

MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS

FILIFE JOSÉ DIDELET PEREIRA
FRANCISCO MANUEL VICENTE SENA



AUTORES

Filipe José Didelet Pereira
Francisco Manuel Vicente Sena

TÍTULO

Manutenção de Instalações Técnicas

EDIÇÃO

Publindústria, Edições Técnicas
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO
www.publindustria.pt

DISTRIBUIÇÃO

Engebook - Conteúdos de Engenharia e Gestão
Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · E-mail: apoiocliente@engebook.com · www.engebook.com

REVISÃO

Joana Moreira
Gigante – edição e design

DESIGN

Luciano Carvalho
Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2016 | Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Todos os direitos reservados a Publindústria, Produção de Comunicação, Lda. para a língua portuguesa.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja eletrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

CDU

- 62 Engenharia. Tecnologia em geral.
- 62-7 Serviço, manutenção, proteção de máquinas.
- 62-9 Variáveis, condições e características dos processos, instalações e equipamentos de produção.

ISBN

Papel: 978-989-723-140-7
E-book: 978-989-723-141-4

Engebook – Catalogação da publicação
Família: Engenharia Mecânica
Subfamília: Manutenção/Tribologia

ÍNDICE

PRÓLOGO	IX
1.ª PARTE	1
1. CONCEITOS GERAIS.....	3
1.1. Definição de manutenção	5
1.2. Manutibilidade.....	6
1.3. A função manutenção	9
1.4. Funções que interagem com a manutenção.....	10
1.5. Formas de organização da manutenção.....	11
1.5.1. Organização por especialidade.....	11
1.5.2. Organização funcional.....	13
1.5.3. Organização operacional.....	14
1.6. Objetivos da função manutenção.....	14
2. ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO.....	19
2.1. Aspectos gerais	21
2.2. As abordagens de manutenção	25
2.3. Tipos de manutenção	28
2.3.1. Manutenção planeada e manutenção não planeada.....	28
2.3.2. Manutenção curativa e manutenção de melhoria.....	29
2.3.3. Manutenção preventiva sistemática	29
2.3.4. Manutenção preventiva condicionada	29
2.4. Níveis de manutenção	30
2.5. Manutenção corretiva	31
2.6. Estudo das avarias.....	40
2.6.1. Avarias – definição e tipos	40
2.6.2. Análise de avarias	41
2.6.3. A degradação dos bens e a geração de avarias.....	44
2.6.4. Mecanismos das falhas	46
2.6.5. Súmula das causas das avarias de componentes mecânicos	55
2.6.6. Falhas de componentes de comando e controlo.....	56

3. MANUTIBILIDADE E ANÁLISE DOS TEMPOS DE EXECUÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO.....	59
3.1. Medição da manutibilidade	62
3.2. Análise dos tempos de reparação	64
3.3. Diagrama de blocos de manutenção.....	65
4. MANUTENÇÃO PREVENTIVA (MP)	69
4.1. Manutenção condicionada (MC).....	73
4.2. Manutenção preventiva sistemática (MPS).....	74
5. POTENCIALIDADES DA MANUTENÇÃO CONDICIONADA NOS EDIFÍCIOS	83
6. CONCEÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	93
6.1. Introdução aos princípios da organização da manutenção.....	95
6.2. Plano de manutenção preventiva (PMP)	99
6.2.1. Recolha e validação da informação técnica.....	101
6.2.2. Inventariação dos bens.....	102
6.2.3. Criação das fichas técnicas dos bens.....	106
6.2.4. Seleção das operações de manutenção preventiva.....	109
6.2.5. Adaptação das intervenções de manutenção preventiva e respetivas periodicidades.....	109
6.2.6. Organização dos recursos técnicos	110
6.2.7. Documentação complementar	110
6.2.8. Aperfeiçoamento do PMP	111
7. MANUTENÇÃO CENTRADA NA FIABILIDADE (RCM/MCF)	113
7.1. Introdução	115
7.2. A implementação do RCM.....	117
7.3. Aspectos particulares do PMP na perspectiva do RCM	126
8. PREVISÃO E PLANEAMENTO DA CAPACIDADE DE MANUTENÇÃO	129
8.1. Técnicas de previsão	131
8.2. Planeamento da capacidade de manutenção.....	137
8.2.1. Filas de espera	137
8.2.2. Modelos de filas de espera.....	140

