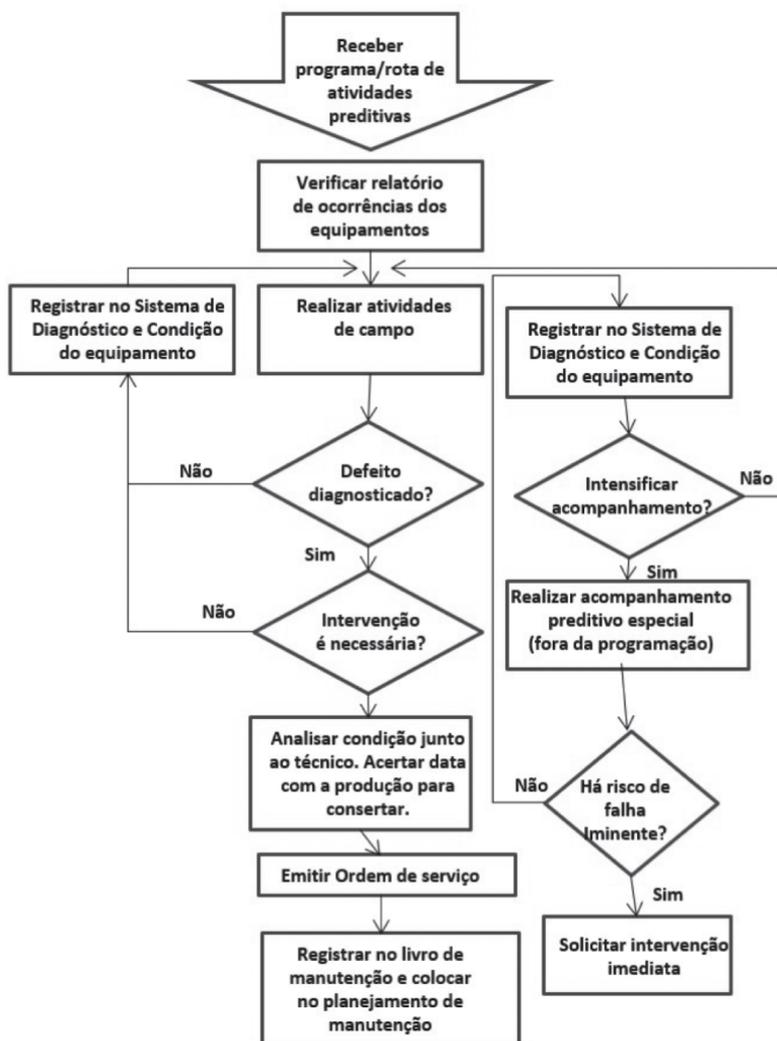
Figura 2.8 | Ficha de controle de análise de vibração de uma bomba d'água

Ordem de Serviço					
Equipamento: _____		EQUIP: _____			
Localização: _____		TAG: _____			
Antes de executar a atividade verifique se você está usando os EPIs necessários, verifique se					
o equipamento está sem energia, verifique se as válvulas estão fechadas corretamente,					
verifique se os acessos aos fluidos foram fechados ou se os fluidos foram drenados.					
Lembre-se de que sua família espera por você no final do dia.					
<input type="checkbox"/> Barulho excessivo		<input type="checkbox"/> Choques elétricos			
<input type="checkbox"/> Escorregamento		<input type="checkbox"/> Prensar os dedos			
<input type="checkbox"/> Corte com ferramentas		<input type="checkbox"/> Queda de ferramenta			
<input type="checkbox"/> Perigo de incêndio		<input type="checkbox"/> Gases tóxicos			
MECÂNICO	INÍCIO	TÉRMINO	TOTAL	DATA	
OBS:					
ASS _____				_/_/___	

Fonte: elaborada pelo autor.

Após a realização da atividade, essa ordem de serviço deverá percorrer o fluxo a seguir.

Figura 2.9 | Fluxo da manutenção preditiva



Fonte: adaptada de Menezes (2002, p. 151).

Controle estatístico de qualidade de produto

Descrição da situação-problema

Agora, você é o engenheiro de manutenção da empresa da fábrica de latas que são usadas no envase do doce de leite. Estão chegando muitas reclamações do setor produtivo, pois, as latas, constantemente, estão paralisando a produção. Cabe a você desenvolver uma folha de verificação para a classificação dos defeitos apresentados pelo setor de produção. As principais reclamações são falta de brilho nas latas, que não apresentam fechamento adequado nas tampas, têm rebarbas metálicas no fundo, atraso nas entregas e rótulos não aderentes.

Resolução da situação-problema

Visando resolver os problemas, primeiramente temos que desenvolver uma ficha de verificação para classificação dos defeitos, como mostra o Quadro 2.5.

Quadro 2.5 | Folha de verificação para a classificação dos defeitos

Tipo	Rejeitados	Total Rejeitado
falta de brilho nas latas	//// //// //// //// //// ////	24
latas não apresentam fechamento adequado nas tampas	//// //// //// ////	16
rebarbas metálicas no fundo das latas	//// ////	8
atraso nas entregas de latas	//// //// //// //// //// //// //// //// //// ////	36
rótulos não aderem às latas	//// ////	8
Total rejeitados		92
Total produzido		1000

Fonte: elaborada pelo autor.

Para cada situação, um ajuste na máquina deverá ser realizado.

Falta de brilho na lata – melhorar o esguicho da máquina que realiza a limpeza das latas.

Fechamento adequado das tampas – regular o cabeçote da máquina para que o fechamento seja realizado de forma correta.

Rebarbas metálicas – corrigir processo de fechamento do fundo da lata.

Atraso na entrega – conciliar os pedidos de produção juntamente com as demandas de manutenção.

Rótulos não aderem às latas – melhorar a eficiência de secagem do secador de latas.

Faça valer a pena

1. A manutenção sob condição pode ser executada com o acompanhamento contínuo ou periódico do desempenho, por meio da análise de parâmetros críticos, que determina de maneira proativa a causa inicial do problema, o momento adequado de realizar uma ação, após o aparecimento da falha potencial, com base em elementos da produção, no planejamento de paradas preventivas e no estado de deterioração do equipamento.

Na manutenção sob condição existem técnicas de monitoramento. Analise as sentenças a seguir:

I. Monitoramento por aparelhos de medição especializados.

II. Controle estatístico pela variação na qualidade do produto.

III. Monitoramento de efeitos secundários.

IV. Inspeções técnicas baseadas nos sentidos humanos.

Marque a alternativa verdadeira:

a) Apenas a sentença I está correta.

b) Apenas a sentença II está correta.

c) As sentenças II e IV estão corretas.

d) As sentenças I, III e IV estão corretas.

e) Apenas a sentença IV está correta.

2. Para que a intervenção baseada no monitoramento sob condição seja possível de realizar antes que ocorra a falha funcional, o intervalo P-F deverá ser maior que o tempo requerido para monitoramento da falha, planejamento e execução da tarefa. O momento adequado para realizar a intervenção após o surgimento da falha potencial é baseado em dados da produção, no planejamento de paradas preventivas e no grau de deterioração do equipamento.

Considere as afirmativas a seguir:

- I. A progressão da falha funcional é a falha catastrófica ou falha total.
- II. A falha potencial pode levar meses ou segundos até virar falha funcional.
- III. A falha oculta pode ser detectada pela análise de vibração.
- IV. A falha potencial provoca diminuição do desempenho do equipamento.

Marque a opção correta, considerando o tipo de falha de um equipamento:

- a) As sentenças I, II e IV estão corretas.
- b) As sentenças I, III e IV estão corretas.
- c) As sentenças II, III e IV estão corretas.
- d) As sentenças I, II e III estão corretas.
- e) As sentenças II e IV estão corretas.

3. A manutenção proativa ajuda não só na detecção das falhas potenciais nos equipamentos sob monitoramento, mas também chega à falha primária através de técnicas preditivas e investigação, com objetivo de buscar (ao invés de cuidar das falhas), identificar as causas básicas destas e removê-las. Analisa as principais falhas, e para tal os registros de manutenção são fundamentais para identificar frequência, tempo de reparo e custos.

Quais sentenças estão corretas, de acordo com os preceitos da manutenção proativa?

- I. Foco na causa raiz.
 - II. Manutenção sob condição.
 - III. Pode ser controlada estatisticamente para identificação de desvios.
- a) Apenas a sentença I está correta.
 - b) Apenas a sentença II está correta.
 - c) As sentenças II e III estão corretas.
 - d) As sentenças I, II e III estão corretas.
 - e) Apenas a sentença III está correta.

Seção 2.3

Viabilidade técnica das tarefas sob condição e técnicas preditivas

Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo ao estudo da viabilidade técnica das tarefas sob condição e técnicas preditivas. Há muitos anos, as empresas reconheceram a importância do programa de manutenção preditiva. Atualmente, a manutenção preditiva é vista como fator primordial para sucesso do setor de manutenção. Para o desenvolvimento do setor de manutenção da empresa de laticínios, na Seção 2.1, foi realizada uma explanação sobre a manutenção e suas implicações na produção e no sistema de gestão. Na Seção 2.2, começamos a explorar a técnica de manutenção preditiva, pois essa técnica de manutenção traz benefícios valiosos para o processo produtivo. Aqui, nesta seção, você entrará em contato com os assuntos principais sobre programação de tarefas preditivas, escolha dos equipamentos críticos, definição do momento exato para troca das peças deterioradas e programa de marketing da manutenção preditiva. Essa abordagem geral visa fornecer-lhe o conhecimento básico necessário, a partir do qual você poderá construir um referencial teórico com base sólida – científica e cultural – para que, no futuro exercício de sua profissão, você a exerça com competência cognitiva, ética e responsabilidade social.

Nesse momento, prezado aluno, a empresa estudada precisa de você para programar a manutenção preditiva, mas como fazer essa programação? Como devemos escolher as máquinas que irão passar por manutenção preditiva? Diante de um relatório de manutenção preditiva, quais ações deverão ser realizadas? Em função dessas perguntas, devemos desenvolver um estudo sobre as questões propostas. Você aprenderá, também, o conceito e os procedimentos para desenvolver um processo de manutenção preditiva eficiente, com foco em atender às necessidades da produção e, ao mesmo tempo, trabalhar com custo adequado, segurança e desenvolvimento de conhecimento.

Caro aluno, você está preparado para mais essa tarefa? Convidamos você a participar desse novo desafio. Esperamos que esteja animado.

Bons estudos e um ótimo trabalho!

Não pode faltar

2.3.1 Programação de tarefas preditivas

As empresas buscam a implantação de um programa de manutenção preditiva e, no decorrer da implantação, inevitavelmente encontrarão problemas previsíveis. Nessa fase, elas devem adquirir a compreensão sobre manutenção preditiva e sua filosofia, seus procedimentos e ferramentas. Geralmente, o esforço preliminar inclui o entendimento de manutenção preditiva por parte dos gestores, focando em aspectos como: confiabilidade, parâmetros de trabalho dos equipamentos, condições de operação, escolha das máquinas críticas e a execução de projetos-pilotos para verificar a aplicabilidade da manutenção preditiva.



Exemplificando

Quando você realiza exames médicos para verificar o seu estado de saúde, está realizando uma manutenção preditiva, uma checagem. Logo, você programa o melhor dia e horário na sua agenda para realizar o procedimento de modo a não atrapalhar as suas atividades de rotina.

A inserção da manutenção preditiva dentro do pátio industrial traz conflitos, como: quais funcionários serão treinados? Geralmente os funcionários da manutenção com conhecimento técnico mais avançado são treinados. Buscar uma empresa para realizar a manutenção preditiva ou desenvolver uma equipe própria? A melhor solução para essa questão é a formação de uma equipe mista, composta por agentes internos e funcionários da empresa para acompanhar o andamento dos serviços. Quais equipamentos deverão passar por manutenção preditiva? Na Subseção 2.3.1 essa resposta será apresentada. Em meio a tantos questionamentos, os gestores devem fazer opções estratégicas no tocante a como,

quando e onde desencadear o processo de programação da manutenção preditiva. Não é de se admirar que, do total de organizações que decidem implantar a manutenção preditiva, uma parcela grande venha a abandonar essa iniciativa nos primeiros anos. Pode-se citar como razões para o fracasso da implantação de manutenção preditiva:

- Falta de comprometimento da alta gestão – os executivos são, às vezes, atraídos para implantação de manutenção preditiva por motivos errados, por exigências da produção, ou por eles próprios, erroneamente, considerando que a manutenção preditiva vai resolver todos os problemas de manutenção da empresa.
- Ensino e treinamento desperdiçados – a manutenção preditiva exige um investimento alto em formação e treinamento. Muitas organizações, contudo, não chegam a ver o retorno do dinheiro investido em treinamento, porque implementam o treinamento inadequado ou o fazem de forma equivocada.
- Falta de resultados mínimos a curto prazo – como a manutenção preditiva é uma análise da condição de funcionamento do equipamento, e não intervém na máquina, muitas organizações são levadas a crer que não verão resultados durante um curto espaço de tempo. As indústrias são encorajadas a focalizar processos, não resultados, enquanto seus mínimos recursos são despejados em atividades de incremento de manutenção, sem mostrar resultados imediatos. Consequentemente, quando a economia naufraga ou os negócios tornam-se difíceis, a manutenção preditiva é considerada desnecessária.



Assimile

Despesas excessivas com treinamento podem ocasionar o desinteresse da gestão com a manutenção preditiva. O início da implantação da manutenção preditiva tem o custo elevado, e os resultados são colhidos a médio e longo prazo.

Quando o treinamento ou a contratação de uma empresa para desenvolver a manutenção preditiva é realizado de forma correta, os resultados serão positivos e, conseqüentemente, podem ajudar a manter em alto grau o entusiasmo dos gestores.



Refleta

Ao implantar a manutenção preditiva em uma empresa, qual a melhor opção: treinar os colaboradores nessa técnica ou contratar uma empresa para executar o serviço?

A manutenção preditiva deverá ser implantada primeiramente na linha de produção mais crítica, gerando credibilidade à nova estratégia de manutenção.

A programação da manutenção preditiva é baseada nos relatórios que serão entregues pelas empresas contratadas ou pelos relatórios realizados pelos colaboradores de manutenção preditiva. A rotina de manutenção preditiva consiste em coleta de dados, com uma periodicidade estabelecida, para analisar se os parâmetros de funcionamento dos equipamentos sofreram alguma alteração. Caso esses parâmetros de funcionamento das máquinas se mantenham os mesmos, não há motivo para intervir no equipamento. Se alguma alteração for detectada na manutenção preditiva, a gravidade da alteração deverá ser avaliada, em conjunto com o setor de produção, para que o reparo seja feito. O Quadro 2.6 reflete quais são as atribuições que o técnico de manutenção preditiva deverá executar.

Quadro 2.6 | Atribuições do técnico de manutenção preditiva

Entrada	Função	Atribuições
Planos de inspeção, Informações de falhas dos equipamentos, solicitações de outras equipes.	Técnico de Preditiva	1. Estudar e implementar técnicas de monitoramento de condição de equipamentos.
		2. Definir formas de periodicidade de coleta de dados preditivos em equipamentos e subconjuntos.
		3. Realizar coleta de dados no campo.
		4. Verificar diariamente ocorrências de falhas em equipamentos com potencial preditivo.
		5. Realizar relatórios de diagnóstico de condições do equipamento.
		6. Acompanhar e participar de manutenção de campo.
		7. Avaliar a performance de equipamentos, condições de funcionamento, materiais aplicados.
		9. Executar alinhamento a laser e o balanceamento de campo.
		10. Avaliar gastos de manutenção referentes aos itens monitorados.

Fonte: adaptado de Menezes (2002, p. 69).

O diagnóstico da manutenção preditiva visa prever a deterioração, indicando precisamente onde ocorre a falha, capacitando a equipe de manutenção para atuar de forma precisa e programada. A partir do relatório de manutenção, o colaborador tem condições de programar ferramentas, tempo de execução, tempo de parada do equipamento e custo. Por outro lado, o setor de produção, em consenso com o setor de manutenção, pode se preparar para realizar outras atividades enquanto o conserto do equipamento é realizado. Embora o processo de aprendizagem de manutenção preditiva seja um pouco árduo e os resultados demorem para aparecer, essa técnica garante previsibilidade ao setor de manutenção e produção. A Figura 2.10 exemplifica um fluxograma de uma ordem de serviço da manutenção preditiva. Este fluxograma tem o objetivo de mostrar o trajeto que uma ordem de serviço preditiva precisa seguir até ser entregue ao planejamento de manutenção.

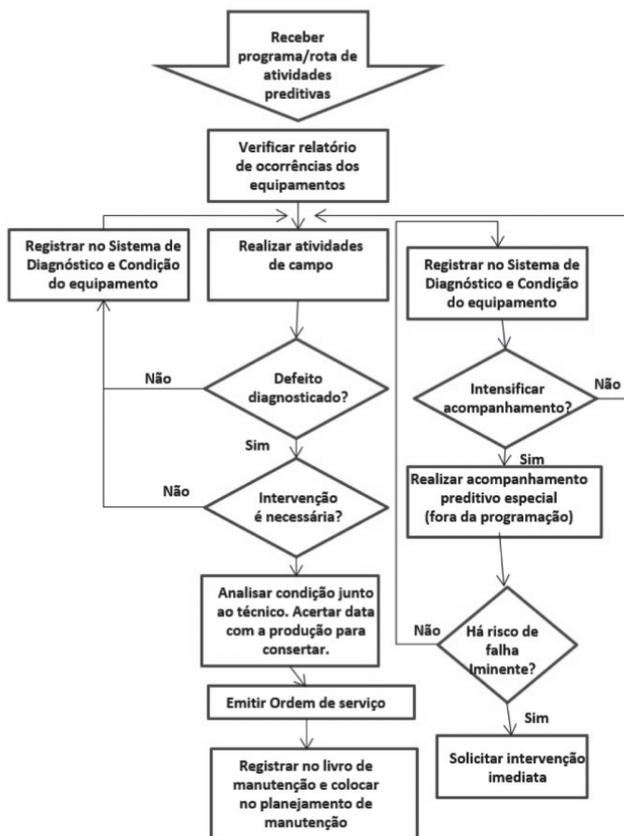


Pesquise mais

Leia este artigo a sobre custo de manutenção.

DIAS, José Mendonça; REQUEIJO, José Gomes; PUGA-LEAL, Rogério. Otimização do período de substituição preventiva de componentes em função dos custos. In: Congresso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, 8, 2007, Cusco. **Anais...** Cusco: Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa/Unidemi, 1, p. 1 - 7. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rogério_Puga-Leal/publication/238077368_OPTIMIZAO_DO_PERODO_DE_SUBSTITUIO_PREVENTIVA_DE_COMPONENTES_EM_FUNO_DOS_CUSTOS/links/0deec532cee56329f2000000.pdf>. Acesso em: 14 out. 2016.

Figura 2.10 | Fluxo da manutenção preditiva



Fonte: adaptada de Menezes (2002, p. 151).

2.3.2 Escolha dos equipamentos críticos

A definição dos equipamentos que passarão por manutenção preditiva é uma tarefa complexa, na qual aspectos aparentemente antagônicos devem ser conciliados: os mais baixos custos de manutenção com a maior disponibilidade possível. Para isso, os recursos devem ser empregados de forma otimizada e o número de intervenções deve ser o menor possível. Uma forma eficiente para selecionar qual equipamento deverá ter manutenção preditiva é a classificação da classe do equipamento conforme Quadro 2.7. Essas classes do equipamento são definidas no item 1.2 sobre gestão estratégica da manutenção.

Quadro 2.7 | Classe de criticidade dos equipamentos industriais

FATORES		CLASSE DE CRITICIDADE		
		A	B	C
CARACTERÍSTICAS		Necessidade de operar a plena capacidade, a falha do equipamento tem implicações significativas sobre o processo produtivo.	A falha do equipamento afeta parcialmente o processo produtivo, podendo comprometer a qualidade ou quantidade produzida.	A falha do equipamento não traz consequências relevantes para o processo produtivo.
ABORDAGEM		Máxima confiabilidade.	Parâmetros balanceados e custos.	Vida útil máxima, custo mínimo.
OBJETIVOS		Menor tempo possível das paralisações, inexistência de intervenções não programadas ou de emergência.	Número mínimo de intervenções não programadas ou de emergência.	Mínimo aporte de recursos da manutenção (pessoal, materiais e equipamentos).
FORMULAÇÃO DE ESTRATÉGIAS	MÉTODOS DE MANUTENÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoração rigorosa e permanente das condições operacionais e das variáveis que caracterizam o desempenho. - Preventiva baseada na condição. - Preventiva baseada em intervalos constantes, para os itens em que não seja possível a preventiva baseada na condição. - Implementação de melhoria sempre que observada uma falha e identificada sua causa, eliminando os pontos vulneráveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoração preditiva para maximização do uso dos componentes, dentro de limites que não comprometam a confiabilidade. - Preventiva baseada em intervalos constantes, conforme as características de falha. - Implementação de melhoria sempre que observada uma falha e identificada sua causa, eliminando os pontos vulneráveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoração para maximização do uso de componentes e redução do esforço da manutenção. - Corretiva planejada, quando for mais econômico reparar o equipamento após a falha.
	POLÍTICAS DE INVESTIMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Prioridade para investimentos que visem ao aumento de confiabilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prioridade para melhorias em equipamentos que apresentam maior taxa de falha. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prioridade para investimentos objetivando a redução do esforço da manutenção.
	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Análise permanente dos dados de desempenho operacional. - Análise imediata de qualquer anormalidade apresentada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise periódica das anormalidades com base no histórico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise de falhas de equipamentos que apresentem taxa de falhas elevada.
	CONFIABILIDADE	Elemento determinante na definição de estratégia de manutenção.	Possui peso relevante na estratégia de manutenção; conteúdo conjuntamente com o custo.	Importante, porém secundária em relação ao custo.
	CUSTOS	Considerado de forma secundária.	Muito importante na definição das estratégias, analisando conjuntamente com a confiabilidade.	Elemento determinante na definição da estratégia de manutenção.

Fonte: adaptada de Menezes (2002, p. 49).

Os equipamentos listados na classe A deverão possuir manutenção preditiva, pois a sua falha gera grandes danos ao processo produtivo. Verifica-se também que a escolha do equipamento que vai passar por manutenção preditiva poderá ser identificada pelo conhecimento da equipe de manutenção. Os colaboradores da manutenção possuem conhecimentos dos equipamentos, as maneiras como o equipamento falha e os sintomas de cada falha.

A aplicação da manutenção preditiva é possível quando o componente apresenta um "sintoma" que pode caracterizar o seu processo de falha. Se o equipamento não apresenta dados que possam ser monitorados, ele não poderá passar por manutenção preditiva.

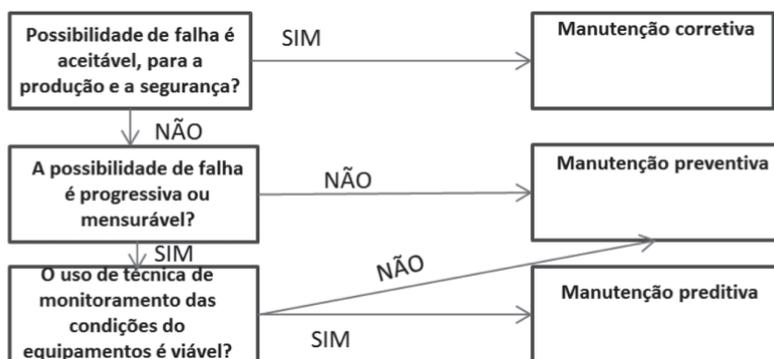


Assimile

Os principais fatores que determinam a falha dos componentes são: alteração no nível de vibração, calor, alteração de espessura, trinca e desgaste.

A Figura 2.11 exibe um diagrama que também auxilia na escolha dos equipamentos que deverão passar por manutenção preditiva.

Figura 2.11 | Escolha do equipamento que terá manutenção preditiva



Fonte: elaborada pelo autor.

Com a metodologia proposta nesse item, pretende-se criar ferramentas para que o gestor tenha condições de escolher qual equipamento será incluso no programa de manutenção preditiva. A limitação do uso da manutenção preditiva está na disponibilidade de

uma técnica efetiva de monitoramento e nos custos/benefícios da implantação desse método.

2.3.3 Definição do momento exato para troca das peças deterioradas

A técnica de manutenção preditiva permite monitorar o equipamento até que este atinja níveis de vibração, temperatura e sujidade nos lubrificantes não aceitáveis. Cada técnica de manutenção preditiva apresenta uma faixa de aceitação da variável monitorada. Quando esse limite é ultrapassado, a troca da peça deverá ser executada. No momento em que a empresa estiver consertando o equipamento, devido às falhas apresentadas nos relatórios de manutenção preditiva, ela estará realizando uma manutenção corretiva programada, sem causar problemas ao setor produtivo.

A NBR 5462 mostra quais são os parâmetros de vibração das máquinas rotativas. Portanto, o técnico de manutenção preditiva deverá captar os dados de vibração do equipamento e comparar com a norma. Por meio de técnicas de preditiva, é feito o monitoramento da condição, e a ação de correção, quando necessária, é realizada por meio de uma manutenção corretiva planejada. Intervir no equipamento representa solicitar uma parada de uso para a produção e realizar o procedimento para que esse volte a operar normalmente.

Utilizando-se da termografia, uma das técnicas de manutenção, tem-se que a temperatura identifica a quantidade de calor presente nos equipamentos. A norma NBR 15572 define os parâmetros aceitáveis de temperatura para os componentes elétricos da indústria: estando o componente acima da temperatura estabelecida pela norma, a intervenção deverá ser executada para solucionar o problema. A intervenção consiste em parar o equipamento e corrigir a falha apresentada para que esse volte a operar em níveis aceitáveis de temperatura.

A norma ISO 4406-1999 estabelece os parâmetros aceitáveis de partículas em suspensão no óleo lubrificante das máquinas. Portanto, o técnico de manutenção preditiva, ao receber o relatório de análise de óleo do laboratório contratado, deverá comparar os valores apresentados com os valores estabelecidos pela norma, e decidir pela troca ou não do óleo lubrificante.

Vale ressaltar que existem outras técnicas de manutenção preditiva e outras normas a serem seguidas. Nossa proposta neste

item é demonstrar que a manutenção preditiva é a primeira grande quebra de paradigma na manutenção. Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos por meio de acompanhamento de parâmetros diversos. A intervenção no equipamento pode ser de ordem mecânica, elétrica ou eletrônica; quando o grau de degradação se aproxima do limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de programar uma manutenção corretiva. A manutenção preditiva prediz as condições dos equipamentos, e quando a intervenção é decidida, o que se faz, na realidade, é uma manutenção corretiva planejada.

2.3.4 Programa de marketing da manutenção preditiva

A palavra marketing surgiu após a Segunda Guerra Mundial, como efeito da disseminação da produção em massa. Abrange, segundo definição da Associação Americana de Marketing, todas as atividades que envolvem fluxo de bens e serviços entre produtor e consumidor. É o conjunto de atividades sistemáticas de uma organização humana (empresa) voltadas à busca de realização de trocas para com seu meio ambiente (outras empresas), visando benefícios específicos. Adaptando esse conceito de marketing à realidade da manutenção preditiva, esta ferramenta pode ser usada pela manutenção para a promoção do setor, com o objetivo de exibir que não é apenas um setor que gera despesas, mas sim um setor que, com o uso de novos métodos de gestão, reduz custos, aumenta a disponibilidade, confiabilidade, motiva pessoas e transforma o setor produtivo.



Exemplificando

O marketing é muito importante, e determinadas empresas gastam milhões em propaganda para mostrar os seus produtos e exibir a sua qualidade. Quando uma empresa não investe em marketing, automaticamente seu faturamento diminui.

Quando se introduz a manutenção preditiva em uma empresa, cria-se grande expectativa pelos resultados que podem ser obtidos. Entretanto, os resultados alcançados com essa técnica de manutenção aparecem a médio e a longo prazo. Diante do exposto, percebemos que as estratégias de marketing devem acompanhar a implantação do programa de manutenção preditiva

após a fase de seu desenvolvimento, descrevendo os resultados obtidos. Portanto, o marketing sobre a implantação da manutenção preditiva é importante para evitar que tanto a equipe de manutenção quanto a equipe de produção percam a credibilidade nessa técnica de manutenção. A gestão tem a função de exibir os resultados obtidos e apresentá-los. À medida que os resultados positivos são apresentados, o setor de manutenção começa a adquirir confiança e a explorar mais a técnica. Como consequência, o setor de produção passa a valorizar mais o setor de manutenção como um parceiro de trabalho que produz resultados confiáveis.

Cabe aos gestores do setor de manutenção mostrar os resultados da manutenção preditiva, por exemplo: a quantidade de óleo que não foi trocada devido à análise de óleo, que demonstrou que este ainda poderia continuar em operação na máquina, evitando assim a compra desnecessária de óleo para reposição. Outros resultados que comprovam a eficiência e a eficácia do programa de manutenção preditiva devem ser exibidos pelo setor de manutenção, pois assim esse programa ganha força e credibilidade na empresa.



Vocabulário

Competitividade: capacidade de uma empresa ou de uma nação de oferecer produtos e serviços que atendam às normas de qualidade dos mercados locais e mundiais a preços competitivos, proporcionando retornos adequados sobre os recursos empregados ou consumidos na sua produção (MARIOTTO, 1991).

Planejamento estratégico:

é um processo contínuo de, sistematicamente e com o maior conhecimento possível do futuro contido, tomar decisões atuais que envolvam riscos; organizar sistematicamente as atividades necessárias à execução destas decisões e, através de uma retroalimentação organizada e sistemática, medir o resultado dessas decisões em confronto com as expectativas alimentadas" (DRUCKER, 1984, p. 25).



Sem medo de errar

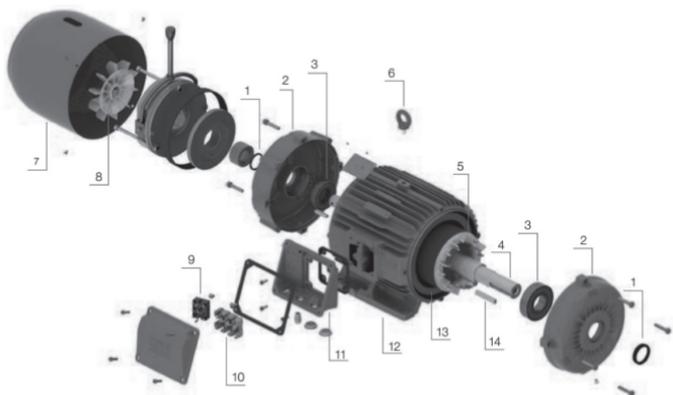
Na empresa de laticínios, temos uma centrífuga da empresa GEA, modelo Standomat WC, que é usada na separação da parte sólida do soro do leite, como ilustra a Figura 2.12. Nessa centrífuga ocorre a retirada de gordura do leite, que é usada para fazer o creme de leite. Os valores de nível global de vibração mostraram que o estado era aceitável em 15 de janeiro de 2016, conforme DIN-4150. Em 24 de outubro de 2016, os níveis de vibração do rolamento mostraram que o valor alarme foi ultrapassado. Na Figura 2.13 temos um desenho esquemático do motor aberto, com os rolamentos. Você, como engenheiro responsável do setor, deverá programar a manutenção preditiva, explicando por que a centrífuga foi escolhida para essa manutenção, além de realizar um relatório técnico explicando a solução.

Figura 2.12 | Modelo de centrífuga da empresa GEA modelo Standomat WC



Fonte: <http://guialat.com.br/conteudo/produtos_detalhes.asp?Codprodutos_recebe=2273>. Acesso em: 15 out. 2016.

Figura 2.13 | Principais componentes do motor



1	Vedação	8	Ventilador
2	Tampa	9	Ponte retificadora
3	Rolamento	10	Placa de bornes
4	Eixo	11	Caixa de ligação
5	Rotor	12	Carcaça
6	Olhal de içamento	13	Estator
7	Tampa defletora	14	Chaveta

Fonte: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motofreio-catalogo-tecnico-50048538-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2016.

Resolução da situação-problema

1º. Você deverá mostrar para a produção que a centrífuga precisa passar por manutenção, pois os níveis de vibração foram ultrapassados de acordo com a norma DIN-4150.

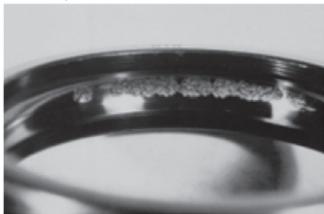
2º. A centrífuga foi escolhida para passar por análise de vibração porque é um equipamento de criticidade nível A, conforme Quadro 2.7, que mostra a classe de criticidade dos equipamentos industriais.

3º. Programar a manutenção do equipamento, passando para a manutenção a seguinte informação:

- Tempo de máquina parada: 48 horas.
- Número de mecânicos: 3 técnicos.
- Peças a serem trocadas: rolamentos do motor.

4º. Elaboração do relatório técnico conforme Figura 2.14.

Figura 2.14 | Relatório técnico do defeito apresentado na centrífuga

Título	Data	Número da OS	Página 1	
Análise de vibração da centrífuga	24/10/2016	2 5	1	
<p>Foto da pista do rolamento danificado</p>  <p>Fonte: elaborado pelo autor.</p>				
<p>Problema: dano da pista interna do rolamento provocado pela vibração transmitida das outras máquinas. Como esse equipamento ficou parado a maior parte do tempo, a vibração fez com que os roletes atuassem batendo como martelete nas pistas do rolamento conforme figura, a solução é trocar os rolamentos.</p>				
<p>Solução: Trocar o rolamento. Rever o procedimento de lubrificação. Manejar o rolamento adequadamente. Inspeção periodicamente o lubrificante.</p>				
Responsável	Data	Início	Fim	Total
Observação:				

Fonte: elaborada pelo autor.

Avançando na prática

Desenvolvimento de uma rotina de manutenção preditiva

Descrição da situação-problema

A empresa de laticínios está desenvolvendo uma rotina de manutenção há aproximadamente um ano. Você, aluno, como engenheiro responsável pelo setor, deverá elaborar uma planilha de lubrificação para duas bombas d'água, um compressor e uma peneira vibratória. A peneira vibratória tem a função de retirar sujeira das frutas que são usadas na fabricação de iogurte. Você deverá colocar nessa planilha o tipo de manutenção preditiva ao qual cada equipamento estará sujeito.

Resolução da situação-problema

Visando estabelecer uma rotina de inspeção nos equipamentos citados, sugere-se a elaboração de uma planilha contendo: localização do equipamento, descrição da atividade, tipo de lubrificante a ser usado e a qual manutenção preditiva o equipamento estará sujeito.

Quadro 2.8 | Planilha de lubrificação e periodicidade de manutenção preditiva

Planilha de lubrificação e periodicidade de manutenção preditiva						
TAG	EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO DO LUBRIFICANTE	PERIODICIDADE	TÉCNICA PREDITIVA	PERIODICIDADE
EVDL-B0011	Bomba de água do envase do doce de leite	Verificar nível de óleo	Óleo A	Quinzenal	Análise vibração	Bimestral
EVDL-B0012	Bomba de água do envase do doce de leite	Verificar nível de óleo	Óleo A	Quinzenal	Análise vibração	Bimestral
E VLC-C004	Compressor do envase do leite condensado	Verificar nível de óleo	Óleo A	Quinzenal	Análise vibração e termografia	Mensal
ALF-P001	Alimentação de frutas peneira vibratória	Lubrificar mancal	Graxa Z	Semanal	Análise vibração e termografia nos mancais	

Fonte: elaborado pelo autor.



Faça você mesmo

Observe o consumo de combustível do seu carro, veja se ele está dentro de uma faixa permitida para esse modelo. Se não estiver, tente entender as causas do consumo exagerado de combustível e efetue a manutenção no seu carro, para que este volte à condição ideal de operação.

Faça valer a pena

1. A Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN) desenvolveu o Programa Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoal na Área de Manutenção, em parceria com o SENAI, criado para induzir à melhoria da qualidade e produtividade dos serviços de manutenção no país, por meio da certificação de profissionais da área. Comissões técnicas são formadas por técnicos e especialistas de diversos setores da economia nacional, com o intuito de elaborar normas técnicas e as questões que nortearão os exames de qualificação. Dessa forma, a certificação com base nos

requisitos adotados aplica-se aos mais diversos segmentos industriais e de serviços.

Organizações como a ABRAMAN e o SENAI trazem para o setor de manutenção grandes benefícios, como:

- a) Diminuição da competitividade entre empresas, pois a troca de informações técnicas entre empresas desenvolve o setor de manutenção, tornando todas as empresas iguais nesse item.
- b) Troca de informações técnicas que garantem o aprimoramento e o crescimento do setor de manutenção das empresas brasileiras.
- c) Aumento do custo de manutenção nas empresas.
- d) Aumento do tempo médio de reparo das máquinas, pois os mecânicos serão mais capacitados para resolver os problemas propostos.
- e) Diminuição do tempo médio entre falhas, pois os mecânicos mais capacitados conseguem desenvolver técnicas de manutenção que garantem a maior vida útil do equipamento.

2. A manutenção preditiva visa monitorar um equipamento com o objetivo de detectar uma falha no seu estágio inicial. Para esse tipo de manutenção se exige do técnico um conhecimento maior sobre o funcionamento do equipamento atrelado a recursos técnicos para detectar as falhas em seu estágio inicial. Os mecânicos deixam de ser meros trocadores de peças, tornando-se profissionais altamente qualificados.

A manutenção preditiva tem sido reconhecida como uma técnica eficaz. Com ela, os funcionários da área passam a conviver rotineiramente com técnicas e ferramentas que possibilitam detectar previamente os problemas. Marque a alternativa que apresenta essa característica:

- a) O diagnóstico da manutenção preditiva é preciso, ele indica onde é a falha, isso capacita a manutenção mecânica a atuar de forma precisa e programada.
- b) A manutenção preditiva deverá atuar de forma rápida e sem programação, isso vai dar credibilidade à nova estratégia de manutenção.
- c) Os resultados da manutenção preditiva não demoram a aparecer, essa técnica de manutenção garante previsibilidade ao setor de manutenção e produção.
- d) A manutenção preditiva atua na coleta de dados, sem necessidade de analisar se o equipamento precisa de alguma troca de peças.
- e) Caso os parâmetros de funcionamento das máquinas se mantenham os mesmos, é preciso intervir no equipamento.

3. A manutenção é uma atividade de importância estratégica nas empresas, pois deve garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e custos adequados. Entender cada tipo de manutenção e aplicar o mais adequado, corretamente, é um fator de otimização da empresa e lucro ou sobrevivência desta. A adoção da manutenção preditiva proporciona detalhamento de itens específicos, como o controle e manutenção da qualidade do produto final que é gerado naquele equipamento ou instalação, bem como redução significativa de insumos descartados no meio ambiente.

Os equipamentos que deverão possuir manutenção preditiva precisam ser listados, pois a sua falha gera grandes danos ao processo produtivo. Verifica-se também que a escolha do equipamento que vai passar por manutenção preditiva poderá ser identificada pelo conhecimento da equipe de manutenção. Marque a alternativa que aponta a limitação dessa técnica:

- a) A técnica pode ser implantada na causa do problema de determinado equipamento sem planejamento prévio.
- b) O uso da manutenção preditiva é uma técnica efetiva de monitoramento que traz um retorno imediato para empresas.
- c) Em qualquer tipo de equipamento é possível aplicar a técnica de manutenção preditiva.
- d) Se o equipamento não necessita ser monitorado, tem-se que o equipamento poderá passar por manutenção preditiva.
- e) A limitação do uso da manutenção preditiva está na disponibilidade de uma técnica efetiva de monitoramento e nos custos/benefícios da implantação desse método.

Referências

- ALLIANZ. **Handbuch der Schadenverhütung**. Berlin: VDI, 1984.
- BERNARDES, Vicente. **Manual da manutenção industrial**. Itabira: Letragráfica Editora Ltda., 2002. 220 p.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina**: do trabalho do dia-a-dia. 7. ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1994. 256 p.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade**: conceitos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2010. 235 p.
- DRUCKER, P. **Introdução à administração**. São Paulo: Pioneira, 1984.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013. 440 p.
- MARIOTTO, F. L. O conceito de competitividade da empresa: uma análise crítica. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 37-52, abr./jun. 1991. Disponível em: <<http://rae.fgv.br/rae/vol31-num2-1991/conceito-competitividade-empresa-analise-critica>>. Acesso em: 13 nov. 2015.
- MENEZES, Ivan Montenegro de; ALMEIDA, Magnus de Lellis. **Manual da manutenção industrial**. Itabira: Complexo Minerador de Itabira, 2002. 225 p.
- MENEZES, Ivan Montenegro de. **Manual da manutenção industrial**. Itabira: Letragráfica Editora Ltda., 2002. 220 p.
- PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de manutenção**: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011. 228 p.
- VIANA, Hebert Ricardo Garcia et al. **PCM, Planejamento e controle da manutenção**. 2. ed. Rio Janeiro: Qualitymark, 2002. 196 p.
- XAVIER, Nepomuceno Lauro. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1989. 498 p.

Organização da gestão da manutenção

Convite ao estudo

Prezado aluno, na primeira unidade deste livro didático, dedicada à introdução da manutenção, você estudou definições básicas, a evolução, as interfaces, os conceitos de manutenção industrial, assim como os diferentes tipos de manutenção: corretiva, preventiva, preditiva e autônoma. Foram abordados, também, conceitos modernos na sistematização, na gestão estratégica da manutenção, na medição do desempenho comparativo de processos e políticas praticadas na estruturação da gestão dos recursos humanos e materiais.

Na segunda unidade deste livro didático, foram apresentados os tipos de manutenção, em que foram estudadas mais detalhadamente as manutenções preditiva, detectiva, proativa e sob condição, suportadas na análise de lubrificantes, no monitoramento de vibração, da temperatura, na identificação de falhas potenciais, equipamentos críticos, programação das atividades preditivas e sob condição na determinação da substituição de componentes perto do final da vida, sem a ocorrência de falha.

Nesta unidade abordaremos a organização da gestão da manutenção. Estudaremos, portanto, o planejamento e controle da manutenção, os fatores que definem as estratégias de manutenção, a estrutura organizacional a ser adotada nas paradas programadas de manutenção, os fatores que compõem os custos e os indicadores utilizados após as grandes paradas.

O principal objetivo desta unidade é subsidiá-lo com conhecimento sobre os fatores estratégicos, estrutura organizacional, custos e indicadores aplicados ao planejamento

e controle da manutenção, para que você possa solucionar as situações-problema propostas ao longo desta unidade.

Os conceitos adquiridos nesta unidade serão utilizados na proposição e estruturação do Planejamento e Controle da Manutenção para a empresa de laticínios. A justificativa e o sucesso de uma proposição desse porte demandarão de você, enquanto profissional da área de manutenção, desenvolvimento de competência e atitude de liderança.

Ao término desta unidade, você estará apto a estudar aspectos operacionais e de manutenção de empresas com perfil operacional e organizacional semelhante à planta de processamento de leite, principalmente quanto a necessidades e práticas de manutenção, elaboração de planejamento, estruturação das estratégias de manutenção, controle de custo e geração dos indicadores de desempenho do planejamento e controle da manutenção.

Seção 3.1

Planejamento e controle da manutenção

Diálogo aberto

Caro aluno, o planejamento e controle da manutenção é o ponto inicial onde serão aplicados os conceitos até o momento estudados. Na gestão da manutenção, a grande totalidade das atividades, ações e intervenções de manutenção demanda a parada da instalação, dos equipamentos, isto é, o fluxo de produção pode ser interrompido por determinado tempo até que o reparo seja realizado e os equipamentos sejam liberados, retornando ao processo fabril regular. A decisão pela parada do processo fabril pode envolver diversas áreas da organização, sendo as principais: a área responsável pela programação e controle da produção, a área de produção e a área comercial, pois todo o processo produtivo será impactado.

Resumindo, quando um equipamento apresenta funcionamento ou desempenho fora de suas características, das especificações e do projeto do fabricante, existe a necessidade de ações de manutenção, pois é possível que esteja funcionando em condições anormais, com produtividade (e qualidade) abaixo da programada, com riscos de agravamento do problema. Conseqüentemente, isso pode resultar em maior tempo e maior custo de reparo, bem como em potenciais riscos de acidente de trabalho.

Situações como essas descritas ocorrem com certa frequência nos mais diversos segmentos industriais. Portanto, você, enquanto profissional da área de manutenção, desenvolverá a proposição e estruturação do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), adequado às necessidades da planta de processamento de leite da de laticínios, ponderando os fatores a considerar para justificar a estratégia de manutenção. Qual é a melhor estrutura organizacional? Como devem ser realizadas as paradas? Que indicadores devem ser propostos para avaliar os custos de manutenção, a disponibilidade dos equipamentos e a capacidade de processamento da planta?

Ao término desta seção, você estará apto a elaborar um relatório técnico para a administração da empresa explicitando as vantagens da adoção do planejamento e controle de manutenção, indicando

também os potenciais ganhos e as justificativas dos investimentos na estrutura da área de manutenção.

Não pode faltar

Fatores que definem as estratégias de manutenção

O sucesso da estratégia de manutenção industrial adotada depende das ferramentas organizacionais, das técnicas de planejamento, do sistema de gerenciamento, da correta definição dos medidores de qualidade, da formação, da capacitação e do treinamento dos profissionais da área de manutenção.

A correta estratégia resulta na política e estrutura da manutenção industrial do processo produtivo e subprocessos. Na política e na estrutura, considere informações e orientações do fabricante dos equipamentos, manuais de instalação, operação, manutenção, de suporte e assistência técnica. A prática da operação e manutenção fornece mais conhecimento e aspectos significativos a serem adicionados nas práticas de manutenção do equipamento.



Assimile

Aspectos de manutenção devem ser considerados no processo de seleção e na decisão de compra de um equipamento, pois os custos de operação e manutenção podem ser tão elevados que não justifiquem o baixo investimento inicial de aquisição.

Características específicas do equipamento e componentes são importantes para antecipar ocorrências potenciais, modo da falha, vida útil, tempo médio entre falhas e para definir intervalos de inspeções e paradas programadas. O registro das ocorrências de parada, de inspeção e de reparo é fundamental na composição dos indicadores de manutenção.

Sistemas de bloqueio, de proteção, barreiras mecânicas, elétricas, eletrônicas, redutor de ruído, vibração, meio ambiente e exigências legais são fatores importantes de segurança na operação e manutenção do equipamento.



Exemplificando

Registros na ocorrência de manutenção: falha, recursos utilizados, tempo de detecção da falha e parada do processo, tempo de reparo e indisponibilidade.

Retomando os conceitos já estudados, a manutenção corretiva simples é aquela em que primeiro ocorre a falha para depois ser adotada a ação corretiva, sendo justificada para as ocorrências imprevisíveis, quando custo e impacto na produção são irrelevantes, sendo qualquer outra estratégia mais dispendiosa.

A manutenção preventiva periódica, uma evolução da corretiva simples, é um tipo de manutenção em que as paradas programadas são planejadas com o planejamento e controle da produção, para evitar a falha inesperada, e as atividades de manutenção são programadas e previsíveis.

A manutenção preditiva é outra estratégia cuja inspeção ou substituição de componente é planejada conforme o monitoramento das condições operacionais, com o objetivo de utilizar o máximo da vida útil do componente, sem que ocorram falhas e acidentes.