2.ª PARTE.....	147
9. OS SISTEMAS DE MANUTENÇÃO.....	149
9.1. Atividades de planeamento	152
9.2. Alguns métodos aplicados na organização dos trabalhos de manutenção	155
9.3. Programação da manutenção	157
9.4. Atividades de organização da manutenção	158
9.5. Atividades de controlo da manutenção	158
9.6. Resumo.....	161
9.7. Exercícios	161
10. OPERAÇÕES E CONTROLO DA MANUTENÇÃO.....	163
10.1. Introdução	165
10.2. Ciclo de controlo da manutenção.....	165
10.3. Sistemas de ordens de trabalho (OT) de manutenção.....	167
10.3.1. Origem da ordem de trabalho.....	170
10.3.2. Coordenação e planeamento das ordens de trabalho	171
10.3.3. Representação em fluxograma dos circuitos de OT	172
10.3.4. Recolha e tratamento de informação e ações corretivas.....	174
10.4. Resumo.....	176
10.5. Exercícios	177
11. PLANEAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA MANUTENÇÃO	179
11.1. Introdução	181
11.2. Planeamento e preparação dos trabalhos de manutenção.....	182
11.3. Recursos humanos e sistemas de informação em manutenção	183
11.4. Organização dos meios e circuitos de informação em manutenção.....	186
11.5. Subcontratação e contratos de manutenção.....	188
11.6. Processo de consulta	193
11.7. Processo de avaliação, qualificação e seleção de fornecedores de serviços de manutenção	196
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	201
ANEXO I	
Questionário de autodiagnóstico <i>Organização e gestão da manutenção</i>	203
ANEXO II	
Glossário de manutenção.....	209
ÍNDICE REMISSIVO.....	215



PARTE

1

CAPÍTULO

CONCEITOS GERAIS

- 1.1. Definição de manutenção**
- 1.2. Manutibilidade**
- 1.3. A função manutenção**
- 1.4. Funções que interagem com a manutenção**
- 1.5. Formas de organização da manutenção**
 - 1.5.1. Organização por especialidade
 - 1.5.2. Organização funcional
 - 1.5.3. Organização operacional
- 1.6. Objetivos da função manutenção**

CAPÍTULO 1

CONCEITOS GERAIS

1.1. DEFINIÇÃO DE MANUTENÇÃO

Entende-se por manutenção o conjunto das ações que têm por fim executar as operações necessárias para que os equipamentos sejam mantidos ou restabelecidos num estado especificado ou com possibilidade de assegurar um serviço determinado, por um custo global mínimo. Em termos operacionais pretende-se que:

- › seja permitida uma execução normal das operações fabris nas melhores condições de custo, segurança e qualidade, como é o caso da manutenção dos equipamentos da produção;
- › seja fornecido um serviço nas melhores condições de conforto e custo, como é o caso de serviços prestados na área dos transportes, hospitais e serviços em geral.

A manutenção é definida, conforme a NP EN 13306 (2007), como a combinação das ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida do bem, tendo como objetivo mantê-lo ou repô-lo num estado no qual possa executar a função requerida.

Na definição acima, *manter* contém a noção de prevenir e *repor* refere-se à noção de corrigir. A função requerida de um bem é a função (ou conjunto de funções) considerada como necessária para a prestação de um dado serviço.

Assim, a manutenção é uma atividade que exige a combinação da engenharia e da gestão para a sua implementação e exploração. Embora a definição de manutenção pela norma não mencione os seus custos, refira-se a necessidade de comparar continuamente o investimento inicial do bem com os custos cumulativos de operação e de manutenção (*life cycle cost*).

Fazer manutenção é, portanto, efetuar as operações de lubrificação, observação dos equipamentos, reparação e melhoramentos, que permitem conservar o estado do equipamento, de forma a assegurar a continuidade e qualidade da produção, sendo que fazer uma boa manutenção é executar todas estas operações por um custo global mínimo.

A manutenção, como disciplina técnica, aplica-se antes da primeira avaria do bem; ela começa na conceção e desenvolvimento do bem. É durante conceção do bem que a manutibilidade, a fiabilidade, a disponibilidade e a durabilidade deverão ser predeterminadas. Contudo, a função do serviço de manutenção começa no apoio técnico a prestar na aquisição do bem, participando depois na montagem e na colocação do bem em serviço.

A missão do serviço de manutenção deverá assumir três facetas: vigilância permanente ou periódica, reparações e ações preventivas e recolha e tratamento das informações. O domínio

do conhecimento do bem permite fazer melhoramentos cujo objetivo final é a otimização do custo total de operação do bem.

Os fabricantes dos equipamentos recomendam a aplicação de determinado conjunto de tarefas de manutenção. Contudo, não é possível conseguir-se a funcionalidade plena, ou seja, sem avarias, durante a vida útil daqueles.

O bem, termo usado de acordo com a NP EN 13306, apresenta um processo de degradação contínuo, o que, mais cedo ou mais tarde, poderá gerar a sua avaria, se não forem tomadas as devidas ações preventivas. A questão fundamental é que a avaria é um estado imprevisível para o bem, possuindo características aleatórias.