Refleta

As áreas financeira, de produção e manutenção podem questionar os custos e as despesas na manutenção dos ativos, pois estão todas focadas em aumentar ganhos. Quais possíveis conflitos podem ocorrer entre essas áreas? Como justificar a manutenção do ponto de vista financeiro e produtivo?

Estrutura organizacional de paradas programadas

Diferentemente da manutenção industrial, em que o foco são máquinas e equipamentos, a parada programada de manutenção é praticada nas indústrias de processo contínuo. As atividades de manutenção são realizadas em paradas sazonais, nos períodos de entressafra, como nas usinas de açúcar, etanol, energia, indústrias

de produção de suco de fruta, óleo e farelo de soja etc. As indústrias de processo químico, petroquímico e refinaria de petróleo operam em campanhas que variam de 3 a 5 anos. As paradas de manutenção são programadas e planejadas, sendo que nesses períodos não há produção, a planta é paralisada, e toda a manutenção deve ocorrer nessa parada programada, com elevado grau de planejamento, de qualidade e confiabilidade, para mais uma campanha de 3 a 5 anos.

A parada programada é conduzida como um projeto: as atividades são temporárias, em grupo, produtos, serviços ou resultados únicos, segundo o *Project Management Institute* (PMI). Utiliza-se uma estrutura organizacional dedicada, em função da extensão da parada, recursos disponíveis e especialidades. A parada programada pode ser organizada na forma hierárquica, também denominada tradicional ou matricial (STONNER, 2013). As estruturas hierárquicas e as matriciais apresentam características específicas, as quais podem ser consideradas na decisão sobre qual delas adotar na fase de planejamento da parada programada.



Refleta

Planejamento, execução e controle da manutenção e da produção devem ser tratados conjuntamente, pois são interdependentes. A disponibilidade do equipamento é o ponto comum a ser equacionado: para a operação, significa um equipamento pronto para produzir; para a manutenção, significa um equipamento parado para inspeções, reparos, lubrificação, a fim de garantir suas condições operacionais.

A parada programada demanda atenção especial quanto ao local ou site da realização física da manutenção, ao layout e à estrutura da parada, segundo Stonner (2013), pois nas plantas coexistem várias linhas de produção, e a parada pode ocorrer em uma linha de produção, mantendo outras linhas em operação, o que necessita layout detalhado, áreas livres para armazenamento, para equipamentos auxiliares, rotas alternativas para materiais e manobra, além de equipamento de içamento. Também é necessária atenção aos canais de comunicação, ao fluxo de informação na solução de conflitos e agilidade na tomada de decisões. Portanto, é de suma importância gerenciar interfaces das diferentes especialidades: compartilhamento de espaços, recursos de trabalho, movimentação e içamento de carga, assim como antecipar possíveis interferências nas atividades e na utilização dos recursos.



Exemplificando

As interfaces mais comuns nas paradas programadas e na execução dos serviços são: instalação e montagem de motores e bombas, bombas e tubulação; aplicação de isolamento e pintura; tubulação, pintura e isolamento; serviço de caldeiraria e aplicação de isolamento (térmico); operação e manutenção (parada e partida da planta); montagem de campo e fornecedores (oficinas).

No planejamento da parada, é importante identificar as principais atividades, apresentadas na sequência de ocorrência: análise dos relatórios gerados na parada programada anterior; listagem preliminar dos serviços a serem utilizados e contratados; listagem de aquisição dos materiais de maior impacto (quantidade x custo x tempo de entrega); identificação e definição dos grandes projetos; proposição do macroplanejamento; definição da estratégia de contratação – materiais e serviços; contratação dos serviços; lista consolidada dos serviços; planejamento detalhado; inspeção de pré-parada; montagem da infraestrutura; e execução da manutenção programada.

É importante destacar que os bons resultados serão alcançados por meio do mérito dos profissionais e equipes que estudam e planejam de forma consistente e organizada, resultando no sucesso das boas práticas na organização e na estrutura da manutenção.



Pesquise mais

Pesquise os detalhes da forma de relacionamento entre as áreas, comparando as estruturas hierárquicas e matriciais em:

STONNER, R. **O Planejamento de uma Parada de Manutenção – Parte 1**. 2013. Disponível em: <<http://blogtek.com.br/o-planejamento-de-uma-parada-de-manutencao-parte-1/>>. Acesso em: 20 out. 2016.

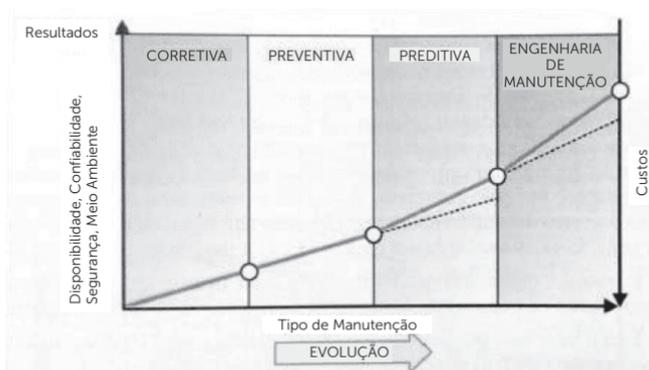
Custo da manutenção

A gestão de custo na manutenção de equipamento ou instalação exige muita atenção, não tolerando o descaso, a negligência. Nota-se que, sem previsão e controle, a tendência é que sejam atingidos níveis irreversíveis, não mais justificando a manutenção e a recuperação,

restando apenas o descarte, o que gera mais custo e investimento na reposição. Os custos de manutenção são compostos pela somatória dos valores dos materiais, dos insumos, do efetivo (homem-horas), do estoque e das horas de indisponibilidade do equipamento e da linha.

A Figura 3.1 apresenta o gráfico da relação da disponibilidade, da confiabilidade e do custo com as diferentes práticas de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva) e a aplicação da engenharia de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2009).

Figura 3.1 | Gráfico da disponibilidade, confiabilidade e custo versus tipo de manutenção



Fonte: Kardec e Nascif (2009).

Os gestores do planejamento e controle da manutenção são responsáveis por justificar os investimentos em manutenção em função da disponibilidade do equipamento ou instalação, evitando as paradas não programadas por falhas, a fim de que o planejamento da produção não seja afetado no que corresponde à entrega do produto ao cliente final (VERRI, 2007).

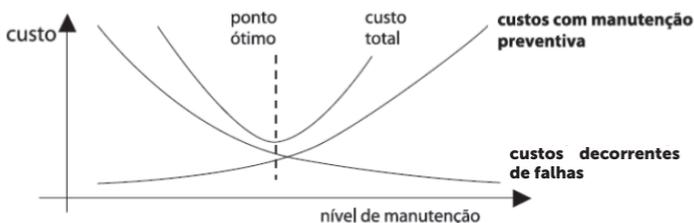
Um parâmetro indicativo é o custo de manutenção por faturamento, que é a razão do custo total da manutenção pelo faturamento bruto da organização, que é da ordem de 4,69% na indústria, conforme ABRAMAN (2013). Para equipamentos de maior valor, que são importantes no fluxo produtivo, o parâmetro é o custo de manutenção por valor de reposição (CPMV), obtido pela razão do custo total de manutenção pelo valor de compra do equipamento (VIANA, 2006).

A gestão da manutenção tem como responsabilidades básicas aumentar a disponibilidade dos equipamentos, atuar na administração dos custos e alocação de recursos de manutenção, estabelecer plano de manutenção efetivo que atenda certificações,

normas de SMS (Segurança, Meio ambiente e Saúde), garantindo e assegurando o lucro (GURSKI; RODRIGUES, 2008).

A Figura 3.2, que ilustra a curva do custo total, representa a soma do custo da manutenção preventiva e o custo das falhas. A relação entre os custos da manutenção preventiva e das falhas é inversamente proporcional, pois elevar os custos em prevenção resulta na redução dos custos de falha. A melhor relação custo de manutenção por falhas é o ponto ótimo, ponto de intersecção das linhas de custos (MARCORIN; LIMA, 2003).

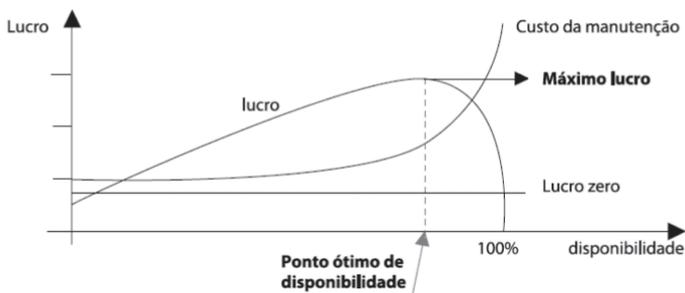
Figura 3.2 | Gráfico do custo versus nível de manutenção



Fonte: Mirshawa e Olmedo apud Marcorin e Lima (2003).

A Figura 3.3 apresenta o gráfico lucratividade *versus* disponibilidade. Um incremento nos custos da manutenção resulta em aumento da disponibilidade até se atingir um ponto de equilíbrio, o que significa que atingir disponibilidade total (100%) não é justificável, pois os custos elevam-se expressivamente (MARCORIN; LIMA, 2003).

Figura 3.3 | Gráfico da lucratividade *versus* disponibilidade



Fonte: Murty e Naikan apud Marcorin e Lima (2003).

Indicadores de manutenção após grandes paradas

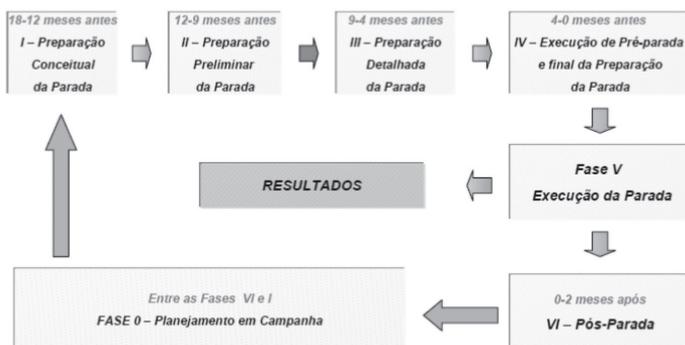
Os indicadores gerais e específicos das áreas e dos processos internos das organizações demonstram os resultados obtidos por meio da estrutura organizacional e das ações de seus profissionais.

Esses indicadores demonstram quais práticas ou processos já atingiram o padrão estabelecido e destacam quais ações de melhoria contínua necessitam ser priorizadas. A identificação de necessidades e oportunidades é fundamental para o sucesso competitivo das organizações. Esses indicadores, aplicados às atividades de manutenção industrial, são a base da decisão pela aprovação da melhoria ou do desenvolvimento proposto a uma necessidade ou de aumento da disponibilidade ou da redução do custo de manutenção.

As indústrias de processo contínuo, como as grandes plantas químicas, petroquímicas e refinarias, operam por seguidos anos, período denominado campanha, sendo a operação interrompida nas paradas programadas de manutenção. As paradas programadas são eventos únicos, de porte significativo na vida da planta, diferentes umas das outras, geridas como um empreendimento, com base nas diretrizes do PMI para a gestão de projetos. Essa parada entre uma campanha e outra é diferenciada, pois não é uma atividade produtiva, sendo uma atividade fim da planta, que, embora seja necessária, tem objetivos específicos para acontecer em determinado prazo, utilizando novas tecnologias por meio de diferentes equipes, especialistas e gestores.

O planejamento das paradas programadas da planta é realizado com grande antecedência, sendo constituído de sete fases sequenciadas, conforme arranjo apresentado na Figura 3.4, que apresenta uma aplicação típica em refinarias de petróleo, conceito que pode ser adotado em qualquer indústria, desde que sejam mantidas as devidas proporções (SANTOS; MELO, 2004).

Figura 3.4 | Fases do planejamento de paradas



Fonte: Santos e Melo (2004).

Nas indústrias cuja operação é idêntica ou próxima à de uma indústria de processo contínuo, como em uma refinaria, podemos utilizar o indicador denominado IPP - Indicador da Qualidade do Processo Parada Programada” (SANTOS; MELO, 2004), proposto para avaliar a eficácia do planejamento de parada programada, com o objetivo de maximizar resultados das paradas das unidades de processo, de melhorar a preparação e antecipar o planejamento, considerando as normas de qualidade, planos de SMS e responsabilidade social.

O indicador IPP resulta na avaliação do atendimento de todas as atividades realizadas nas fases de 0 (zero) a VI, relativas às metas previstas nos indicadores:

- Acidentes com afastamento na parada;
- Frequência de acidentes sem afastamentos na parada;
- Custos da parada;
- Implantação de certificação de pessoal;
- Unidades de Alta Performance (UAP), que é uma unidade de referência comparativa, relativamente à campanha e à parada programada;
- Atendimento aos prazos;
- Atendimento ao plano de paradas da organização.



Exemplificando

Para que possamos fixar o conceito de planejamento e controle da manutenção, vamos pensar em nossos bens como veículos, residência ou algum equipamento utilizado para desenvolver sua atividade. A utilização dos bens resulta em seu desgaste natural, sendo necessária nossa atenção para realizar os pequenos reparos. Para isso, planejamos quando e como executá-los, além de quanto irão custar. Se nada fizermos, existem dois riscos: ocorrer uma falha inesperada ou os custos de reparo serem maiores.

Um exemplo básico é o desgaste dos pneus de um carro. Para que possam ter uma vida longa, é necessário planejar e realizar o rodízio, o balanceamento, o alinhamento, a calibração, além do cuidado ao dirigir. Todas essas ações são preventivas para que tenhamos o mesmo pneu por mais tempo (maior disponibilidade), com desgaste natural e menor consumo de combustível, resultando em menor custo por quilômetro rodado.

Agora que os estudos do conteúdo teórico foram finalizados, vamos avançar e colocar em prática os conhecimentos adquiridos, com o intuito de medir qual foi seu desenvolvimento nesta unidade de planejamento e controle da manutenção.



Vocabulário

Enterprise Asset Management (EAM): Gestão de Ativos Empresariais.

Layout: é um esboço que mostra a distribuição física e o tamanho de elementos em determinado espaço.

Overall Equipment Effectiveness (OEE): Eficiência Global dos Equipamentos.

Reliability Centred Maintenance (RCM): Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Site: endereço virtual utilizado pela internet para comunicação comercial ou pessoal.

Total Preventive Maintenance (TPM): Manutenção Preventiva Total.

Sem medo de errar

Prezado aluno, vamos vivenciar nosso aprendizado com base em todo o conteúdo apresentado nesta unidade e nas anteriores, na operação e nas necessidades da empresa de laticínios, partindo da seguinte Situação-Problema:

Você está iniciando suas atividades profissionais na área de manutenção, e a você foi solicitada uma proposta de projeto para a implantação do planejamento e controle da manutenção das linhas de processo de leite, com o objetivo de reduzir as paradas e a indisponibilidade de máquinas e equipamento, além de atender à demanda crescente, sem, investimento em novos equipamentos.

Roteiro de Solução:

Um projeto dessa natureza envolve profissionais de diversas áreas, e você deve estar preparado para utilizar todo o seu conhecimento e suas competências de liderança, pois depende da colaboração de todos.

Primeiramente, elabore o fluxograma e *layout* dos processos da planta; pesquise quais são os equipamentos, qual é a capacidade e o ciclo operacional de cada um, quantos estão disponíveis na linha de processo, quais são suas características, o que será obtido consultando os manuais dos fabricantes. Como referência, consulte o link: <<http://www.didatech.com.br/alimentos/>>. Acesso em: 7 nov. 2016.

Finalizado o fluxograma, e de posse da capacidade dos equipamentos, dimensione o balanço de massa, a capacidade horária de cada um dos equipamentos no processo e analise se há restrição ou disponibilidade no processo. É importante que cada linha de processo esteja balanceada, para que os equipamentos operem na capacidade nominal, não operando acima da capacidade especificada. Ao finalizar o balanço de massa, já poderá identificar alguns fatores importantes para definir a estratégia de manutenção e quais tipos de manutenção (corretiva, preventiva ou preditiva) podem ser adotados.

Faça reuniões com as áreas de produção, planejamento e controle da produção, manutenção, contabilidade e comercial para discutir, coletar dados, informações, opiniões e identificar os fatores que definirão as estratégias de manutenção. Durante essas reuniões, é importante discutir como será estruturada a área de planejamento e controle da manutenção, a matriz de responsabilidade, apontamento e contabilização dos custos e quais indicadores deverão ser apresentados.

Quanto à estrutura organizacional da área de manutenção, do planejamento e controle, é fundamental avaliar a adoção da estrutura matricial, em função das vantagens que apresenta em relação à hierárquica, bem como na obtenção do comprometimento das áreas na implantação e no desenvolvimento das funções, compartilhando responsabilidades e benefícios na gestão da manutenção.

As paradas de manutenção devem ser organizadas e lideradas pela área de planejamento e controle da manutenção, com a participação das demais áreas, para definir o melhor período para realizar a parada, de menor disponibilidade de matéria-prima, no caso, o leite, ou de menor demanda de mercado; opções como operação parcial das linhas para permitir a parada de manutenção, identificar os equipamentos críticos no processo, para justificar a instalação de equipamento reserva (*backup*).

Quanto aos indicadores de desempenho, é importante identificar os que mais refletem a realidade da organização, aqueles que demonstram qual tem sido a efetividade da nova estratégia de manutenção. Um bom indicador é a capacidade volumétrica de leite processado diariamente, relativamente à capacidade nominal de processo da planta, que foi determinada no balanço de massa já dimensionado. Segue sugestão de planilha de coleta de dados e apresentação do indicador.

Tabela 3.1 | Coleta de dados

Indicador - 2016 Capacidade de processamento			
Referência		200.000	[Litros/dia]
Data	Volume processado	Índice	Obs.: indicar os motivos para índices mais significativos.
20/11	198.000	0,99	
21/11	201.600	1,01	
22/11	199.000	1,00	
23/11	189.000	0,95	Reparo quadro elétrico
24/11	198.650	0,99	
25/11	200.500	1,00	

Fonte: elaborada pelo autor.

Outros indicadores devem ser considerados: tempo de disponibilidade dos equipamentos, frequência dos tipos de manutenção utilizados, custo da manutenção em relação ao faturamento, índice de falha e outros que forem definidos como mais importantes.



Atenção

Como planejar a manutenção dos equipamentos de processo do leite em função de pico diário, da semana, do mês e do ano? Considere os equipamentos críticos do processo incluindo pesagem e controle de qualidade da amostragem na recepção do leite, descarga, filtragem, homogeneização, tratamento térmico de pasteurização, tanques de refrigeração, envase, embalagem, armazenagem e embarque do produto.

Manutenção na indústria de processamento de laranja para extração de suco

Descrição da situação-problema

O suco é extraído no período da safra de laranja, em que a moagem, iniciada em junho, atinge seu pico em novembro e é encerrada em janeiro; diferentemente do leite, com produção no ano todo, no período seco, ocorre redução no volume produzido. Suco natural e o concentrado são os principais produtos do processo da laranja.

O fluxo produtivo do concentrado é o mais complexo, pois utiliza equipamentos como: balança rodoviária, rampa hidráulica de descarga, correia transportadora de descarga, elevador de canecas, correia transportadora de alimentação, células de armazenamento de fruta, correia de descarga, elevador de canecas de alimentação do silo de equilíbrio, silo de equilíbrio, lavadora de escovas para fruta, mesa de escolha, classificador de fruta, transportador de correia de alimentação das extratoras, extratoras de suco, filtro rotativo, centrífugas, evaporadores, tanques de armazenagem e refrigeração do suco concentrado, envase em tambores ou a granel em caminhões-tanque, dimensionado pela capacidade horária, operando 20 horas diárias.

Qual estratégia e quais tipos de manutenção podem ser adotados em uma indústria de tamanho médio, com 20 a 24 extratoras de processamento de laranja para suco?

Resolução da situação-problema

A estratégia recomendada é a manutenção programada na parada de entressafra, entre fevereiro e maio, por causa da sazonalidade característica da indústria de suco de laranja, com parada completa da planta, com exceção da armazenagem refrigerada e embarque de produto acabado. É uma estratégia adequada para as paradas programadas de manutenção de grandes proporções, execução de projetos de melhoria, de expansão da capacidade ou da eficiência na extração.

O planejamento da manutenção programada de entressafra é realizado com base nos registros diários das inspeções, das

atividades preventivas, da coleta de dados preditivos, da operação e das ocorrências de manutenção corretiva e emergencial durante a safra. Atividades de manutenção corretiva ou preventiva podem ser realizadas durante a safra em períodos de troca de turno, limpeza da fábrica e períodos de menor demanda de capacidade extrativa.

Outra estratégia tem sua origem no projeto inicial da planta, projetada com duas linhas independentes, de 10 a 12 extratoras, compartilhando a capacidade produtiva total. Essa estratégia dá maior flexibilidade para atender ocorrências de manutenção corretiva e preventiva durante a safra, com redução parcial na capacidade produtiva, operando a planta com 50% da capacidade, enquanto a outra linha é assistida pela manutenção.

Faça valer a pena

1. A área de manutenção tem como responsabilidade gerir recursos, efetivos, materiais e insumos necessários para garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações, essenciais à área de fabricação dos produtos, sem comprometer a qualidade, o custo e os prazos de entrega. É preciso que as atividades de manutenção sejam planejadas e controladas, conforme uma estratégia estabelecida, atendendo às exigências da organização e ao mercado de atuação.

As estratégias de manutenção são definidas com base em vários fatores considerados fundamentais, tais como:

I. As características, especificações e funções dos equipamentos no processo produtivo.

II. Definição da política e da estrutura da manutenção industrial.

III. Sistema de planejamento e gerenciamento da manutenção, coleta e análise dos dados, geração de informação e indicadores de qualidade.

IV. Equipes dedicadas, experientes, formadas, capacitadas e treinadas para atuar na manutenção.

V. Adoção de uma única estratégia padronizada de manutenção independente do equipamento.

Analisando os itens, assinale a alternativa correta:

- a) Apenas os itens I, II e III estão corretos.
- b) Apenas os itens I, III e V estão corretos.
- c) Apenas os itens II, III e IV estão corretos.
- d) Apenas os itens I, II, III e IV estão corretos.
- e) Apenas os itens III, IV e V estão corretos.

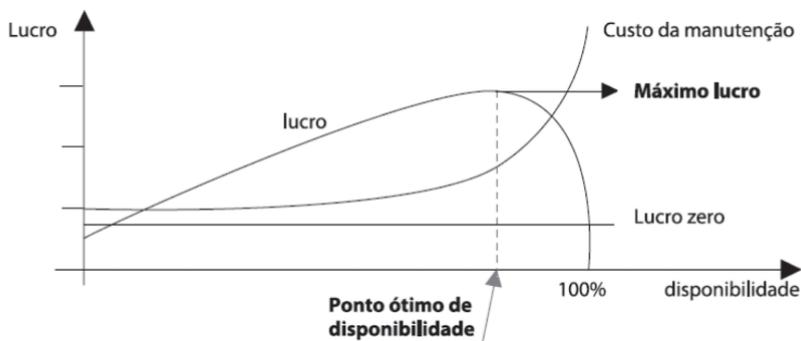
2. A definição da estrutura organizacional de paradas programadas nas indústrias é apresentada na forma hierárquica e matricial, em que ambas apresentam características específicas em função do segmento da indústria, do porte da parada, dos recursos disponíveis e das especialidades necessárias. Analise as sentenças a seguir:

- I. As estruturas matricial e hierárquica somente podem ser adotadas em indústrias que têm um período definido de parada anual.
- II. A estrutura matricial disponibiliza um melhor suporte técnico por especialidade, e a utilização dos recursos é mais racionalizada.
- III. Na estrutura hierárquica, o nível de conflitos no compartilhamento de recursos é menor, e as decisões dependem de um número menor de pessoas, pois é mais centralizada.
- IV. A parada programada é um evento único, e os conceitos de gestão de projeto são aplicados somente quando a estrutura adotada é a matricial.

Assinale a alternativa correta:

- a) Apenas as afirmações I e III estão corretas.
- b) Apenas as afirmações I e IV estão corretas.
- c) Apenas as afirmações II, III e IV estão corretas.
- d) Apenas as afirmações I, III e IV estão corretas.
- e) Apenas as afirmações II e III estão corretas.

3. A lucratividade da organização tem uma relação direta com a administração do custo da manutenção até atingir um ponto ótimo no equilíbrio entre a disponibilidade e o lucro, conforme apresentado na figura.



A partir da análise e informações extraídas do gráfico, analise as seguintes sentenças:

- I. O lucro aumenta a uma taxa maior quando comparada à taxa de investimento em manutenção.
- II. Quanto maior é o investimento em manutenção, maior é o lucro.

III. O gráfico apresenta a evolução do lucro até atingir um ponto de estabilidade, indicando a taxa de disponibilidade.

Assinale a alternativa correta:

- a) As afirmações I e II estão corretas.
- b) As afirmações I e III estão corretas.
- c) As afirmações II e III estão corretas.
- d) Somente a afirmação II está correta.
- e) Somente a afirmação III está correta.

Seção 3.2

Planos de manutenção

Diálogo aberto

Prezado aluno, o plano de manutenção define todo o detalhamento das inspeções, o tipo de manutenção, as atividades a serem realizadas, a frequência com que serão aplicadas a cada um dos equipamentos das linhas de processo. Ele visa atender ao planejamento e controle da manutenção, resultando no aumento da disponibilidade, na redução das paradas não planejadas e no controle dos custos de manutenção.

O principal objetivo desta seção é organizar as atividades de manutenção por meio da elaboração de planos de manutenção, os quais definem o que, como, quando e com qual frequência é preciso realizá-las, o que irá auxiliá-lo na organização da gestão da manutenção das linhas de processo da empresa de laticínios.

Para solucionar a situação-problema desta seção e em continuidade à sua proposta de estruturação do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), você, que é um profissional da área de manutenção, estudará os equipamentos e detalhará as atividades de manutenção para elaborar os planos de inspeção, de lubrificação, de manutenção preventiva e de manutenção corretiva planejada, os quais são executados pelos profissionais da área de manutenção e pelos próprios operadores dos equipamentos, dependendo do tipo e da estratégia de manutenção adotada pela organização.

Ao finalizar esta seção, você terá adquirido conhecimento mais profundo e detalhado sobre planos de manutenção, o que irá auxiliá-lo a solucionar problemas e situações encontradas na proposição da estruturação do planejamento e controle da manutenção nas linhas de processo da empresa de laticínios.

Bons estudos!

Não pode faltar

Planos de manutenção

Os planos de manutenção devem traduzir toda a estratégia de manutenção estabelecida pela organização, detalhando e disponibilizando informações e orientações precisas para a execução das atividades de manutenção, a princípio, preventiva.



Refleta

O plano de manutenção está sempre associado à manutenção preventiva, a fim de evitar a ocorrência de falha inesperada. Esse mesmo conceito de plano de manutenção é válido para a manutenção corretiva? Ou seria um plano reativo, realizado apenas após a ocorrência da falha?

O plano de manutenção é a combinação de duas ações básicas: planejar a atividade, para definir o que, como e em quanto tempo ela deve ser realizada, e programar a atividade, para definir quem, como e quando a realizar.

Para garantir a efetividade das atividades de identificação da ocorrência de falhas e defeitos, devemos adotar ações preventivas, planejar recursos e insumos, programar e planejar a parada de manutenção. Os planos de inspeção podem ser estabelecidos em categorias, conforme a sequência (VIANA, 2006):

1. Plano de inspeção.
2. Plano de lubrificação.
3. Monitoramento de parâmetros dos equipamentos.
4. Manutenção e substituição de componentes.
5. Plano de manutenção preventiva.

Nesta seção, daremos maior ênfase aos planos de inspeção, de lubrificação, manutenção preventiva e manutenção corretiva planejada.



Assimile

Tem-se que:

Plano de manutenção = Planejamento da atividade + Programação da atividade.

Plano de inspeção dos equipamentos

Os planos de inspeção definem os roteiros de inspeção, por meio das linhas de processo, orientados por equipamentos, por similaridade, por tempo de operação, por criticidade do equipamento na linha de processo. Nos planos de inspeção são definidas inspeções visuais, auditivas, limpeza, monitoramento de temperatura, elevação de corrente elétrica, ocorrência de vazamentos e ruídos atípicos.

As inspeções visuais são de extrema utilidade, pois apresentam características importantes, como ser de simples execução, não requerer instrumentação, ter respostas rápidas, anteceder a todas as demais intervenções de manutenção, ter potencial de prevenir o agravamento da ocorrência, ser de fácil treinamento, sendo a experiência do profissional de inspeção ou mesmo do operador um diferencial significativo.

A periodicidade e a frequência da inspeção visual capacitam a sensibilidade do inspetor ou operador na observação de alterações, por mínimas que possam ser, pois, durante a inspeção, é possível observar padrões de ruídos, vibrações fora do esperado, identificar temperaturas fora de padrão, ocorrência de vazamentos e o estado geral de conservação do equipamento e instalação.

O plano de inspeção, conforme mencionado anteriormente, constitui-se em um roteiro padrão, subdividido por especialidade: mecânica, hidráulica, elétrica, pneumática etc., o qual deve ser executado criteriosamente com a mesma frequência. Os roteiros padronizados de inspeção de manutenção são elaborados pelos planejadores e executados pelos profissionais de manutenção ou pelos operadores dos equipamentos ou linhas. É muito importante que haja supervisão e acompanhamento por parte dos planejadores, para que possam avaliar a efetividade do roteiro e as necessidades de melhoria. Uma sugestão de modelo de roteiro de inspeção é apresentada na Tabela 3.2, com a indicação dos equipamentos a serem inspecionados e com o que deve ser inspecionado e observado neles.

Figura 3.6 | Fluxograma de ordem de serviço para manutenção preventiva



Fonte: <<http://www.ahera.net.br/idxManutencao.asp>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

Plano de lubrificação

Inicialmente, é preciso entender a importância da lubrificação e como ela está relacionada à manutenção industrial. A lubrificação é responsável pela redução do atrito e deve funcionar em temperatura de regime, reduzindo o consumo de energia aplicada na movimentação relativa entre elementos mecânicos, preservando rugosidade e qualidade superficial desses elementos contra o desgaste.

O maior volume de lubrificantes utilizados na indústria corresponde a óleos lubrificantes e graxas, com características e aplicações específicas. Os elementos a serem lubrificados mais comuns são engrenagens, mancais, atuadores, guias de deslizamento planas e prismáticas, com características distintas a serem consideradas no plano de lubrificação.

O plano de lubrificação com a identificação dos equipamentos deve conter informações como o ponto a ser lubrificado, a especificação, o volume de lubrificante a ser aplicado, a frequência da lubrificação, o método de aplicação de lubrificante, que dependerá se é óleo ou graxa, se é uma verificação do nível, uma reposição ou substituição completa. O roteiro de lubrificação deve ser mapeado pela similaridade de equipamento, do tipo, do método e da frequência de lubrificação, garantindo a efetividade do plano de lubrificação, a redução da ocorrência de falhas e a disponibilidade dos equipamentos.



Pesquise mais

SKF disponibiliza uma ferramenta para administrar o plano de lubrificação. Disponível em: <<http://www.skf.com/br/products/lubrication-solutions/lubrication-management-tools/skf-lubrication-planner/index.html>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

A atividade de lubrificação deve ser realizada por um profissional com treinamento e conhecimento sobre lubrificação industrial, necessidades operacionais, como a manipulação, o controle de estoque e o consumo de lubrificante. O profissional deve seguir os planos, a programação das ordens de lubrificação e preencher relatórios. Embora a atividade de lubrificação seja realizada separadamente das atividades de inspeção de manutenção, o profissional de lubrificação é um recurso importante para auxiliar na inspeção e na manutenção, pois está frequentemente próximo aos equipamentos.



Pesquise mais

A Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN) disponibilizou uma apresentação da Mobil sobre lubrificantes de grau alimentício. Para saber mais, acesse: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/222/222.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

Plano de manutenção preventiva

O plano de manutenção preventiva é um roteiro de atividades que é colocado em prática de forma regular, disciplinada, atendendo aos intervalos de tempo estabelecidos. Esse plano tem como principal objetivo evitar paradas não planejadas, gastos desnecessários, prevenir desgastes, quebras de equipamentos e componentes, elevação do consumo e perda de energia.

O plano de manutenção preventiva deve ser específico e dedicado à instalação na qual será aplicado, com sua base referenciada no manual do fabricante do equipamento. É importante observar que os fornecedores disponibilizam as informações considerando condições genéricas de operação, portanto cabe à área de manutenção observar as questões operacionais e ambientais: ambas podem influenciar a forma ou o modo de falha dos equipamentos, sendo necessário adequar os intervalos de inspeção, a substituição de componentes adequada às instalações.



Exemplificando

A verificação, reposição e substituição dos lubrificantes e fluidos utilizados em automóveis exemplificam um plano de manutenção

preventiva: óleo do motor – verificação semanal do nível e substituição a cada 5.000 km; fluido de freio – verificação do nível a cada 5.000 km, completar o nível, se necessário, com substituição a cada 50.000 km; óleo de transmissão – verificação de vazamento a cada 5.000 km, com substituição a cada 80.000 km.

O raciocínio básico é não faltar lubrificante, estar no nível correto, substituir no período recomendado e estar em conformidade com a especificação da montadora.

O plano de manutenção preventiva e sua adequação adquirem importância ainda maior quando novos equipamentos são instalados e durante o período de operação inicial, podendo ocorrer falhas não previstas antes do período recomendado de inspeção pelo fabricante, a desmontagem e reposição prematura de componentes, sendo, portanto, necessária a ação corretiva nessas ocorrências. Com base nessas ocorrências, o plano de manutenção preventiva deve ser revisado para incorporar as novas práticas já validadas.

Como orientação para a decisão de inclusão do equipamento no plano de manutenção preventiva, alguns aspectos devem ser considerados: a segurança pessoal, da instalação, riscos de contaminação ao meio ambiente, sendo mandatórias a parada do equipamento e a substituição de componentes; equipamentos críticos de operação contínua da linha de processo; quando não se justifica a adoção de outro tipo de manutenção, como a preditiva.

O sucesso do plano de manutenção preventiva está vinculado a vários aspectos: planejamento de estoque e disponibilidade dos componentes sobressalentes e insumos; profissionais de manutenção bem-capacitados para evitar que ocorram falhas nos procedimentos de manutenção e para que haja a correta aplicação dos lubrificantes, sem ocorrência de contaminação; operadores bem-capacitados para evitar erros de operação dos equipamentos. O plano de manutenção deve ser bem objetivo e claro, de fácil entendimento, interpretação e acesso aos profissionais e operadores.

Plano de manutenção corretiva planejada

A princípio, a expressão manutenção corretiva planejada conflita com a tradicional definição de manutenção corretiva, ou seja, aquela

que somente é realizada após a ocorrência da falha. Podemos então nos perguntar: como planejar uma manutenção corretiva?

Essa variação do tipo de manutenção corretiva é uma prática muito comum durante a execução do roteiro de inspeção, de lubrificação e de manutenção preventiva. Os inspetores e operadores identificam potenciais falhas, e, neste instante, a experiência do profissional de manutenção e do operador é decisiva na escolha do tipo de manutenção. A decisão pode ser pela manutenção corretiva, com a interrupção imediata do processo, parada do equipamento e execução das atividades de manutenção. Outra opção, em função da análise de criticidade, é planejar a manutenção corretiva para a primeira oportunidade de parada, podendo ser uma parada para inspeção ou até mesmo uma parada para manutenção preventiva (SILVEIRA, [s.d.]).

O plano de manutenção corretiva planejada é único e não deve ser mais necessário depois de completada sua execução, devendo somente ser monitorado o desempenho do equipamento e/ou o componente objeto do plano, o qual tem valor como histórico de manutenção e de solução de potencial ocorrência de falha.

Sempre que possível, a opção pela manutenção corretiva planejada é mais vantajosa comparativamente à manutenção corretiva, cujo custo é mais elevado e de difícil mensuração. As anotações realizadas nos registros dos planos, ao término da execução da manutenção corretiva, servem como subsídio para estudo de melhoria contínua, buscando a identificação da causa e o desenvolvimento da solução definitiva do problema, reduzindo ou mesmo eliminando a ocorrência de falhas.

A experiência, o conhecimento adquirido e as soluções desenvolvidas em atendimento às ocorrências das falhas dos equipamentos devem ser incorporados nos planos e roteiros de inspeção, lubrificação, manutenção preventiva e preditiva a partir de revisões, pois esses documentos são dinâmicos e devem estar sempre atualizados, com as práticas que resultam no melhor desempenho da manutenção, na máxima disponibilidade dos equipamentos, com o menor custo de manutenção praticado.



Spare parts: peças e componentes de reposição.

TAG: etiqueta, rótulo, placa de identificação.

Troubleshoot: guia de solução de problemas.

Sem medo de errar

Vamos agora avançar na atividade iniciada na seção anterior, ou seja, um projeto para a implantação do planejamento e controle da manutenção, praticando os conceitos e conhecimentos adquiridos nesta seção, relativos aos planos de inspeção, de lubrificação, de manutenção preventiva e corretiva planejada, no detalhamento do planejamento das atividades de manutenção das linhas de processo de leite da empresa de laticínios, para solucionar a seguinte situação-problema: dando continuidade às suas atividades profissionais na área de manutenção, estabeleça e organize as atividades de manutenção, considerando a linha de processo, a similaridade de modelo e função do equipamento ou periodicidade, tudo isso transcrito no formato de plano de inspeção, plano de lubrificação, plano de manutenção preventiva e corretiva planejada.

Roteiro de solução:

Retomando o fluxograma e o *layout* das linhas de processo desenvolvidos na seção anterior, elabore fichas técnicas de cada um dos equipamentos utilizados, por linha de processo. Nessas fichas devem constar a identificação do equipamento e da linha a que pertence, todos os dados e as características de cada um deles, recomendações de estoque de peças de reposição (*spare parts*), insumos, lubrificantes e, o mais importante, recomendações do fabricante para a realização de práticas de inspeção e manutenção: o que, como, quando realizar e de quanto em quanto tempo repetir. Outras importantíssimas informações podem ser obtidas no próprio manual de manutenção disponibilizado pelo fabricante, na seção de perguntas e respostas ou no *troubleshoot*.

Com as fichas já finalizadas, com todas as informações organizadas, podemos iniciar a organização dos roteiros de inspeção, definindo os equipamentos que devem ser inspecionados, o que deve ser inspecionado, com que frequência devem ser realizadas as inspeções, quando da ocorrência de alguma não conformidade, e que ação deve ser adotada.

Defina o fluxo de informação para o registro de abertura da ordem de manutenção, o planejamento da execução, o controle, a transferência de todos os dados e informações para o sistema de planejamento e controle, e o encerramento da ordem de manutenção.

Repita o mesmo procedimento para definir os planos de lubrificação, quais equipamentos e quais pontos devem ser lubrificados, que lubrificante utilizar no ponto, em que quantidade, o método de aplicação e a frequência. Os registros de atendimento ao plano de lubrificação devem ser inseridos no sistema de planejamento e controle de manutenção. O profissional, ao executar o plano de lubrificação, está também realizando inspeções, uma evidência de ocorrência ou de potencial falha. Será ele que irá fazer a notificação para prever a manutenção corretiva imediata ou planejada, conforme requerer a situação.

O plano de manutenção preventiva deve ser preparado com base nas informações dos fabricantes, disponibilizadas por meio dos manuais de instalação, operação e manutenção. Também deve definir que equipamento e componentes são substituídos preventivamente, como e com que frequência realizar a manutenção preventiva, antes da ocorrência da falha, com base nas informações dos fabricantes, bem como no conhecimento e na experiência dos profissionais de manutenção e de operação.

O plano de manutenção corretiva planejada é aplicável a qualquer equipamento da linha de processo que apresente potencial ocorrência de falha. A justificativa desse plano é concretizada ao longo da execução dos planos de inspeção, de lubrificação e de manutenção preventiva, pois, ao ser identificada a necessidade de ação corretiva, avalia-se o grau de criticidade para verificar se é possível que seja planejada sua execução sem comprometer a operação do equipamento e do processo produtivo ou se necessita ser realizada imediatamente. A principal razão do plano

de manutenção corretiva planejada é agrupar diversas atividades para a realização programada antecipadamente, sendo possível incluir no plano uma lista de verificação de outros itens, os quais podem ser verificados na parada programada, sem comprometer a disponibilidade do equipamento.



Atenção

As ações contidas no plano de manutenção corretiva planejada são identificadas durante a realização do plano de inspeção, do plano de lubrificação e do plano de manutenção corretiva.

Avançando na prática

Manutenção de uma bomba centrífuga utilizada em um processo

Descrição da situação-problema

Nas indústrias de processo contínuo, as bombas centrífugas são largamente utilizadas para realizar o bombeamento de produtos, subprodutos e fluidos diversos, sendo muito comum, durante a aplicação dos planos de inspeção e de lubrificação, identificar a ocorrência de gotejamento, característico de vazamento na gaxeta da bucha do eixo da bomba. Qual deve ser a conduta do profissional de manutenção ao se deparar com tal situação?

Resolução da situação-problema

Esse gotejamento ou vazamento é uma ocorrência típica de manutenção corretiva planejada, considerando que o vazamento não resulta em um comprometimento grave do processo, pois o processo de produção não é afetado pelo vazamento, mas deve ser prevista a substituição da gaxeta em uma próxima parada planejada.

Assim, inicia-se o plano de manutenção corretiva planejada, em que outras atividades e serviços podem ser programados para ocorrer nessa mesma parada planejada. Assim que for identificada uma necessidade de parada da bomba para manutenção corretiva, uma lista de verificação deve ser analisada criticamente, com alguns tópicos que podem ser avaliados simultaneamente: verificação para identificação de falha nos rolamentos; verificação do desgaste

superficial de eixo ou bucha; verificação da correta aplicação, o corte, a montagem e a vedação das gaxetas; verificação de folgas radiais e axiais; verificação da vedação e montagem do selo mecânico; fixação e alinhamento do motor, acoplamento e bomba.



Faça você mesmo

Atualmente há vários sistemas informatizados para gerenciar o planejamento e controle da manutenção, emissão de planos de inspeção, lubrificação, manutenção preventiva e preditiva, controle do fluxo de informação, registros e emissão de ordem de manutenção. Pesquise opções de software de gestão de manutenção e modelos de formulários como referência para a solução da situação-problema desta seção.

Faça valer a pena

1. Os planos de manutenção são utilizados para colocar em prática as estratégias de planejamento e controle de manutenção estabelecidas para as linhas de processo, equipamentos similares, período de operação e frequência de manutenção.

Qual plano de manutenção é considerado o mais primário de todos?

- a) Plano de manutenção corretiva não planejada.
- b) Plano de manutenção preditiva.
- c) Plano de lubrificação.
- d) Plano de inspeção.
- e) Plano de manutenção preventiva.

2. O plano de manutenção preventiva tem como princípio básico orientar os profissionais da área de manutenção a terem atenção a componentes e elementos do equipamento com maior probabilidade de falha, sendo difícil seu monitoramento e a previsibilidade de falha.

Analise e indique qual alternativa está direcionada pelo conceito básico de manutenção preventiva.

- a) É preciso que ocorra a falha para as ações de manutenção preventiva serem adotadas.
- b) O componente é substituído no período determinado, independentemente do estado de operação.
- c) Várias avaliações são realizadas antes de se optar pela substituição do componente.

- d) São realizadas medições de monitoramento que definirão a substituição do componente.
- e) Identificada a ocorrência de falha, a substituição é realizada na próxima parada programada de manutenção.

3. O plano de manutenção corretiva planejada tem características bem particulares, diferentemente do plano de manutenção preventiva e do plano de manutenção preditiva.

Analise as afirmativas, a seguir, e assinale a que destaca uma das características da manutenção corretiva planejada:

- a) O plano de manutenção corretiva é fundamental para evitar a ocorrência de falhas no equipamento.
- b) Os planos de inspeção e lubrificação não têm nenhuma interferência no plano de manutenção corretiva planejada.
- c) O plano de manutenção corretiva planejada só se justifica quando no plano de inspeção é identificada a ocorrência de uma falha potencial.
- d) É na execução do plano de lubrificação, ao ocorrer a parada do equipamento, que é definido o plano de manutenção corretiva planejada.
- e) O plano de manutenção preventiva substitui o plano de manutenção corretiva planejada.

Seção 3.3

Indicadores de manutenção e gerenciamento de estoque de manutenção

Diálogo aberto

Prezado aluno, nesta seção estudaremos os indicadores e o gerenciamento de estoque de manutenção. Os indicadores de manutenção servem para justificar toda a estrutura, os recursos alocados nas atividades de manutenção e também são os orientadores da eficácia do planejamento, do controle e dos planos de manutenção. Os indicadores devem ser gerados a partir de dados de fácil obtenção, de mensuração direta, fácil compreensão e interpretação por todos os funcionários da organização, em um programa de divulgação e comprometimento de todos. O gerenciamento de estoque de manutenção está orientado para controlar e priorizar atividades, previsão de recursos como materiais, insumos, serviços e a equipe de efetivos, para atender à demanda da organização.

Com base na situação hipotética proposta nesta unidade, de organizar a gestão da manutenção das linhas de processo da empresa de laticínios, compondo a estrutura do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) nas atividades de manutenção, você estudará nesta seção os conceitos dos indicadores de manutenção, para propor indicadores que possam ser utilizados e evidenciar como deve ser controlado o estoque de manutenção.

Ao finalizar esta seção, você terá adquirido conhecimentos mais profundos e detalhados sobre indicadores e controle de estoque de manutenção, o que irá auxiliá-lo a solucionar problemas e situações encontradas na proposição da estruturação do planejamento e controle da manutenção na empresa de laticínios.

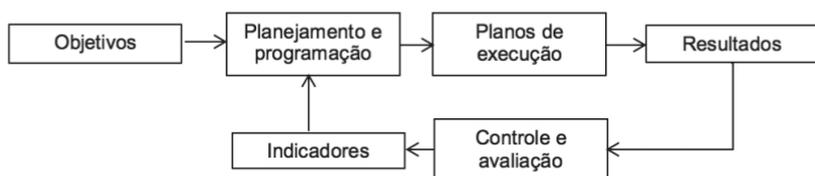
Bons estudos!

Não pode faltar

Indicadores de manutenção

No início desta unidade de ensino, foi introduzido o conceito de planejamento e controle da manutenção, cujo princípio básico é que todo planejamento deve ser necessariamente controlado, para que o resultado obtido seja avaliado, verificando os pontos de sucesso e os pontos que necessitam ser melhorados, informações essas obtidas na interpretação dos indicadores. A Figura 3.7 apresenta o fluxograma de planejamento, execução, controle e indicadores.

Figura 3.7 | Fluxograma: Planejamento, execução, controle e indicadores



Fonte: elaborada pelo autor.

Com base no fluxograma da Figura 3.7, percebe-se que o fluxo é iniciado com os objetivos da manutenção. Para que sejam atingidos, são planejadas e programadas atividades, as quais podem compor os planos de execução, cujos resultados devem ser controlados e avaliados, gerando indicadores, os quais podem validar o planejamento e programação ou indicar a necessidade de revisão.

Cálculo do tempo médio entre falhas (MTBF)

O MTBF é um indicador muito utilizado em manutenção industrial, pois indica o tempo médio entre falhas. É dado pela razão entre a soma do número de horas entre falhas pelo número de ocorrências durante o período considerado.