Assim, os processos de manutenção implementados pelas organizações deverão ser responsáveis pela preservação dos bens em condições especificadas, pela sua segurança no funcionamento e pela adequabilidade das suas configurações, de modo que as funções requeridas sejam executadas de acordo com as especificações do serviço ou da produção. As funções requeridas são as funções para as quais os bens foram concebidos.

A manutenção tem, em geral, um grande impacto na qualidade e custo dos serviços prestados ou bens produzidos. Para além disso, é um fator importante, a longo prazo, na capacidade de recuperação do investimento. Nesta perspetiva, a manutenção não deverá ser considerada como um centro de custo, mas como um centro de benefício.

Ora, quando se adquire um bem, espera-se, desde o início da sua entrada em funcionamento, que ele corresponda às expectativas. É possível, contudo, que ocorra uma avaria de funcionamento em qualquer momento da sua vida.

É devido a esta limitação que se torna necessário um conceito que relacione o estado de funcionamento com o tempo. É esse o papel da fiabilidade que, por sua vez, é a capacidade de um bem desempenhar a sua função específica em condições definidas e por um período de tempo determinado.

A fiabilidade pode expressar-se através da probabilidade de que o bem funcione corretamente nas condições e no período de tempo referidos.

Repare-se que a noção de tempo poderá ser substituída por outro tipo de unidade de contagem (horas, quilómetros, ciclos de funcionamento, acontecimentos, etc.).

Ao colocar o funcionamento de um dado bem em termos de probabilidade, por mais sofisticados que sejam os modelos e as técnicas de manutenção adotados, está-se a entrar em linha de conta com uma limitação à ação da manutenção: o bem pode sempre falhar.

Um dos problemas que se coloca sempre que se fala em fiabilidade tem que ver com o cálculo da mesma.

1.2. MANUTIBILIDADE

A manutibilidade é uma das dimensões a ter em conta na fase de conceção de um sistema, com o objetivo de conseguir a sua eficácia, isto é, a sua aptidão geral para cumprir uma determinada missão.

A manutibilidade é, essencialmente, uma característica de conceção e de fabricação. Durante os estudos de manutibilidade, tudo o que seja suscetível de influenciar a aptidão de um órgão

para receber manutenção é tido em conta. A manutibilidade traduz, assim, a capacidade de um sistema ser mantido em boas condições operacionais, enquanto a manutenção constitui um conjunto de ações empreendidas com objetivo de repor o sistema falhado nas condições operacionais de “como novo”.

A manutibilidade aparece-nos, assim, como um parâmetro do *design* do sistema e a manutenção como o resultado desse *design*.

A manutibilidade, sendo uma característica (ou parâmetro) do *design* do sistema, pode ser expressa em termos de:

- › frequência de manutenção (probabilidade de um sistema não necessitar de manutenção mais do que x vezes num certo período, desde que operado em condições preestabelecidas);
- › tempo de manutenção (probabilidade de um sistema ser recuperado dentro de um certo período – tempo de calendário ou horas de trabalho – quando a manutenção é realizada em condições preestabelecidas de procedimentos e recursos);
- › custo de manutenção (probabilidade que o custo de manutenção de um sistema não exceda y euros num certo período, quando é operado e mantido em condições preestabelecidas).

O tempo de manutenção é o indicador mais vulgarmente utilizado.

Hoje em dia, os sistemas (ou produtos) possuem um alto grau de sofisticação e satisfazem a maioria das expectativas. Contudo, a experiência revela que a fiabilidade é, muitas vezes, marginal e que os sistemas se encontram inoperacionais parte considerável de tempo, implicando custos não desprezáveis.

A fiabilidade, sendo resultado, por um lado, da conceção e do modo de fabricação do sistema e, por outro, das condições (de carga e ambientais) em que a sua operação se desenrola, vai determinar a frequência com que as falhas ocorrem. Contudo, se o sistema dispuser de boas características de manutibilidade, as falhas serão fácil e rapidamente remediadas e as consequências serão mínimas, talvez mesmo irrelevantes. Senão, pode acontecer que, paradoxalmente, disponhamos de um sistema altamente fiável, mas que, devido a insuficientes características de manutibilidade, sofra falhas de consequências graves.

Exemplos de cada um dos casos acima expostos são, por um lado, os computadores e os automóveis, com baixa fiabilidade e alta disponibilidade, fruto de uma boa manutibilidade e, por outro, alguns equipamentos de transporte que, possuindo embora uma boa fiabilidade, quando em avaria apresentam tempos de reparação elevados.

Em termos quantitativos, é interessante notar que o tempo médio entre avarias, *MTBF*, é um parâmetro de fiabilidade e que o tempo médio de reparação, *MTTR*, é um parâmetro de manutibilidade.

O termo “manutibilidade” traduz, em concreto, a preocupação em conseguir que um sistema, durante as intervenções de manutenção, proporcione facilidade de acesso, condições de segurança, precisão e economia. No âmbito desta obra, interessa-nos apenas a última.

Do ponto de vista matemático, a manutibilidade define-se como a probabilidade de reparar o sistema e repô-lo nas condições normais de serviço no intervalo de tempo *TTR* – *Time To Repair*.

Deste modo, e supondo que os tempos de reparação TTR seguem uma distribuição de probabilidade exponencial, podemos escrever:

$$f(TTR) = \mu \cdot e^{-\mu TTR} \quad (1.1)$$

Em que:

μ = n.º médio de operações de manutenção efetuado por unidade de tempo;

TTR = tempo de recuperação;

$f(TTR)$ = probabilidade de uma reparação se realizar no tempo TTR .

O tempo médio de reparação ou *Mean Time To Repair* – $MTTR$ é o tempo médio despendido nas operações de manutenção e é dado por:

$$MTTR = 1/\mu \quad (1.2)$$

Ou

$$MTTR = \sum f_i \cdot TTR_i / \sum f_i \quad (1.3)$$

Em que:

f_i = frequência das operações de manutenção;

TTR_i = duração das operações de manutenção.

A manutibilidade M define-se como sendo a probabilidade de uma operação de manutenção durar até um certo limite de tempo TTR .

$$M = f(TTR) = \mu \int_0^{TTR} e^{-\mu t} dt \quad (1.4)$$

$$M = 1 - e^{-\mu TTR} \quad (1.5)$$

Esta expressão, aplicada a um número determinado de componentes que avariaram, representa a percentagem de componentes que podem ser reparados no período de tempo TTR . Se a expressão for aplicada a um único componente, representa a probabilidade de que a reparação se possa realizar no intervalo de tempo TTR .

A função $f(TTR)$ pode ser, aproximadamente, descrita por:

- > uma distribuição de probabilidade normal, no caso de equipamento simples que não requer um especialista ou no caso de operações repetitivas;
- > uma distribuição de probabilidade exponencial negativa, no caso de equipamento de complexidade média-alta ou no caso de operações não repetitivas;
- > uma distribuição de probabilidade log-normal ou gama, no caso de equipamentos complexos ou de muitas operações elementares.

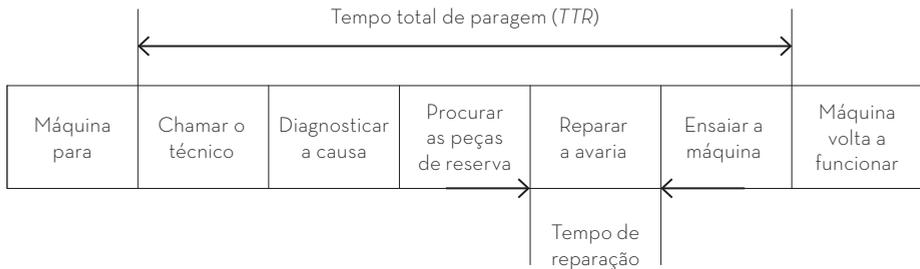
Vejamos, ainda, outra definição de manutibilidade aplicada a sistemas muito complexos. Nestes sistemas, os tempos de reparação podem ser muito diferentes, conforme a parte que avaria e a disponibilidade, no momento, dos sobressalentes e dos técnicos especializados.

Nestes casos, define-se a manutibilidade como sendo igual ao tempo médio de reparação ou, então, ao tempo de reparação por hora de serviço do sistema. Por tempo médio de reparação deverá entender-se o tempo durante o qual se pode esperar que seja reparada uma percentagem fixa de avarias.

O tempo de manutenção por hora de serviço do sistema representa o número necessário de horas-homem de manutenção por cada hora de serviço do sistema. Por exemplo, num caso de um helicóptero de transporte, em que se privilegia a fiabilidade, a manutibilidade é cerca de uma hora-homem/hora de voo, enquanto no caso de um helicóptero de combate, em que se privilegia o rendimento em vez da fiabilidade, a manutibilidade é cerca de sete horas-homem/hora de voo.

Notar que, quando nos referimos a um equipamento, o *TTR – Time To Repair* corresponde ao período que medeia entre o momento em que o equipamento falha (devido a uma qualquer causa) e o momento em que volta a funcionar normalmente. O *TTR* de um equipamento inclui, portanto, quer o tempo de reparação propriamente dito quer os tempos de espera. A tabela seguinte mostra que, por vezes, a soma destes pode ser bastante superior.

TABELA 1.1.



1.3. A FUNÇÃO MANUTENÇÃO

Para responder à realização das ações que devem ser efetuadas sobre os equipamentos, de modo a garantir a respetiva operacionalidade, as organizações que os utilizam têm de compreender, de forma explícita, ou não, uma função de manutenção. Se essa compreensão for levada a cabo de forma explícita, a organização compreende um serviço de manutenção.