Assimile

O MTBF é um indicador de confiabilidade da vida média, aplicável aos elementos ou componentes que podem ser reparados (KARDEC; NASCIF, 2009).

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Somatória das horas entre falhas}}{\text{Número de falhas}}$$

Analisando a fórmula, é possível concluir que, para obter maior disponibilidade operacional, é necessário atingir a maior soma das horas de operação sem falhas e o menor número de ocorrências.

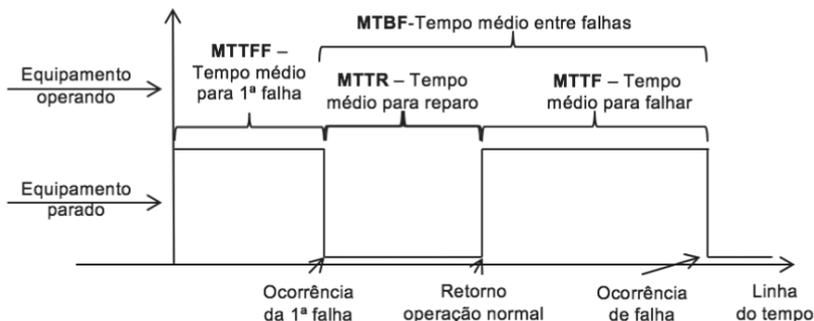
Na literatura, encontramos diferentes interpretações para o termo MTBF (tempo médio entre falhas). O reparo só é justificado após a ocorrência de falha, e assim inicia-se a contagem do MTTR (tempo médio para reparo). Finalizado o reparo, o equipamento é liberado para a operação, e assim tem início a contagem do MTTF (tempo médio para falhas). Diferentes práticas de medição são adequadas para os diversos segmentos, para equipamentos na indústria de processo, computadores na indústria de informática, geração e distribuição no fornecimento de energia elétrica, mas, em termos gerais, adotaremos que o tempo médio entre falhas é a soma do tempo médio para reparo e o tempo médio para falhar. A norma ABNT NBR 5.462/1994 define o MTTF como o tempo médio para a primeira falha do equipamento.



Refleta

Sendo a disponibilidade do equipamento uma função das variáveis como o MTTF, MTTR e MTBF, que ações podem ser adotadas na fase de aquisição, de operação e manutenção para aumentar a disponibilidade do equipamento?

Figura 3.8 | Tempo médio entre falhas – MTBF



Fonte: elaborada pelo autor.

Cálculo do tempo médio para reparo (MTTR)

Outro indicador muito utilizado em manutenção industrial, conhecido como MTTR, aponta o tempo médio para reparo, sendo aplicável quando o tempo de reparo do equipamento é significativo quando comparado ao tempo de operação. Por análise dimensional, a unidade desse indicador é a razão entre a soma das horas de reparo, sem disponibilidade para a produção, e o número de ocorrências no período analisado.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Somatória das horas de reparo}}{\text{Número de falhas}}$$



Exemplificando

Para exemplificar a utilização da planilha para cálculo do MTTF, do MTTR e do MTBF, vamos resolver o seguinte exercício: um equipamento foi colocado para operar na segunda-feira, operou até sexta-feira, apresentou falha, foi reparado e voltou a operar na segunda-feira. Vamos considerar o dia com 24 horas para facilitar o entendimento.

Equipamento de processo – linha A

Dias da Semana	2ªF	3ªF	4ªF	5ªF	6ªF	Sáb.	Dom.	2ªF
Horário	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
Horas operação acumuladas	0	24	48	72	96	0	0	0
Horas reparo acumuladas	0	0	0	0	0	24	48	72
Indicadores	MTTF = 96 horas					MTTR = 72 horas		
	MTBF = 168 horas							

Temos: o valor do MTTF é o número de hora acumulada de operação; o valor do MTTR é o número de hora acumulada de reparo; e o MTBF é o tempo médio entre falhas.

O tempo médio de reparo é iniciado na ocorrência da falha do equipamento até a finalização do reparo e a recuperação das condições operacionais do equipamento, isto é, estar disponível para a operação e produção.



O MTTF ou TMPF (tempo médio para a falha) é um indicador de confiabilidade, aplicável a elementos ou componentes substituíveis, aqueles que não podem ser reparados (KARDEC; NASCIF, 2009).

Cálculo do índice de disponibilidade física (DF)

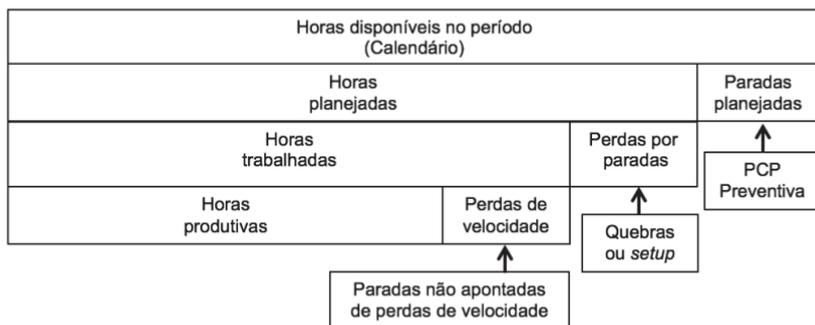
A norma ABNT NBR 5.462/1994 define disponibilidade como a capacidade e as condições de um equipamento para realizar funções específicas em dado instante em um período de tempo determinado. É importante considerar a combinação dos aspectos de confiabilidade, manutenibilidade e suporte técnico, além de assegurar recursos externos requeridos. O indicador "disponibilidade" mede o desempenho da disponibilidade do equipamento ou da linha completa para a produção.

O cálculo da disponibilidade dos equipamentos não segue uma regra única, pois é desenvolvido e adequado para melhor atender ao segmento de atuação da empresa. O importante é a qualidade da informação obtida para suportar o gerenciamento dos recursos e as atividades de manutenção, conforme estabelecido no planejamento estratégico da empresa. A fórmula, a seguir, apresenta a disponibilidade física do equipamento ou linha como a razão entre o total de horas produtivas pelo total de horas disponíveis no período.

$$DF = \frac{\text{Horas produtivas}}{\text{Horas disponíveis no período}} \times 100\%$$

Na Figura 3.9, é apresentada uma proposta de distribuição das horas. Das horas disponíveis no período, descontadas as paradas planejadas, temos as horas planejadas. Descontadas as perdas por paradas ou preparação do equipamento das horas planejadas, temos as horas trabalhadas, das quais, descontando as perdas ou a redução da velocidade da linha de processo, é obtido o número de horas produtivas, utilizadas no cálculo da disponibilidade física do equipamento.

Figura 3.9 | Disponibilidade e distribuição de horas



Fonte: Viana (2006).



Pesquise mais

Para se aprofundar nos estudos dos indicadores na realidade nacional brasileira, leia o artigo "Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras".

Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/download/1021/501>>. Acesso em: 22 out. 2016.

Outra proposição de Viana (2006), para o cálculo da disponibilidade física, é a relação entre o total de horas produtivas e a somatória do total de horas operacionais com o total das horas paradas para a manutenção preventiva e corretiva, conforme apresentado na fórmula a seguir:

$$DF = \frac{\text{Horas produtivas}}{\text{Horas operacionais} + \text{Horas de paradas (preventiva e corretiva)}} \times 100\%$$



A principal meta da organização da gestão da manutenção é garantir os equipamentos com a máxima disponibilidade, justificando a importância do indicador de disponibilidade física.

Definição e cálculo do *backlog* da manutenção

As equipes de mantenedores realizam as atividades de inspeção, lubrificação, manutenção preventiva, preditiva e corretiva, atividades essas planejadas e controladas pelo PCM, para as quais são emitidas ordens de manutenção (OM) ou de serviço (OS). O total das ordens emitidas e que ainda serão executadas em um tempo determinado compõe o indicador denominado *backlog*, que é a razão entre o total de homens-hora para executar as atividades de manutenção pelo total de homens-hora diária, dedicados para a realização completa das pendências de execução das ordens de manutenção ou serviços, podendo ser organizados por especialidades, como mecânica, eletroeletrônica, hidráulica, tubulação etc. (MIRSHAWKA; OLMEDO, 1993).

Segundo Branco Filho (2000), *backlog* é o tempo necessário para concluir todas as pendências de manutenção e serviço, utilizando toda a força de trabalho da equipe de manutenção. É importante considerar o *backlog* como um indicador instantâneo, partindo da premissa de que não serão adicionadas novas atividades durante a execução dos serviços até então registrados e coordenados pela equipe de planejamento e controle de manutenção.

O *backlog* indica a quantidade de horas e recursos destinada a atender a uma lista de pendências das atividades de manutenção, aquelas que foram programadas e não foram executadas, dados em dias ou horas faltantes. Essa lista de pendências deve ser gerenciada considerando a estimativa dos parâmetros, a prioridade e as necessidades, pois ela é dinâmica, e, portanto, o plano de conclusões das atividades precisa ser revisado continuamente.

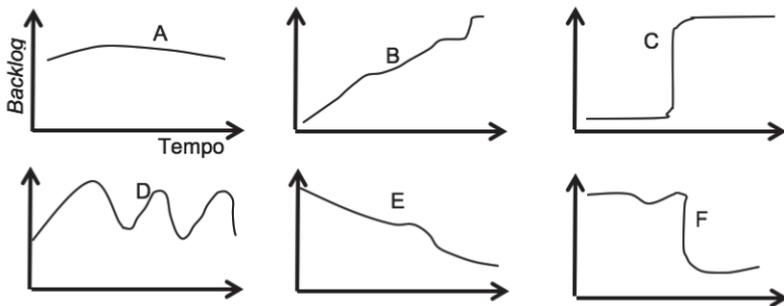
$$\text{Backlog} = \frac{\text{Total de Homem - horas estimadas para atividades pendentes}}{\text{Total de Homem - horas disponíveis diária}}$$



Para aprofundar seu conhecimento, assista ao vídeo e assimile os conceitos propostos: <<https://www.youtube.com/watch?v=AGGEF3eQDH4>>. Acesso em: 8 dez. 2016.

As possíveis curvas de *backlog* estão apresentadas na Figura 3.10, com características específicas e informações importantes para os gestores de planejamento e controle da manutenção.

Figura 3.10 | Curvas típicas de *backlog*



Fonte: Tavares (1999 apud VIANA, 2006).

A curva A apresenta uma tendência à estabilidade das atividades pendentes. O mais preocupante nessa situação é qual é o valor aceitável pela organização. Na curva B, a tendência é crescente, sinalizando problemas de qualidade, planejamento e controle da manutenção, grande volume de pendências, indicando baixa capacidade de reação da equipe de manutenção. A curva C apresenta um crescimento repentino e significativo, característico de ocorrência de manutenção corretiva com elevado tempo de execução. A curva D apresenta uma característica típica de falta de controle do planejamento e controle da manutenção, gerando uma instabilidade bem significativa. A curva E apresenta uma tendência de queda favorável das atividades pendentes, sendo que o recurso utilizado pode ser reduzido ou realocado, gerando maior produtividade da equipe, capacitação ou mais recursos disponíveis. A curva F apresenta uma situação inversa da curva C, com uma redução repentina e significativa das atividades pendentes, podendo

ocorrer quando um recurso externo é contratado ou quando é adotada uma ação pontual de redução das pendências de manutenção.

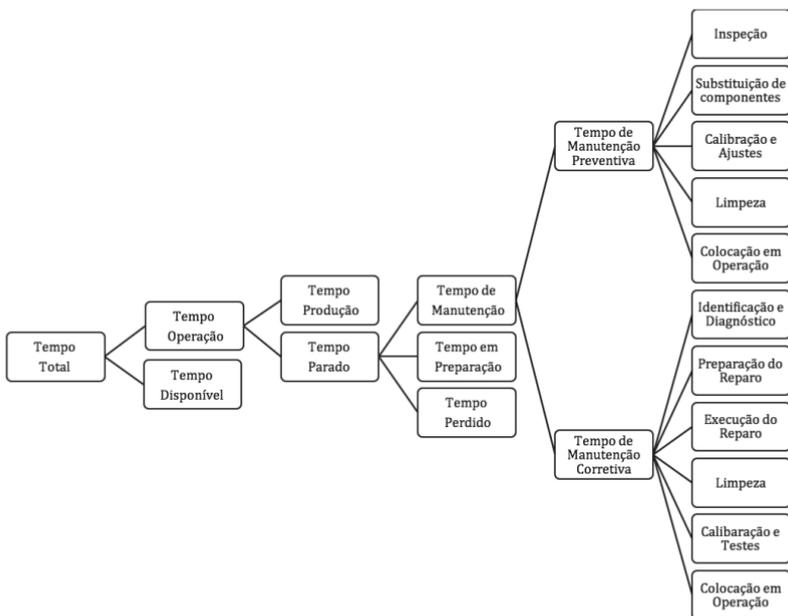


Faça você mesmo

Os indicadores apresentados são aplicáveis a todos os sistemas que dependem de manutenção, podendo ser utilizados para registrar e controlar as ocorrências de falhas em seu automóvel, moto ou bicicleta, por exemplo. Crie indicadores de manutenção para obter informações sobre as práticas que você tem utilizado, se estão adequadas ou se podem ser melhoradas, bem como para comparar com seus colegas os seus resultados.

A Figura 3.11 apresenta o conceito de disponibilidade, com os tempos de operação e disponibilidade, de produção e tempo parado, de manutenção, preparação e perdido, de manutenção preventiva e corretiva, com os detalhes inerentes a cada caso.

Figura 3.11 | Disponibilidade – Diagrama de Tempos



Fonte: Kardec e Nascif (2009).



Mean time between failures (MTBF): tempo médio entre falhas.

Mean time to fail (MTTF): tempo médio para falha.

Mean time to first fail (MTTFF): tempo médio para a primeira falha.

Mean time to repair (MTTR): tempo médio para reparo.

Setup: preparação da máquina para a produção.

Backlog: medida de tempo (dias) em que determinada equipe de trabalho pode finalizar determinado número acumulado de serviços.

Sem medo de errar

Inicialmente, nesta unidade, a ênfase foi dada na proposta de implantação do planejamento e controle da manutenção; depois, foram definidos os planos de manutenção. Agora, chegou o momento de colocar em prática os conceitos e conhecimentos adquiridos nesta seção, relativos aos indicadores de manutenção e gerenciamento do estoque de manutenção das linhas de processo de leite da empresa de laticínios, para solucionar a situação-problema a seguir:

Já com maior conhecimento e domínio das atividades realizadas na área de manutenção, você desenvolverá planilhas para registrar e organizar os dados, realizar os cálculos dos indicadores MTBF, MTTR, MTTF e *backlog*, gerar gráficos, interpretar, analisar, obter informações, propor ações e tomar decisões sobre ações necessárias na gestão, no planejamento e no controle da manutenção, para aumentar a disponibilidade da linha de processo, isto é, você deverá reduzir o tempo médio de reparo e aumentar o tempo entre falhas, pois, conseqüentemente, estará aumentando o tempo médio para falha, o que resultará em maior disponibilidade e redução do *backlog* para níveis aceitáveis.

Roteiro de solução:

Com base no fluxograma e no *layout* das linhas de processo desenvolvidos na primeira seção desta unidade de estudo, escolha alguns dos equipamentos críticos da linha e elabore planilhas para

simular, com dados fictícios, os ciclos de tempo de operação e disponibilidade, de produção e parado, de manutenção, preparação e perdido, de manutenção preventiva e corretiva, com os detalhes de cada um desses equipamentos. É importante considerar o tempo de limpeza operacional, pois ele também afeta a disponibilidade.

Nos planos de manutenção e no manual de instalação, operação e manutenção fornecido pelo fabricante, estão disponibilizados os dados a serem considerados, como intervalos de tempo, frequência das inspeções, limpezas, preparação para colocar em operação ou parar o equipamento. Um bom exemplo é uma caldeira. Sua função é gerar energia na forma de vapor. Iniciar o processo de partida da caldeira demanda um tempo para entrar em condição de regime, ou seja, para ter condições de iniciar a operação das linhas que dependem do vapor por ela fornecido. O mesmo ocorre em sua parada para inspeção ou manutenção, que demanda uma parada programada a fim de interromper o aquecimento, aliviar a pressão, resfriar até a temperatura ambiente para que a inspeção ou manutenção possa ser realizada.



Atenção

A utilização de planilha de cálculo é de fundamental importância para a organização e registro dos dados, realização dos cálculos e geração de gráficos para a interpretação e a obtenção de informações, análises e decisões das ações necessárias na gestão, no planejamento e no controle da manutenção.

A planilha apresentada na Tabela 3.4 é utilizada para realizar os registros das ocorrências e possibilitar o cálculo do tempo médio entre falhas (MTBF), do tempo médio para reparo (MTTR), do tempo médio para a falha (MTTF) e da disponibilidade do equipamento ou de uma linha produtiva, em que a parada de um equipamento afetará indicadores e o desempenho dos demais equipamentos que operam na mesma linha.

Tabela 3.4 | Cálculo do MTBF, MTTR, MTTF e disponibilidade física

Mês						Fevereiro
Equipamento						Evaporador
Horas disponíveis no período (hora/mês)						496
Frequência						11
MTBF (Hora)						45,1
MTTR (Hora)						2,9
MTTF (Hora)						42,2
Horas produtivas no período (hora/mês)						464
Disponibilidade (%)						93,5%
Registros						
Ocorrências	Data	Hora inicial	Hora final	Tempo reparo (min)	Item reparado	Observação
1	01/fev.	10:00 AM	12:00 PM	120	Item 56	
2	03/fev.	10:00 AM	12:00 PM	120	Item 98	
3	04/fev.	10:00 AM	12:00 PM	120	Item 33	
4	05/fev.	10:00 AM	12:00 PM	120	Item 11	
5	06/fev.	10:00 AM	12:00 PM	120	Item 12	
6	07/fev.	10:00 AM	12:00 PM	120	Item 98	
7	15/fev.	6:00 AM	6:00 PM	720	Item 09	
8	22/fev.	2:00 AM	6:00 PM	240	Item 12	
9	25/fev.	10:30 AM	12:00 PM	90	Item 98	
10	25/fev.	3:30 AM	4:30 PM	60	Item 09	
11	26/fev.	10:30 AM	12:00 PM	90	Item 12	
12						
13						
Total tempo reparo (Hora)				32		

Fonte: adaptada de <http://www.hcs-asia.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/mtbf_mttr_cal.xls>. Acesso em: 10 jan. 2017.

Para o dimensionamento do backlog de manutenção, você deve fazer uma simulação do número das atividades pendentes, estimar o número total de horas necessárias para solucionar toda a lista de pendência e o número total de profissionais disponíveis diariamente para a execução das atividades que constam na lista de atividades pendentes.

Avançando na prática

Cálculo do *backlog* de manutenção mecânica e elétrica

Descrição da situação-problema

Em uma empresa do setor metal-mecânico, a diretoria está fazendo uma revisão do orçamento de manutenção previsto para o período. Sabendo que existem pendências de ordens de manutenção, solicitou uma apresentação das atividades pendentes,

bem como o *backlog* por especialidade, isto é, a estimativa em dias para executar todas as pendências de manutenção mecânica e elétrica, utilizando os efetivos disponíveis.

Fazendo uma revisão da lista de pendências das ordens de manutenção (OM) mecânica e elétrica emitidas mas não executadas, foi identificado um total de 50 ordens de manutenção mecânica e 75 ordens de manutenção elétrica, o que irá demandar um total estimado de 3.000 homens-hora para manutenção mecânica e 3.800 homens-hora para manutenção elétrica.

A área de manutenção possui um efetivo de 90 mecânicos e 55 eletricitas, sendo primeiramente necessário verificar quantos estarão disponíveis para que se possa realizar o cálculo do *backlog* em função da disponibilidade de eletricitas e mecânicos.

Considere que cada profissional trabalhe 8 horas/dia.

Resolução da situação-problema

Segue tabela com os totais em homem-hora das ordens de manutenção de mecânica, de elétrica e disponibilidade de efetivos para o cálculo do *backlog*.

Descrição	Mecânicos	Eletricitas	Unid.
Total de OM (ordem de manutenção)	3.000	3.800	Hh (homem-hora)
Quadro de efetivos	90	55	H (Homem)
Efetivos do turno	9	6	H
Licença / afastamento	3	2	H
Férias	9	5	H
Recrutamento	9	5	H
Total disponível	60	37	H
	480	296	Hh/dia
Backlog	6,25	12,84	Dias

Finalizando os cálculos do *backlog*, que é a razão entre o total de homem-hora para executar todas as OM pelo total da disponibilidade de homem-hora, foi obtido como resultado 6,25 dias para executar todas as pendências de manutenção mecânica e 12,84 dias para executar as pendências de manutenção elétrica.

Faça valer a pena

1. O tempo médio entre as ocorrências de falhas é um indicador importante na gestão da manutenção, pois seus resultados proporcionam várias informações aos gestores na análise de desempenho dos procedimentos de manutenção, das equipes e do próprio equipamento.

Considerando que somente após a parada para a manutenção preventiva ou corretiva são iniciadas as atividades de reparo, é correto afirmar que o tempo médio entre falhas é calculado como:

- a) A razão da somatória dos tempos decorridos do início da operação até a ocorrência da próxima falha pelo número de ocorrências no período analisado.
- b) A razão da somatória dos tempos de reparo pelo número de ocorrência no período analisado.
- c) O resultado da divisão da somatória dos tempos de reparo e dos tempos para falhar pelo número de ocorrências no período analisado.
- d) A razão da somatória dos tempos para falhar pelo número de ocorrências no período analisado.
- e) A somatória dos valores máximos das atividades de operação e reparo.

2. Um dos principais objetivos da gestão de planejamento é garantir, por meio do planejamento e controle da manutenção, a máxima disponibilidade física dos equipamentos, utilizando os recursos planejados de efetivos, de materiais, de insumos e de custo orçado.

A seguir, analise as afirmativas apresentadas sobre a disponibilidade física de equipamentos:

- I. A norma ABNT NBR 5.462/1994 mede o desempenho da disponibilidade do equipamento ou da linha completa para a produção.
- II. Existe somente uma única forma de medir a disponibilidade: a relação do tempo das horas disponíveis pelas horas trabalhadas.
- III. Para determinar as horas trabalhadas é necessário subtrair das horas planejadas as perdas por paradas.
- IV. A disponibilidade pode ser calculada pela relação das horas operacionais pela soma das horas operacionais e das paradas de manutenção preventiva e corretiva.

Analisando as afirmativas, assinale a alternativa correta:

- a) As afirmativas I, II e III estão corretas.
- b) As afirmativas II, III e IV estão corretas.
- c) As afirmativas I, II e IV estão corretas.
- d) As afirmativas II e IV estão corretas.
- e) As afirmativas I, III e IV estão corretas.

3. O *backlog* da manutenção é um recurso e um indicador utilizado no planejamento e controle de manutenção. Por mais perfeito que possa ser sua concepção, sempre haverá situações não planejadas que terão maior prioridade, utilizando os recursos disponíveis.

Que informação o backlog fornecerá aos gestores? Assinale a alternativa correta:

- a) Uma listagem do que tem de ser feito com a aprovação da diretoria da empresa.
- b) O tempo necessário para a execução das ordens de manutenção pendentes utilizando o efetivo disponível.
- c) Lista das ordens de manutenção pendentes e os recursos necessários para a execução.
- d) Indica a execução das atividades mais críticas a serem realizadas por equipes contratadas.
- e) Previsão de quando serão disponibilizados os equipamentos em manutenção.

Referências

ABNT NBR 5.462/1994 **Confiabilidade e manutenibilidade.**

ABRAMAN. **A situação da manutenção no Brasil.** Salvador, setembro de 2013. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/403/403.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2016.

BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de termos de manutenção e confiabilidade.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2000.

BUENO, W.; COSAN LUBRIFICANTES E ESPECIALIDADES. **Lubrificantes de grau alimentício para a Indústria Sucroenergética.** 2012. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/222/222.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

GURSKI, C. A.; RODRIGUES, M. **Planejando estrategicamente a manutenção.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_080_610_10863.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica.** 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, Petrobras, 2009.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 22, p. 35-42, jul./dez. 2003.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. **Manutenção combate aos custos da não eficácia a vez do Brasil.** São Paulo: McGraw-Hill Ltda, 1993.

SANTOS, J. C. J.; MELO, W. R. A. **Indicador da Qualidade do Processo Parada Programada.** 2004. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/113/113.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2015.

SILVEIRA, C. B. **Manutenção Corretiva: o que é e como utilizar a seu favor.** [s.d.] Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/manutencao-corretiva/>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

SKF Lubrication Planner. Disponível em: <<http://www.skf.com/br/products/lubrication-solutions/lubrication-management-tools/skf-lubrication-planner/index.html>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

STONNER, R. **O Planejamento de uma Parada de Manutenção – Parte 1.** 2013. Disponível em: <<http://blogtek.com.br/o-planejamento-de-uma-parada-de-manutencao-parte-1/>>. Acesso em: 20 out. 2016.

VERRI, L. A. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial: aplicação prática.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

VIANA, H. R. G. **PCM - Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

VIANA, H. R. G. **Fatores de sucesso para Gestão da Manutenção de Ativos**: um modelo para elaboração de um Plano Diretor de Manutenção. 2013. 158 f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96509/000911121.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 out. 2016.

Sistemas integrados da gestão de manutenção

Convite ao estudo

Estimado aluno, na primeira unidade deste livro didático abordamos a introdução da manutenção, com as definições básicas, os conceitos e os diferentes tipos de manutenção: corretiva, preventiva, preditiva e autônoma. Também, estudamos os conceitos modernos na sistematização, na gestão estratégica, na medição do desempenho comparativo de processos e políticas praticadas, na estruturação da gestão de recursos humanos e materiais.

Na segunda unidade, estudamos os tipos de manutenção com maiores detalhes sobre manutenção preditiva, detectiva, proativa e análise de lubrificantes, monitoramento de vibração, temperatura, identificação de falhas potenciais, equipamentos críticos, programação dessas atividades e a condição da determinação da substituição de componentes próximos ao final de vida sem a ocorrência de falha.

Na terceira unidade, foi abordada a organização da gestão de manutenção. Nela falamos sobre o planejamento e controle da manutenção, os fatores que definem as estratégias de manutenção, qual a estrutura organizacional a ser adotada nas paradas programadas de manutenção, que fatores irão compor os custos e quais indicadores serão utilizados após as grandes paradas.

Nesta unidade, iremos abordar o sistema integrado da gestão de manutenção. Nela estudaremos a manutenção produtiva, o conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM) e o pilar manutenção autônoma, os processos de marketing do TPM, a escolha de gestores do TPM e como definir uma linha piloto para aplicação da manutenção autônoma.

O conteúdo que iremos aprender nesta unidade será utilizado para aplicar e definir uma linha piloto com o pilar da manutenção autônoma, na sistemática TPM, em uma empresa fabricante de autopeças, como exigido na solução da Situação da Realidade Profissional (SR) da unidade.

O principal objetivo desta unidade é fornecer dados para que você possa desenvolver os conceitos de TPM e, de modo particular, o pilar da manutenção autônoma, além de apresentar os relatórios e resultados de forma clara e transparente na empresa, identificando a melhor linha de fabricação para aplicação dessa nova ferramenta e as pessoas da empresa que devem estar nela envolvidas.

Desse modo, você poderá se posicionar como um engenheiro de manutenção, desenvolvendo o material aqui descrito com competência e liderança.

Ao término desta unidade, você estará apto a desenvolver esses tópicos com dedicação e com um ótimo grau de assertividade.

Seção 4.1

Manutenção produtiva

Diálogo aberto

Caro aluno, pensando em um sistema integrado de gestão de manutenção, com foco em manutenção produtiva, aplicaremos os conceitos de TPM, de modo específico, o pilar da manutenção autônoma, em uma empresa fabricante de autopeças de conjuntos de chassis soldados. Em seguida, há uma situação-problema em que aplicaremos todos os conceitos citados.

A empresa que será objeto de estudo tem, aproximadamente, 20 linhas de fabricação robotizadas divididas por tipo de cliente e tipo de produto. Devemos observar que não há nenhuma manutenção autônoma atualmente na empresa e, você, como engenheiro recém-contratado, deverá elaborar uma justificativa completa para a sua implantação. A sua estratégia será determinar a linha piloto para avaliação dos resultados, o tipo de equipe e os treinamentos necessários. Assim, você precisará avaliar como a empresa está situada no mercado, por exemplo, perguntando sobre os seus volumes de produção, se a produção é constante, se existem problemas de entrega de material de fornecedores, como a empresa elabora relatórios para a avaliação dos resultados e se existe um departamento de recursos humanos ativo na empresa, ou se este é terceirizado. Observe que você deve elaborar questões pertinentes ao resultado esperado para essa atividade.

Ao finalizar essa seção, você terá condições de elaborar um relatório técnico para o grupo administrativo da empresa de autopeças com as vantagens da aplicação da manutenção autônoma, indicando os ganhos potenciais, as justificativas de investimentos na estrutura da área de manutenção, a definição da equipe de gestores, a escolha da linha piloto para implantação inicial do pilar da manutenção autônoma e a obtenção da autorização para o projeto em questão.

O conceito de TPM e o pilar manutenção autônoma

Em 1970, o TPM surgiu no Japão em uma empresa de autopeças do grupo Toyota, derivado de outros programas de manutenção dessa empresa. Devido a vários fatores econômico-sociais e a exigências cada vez mais rigorosas, essa época obrigou as empresas a serem cada vez mais competitivas para garantir a sua permanência no mercado. Assim, se tornou obrigatório eliminar desperdícios, obter o melhor desempenho dos equipamentos, reduzir ou eliminar as paradas de produção por quebras ou intervenções e modificar a sistemática de trabalho.

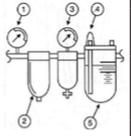
Por meio da experiência de grupos de Círculos de Controle de Qualidade (CCQ), foram disseminados os conceitos básicos do TPM: cada pessoa da empresa deve exercer o autocontrole do equipamento que está sob sua responsabilidade, ou seja, o equipamento deve ser protegido por ela, sendo que o equipamento deve estar integrado em conjunto com o homem e em conjunto com a empresa, portanto, a manutenção dos meios de produção deve ser preocupação de todos.

A manutenção autônoma é uma estratégia simples e prática para envolver os operadores dos equipamentos ou as máquinas nas atividades de manutenção diária, como a inspeção, a limpeza e a lubrificação. O objetivo principal é evitar a degradação dos equipamentos ou máquinas, detectando e corrigindo, se possível, suas falhas em um estágio inicial, antes que resultem em algum tipo de quebra que faça a produção ser interrompida. Dentre as falhas (ou anomalias), podemos citar: ruídos, vibrações, sobreaquecimento etc. Para isso, os operadores devem ser treinados em pontos levantados pelos especialistas do equipamento, situação em que geralmente está envolvido o time da manutenção com seus técnicos e engenheiros.

Normalmente, para o treinamento, o técnico ou engenheiro de manutenção, de posse dos manuais dos equipamentos, elabora instruções padronizadas para cada equipamento e, assim, o treinamento dos operadores se torna mais simples e eficiente. Em equipamentos industriais com automação pneumática, é bastante comum o uso de uma unidade de conservação do sistema pneumático, que é responsável pela filtragem final do ar comprimido, verificação do nível pressão de trabalho e, em vários casos, há o

lubrificador do sistema pneumático. O bom funcionamento e a inspeção frequente são muito úteis para se evitar falhas ou quebras do sistema, assim, a elaboração de um padrão de verificação é muito comum, como podemos visualizar na Figura 4.1.

Figura 4.1 | Padrão de verificação de uma unidade de conservação pneumática

PADRÃO DE INSPEÇÃO, LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO	Elaborado por: xxx			Nº do Padrão: M-XXX-027-A		Área: Fabricação 1						
	Aprovado por: yyy			Linha: 05		Equipamento: Conjunto LUB-RE-FIL						
	classificação	Ponto de inspeção, limpeza ou lubrificação		Critério de Avaliação	Equipamento/método de inspeção, limpeza ou lubrificação	Ação em caso de anomalia	Periodicidade				Tempo (min)	
		Nº	Descrição				D	S	Q	M		
	Limpeza e Inspeção	1	Pressão de ar	(2,5 a 3,5 kgf/cm ²)	Visual	Ajustar pressão	x				0,1	
		2	Filtro de ar	Livre de umidade	Visual	Drenagem		x			0,1	
		3	Pressão de ar	(0,6 a 1,2 kgf/cm ²)	Visual	Ajustar pressão	x				0,1	
		4	Cotas de lubrificante de linha	20/min	Visual	Ajustar tubo dosador	x				0,1	
		5	Lubrificador	Nível entre as marcas	Visual	Ajustar nível	x				0,1	
	
	

Fonte: adaptada de Xenos (1998, p. 261).



Assimile

Podemos destacar que, no TPM, o foco é o autocontrole do equipamento que está sob sua responsabilidade, e, na manutenção autônoma, o objetivo é identificar os pontos de problemas, treinar os operadores para realizar as inspeções, visando o bom funcionamento do equipamento sem grandes intervenções, ou seja, identificar a anomalia antes que ela se torne uma falha ou quebra do equipamento.

Outra forma de ajudar o treinamento e manter um registro das ações para os operadores é elaborar a lição de ponto único. Ela deve ser simples e abordar de forma também visual o que é considerado certo e o que é errado. Veja alguns exemplos na Figura 4.2.

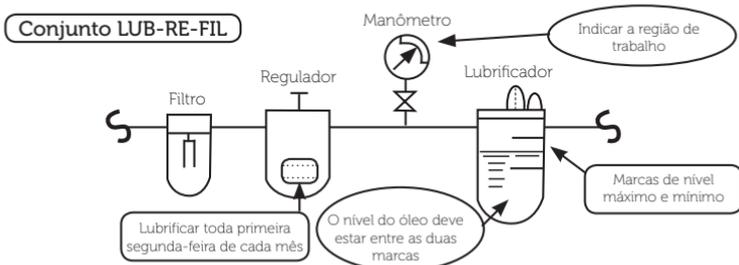
Figura 4.2 | Exemplos de lição de ponto único

Lubrificação com Bomba Manual		
O QUE FAZER	CERTO	ERRADO
1- Antes de fazer a lubrificação, limpe o pino graxeiro e áreas adjacentes com um pano. Não use estopa.		
2- Verifique visualmente o estado de conservação do pino graxeiro quanto à ausência de danos.		
3- Conecte a bomba manual ao pino graxeiro aplicando certa força. Não deixe a conexão frouxa.		

Fonte: adaptada de Xenos (1998, p. 262).

Outra ferramenta muito utilizada é a gestão à vista, dentro da manutenção autônoma, para que o operador e/ou a equipe de manutenção tenha uma informação visual do problema. A Figura 4.3 nos mostra alguns exemplos.

Figura 4.3 | Exemplo de gestão à vista para um conjunto lubrefil



Fonte: adaptada de Xenos (1998, p. 262).

Processo de marketing do TPM

De origem inglesa, mas já incorporada em todo o mundo, a palavra “marketing” pode ser definida como um conjunto de atividades que envolvem o processo de criação, desenvolvimento de produtos ou serviços que atendam às necessidades do consumidor, além de estratégias de comunicação e vendas que superem a concorrência.

Podemos aplicar o conceito de marketing no conceito de TPM. Dessa maneira, o marketing em TPM consiste em agrupar um conjunto de informações sobre os equipamentos ou máquinas existentes na empresa e apresentar a sua importância ao grupo com uma estratégia para motivar todos os envolvidos. Portanto, devemos sempre elaborar um plano de apresentação e venda do projeto de implantação de um sistema de TPM. Uma vez que o projeto piloto esteja com bons resultados, ou seja, diminuição das paradas em regime de produção, pode-se começar a ampliar o projeto ou rever o atual.



Imagine a seguinte situação: você está em uma empresa e precisa melhorar a produtividade de um equipamento que tem muitas paradas durante a produção. Surge uma dica para se aplicar o TPM. Por que essa dica pode ser importante neste caso? Como isso poderá ajudar?

Refleta

Escolha dos gestores do TPM na empresa

Este tópico é muito importante, pois uma equipe fraca de gestores pode dificultar ou até mesmo impedir a implantação de um sistema de TPM. A formação desse tipo de profissional exige uma grande abrangência; a respeito dela podemos destacar dois tópicos, sendo: conhecimento e habilidades técnicas; e conhecimento e habilidades gerenciais. Dependendo do foco de cada elemento dos gestores, podemos ter maior ênfase nas habilidades técnicas ou nas habilidades gerenciais. Assim, podemos destacar alguns tópicos importantes:

Disciplinas técnicas:

- soldagem;
- lubrificação;
- pneumática e hidráulica;
- eletrônica, elétrica e/ou mecânica;

- elementos de máquinas;
- corrosão;
- tratamento térmico etc.

Disciplinas gerenciais:

- método gerencial por PDCA;
- gerenciamento da rotina do trabalho;
- ferramentas da qualidade;
- gerenciamento de estoques;
- gerenciamento de orçamentos etc.

Escolha da linha piloto e colaboradores da manutenção autônoma

A escolha da linha piloto deve ser considerada sob os seguintes aspectos: o local deve representar a maioria dos processos de manufatura da empresa e ter um volume de produção constante e com poucos *setups*, ou seja, uma linha de fabricação que a empresa considere estável e com poucos tipos de itens de produção diferentes. Devemos ter em mente que a linha de produção deve ser bem conhecida e que o pessoal que nela trabalhe tenha habilidade e treinamento suficientes para produzir, sendo que nenhum funcionário deva estar em treinamento operacional.

Assim, a partir do momento em que a linha de produção for escolhida, devemos avaliá-la por um período que represente um bom número de dados da situação atual, por exemplo: por uma semana de produção. Nesta semana, verificam-se quantas paradas de produção ocorreram e assim haverá um fator de comparação. A equipe de colaboradores deve estar envolvida em todas as fases de análise das falhas e instruções de padronização, para que, finalmente, os colaboradores estejam treinados em como se comportar durante o período de avaliação.



Pesquise mais

Recomenda-se a leitura do artigo: *O papel da manutenção autônoma no processo de implantação da TPM em uma empresa do setor automobilístico*. Esse artigo permitirá a você observar e analisar um exemplo de aplicação do TPM.

FIDELIS, N. et al. O papel da manutenção autônoma no processo de implantação da TPM em uma empresa do setor automobilístico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENEGEP, 2015. p. 1-20. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_224_27841.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2017.

A definição da linha piloto vai ajudar a equipe a focar as ações e também a evitar que se disseminem práticas ainda não aprovadas, cuja eficiência ainda não foi comprovada.



Exemplificando

Em uma indústria com uma linha de usinagem de eixos em tornos CNC, verificou-se a necessidade de se aumentar a produção e melhorar a qualidade, e, dentre as várias ações traçadas, uma delas foi a de implementar o TPM, com foco no pilar de manutenção autônoma. Dado que a redução de paradas por qualquer falha durante o período planejado de produção irá aumentar a produtividade. Assim, uma equipe de manutenção e os operadores realizaram uma avaliação geral e montaram um plano de inspeção e testes para coibir as falhas, mesmo antes de elas ocorrerem e se tornarem um problema de parada. Ao final, verificou-se que, com medidas simples e com uma frequência rigorosa, os resultados alcançados foram ótimos.

Terminamos aqui de apresentar o conteúdo teórico, vamos então avançar e colocar em prática os conhecimentos adquiridos na próxima atividade do livro didático, com a intenção de avaliar o seu entendimento desta unidade de manutenção produtiva.



Vocabulário

CCQ: Círculos de Controle de Qualidade.

TPM: *Total Productive Maintenance*, traduzido como "Manutenção Produtiva Total" ou também conhecido no Brasil como "MPT".

O conteúdo que iremos aprender nesta unidade será utilizado para aplicar e definir uma linha piloto com o pilar da manutenção autônoma, na sistemática TPM, em uma empresa fabricante de autopeças, como o exigido na solução da SR da unidade.

Deveremos observar que não existe nenhuma manutenção autônoma atualmente na empresa, e, você, como engenheiro recém-contratado, deverá elaborar uma justificativa completa de implantação de manutenção autônoma. Sua estratégia será determinar a linha piloto para a avaliação dos resultados, do tipo de equipe e dos treinamentos necessários. Assim, você precisará avaliar como a empresa está situada no mercado, por exemplo, perguntando a respeito dos volumes de produção, se a produção está constante, se existem problemas de entrega de material de fornecedores, como a empresa elabora relatórios para a avaliação dos resultados além da existência de um departamento de recursos humanos ativo na empresa ou se este é terceirizado. Observe que você deve elaborar questões pertinentes ao resultado esperado para essa atividade.

O principal objetivo desta unidade é fornecer dados para que você desenvolva os conceitos de TPM e, de modo específico, do pilar da manutenção autônoma, para justificar seu uso na empresa e identificar a melhor linha de fabricação para aplicação dessa nova ferramenta e as pessoas da empresa que devem estar nela envolvidas.

Caro aluno, vamos agora aplicar o conteúdo apresentado nesta unidade e nas anteriores, na nossa situação-problema da empresa de autopeças. Lembre-se de que você é um engenheiro recém-contratado pela empresa de autopeças para implementar o TPM com foco em manutenção autônoma.

Roteiro de solução da situação-problema

Um projeto deste porte exige uma série de profissionais. Portanto, você deve se preparar para avaliar a empresa, buscar os históricos de problemas, conhecer o time de operação e manutenção e registrar os pontos fortes e os pontos fracos de cada linha de produção avaliada. Também, nesta fase, é importante realizar o registro com imagens da situação atual. Finalmente, devem-se elaborar um fluxograma e um layout dos processos da planta em questão.

De posse dessas informações, reúna-se com o time principal da manutenção e operação, para juntos decidirem qual a linha piloto a ser adotada. Tenha em mente que você deverá direcionar a equipe para escolher uma linha estável, com volume constante de produção, que esteja em produção há pelo menos um ano e que tenha um pessoal que trabalhe com habilidade e treinamento suficientes para produzir nela. Assim, você conseguirá trabalhar em uma linha piloto de produção estável e de comum acordo com as pessoas envolvidas.

Agora, com a linha piloto definida, passe um período avaliando as interrupções registradas em históricos ou mesmo no acompanhamento diário, a partir desse momento. Utilize as ferramentas de análise e solução de problemas para otimizar os dados levantados, trace parâmetros e foque nas três principais ocorrências. Quando forem definidas em grupo as ações que podem ser implementadas, faça um trabalho de instrução simplificada e treine os operadores.

Com os operadores treinados e em execução das tarefas, acompanhe-os por um período e colete dados para comparação. Os dados principais são, por exemplo: tempo total de produção em cada turno, quantidade de peças produzidas no dia ou na semana, número de interrupções em regime de produção por falha do equipamento etc.

Dessa forma, ao final do processo de implementação da linha piloto, você terá um relatório apontando uma melhoria (ou não) e, assim, poderá traçar novas medidas a serem implementadas ou melhoradas.



Atenção

É crítico, para o processo, que você conheça a situação atual e registrada da empresa, para depois comparar os resultados obtidos com a implementação da manutenção autônoma.

Deve-se também entender que esse é um processo de melhoria contínua, e sempre teremos ações que podem ser melhoradas.

Avançando na prática

Aplicação de manutenção autônoma em um torno CNC

Descrição da situação-problema

Uma empresa de usinagem acabou de adquirir um torno CNC novo e precisa implementar, nesse equipamento, uma sistemática de manutenção autônoma. Como devemos proceder? Veja que essa questão abrange uma série de considerações que você deve avaliar na situação-problema anterior e aplicá-las aqui. Por exemplo: avaliar o equipamento, estudar o manual para conhecer as recomendações do fabricante, entender o tipo de operador e de treinamento de que o equipamento precisa etc.

Resolução da situação-problema

A estratégia principal é estudar os manuais do novo equipamento e avaliar os pontos recomendados de manutenção e inspeção periódicas. Também, pode-se comparar com outros equipamentos já existentes e, por semelhança, obter os pontos recomendados. Nesta fase, você precisa também realizar reuniões com a equipe de operadores e de manutenção, para obter o máximo de informações com a experiência dessas equipes. Assim, elabore uma forma de abordar e registrar todas as sugestões e orientações, para, no final, selecionar o que pode ou não ser aplicado.

De posse dessa lista, elabore as instruções específicas para esse equipamento, realize o treinamento da equipe de operação e manutenção e acompanhe, por um período, os resultados.



Faça você mesmo

Pesquise em algum tipo de indústria a que você tenha acesso, escolha um equipamento simples e faça um levantamento de possíveis pontos de aplicação da manutenção autônoma e como esses devem ser conduzidos, para a realização do treinamento de operadores e para serem colocados em prática.

Faça valer a pena

1. Dado que o TPM surgiu no Japão, em uma empresa do setor de autopeças do grupo da Toyota, você precisa avaliar o cenário da época, em que a indústria automotiva mundial ainda estava na fase de produção em sistema convencional, ou seja, produção em massa. Nesse contexto, a Toyota estava “fora” do circuito mundial de fabricação de automóveis e, logo, precisava inovar para se tornar competitiva.

Na década de 1970, em virtude de vários fatores econômicos e sociais, as exigências para as empresas se tornaram mais rigorosas. Portanto, das alternativas abaixo, qual item atende como correto o que se tornou obrigatório para as empresas?

- a) Não se preocupar com os desperdícios, melhorar a velocidade de produção.
- b) Atentar para o aumento de produção, treinar e identificar o gargalo.
- c) Eliminar desperdícios, obter melhor desempenho dos equipamentos.
- d) Focar em equipamentos mais rápidos, produzir grandes quantidades de estoque.
- e) Melhorar o planejamento de produção, otimizar o caminho das peças na empresa.

2. Em diversas empresas industriais, há uma preocupação muito grande na contratação de profissionais: buscam-se sempre profissionais experientes e com amplo conhecimento da área. Mesmo assim, quando se trata de definir gestores para um novo programa, se faz necessário avaliar alguns aspectos técnicos e gerenciais do time a ser escolhido.

Pensando em conseguir alocar a melhor equipe de trabalho, quais competências técnicas devemos ter? Assinale a alternativa que apresenta as competências técnicas exigidas.

- a) Gerenciamento da rotina do trabalho.
- b) Soldagem, pneumática, hidráulica e elementos de máquinas.
- c) Ferramentas da qualidade.
- d) Gerenciamento de estoques.
- e) Avaliação de Pareto e Histograma.

3. Na maioria das empresas industriais de todo tipo, é raro encontrar apenas um tipo de linha de produção com um único produto. Normalmente, existem várias linhas e produtos, e também há diversas interrupções para modificar a linha, de modo que ela possa produzir produtos diferentes (setup). Assim, a escolha de uma linha piloto não é evidente. No entanto, é

importante escolher uma linha para realizar a implantação da manutenção autônoma e para o seu aprendizado, pois se torna mais fácil corrigir os eventuais erros ou omissões.

Qual das alternativas abaixo representa características que devemos observar em primeiro lugar, ao se escolher uma linha piloto para se implementar a manutenção autônoma?

- a) Um layout simples em forma de linha.
- b) Vários operadores experientes e em treinamento.
- c) Um líder de linha de produção que avalie as quantidades produzidas por turno.
- d) Um volume de produção constante durante o período de implantação e avaliação.
- e) Uma equipe de manutenção exclusiva para rapidamente corrigir as falhas quando a linha parar.