A função manutenção deve ser efetuada ao longo do ciclo de vida de um equipamento, compreendendo, de uma forma alargada, todas as ações que sobre este se realizem e que tenham como objetivo garantir a sua operacionalidade de uma forma eficaz e económica.

Não se deve entender a função manutenção apenas como o conjunto de intervenções realizadas diretamente sobre o equipamento. Pelo contrário, a função manutenção compreende também as ações relacionadas com a fase de decisão sobre o tipo de equipamento a adquirir (sem incluir a decisão da própria aquisição), o estudo do espaço envolvente para a sua

5

CAPÍTULO

POTENCIALIDADES DA MANUTENÇÃO CONDICIONADA NOS EDIFÍCIOS

CAPÍTULO 5

POTENCIALIDADES DA MANUTENÇÃO CONDICIONADA NOS EDIFÍCIOS

Como as substituições preventivas sistemáticas só utilizam parte da vida útil dos componentes, verificou-se a necessidade de desenvolver técnicas que permitam a utilização máxima da vida residual desses componentes, melhorando a previsão das falhas relativamente aos métodos estatísticos aplicados na manutenção preventiva sistemática. A aplicação da manutenção preventiva sistemática, qualquer que seja a sua natureza, implicará inevitavelmente a ocorrência de avarias residuais, as quais geram ações corretivas de manutenção.

Das técnicas desenvolvidas considerou-se a condição dos componentes do ponto de vista da causa e propagação dos mecanismos internos de falha. Assim, foram identificados os parâmetros de funcionamento diretamente relacionados com a condição de falha e a aplicação de instrumentação eletrónica para a monitorização desses parâmetros.

A utilização máxima da vida residual dos componentes pela manutenção condicionada e preditiva permite a monitorização contínua sem colocar os bens fora de serviço, aumentando, assim, a disponibilidade e reduzindo os custos de exploração.

Na manutenção condicionada, ao contrário da sistemática, cuja data de intervenção é pre-determinada, a intervenção técnica de manutenção depende da emissão de um alarme.

Como resultados da aplicação da manutenção preventiva condicionada, poderemos considerar:

- › utilização dos componentes no máximo das suas possibilidades, permitindo o seu aprovisionamento o mais tarde possível (diminuição dos *stocks*). A vida operativa dos bens é maior do que no caso da aplicação da MPS;
- › redução do número de intervenções de corretiva residual;
- › implica programação e controlo, obrigando a uma gestão individualizada da programação das intervenções;
- › alivia as análises técnico-económicas (escolha da periodicidade $T = k.MTTF$ ou $k.MTBF$), mas exige cadeias de medição sujeitas a falhas.

A manutenção condicionada utiliza métodos não intrusivos, inspeção visual e informações de funcionamento para avaliar a condição dos bens.

Manutenção preventiva condicionada

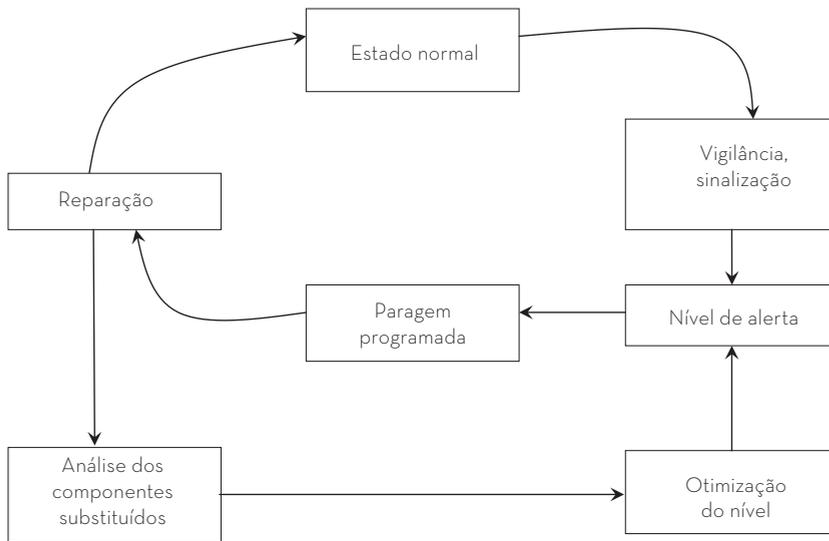


FIGURA 5.1.

Poderá substituir as intervenções de manutenção preventiva sistemática, por intervenções também programadas, mas de acordo com a condição do bem. Esta consideração não implica, de maneira nenhuma, a substituição total da manutenção preventiva sistemática pela condicionada.

Para comprovar esta situação recorre-se ao RCM para a seleção objetiva das tarefas de manutenção e verifica-se que, pela sistematização lógica e racional do processo sequencial RCM, poderemos seleccionar qualquer tipo de manutenção, incluindo a manutenção corretiva. Estas escolhas são devidamente justificadas pela avaliação da viabilidade técnica e económica.

As verificações ou inspeções da condição do bem poderão ser classificadas em subjetivas ou objetivas.

Com a monitorização da condição feita de modo subjetivo, os resultados dependerão do modo como a pessoa que realiza a verificação interpretará os resultados. Um ruído, um aquecimento ou uma aparência visual poderão ser interpretados de modo diferente por diferentes pessoas, dependendo da sua experiência. A precisão da monitorização da condição por meios subjetivos poderá ser melhorada usando meios auxiliares adequados. Estes poderão ser as descrições dos processos, mostrando onde poderão ocorrer as fugas dos fluidos, as folgas, e a observação de fotografias ou gravuras, mostrando os diferentes aspetos em que se poderão encontrar nos bens.

A monitorização da condição de modo objetivo implica a aplicação de instrumentos e os respetivos meios auxiliares, para a medição de valores dos parâmetros que demonstrem a condição do bem.

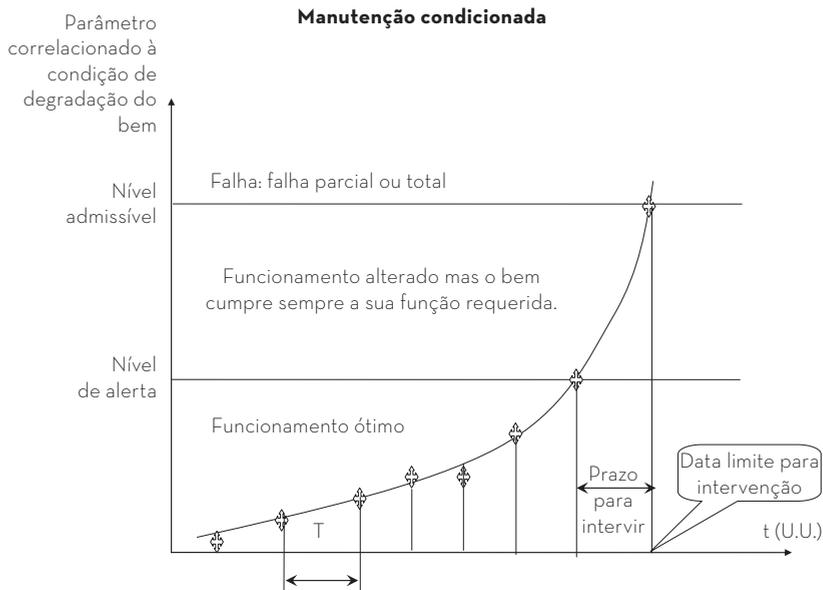


FIGURA 5.2.

A análise contínua das informações obtidas com os recursos técnicos implementados pela manutenção condicionada permite o planeamento e a programação das intervenções de manutenção antes de haver falha funcional e, nomeadamente, falhas catastróficas, explorando-se ao máximo a vida útil dos bens.

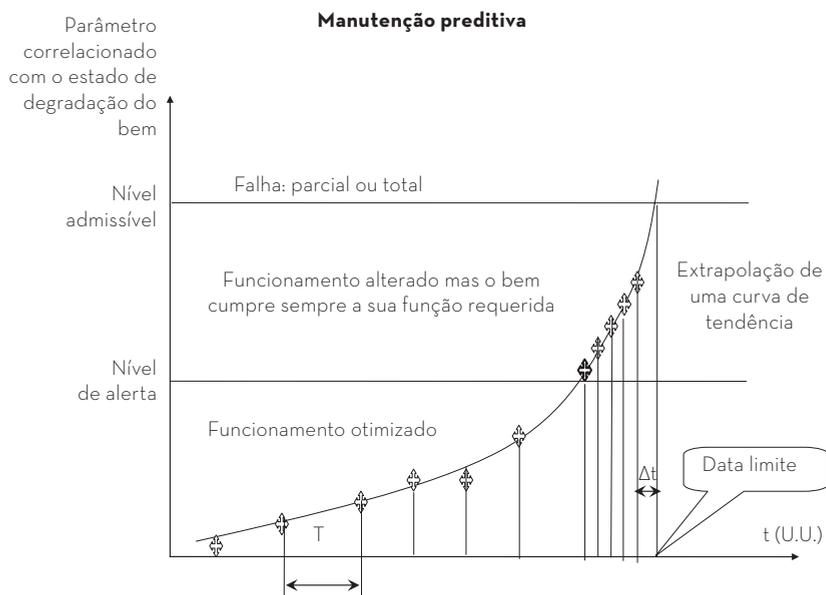


FIGURA 5.3.