Seção 4.2

Efetividade da manutenção

Diálogo aberto

Caro aluno, pensando em um sistema integrado de gestão de manutenção, com foco em efetividade da manutenção, iremos, nesta seção, aplicar os conceitos de análise de falhas, comentar a respeito da confiabilidade e criar uma visão sobre a FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* ou, em português, Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos), a FTA (*Fault Tree Analysis*, ou Análise da Árvore de Falhas) e também sobre o método ABC de tratamento de falhas.

No contexto de aprendizagem da seção anterior, utilizamos uma empresa de autopeças com uma produção seriada de alto volume para diversos clientes nacionais e internacionais além de uma vasta gama de produtos. Dentre seus produtos, a produção de maior representatividade é a linha de fabricação e montagem de bombas de água para refrigeração de motores automotivos de quatro cilindros de ciclo Otto. Foi observado que essa linha de produção apresenta muitas paradas e não atinge os valores de unidades produzidas programadas para a semana, apesar de existir uma equipe de manutenção muito bem preparada nessa linha de fabricação. Partindo desse problema, a empresa precisa avaliar qual é o nível de efetividade de funcionamento e preparar ações para mitigar esse problema de paradas. Desta maneira, você foi contratado para elaborar um plano de implementação de indicadores de análise de falhas e confiabilidade, além de aplicar as ferramentas FMEA/FTA e o método de tratamento de falhas tipo ABC.

A partir da situação-problema, você deverá efetuar um levantamento dos equipamentos e das principais falhas, determinar como analisá-las e montar um relatório em que você avalie o resultado das análises em busca da confiabilidade. Para o FMEA/FTA e o método de tratamento de falhas tipo ABC, você deve elaborar formulários e treinar a equipe para o seu uso.

Ao final desta seção, você terá condições de entender o significado de análise de falhas, como obter a confiabilidade dos equipamentos, participar de um time de trabalho em FMEA/FTA e aplicar o método

ABC de tratamento de falhas. Fica evidente aqui a importância desta seção, pois a redução de paradas em linhas de fabricação reduz custo e aumenta a qualidade dos produtos. Mãos à obra!

Não pode faltar

Análise de falhas

A análise de falhas é uma importante aliada na constante busca pela identificação da causa de um ou mais problemas que são encontrados em equipamentos de manufatura, o que chamamos de “falha”. Devemos pensar em falha como algo não desejado em nosso planejamento e processo produtivo.

A análise de falhas é uma atividade multidisciplinar, ou seja, ao realizá-la, devemos trabalhar em equipes previamente escolhidas com pessoas experientes e envolvidas com o processo e os equipamentos. Temos que ter em mente também que, para toda falha identificada, sempre há uma causa ou origem e, conseqüentemente, podemos e devemos apresentar uma solução. Pensando assim, ao aplicarmos uma metodologia de análise de falhas, os aspectos que influenciam o equipamento serão analisados: forma realização da manutenção, o modo de operação do equipamento, os materiais utilizados, limpeza etc.



Refleta

Porque é importante identificar uma falha? O acontecimento de algo inesperado nem sempre é benéfico à empresa. Imagine os problemas e/ou custos necessários para corrigir as falhas. Se há alguma forma de evitá-las, por que não a usamos?

Quando a equipe procura uma forma de realizar a análise de falhas, ela busca benefícios, tais como:

- definição clara da falha;
- busca das causas fundamentais;
- treino da equipe para que as falhas identificadas não ocorram novamente;
- melhoria contínua do processo.



Podemos citar como exemplo de falhas: a quebra de rolamentos por fadiga e de um eixo em função de excesso de torque, a paralisação de um equipamento por falta de lubrificação etc.

É fato também que a análise de falhas pode ser justificada devido à:

- criticidade do equipamento (a produção não pode parar);
- risco de segurança (a falha pode provocar algum tipo de acidente);
- riscos ambientais;
- riscos de qualidade do produto (pode-se produzir produtos não conformes devido à falha).

Recomenda-se, ao realizar uma análise de falhas, elaborar um formulário para o registro das falhas e soluções encontradas. Esse formulário deve conter alguns dados indispensáveis, independentemente do seu formato (eletrônico, em papel, em fotos, vídeos etc.). Como dados indispensáveis, citamos:

- identificação do equipamento;
- data e hora da detecção da falha;
- identificação do subconjunto do equipamento em que está presente a causa da falha;
- descrição em detalhes da falha;
- identificação das perdas (refugo, acidentes, horas paradas etc.);
- registro das ações corretivas realizadas;
- identificação dos procedimentos de investigação da falha e do levantamento da causa raiz.

Essa análise, sendo armazenada, irá formar um banco de dados importante para uma eventual reincidência de falha, ajudando a nova equipe a mitigar o problema. Como exemplo de uma falha, tem-se a Figura 4.4, que mostra um rolamento danificado.

Figura 4.4 | Rolamento de rolos cônicos com falhas



Fonte: <<https://goo.gl/efQty7>>. Acesso em: 16 mar. 2017.



Assimile

A análise de falhas é de suma importância para que a falha não venha a se repetir, evitando perdas e a diminuição do lucro da empresa, conseqüentemente.

A Figura 4.4 mostra um típico caso de falha: a empresa sofreu uma interrupção da produção para executar a substituição de um rolamento.

Confiabilidade

Confiabilidade é um conceito que se originou do termo em inglês *reliability*, que expressa a capacidade de um equipamento desempenhar uma função específica, sob condições estipuladas, durante certo intervalo de tempo. O termo “confiabilidade R(t)” é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade, segundo a norma NBR 5462 (ABNT, 1994).

Segundo Kardec e Nascif (2009), podemos expressar a confiabilidade através de uma equação [1.1], a partir de uma distribuição a uma taxa constante:

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad [1.1]$$

Em que “R(t)” é a confiabilidade a qualquer tempo “t”; “e” é a base logarítmica; “λ” é a taxa de falhas e; “t” é o tempo de operação. A taxa de falhas é descrita pela equação [1.2], em que “Nf” é igual ao número de falhas e “Nho” é igual ao número de horas de operação.

$$\lambda = \frac{Nf}{Nho} \quad [1.2]$$



Exemplificando

Em uma análise de um equipamento, o valor encontrado em $R(t)$ fica em uma faixa entre 0 e 1. Então, podemos dizer que varia entre zero e 100%. Quando há um valor de 100%, significa que temos um equipamento 100% confiável, pois não foram encontradas falhas no período avaliado.

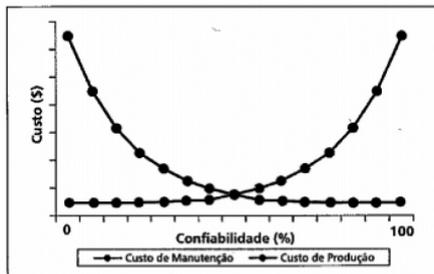


Exemplificando

Em uma análise de um equipamento, o valor encontrado em $R(t)$ fica em uma faixa entre 0 e 1. Então, podemos dizer que varia entre zero e 100%. Quando há um valor de 100%, significa que temos um equipamento 100% confiável, pois não foram encontradas falhas no período avaliado.

Tem-se que a confiabilidade é inversamente proporcional ao custo de manutenção, ou seja, quanto maior for o índice $R(t)$, menor será o custo, como mostra a Figura 4.5.

Figura 4.5 | Custos versus confiabilidade



Fonte: Kardec e Nascif (2009, p. 109).

Outro aspecto importante em confiabilidade diz respeito à taxa de falhas. Ela é diferenciada em três períodos bem característicos, sendo: fase inicial de funcionamento (equipamento novo e em fase de ajustes); vida útil (as falhas devem ser mínimas ou mesmo inexistentes) e fase final (em que, por uso, o equipamento já está degradado).

Agora que sabemos o que é confiabilidade e como determiná-la, podemos usar o termo "Manutenção Centrada na Confiabilidade" (MCC) para determinar o que precisa ser feito para assegurar que qualquer equipamento continue a cumprir as funções desejadas.

Para isso, várias ferramentas podem ser usadas, como FMEA, MASP etc.

A manutenção centrada em confiabilidade usa algumas questões para ajudar no processo de análise da falha:

- Quais são as funções do equipamento?
- De que modo este equipamento falha?
- O que causa cada falha?
- O que acontece quando a falha aparece?
- Qual o nível de importância desta falha?
- O que pode ser feito para evitar ou mitigar cada uma destas falhas?
- Caso não consigamos encontrar uma forma de se prevenir ou evitar esta falha, o que podemos fazer para termos uma atitude preventiva?



Refleta

O fato de termos confiabilidade em um equipamento evita falhas? Como podemos utilizar o índice de confiabilidade? Pense de forma a sempre mitigar os problemas atuais e também os futuros!

Em resumo, se um equipamento tem um alto nível de confiabilidade, poderemos usufruir de várias vantagens, tais como: garantia de que os recursos da empresa serão mais bem aplicados, melhoria nas condições ambientais e de segurança etc.



Pesquise mais

A palestra intitulada *Confiabilidade Analisando Falhas com Modelos Estatísticos* oferece uma visão sobre o tema sob um ponto de vista mais técnico, com conceitos estatísticos no processo. Dessa maneira, conseguiremos aprimorar ainda mais os indicadores de confiabilidade.

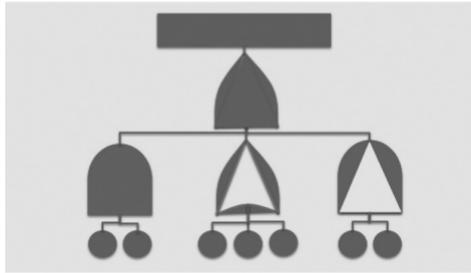
COQUE, M. **Confiabilidade analisando falhas com modelos estatísticos**. Youtube, 17 ago. 2015. Disponível em: <<https://youtu.be/HxKmVk2Q4ml>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

FMEA/FTA

FMEA e FTA são ferramentas consagradas e muito utilizadas na indústria para análise de falhas, logo, podemos e devemos aplicá-las nas falhas que encontramos em equipamentos. A norma NBR 5462 (ABNT, 1994) traduz a sigla FMEA, originária do inglês *Failure Mode and Effects Analysis*, como "Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos". Já a sigla FTA, também originária do inglês *Fault Tree Analysis*, é traduzida como "Análise da Árvore de Falhas".

A FTA é uma técnica gráfica dedutiva, estruturada em termos de eventos, em vez de componentes. Essa ferramenta é usada para montagem de uma árvore de falha, que se inicia com a identificação do componente que falhou ou que tem uma grande probabilidade de falha. Esse componente deve ser colocado no topo da árvore, e, a seguir, listamos os componentes que fazem parte do sistema e interligamos, ou seja, montamos um fluxograma, facilitando, assim, a visualização da falha e as suas possíveis interfaces, como mostra a Figura 4.6.

Figura 4.6 | Exemplo de estrutura de uma árvore de falhas



Fonte: <<https://goo.gl/OV6BsH>>. Acesso em: 16 mar. 2016.

Como vantagem do uso da FTA, temos que a estruturação do evento (falha) sob a forma de uma árvore permite identificar todos os componentes envolvidos, realizando uma análise quantitativa, facilitando a visualização da causa primária da falha.

É sabido que a FMEA é uma ferramenta utilizada para se definir, identificar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais em processos produtivos. Há, basicamente, dois estágios: no primeiro estágio, o foco é identificar os possíveis modos de falhas de um processo e seus efeitos. Já no segundo estágio, as equipes determinam o nível do risco dessas falhas, colocando-as em ordem de prioridade.

Nessa ferramenta, a falha mais crítica será considerada prioritária para a aplicação de ações de melhoria. O subsistema que auxilia na definição de prioridades é formado por: ocorrência [O], severidade [S] e detecção [D]. Assim, a ocorrência está relacionada à definição da frequência da falha, à severidade corresponde à gravidade do efeito da falha e à detecção, ou seja, a habilidade para se diagnosticar a falha antes dela ocorrer. Desse modo, com a multiplicação desses três fatores, há o indicador chamado de “RPN”. A Figura 4.7 nos apresenta uma FMEA.

Figura 4.7 | Modelo de um formulário para FMEA

Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial - FMEA DE PROCESSO															
Item/função	Modo de falha potencial	Efeitos potenciais da falha	Severidade	Causa e mecanismos potenciais de falha	Ocorrência	Controles atuais de projeto/detecção	Detecção	N FR	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Resultados da ação				
											Ações tomadas	Severidade	Ocorrência	Detecção	N FR
Reverimento	Dureza baixa	Redução da vida útil / Empastamento de ferramenta de usinagem	7	Temperatura do forno alta	4	Termopar	3	84							
			7	Tempo de permanência elevado	3	Cronômetro	3	63							
Aliviar as tensões ao aplicar a dureza, adequar a microestrutura			7	Carnegimento	5	Visual	5	175	Construir dispositivo para melhorar a disposição das peças	Palisco / 45 dias	Adicionado um dispositivo para facilitar a disposição do carnegimento	7	2	5	70

Fonte: <<https://goo.gl/5uLwfq>>. Acesso em: 16 mar. 2017.



Assimile

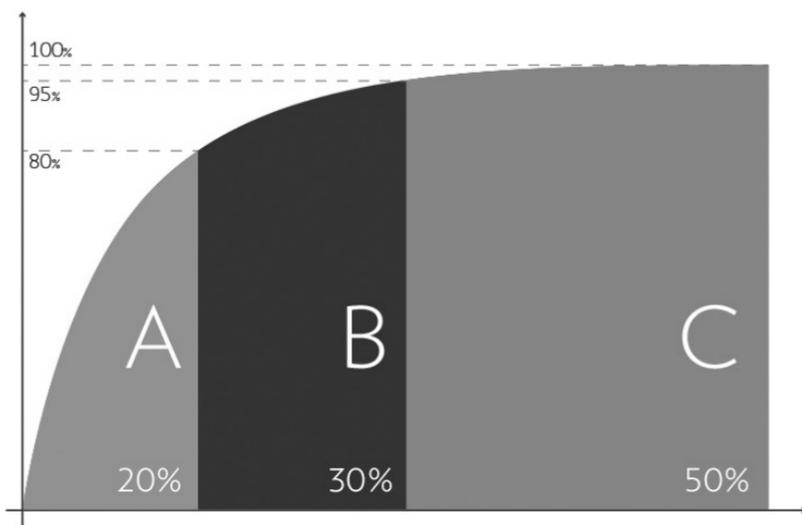
Vale ressaltar que o sistema de análise de falhas, FMEA, deve ser utilizado por equipes de trabalho e não individualmente. Quanto mais experiente a equipe, melhor será a qualidade das informações apontadas no formulário de análise do FMEA.

A principal vantagem do FMEA é a identificação dos modos de falhas. A identificação de modos de falha torna mais simples a sua solução, pois os esforços são direcionados e criam um foco de resolução de problemas.

Método ABC de tratamento de falhas

A ideia é muito simples, mas extremamente eficaz. Em primeiro lugar, a elaboração da curva ABC nada mais é do que a classificação das informações que representam o maior grau de importância ou impacto. No nosso caso, seria a classificação das falhas. Uma vez determinados os critérios, é necessário agrupá-los e apresentá-los em um gráfico específico, como mostra a Figura 4.8.

Figura 4.8 | Modelo de uma curva ABC



Fonte: <<https://goo.gl/4yNxSy>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

Interpretando a Figura 4.8, podemos dizer que, na faixa A, há 20% das falhas e 80% das causas; na faixa B, 30% são das falhas e 95% são das causas, e, finalmente, na faixa C, estão presentes 50% das falhas e 100% das causas. Assim, se a equipe trabalhar na faixa A, com somente 20% das falhas, haverá uma redução e/ou eliminação das causas da ordem de 80%.

Concluindo, essa ferramenta nos ajuda a focar o trabalho das equipes nas falhas, obtendo os resultados de forma mais eficiente e com eficácia.



Vocabulário

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

MCC: Manutenção Centrada na Confiabilidade.

FMEA: Análise do Modo e Efeito de Falhas.

MASP: Método de Análise e Solução de Problemas.

FTA: Análise da Árvore de Falhas.

Sem medo de errar

Caro aluno, o conteúdo desta seção será utilizado na resolução da situação-problema a seguir, em que precisaremos implementar um sistema que apresente uma forma de visualizar e monitorar a efetividade dos equipamentos da empresa, assim como mitigar as falhas apontadas nesse novo sistema.

Lembre-se do nosso contexto de aprendizagem: estamos trabalhando com uma indústria do segmento automotivo que produz bombas d'água em regime de alta produção. Você precisa, antes de qualquer coisa, se familiarizar com esse tipo de produto e visualizar uma linha de produção e montagem para ele. A Figura 4.9, a seguir, apresenta um dos possíveis tipos de bombas d'água.

Figura 4.9 | Bomba d'água para aplicação em motores automotivos de ciclo Otto



Fonte: <<https://goo.gl/czLg5K>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

O principal objetivo desta seção é fornecer dados para que você possa desenvolver os conceitos de: análise de falhas, confiabilidade, FMEA/FTA e do método ABC de tratamento de falhas; e aplicá-los na situação-problema. Lembre-se de que você é um engenheiro contratado para elaborar um plano de implementação de indicadores de análise de falhas e confiabilidade, usando as ferramentas FMEA/FTA e o tratamento de falhas com curva ABC, ou seja, você deve focar na efetividade da manutenção. Assim, responda: como você vai elaborar uma FMEA/FTA? Como extrairá as informações da FMEA/FTA? E como aplicará a ferramenta de análise ABC?

Roteiro de solução

A partir da visualização do produto, mostrado na Figura 4.9,

devemos procurar uma forma de coletar informações sobre todos os equipamentos necessários para a sua fabricação e registrar todas as informações sobre as falhas encontradas. Para isso, você deve elaborar um formulário e concentrar as informações pertinentes, tal qual apresentamos no enunciado.

Finalmente, as falhas devem ser aplicadas no sistema de análise FMEA/FTA, e deve-se obter o mapa das falhas, das causas e dos efeitos, a criticidade deve ser definida e as soluções pertinentes aplicadas.

Veja que, neste ponto, estamos com um sistema definido, e você pode iniciar uma fase de treinamento de algumas equipes, fazendo com que o sistema comece a funcionar de forma contínua e confiável.

Atenção

Durante a coleta de informações sobre as falhas, não se esqueça de envolver as equipes internas de manutenção e dos operadores, que são fontes inestimáveis de informação.

Ao final deste trabalho, deveremos ter os formulários para análise de falhas, determinando os índices de confiabilidade, além de um formulário tipo FMEA/FTA preenchido e uma curva ABC, que apresenta o foco da equipe. Vale lembrar que isso deve ser feito para cada equipamento envolvido na manufatura e montagem da bomba d'água.

Avançando na prática

Mitigar o nível de falhas encontradas em uma retífica cilíndrica externa

Descrição da situação-problema

Em uma empresa fabricante de componentes para redutores de velocidade, temos uma retífica cilíndrica externa, com a função de retificar todos os eixos que são montados nos redutores. Esse equipamento tem apresentado uma baixa produtividade, devido a um grande número de paradas por falhas de funcionamento. A Figura 4.10 nos mostra um exemplo de retífica cilíndrica externa. Como esse equipamento tem alto custo, a empresa precisa de ajuda para avaliar e encontrar soluções. Assim, você foi contratado como consultor para resolver esse problema. Desse modo, deve-se implementar um sistema de avaliação de falhas e montar uma forma de solucioná-los.

Figura 4.10 | Retífica cilíndrica externa



Fonte: <<https://goo.gl/DUv5L5>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

Resolução da situação-problema

Para resolver essa nova situação-problema, deve-se, em primeiro lugar, reunir a equipe de operadores, o time de manutenção, e levantar todas as falhas e as soluções aplicadas até este momento, registrando em um formulário. Analisando os dados, estabeleça o nível atual de confiabilidade do equipamento, para que possamos usá-lo como indicador, a fim de avaliar se estamos no caminho certo ou não, após a implementação das futuras melhorias propostas. Estabeleça com a equipe da empresa uma FMEA/FTA e levante as prioridades por criticidade, avaliando as ocorrências, a severidade e a detecção apontadas. Finalmente, estabeleça a ordem de atuação, utilizando a curva ABC, e determine foco de trabalho na curva A. Finalmente, elabore um cronograma de atividades, estabeleça um ponto de verificação e acompanhe os resultados, conduzindo o time na mitigação das falhas.

Faça valer a pena

1. Devemos pensar na análise de falhas como uma atividade multidisciplinar, ou seja, devemos trabalhar em equipes, previamente escolhidas, com pessoas experientes e envolvidas com o processo e os equipamentos. Temos que ter em mente também que, para toda a falha identificada, sempre há uma causa ou origem e, conseqüentemente, podemos e devemos ter uma solução. Pensando assim, ao aplicarmos uma metodologia de análise de falhas, serão analisados os aspectos que influenciam no equipamento.

Durante o processo de análise de falha, buscamos obter vários benefícios. Das alternativas a seguir, qual apresenta um benefício da análise de falha?

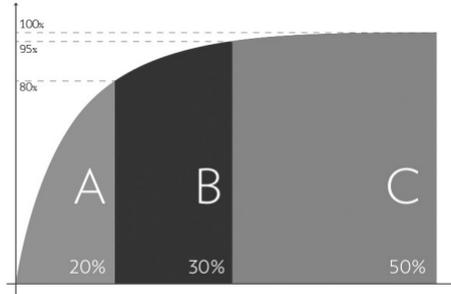
- a) Aumento do número de falhas do equipamento.
- b) Busca das causas fundamentais.

- c) Não identificação das falhas.
- d) Recorrência de falhas.
- e) Aumento da quantidade de papel e arquivo nas empresas.

2. Confiabilidade é um conceito que se originou do termo em inglês *reliability* e expressa a capacidade de um equipamento desempenhar uma função específica, sob condições estipuladas, durante certo intervalo de tempo. O termo “confiabilidade $R(t)$ ” é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade, segundo a norma NBR 5462. Podemos dizer também que a confiabilidade é inversamente proporcional ao custo de manutenção, ou seja, quanto maior for o índice $R(t)$, menor será o custo. Pensando em confiabilidade e custo, qual das alternativas a seguir explica exatamente o porquê dessa relação ser inversamente proporcional?

- a) Quando há baixa confiabilidade, praticamente não ocorrem paradas, o equipamento fica produzindo por mais tempo e, conseqüentemente, o custo é baixo.
- b) Quando há alta confiabilidade, praticamente não ocorrem paradas, o equipamento fica produzindo por menos tempo e, conseqüentemente, o custo é baixo.
- c) Quando há alta confiabilidade, praticamente não ocorrem paradas, o equipamento fica produzindo por mais tempo e, conseqüentemente, o custo é alto.
- d) Quando há alta confiabilidade, praticamente não ocorrem paradas, o equipamento fica produzindo por mais tempo e, conseqüentemente, o custo é baixo.
- e) Quando há baixa confiabilidade, ocorrem muitas paradas, o equipamento fica produzindo por menos tempo e, conseqüentemente, o custo é baixo.

3. Em primeiro lugar, a elaboração da curva ABC nada mais é do que a classificação das informações que representam o maior grau de importância ou impacto. No nosso caso, seria a classificação das falhas. Uma vez determinados os critérios, é necessário agrupá-los e apresentá-los em um gráfico específico, conforme a figura a seguir do modelo de uma curva ABC.



A classificação pelo método da curva ABC determina o foco para a solução das falhas. Qual das alternativas a seguir demonstra essa afirmação de forma correta?