Poderão ser consideradas como características fundamentais da manutenção por controlo de condição:

- › medição de parâmetros de funcionamento de forte correlação com a condição do bem;
- › o planeamento e programação das tarefas de manutenção são executados em função da condição do bem;
- › permite “esticar” ao máximo a vida útil dos componentes do bem – vida residual mínima;
- › deteta as anomalias incipientes – falha potencial – que poderá conduzir à falha funcional pela continuação da degradação do item;
- › a sua aplicação é prioritária quando existem condições de segurança e ambientais subjacentes à falha – esta escolha é típica do processo RCM;
- › requer tecnologia específica e *software* de acompanhamento nas aplicações;
- › requer formação especial para o operador;
- › poderá requerer um estudo de viabilidade técnica e económica nas aplicações;
- › a aquisição de dados poderá ser contínua ou intermitente.

Face aos pontos anteriores, poderemos elaborar, de modo resumido, as vantagens da aplicação de uma política de manutenção centrada na manutenção condicionada e preditiva:

- › maximização da vida útil do bem;
- › aumento da fiabilidade operacional do bem, considerando que esta política de manutenção consegue a maior aproximação à fiabilidade inerente do bem;
- › redução dos custos de manutenção, pelo prolongamento da vida útil dos componentes e pelo melhor planeamento e programação das tarefas de manutenção;
- › aplicação generalizada aos sistemas de engenharia.

Os serviços de manutenção dos edifícios poderão obter grandes benefícios pela aplicação da manutenção condicionada, visto que a grande quantidade de falhas potenciais poderão ser detetadas de modo sustentado.

Inicialmente, a instrumentação de manutenção condicionada foi restringida pelos serviços de manutenção dos edifícios devido aos elevados custos e também a falta de conhecimento acerca da melhor maneira de aplicar a instrumentação. A situação alterou-se pela necessidade de expandir o mercado, por parte dos fabricantes da instrumentação, e pela necessidade dos serviços de manutenção reduzirem os custos de manutenção.

Geralmente, se o custo de reparação é bastante reduzido comparativamente ao custo de prevenção da avaria, não se justifica a implementação de MC. Contudo, determinadas avarias têm custos operacionais muito elevados, tal como acontece com os *chillers* e as grandes bombas de circulação.



CAPÍTULO

PLANEAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA MANUTENÇÃO

- 11.1. Introdução
- 11.2. Planeamento e preparação dos trabalhos de manutenção
- 11.3. Recursos humanos e sistemas de informação em manutenção
- 11.4. Organização dos meios e circuitos de informação em manutenção
- 11.5. Subcontratação e contratos de manutenção
- 11.6. Processo de consulta
- 11.7. Processo de avaliação, qualificação e seleção de fornecedores de serviços de manutenção

CAPÍTULO 11

PLANEAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA MANUTENÇÃO

11.1. INTRODUÇÃO

O planeamento é um processo mediante o qual se determinam os elementos necessários para realizar uma tarefa, antes de se iniciar o trabalho. A programação tem que ver com a hora ou o momento específico e o estabelecimento de fases ou etapas dos trabalhos planeados, juntamente com as ordens para efetuar o trabalho, a supervisão, controlo e reporte do seu avanço. Um bom planeamento é um requisito prévio para que a programação seja adequada. Para que o planeamento tenha êxito é necessário a realimentação da função programação. Por esta razão é que em muitas organizações de manutenção ambas as funções são executadas pela mesma pessoa ou pela mesma unidade funcional.

O planeamento e a programação da manutenção são diferentes do planeamento e programação da produção nos seguintes aspetos:

- › os pedidos de trabalho de manutenção têm maior variabilidade do que o trabalho de produção e esses pedidos ocorrem de forma aleatória;
- › os trabalhos de manutenção têm maior variabilidade entre eles, incluindo os mesmos trabalhos. Isto dificulta o desenvolvimento de padrões de trabalho na manutenção. Para um planeamento e uma programação com certo grau de certeza são necessários certos padrões de tempo fiáveis para os trabalhos;
- › o planeamento da manutenção requer coordenação com muitos serviços da organização, como o dos materiais, da engenharia, das operações e, em muitas situações, é uma causa importante de atrasos e obstáculos.

Por estas razões o planeamento e a programação da manutenção requerem um tratamento diferente.

O planeamento e a programação são os aspetos mais importantes para uma correta gestão da manutenção. O planeamento e programação eficazes contribuem de modo significativo para:

- › redução dos custos de manutenção. Os estudos indicam que existe uma correlação forte entre a manutenção programada e a redução dos custos de manutenção;
- › melhor utilização da mão de obra de manutenção ao reduzir os atrasos e interrupções. Também proporciona um meio eficaz para melhorar a coordenação e facilitar a supervisão;

- › melhor qualidade do trabalho de manutenção ao se adotar os melhores métodos e procedimentos e distribuição da melhor mão de obra, de acordo com a importância dos trabalhos.