- a) A faixa C do gráfico da curva ABC apresenta 100% das causas, então é o foco.
- b) A faixa B do gráfico da curva ABC é o foco.
- c) A faixa A do gráfico da curva ABC não é o foco.
- d) Quando temos 20% de falhas, significa que temos 95% das causas.
- e) Quando temos 20% de falhas, significa que temos 80% das causas.

Seção 4.3

Avaliação da gestão da manutenção e terceirização

Diálogo aberto

Caro aluno, pensando em um sistema integrado de gestão de manutenção, com foco na avaliação da gestão da manutenção e terceirização, vamos aplicar em uma situação-problema os conceitos de desempenho da programação, das políticas de terceirização, do modelo de excelência de gestão aplicado em manutenção e de uso do PDCA na manutenção.

Em uma empresa fabricante de mancais de contato (rolamentos) com produção seriada de alto volume, para diversos clientes nacionais e internacionais, e com uma lista de produtos muito extensa, além de um parque fabril com muitos equipamentos em diversas configurações, há um time de manutenção e operadores muito bem treinados que trabalham em três turnos de atuação.

A alta gerência da empresa está preocupada em saber como está sua equipe de manutenção, necessitando, portanto, realizar uma avaliação da gestão da sua manutenção e também de terceiros, realizando tarefas específicas e especializadas na empresa. Assim, você foi contratado para realizar a avaliação do time da manutenção e terceiros, com foco no desempenho da programação, das políticas de terceirização, do modelo de excelência de gestão e do uso do PDCA.

Você deverá efetuar, em primeiro lugar, um levantamento de todos os recursos da equipe de manutenção e terceiros, verificando como é feita a programação e a forma de medição de desempenho, ou seja, sua eficiência e eficácia, observando, registrando e avaliando as políticas de terceirização e como está a implementação do modelo de excelência da gestão. Finalmente, você irá avaliar o uso PDCA, tudo isso tendo como suporte um relatório contendo sua avaliação, destacando os pontos fortes e os pontos fracos. Fica evidente aqui a importância desse trabalho, pois, com essa avaliação, a empresa poderá elaborar um plano de ações para os pontos fracos e valorizar os pontos fortes.

Vamos lá? Mãos à obra!

Não pode faltar

Desempenho da programação

Na programação da manutenção, há o termo “manutenção preventiva”, que tem o objetivo de determinar o momento de efetuar a parada de um equipamento e, assim, executar uma série de tarefas pré-definidas. Deste modo, o equipamento é revisado, a fim de mitigar ou eliminar as paradas durante o período alocado para a produção. Isso é muito importante para a empresa, pois, desse modo, evitam-se problemas de qualidade do produto, paradas na produção, e, indiretamente, conseguimos manter o cliente fidelizado com produtos entregues na data solicitada e com qualidade. É claro que, se a programação de manutenção não for atendida, o risco de altos custos para a empresa será muito elevado.

Hoje em dia, para a sobrevivência da empresa, precisamos atender bem o cliente, não permitindo que os nossos produtos não o atendam de maneira adequada. Então, para avaliarmos o desempenho da programação, é muito importante que identifiquemos a existência de planos de manutenção, o seu nível de abrangência e se estão sendo executados conforme a programação.

Os planos de manutenção devem ser elaborados por times multidisciplinares, com foco nos equipamentos indispensáveis à produção. Basicamente, há dois tipos de planos: o plano que demonstra as frequências necessárias de cada atividade programada; e o plano de registro, que demonstra a realização do plano no equipamento. Temos, a seguir, duas figuras: a Figura 4.11, que apresenta um exemplo de planejamento de frequências, e a Figura 4.12, em que há um formulário para o registro das atividades planejadas.



Refleta

Por que os registros das ações planejadas são importantes? Como isso contribui para o resultado final do desempenho da manutenção?

Com os planos de manutenção consolidados, podemos estabelecer um indicador de desempenho.

Figura 4.12 | Exemplo de plano de manutenção e registro de ações

Plano de manutenção do Molde 1 - Lingotamento Contínuo						1		2		-	
				Data da montagem		09/10/96					
Planejado						Local da montagem		LC1			
Realizado						Data da troca		15/10/96			
Inspeção				Reforma		Troca		Falha			
				Períodos (corridas)		Nº de corridas		518			
				Padrões de referência		Durante o uso		Após o uso			
Longitudina (face longa)	Placa de Cu anterior			500	M-017-26-97			△			
	Placa de Cu posterior			500	M-051-12-97			△			
	Caixa d'água posterior			1500	M-032-04-97			□			
	Tirantes de fixação 1			1500	M-029-18-97			□			
	Tirantes de fixação 2			•	•			•			
Tirantes de fixação 3			•	•			•				
Tirantes de fixação 4			•	•			•				
Cilindro abertura/fecham. 1			•	•			•				
Cilindro abertura/fecham. 2			•	•			•				
Cilindro abertura/fecham. 3			•	•			•				
Cilindro abertura/fecham. 4			•	•			•				

Fonte: Xenos (2004, p. 174).

Podemos também avaliar o desempenho da manutenção através dos recursos disponíveis, como: ferramentas, treinamentos e quadro de pessoal. Toda vez que no relatório de planejamento constar que a tarefa não foi realizada, por falta de um ou mais desses itens, podemos apresentar um indicador do tipo percentual para elaborar planos de ações que mitiguem ou eliminem as paradas.



Assimile

Não ter os recursos necessários disponíveis é um erro grave no planejamento da manutenção. Por exemplo: a liberação de um equipamento para a realização de uma manutenção é muito difícil e custosa, já que a programação do cliente normalmente é muito variável, e busca-se reduzir os estoques.

Utilizando outro ponto de vista para a avaliação do desempenho: não podemos nos ater somente ao planejamento de manutenção (apesar de ser o foco principal), mas também a qualquer tarefa que interrompa o tempo de produção do equipamento, ou aumente o tempo de parada para a manutenção. A avaliação desses detalhes com certeza irá enriquecer o relatório final.



Experimente idealizar um plano de manutenção de um equipamento simples e depois negocie com a empresa a sua implantação. Analise os pontos fortes e os pontos encontrados nas maiores dificuldades. Esse exercício irá ajudá-lo a compreender melhor a importância da avaliação de desempenho da programação.

Política de terceirização

Antes de avaliarmos a política de terceirização, devemos rever esse conceito. A política de terceirização, na maioria das vezes, está intimamente interligada à cultura da empresa. Assim, podemos nos deparar com diversas formas de aplicação e graus de participação. Além da cultura da empresa, há a abordagem estratégica, em que a empresa determina o que é confidencial e, assim, não pode ser terceirizada. Portanto, deve-se, em primeiro lugar, buscar entender essas limitações (cultural e estratégica), para se buscar uma forma de avaliação dessas políticas de terceirização. Agora, o que é terceirização?

Podemos conceituar “terceirização” como a transferência, baseada em um contrato de fornecimento, para terceiros, das atividades cuja responsabilidade seria de uma equipe interna. A terceirização envolve quatro pontos principais, sendo:

- segurança;
- custo;
- aspectos legais;
- qualidade.

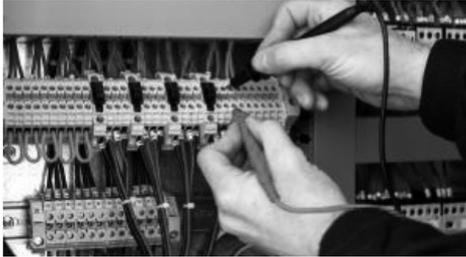
Desse modo, podemos buscar elementos nos quatro pontos citados, a fim de idealizar os indicadores de avaliação. Estabelecer metas e comparar com o real é a forma mais utilizada. Para os aspectos legais, devemos nos atentar que os impactos, como qualquer problema legal, são significativos e, assim, devemos sempre tomar ações de forma imediata, sendo que não existe a necessidade de um indicador específico.



Exemplificando

Com relação aos aspectos legais, imagine que a empresa terceirizada contrate pessoas de forma a não atender às normas trabalhistas. Os fatores sociais são muito graves e, em muitas situações, envolvem indenizações milionárias.

Figura 4.13 | Profissional terceirizado realizando uma inspeção



Fonte: <<https://goo.gl/1AknHz>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

Caso um ponto referente a aspectos legais seja encontrado, você deve avaliar a gravidade, julgando se você vai ou não reportar isso imediatamente à empresa.

A Figura 4.13 mostra um profissional especializado realizando uma inspeção em um equipamento elétrico, demonstrando assim que as tarefas que precisam de uma atividade temporária também podem ser terceirizadas, e a avaliação será sobre os resultados desse serviço.



Pesquise mais

Para que você possa ter um ponto de vista diferente sobre a terceirização, a dissertação a seguir mostra a questão de custos que envolve a terceirização na área de telecomunicações.

SANTOS, L. S. **Gestão estratégica de custos em empresas de terceirização de serviços de instalação e manutenção de redes de telecomunicações**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Economia)-Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/6516>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

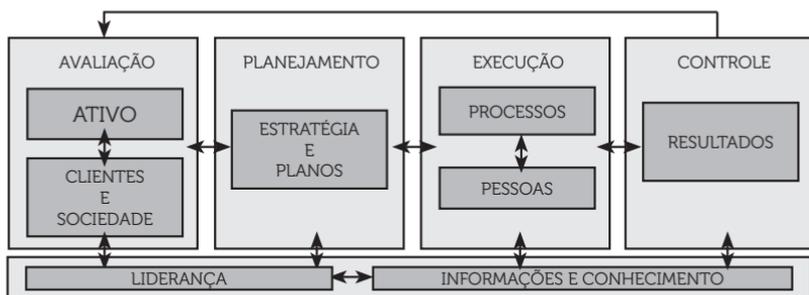
Modelo de excelência de gestão aplicado na manutenção

Para combinar a maior rentabilidade com a melhor qualidade e confiabilidade, é comum que muitas organizações industriais busquem a excelência. Assim, a implantação e o gerenciamento dos modelos de excelência são ferramentas muito importantes para a manutenção e, claro, são objetos a serem avaliados.

O modelo de avaliação para excelência da gestão da manutenção tem como objetivo principal estabelecer um parâmetro de excelência para avaliar o nível de maturidade da gestão praticada, em relação a esse referencial e, assim, implementar ações de melhoria.

O modelo de excelência de gestão é baseado nos fundamentos da excelência e é constituído por oito pontos principais: liderança, estratégias, clientes, sociedade, informações, pessoas, processos e resultados. Esses pontos estão, de certa forma, interligados, como mostra a Figura 4.14. Nela, colocamos em destaque o ativo, pois ele representa todos os equipamentos e bens com fins de produção.

Figura 4.14 | Modelo de excelência da gestão aplicado à manutenção



Fonte: elaborada pelo autor.

Concluindo, com o objetivo de avaliar a aplicação dessa metodologia, devemos confirmar se ela existe na empresa e se é de consciência de todos, através de uma pesquisa com os profissionais envolvidos, elaborando perguntas pertinentes ao sucesso ou não dessa busca pela excelência. Essas perguntas devem estar relacionadas com os oito pontos fundamentais da excelência, anteriormente citados.

Uso do PDCA na manutenção

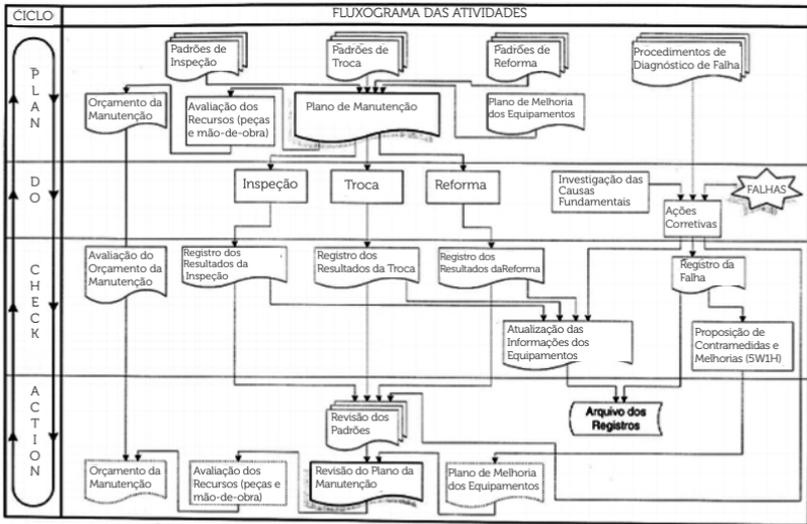
O ciclo PDCA merece um destaque especial, pois é uma ferramenta muito utilizada em várias áreas na indústria. Nesta seção, iremos avaliar o ciclo PDCA sob o ponto de vista da aplicação na

manutenção industrial. Lembrando que o ciclo PDCA tem etapas organizadas de maneira cíclica, com o objetivo de aperfeiçoar e aprimorar processos e produtos, estas estão divididas em:

- *Plan* (planejamento): como fazer;
- *Do* (execução): realizar;
- *Check* (verificação): acompanhar os resultados e comparar com as metas;
- *Act* (ação): proceder como o planejado e reiniciar o ciclo.

Normalmente, o ciclo PDCA é gerenciado pelo time da qualidade da empresa, mas aqui vamos trabalhar com o ciclo desenvolvido para a manutenção. A Figura 4.15 mostra em detalhes um exemplo do ciclo configurado para a área de manutenção.

Figura 4.15 | As atividades de manutenção e o ciclo PDCA



Fonte: Xenos (2004, p. 178).

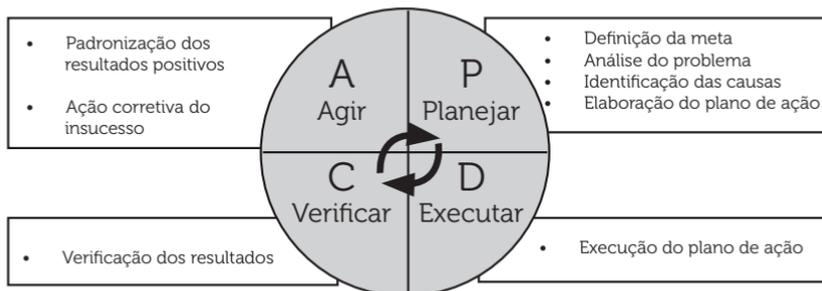
Na coluna à esquerda da Figura 4.15, podemos observar o ciclo PDCA. Ele é um indicativo de que devemos "girar" as atividades em busca da melhoria contínua do processo.

Uma das formas de avaliarmos esse tópico na empresa é primeiramente comprovar a existência do PDCA, de forma similar ao exposto na Figura 4.15, e verificarmos se ele está sendo executado continuamente e em todas as suas etapas. A Figura 4.16 oferece uma visualização do ciclo PDCA da forma clássica.



Note que o giro inadequado do PDCA provoca instabilidades não desejadas no sistema, tais como: aumento de falhas, demora na correção dos problemas etc. Um dos principais erros é focar continuamente na etapa *Do*, ou seja, cada vez mais se tem procurado executar melhor o reparo, tornando-o mais eficiente, mas também é preciso buscar diminuir o que fazer, ou seja, buscar eliminar a necessidade do reparo em si.

Figura 4.16 | Ciclo PDCA



Fonte: <<https://goo.gl/KjMIYP>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

A principal mensagem do ciclo PDCA é melhorar sempre com a sua atualização e com o giro constante das suas etapas.



Recomenda-se assistir à aula a seguir sobre o ciclo PDCA, apresentado de forma mais genérica, como uma ferramenta de gestão, para qualquer tipo de processo.

GONÇALVES, E. **O que é PDCA?** Youtube, 27 fev. 2015. Disponível em: <<https://youtu.be/AdCWcFiGDmC>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

Sem medo de errar

Caro aluno, nesta situação-problema, precisamos obter uma avaliação da gestão da manutenção e terceirização, de uma empresa fabricante de rolamentos. Para isso, você deve elaborar um levantamento da situação atual da empresa, focado no desempenho da programação, ou seja, se ela existe, como a programação é

aplicada e se existem falhas de aplicação. Você deve elaborar também indicadores de quantidade de programação realizada e não realizada.

Verifique se existe uma política de terceirização e como ela é aplicada, como o modelo de excelência na manutenção está sendo aplicado, se todos os funcionários estão sendo envolvidos nessa atividade etc. Também, como fator de avaliação, verifique a existência do PDCA aplicado na manutenção, como ele está sendo aplicado, se as equipes realizam reuniões periodicamente etc. Desse modo, uma forma de elaborar uma avaliação é obter um relatório do que existe hoje na empresa e comparar com o que foi planejado. Lembre-se do contexto de aprendizagem: nosso objeto é uma indústria que atende a vários seguimentos industriais, e os produtos são de difícil construção, exigindo muitos equipamentos complexos e um grande nível de especialização das equipes de trabalho.

Na Figura 4.17, há alguns tipos de rolamento para uma visualização geral.

Figura 4.17 | Rolamentos diversos



Fonte: <<https://goo.gl/H3D3xg>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

Roteiro de solução

Pensando no produto da Figura 4.17, devemos procurar uma forma de coletar informações sobre os equipamentos para a fabricação desses rolamentos. Para isso, você deve elaborar um planejamento e um formulário para coleta e registro dessas informações. Nele, você pode perguntar, por exemplo, sobre a importância de cada subconjunto de fabricação, buscar as informações existentes de problemas, avaliar os manuais dos equipamentos à procura de recomendações, realizar reuniões com as equipes de operação e manutenção etc.

Outro ponto importante é estabelecer o período de coleta de informações. Sugere-se um período mínimo de um ano, pois, quanto

maior for esse período, melhor será a qualidade dos dados a serem analisados, mas cuidado, isso pode significar um tempo alto se houver muitas informações. Aconselha-se ao profissional buscar um bom senso entre o prazo de avaliação e a qualidade de informações.

Dos materiais encontrados, pode-se elaborar um relatório que informe: o desempenho da programação e o seu nível de eficiência e eficácia; as políticas de terceirização, como estão sendo seguidas e sua efetividade; se o modelo de excelência está implementado através da ponderação das respostas, e, finalmente, se o ciclo de PDCA está implementado e buscando a melhoria contínua através do giro constante das atividades estabelecidas e os resultados encontrados.



Atenção

Durante o trabalho de coleta de informações para a elaboração da avaliação, não se esqueça de envolver as equipes internas e os terceirizados. Eles são fontes inestimáveis de informações e não podem ser menosprezados.

Ao final desse trabalho, devemos ter um relatório de avaliação do time de manutenção e de terceiros, com foco no desempenho da programação, das políticas de terceirização, do modelo de excelência de gestão e do uso do PDCA.

Avançando na prática

Avaliação da gestão de manutenção de uma linha de fabricação de escapamentos automotivos

Descrição da situação-problema

Em uma empresa fabricante de escapamentos automotivos, existe a necessidade de se avaliar a gestão de manutenção, com foco no desempenho da programação, pois notou-se que existem falhas ao se aplicar a programação da manutenção preventiva. Essas falhas têm, em primeiro lugar, ocasionado a parada dos equipamentos para a manutenção preventiva, porém a equipe de manutenção não tem disponibilidade para efetuar as atividades. Desse modo, a empresa está contratando você para elaborar um relatório contendo a avaliação da gestão sobre a programação da manutenção preventiva.

A Figura 4.18 nos mostra um exemplo de escapamento automotivo.

Figura 4.18 | Exemplo de um escapamento automotivo



Fonte: <<https://goo.gl/RE06w3>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

Resolução da situação-problema

Para resolvermos essa nova situação-problema, deve-se, em primeiro lugar, levantar as falhas que levaram à necessidade desse relatório. Depois disso, deve-se elaborar um formulário de coleta de dados sobre a quantidade de programações de um mês, por exemplo: quantos itens foram concluídos, quantos foram concluídos parcialmente e quantos não foram executados. Finalmente, deve-se criar um gráfico comparativo entre a meta e os resultados reais. Faça também sugestões do que precisa ser melhorado, aplicando os conceitos que vimos nesta seção.

Faça valer a pena

1. Na programação da manutenção, há o termo “manutenção preventiva”, que tem o objetivo de determinar o momento para efetuar a parada de um equipamento e, assim, executar uma série de tarefas pré-definidas. Desse modo, o equipamento é revisado, a fim de mitigar ou eliminar as paradas durante o período alocado para a produção. Isso é muito importante para a empresa, pois evitam-se problemas de qualidade do produto, paradas na produção, e, indiretamente, conseguimos manter o cliente fidelizado com produtos entregues na data solicitada e com qualidade.

Por que a programação da manutenção preventiva é vital no desempenho da programação da manutenção? Assinale a alternativa correta.

- a) Porque neste momento a produção realiza todas as tarefas para deixar o equipamento em ordem.
- b) Porque neste momento a manutenção realiza todas as tarefas de recuperação e reparo antes da quebra do equipamento em produção.
- c) Porque neste momento a manutenção realiza todas as tarefas de recuperação e reparo depois da quebra do equipamento em produção.

- d) Porque neste momento a manutenção realiza todas as tarefas de recuperação e reparo para que o equipamento aumente sua velocidade.
- e) Porque neste momento a manutenção realiza todas as tarefas de recuperação e reparo para que o equipamento diminua sua velocidade.

2. A política de terceirização, na maioria das vezes, está intimamente interligada à cultura da empresa. Assim, podemos nos deparar com diversas formas de aplicação e graus de participação. Temos também, além da cultura da empresa, a abordagem estratégica, em que a empresa determina o que é confidencial e assim não pode terceirizar. Portanto, deve-se, em primeiro lugar, entender essas limitações (cultural e estratégica), para buscar uma forma de avaliar as políticas de terceirização.

A terceirização envolve quatro pontos principais que são importantes para estabelecermos uma política de terceirização. Assinale a alternativa que apresenta esses pontos de maneira correta.

- a) Segurança, custo, aspectos legais e qualidade.
- b) Segurança, custo, aspectos patrimoniais e qualidade.
- c) Segurança, layout, aspectos legais e qualidade.
- d) Segurança, layout, aspectos patrimoniais e qualidade.
- e) Segurança patrimonial, aspectos patrimoniais, custo e qualidade.

3. O ciclo PDCA merece um destaque especial, pois é uma ferramenta muito utilizada em várias áreas na indústria. Nesta seção, iremos avaliar o ciclo PDCA sob o ponto de vista da aplicação na manutenção industrial. Lembrando que o ciclo PDCA tem etapas organizadas de maneira cíclica, com o objetivo de aperfeiçoar e aprimorar processos e produtos.

O ciclo PDCA envolve quatro pontos principais que são importantes para estabelecer um plano de melhoria contínua. Assinale a alternativa que apresenta esses pontos de maneira correta.

- a) Planejamento, conclusão, verificação e ação.
- b) Planejamento, detalhamento, verificação e ação.
- c) Planejamento, execução, valorização e ação.
- d) Planejamento, execução, verificação e ação.
- e) Planejamento, execução, verificação e alocação de recursos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

COQUE, M. **Confiabilidade analisando falhas com modelos estatísticos**. Youtube, 17 ago. 2015. Disponível em: <<https://youtu.be/HxKmVk2Q4ml>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

FIDELIS, N. et al. O papel da manutenção autônoma no processo de implantação da TPM em uma empresa do setor automobilístico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENEGEP, 2015. p. 1-20. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_224_27841.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2017.

FOGLIATO, F. S.; RIBEIRO, J. L. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Campos, 2009.

GONÇALVES, E. **O que é PDCA?** Youtube, 27 fev. 2015. Disponível em: <<https://youtu.be/AdCWcFiGDMc>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

RIBEIRO, H. **TPM**: o que é o pilar de manutenção autônoma? Youtube, 18 mar. 2016. Disponível em: <<https://youtu.be/FDFQQu79c1l>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

SANTOS, L. S. **Gestão estratégica de custos em empresas de terceirização de serviços de instalação e manutenção de redes de telecomunicações**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/6516>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: EDG, 2004.

ISBN 978-85-8482-833-3



9 788584 828333 >