Os principais objetivos do planeamento e da programação incluem:

- › minimizar o tempo ocioso dos trabalhadores de manutenção;
- › maximizar a utilização eficiente do tempo de trabalho, do material e do equipamento;
- › manter o equipamento em operação a um nível que responda à necessidade da produção em termos de fornecimento dos serviços e da qualidade.

De facto, todo o trabalho de manutenção deverá ser planeado e programado. Só o trabalho de emergência se efetua sem planeamento prévio; contudo, poderá planear-se à medida que se avança.

Para fins de planeamento, o trabalho de manutenção pode classificar-se em variadas categorias. Uma parte essencial do planeamento e da programação é a previsão do trabalho futuro e equilibrar a carga de trabalho entre essas categorias. Poderão haver regras internas acerca da conveniência de determinada percentagem de trabalho de manutenção ser planeado e programado.

11.2. PLANEAMENTO E PREPARAÇÃO DOS TRABALHOS DE MANUTENÇÃO

A preparação dos trabalhos significa a organização dos recursos para as intervenções de manutenção, a execução de cadernos de encargos e contratos de subcontratação.

Para que o trabalho de manutenção seja executado de modo eficiente é essencial que seja planeado e preparado de modo adequado. Isto necessita de rotinas específicas para OT e para a preparação/fornecimento de documentação técnica, ferramentas e materiais.

Os desenhos, instruções e outra documentação que diga respeito ao equipamento existente na instalação deverá estar devidamente preenchida e organizada, de modo a ser acedida facilmente.

O pessoal que executa os trabalhos deverá ser equipado, em todas as ocasiões, com as ferramentas consideradas necessárias. Também os sobressalentes e materiais que possam ser solicitados deverão ser inspecionados e tornados disponíveis.

O trabalho de planeamento e de preparação também inclui a decisão acerca do tipo de pessoal e tempo de trabalho necessário para a execução dos trabalhos.

O tempo de execução dos trabalhos de manutenção deverá ser adaptado ao pessoal e à condição operacional existente. Se possível, o trabalho deverá ser executado num tempo tal que se evitem as paragens extras, trabalho extraordinário e outros inconvenientes que possam provocar atrasos na execução.

Alguns bens necessitam de paragens prolongadas antes do início dos trabalhos, como por exemplo, as caldeiras. Este processo deverá ser executado antes da chegada do pessoal de manutenção ao local.

O pessoal de manutenção deverá ser notificado das medidas de segurança a tomar antes e durante a execução dos trabalhos.

As informações técnicas deverão ser acedidas com facilidade pelo pessoal de manutenção. Muitas organizações têm a informação em ficheiros onde todas as informações sobre os bens da instalação estão devidamente arquivados. O arquivamento da informação simplifica o planeamento e preparação do trabalho e contribui para a racionalização do sistema de manutenção.

Um importante elemento na gestão da manutenção é a preparação de instruções para o trabalho de manutenção. Muitas organizações têm instruções preparadas que servem como fundamento técnico para o planeamento e execução da manutenção preventiva.

As instruções são preparadas de diversos modos e com variado grau de detalhe. Geralmente descrevem só o que deverá ser feito complementado por dados, tais como: binários, máximas folgas, pressões, etc. Poderão, por vezes, descrever como é que o trabalho deverá ser executado.

Não é possível dar quaisquer regras gerais de como é que as instruções de manutenção deverão ser executadas visto que a complexidade dos trabalhos e a capacidade do pessoal varia amplamente. Contudo, as instruções deverão ser adequadas às categorias dos utilizadores, de modo que o vocabulário e a nomenclatura aplicadas lhes sejam compreensíveis.

Na elaboração das instruções poderá ser necessário recorrer a consultores técnicos. Também, no caso de elaboração das instruções por pessoal técnico interno, poderá ser necessário pedir uma revisão a empresa exterior, de modo a melhorar a comunicação e a linguística.

As instruções deverão ser atualizadas de acordo com a experiência acumulada.

Muitos fabricantes de máquinas produzem excelentes instruções de manutenção, mas a sua qualidade e apresentação variam. Na aquisição dos bens deverão ser requeridas instruções de manutenção adequadas. Embora isto tenha um efeito benéfico na qualidade das instruções, estas são geralmente inadequadas como ajuda para o planeamento, preparação e implementação dos trabalhos de manutenção. Nos piores casos, as instruções fornecidas aos utilizadores dos bens não são mais do que material publicitário.

Muitos fabricantes compreendem que há muito a ganhar se fornecerem adequadas instruções de manutenção. Alguns dos benefícios são:

- › os custos de reclamações diminuem;
- › os custos de resposta a questões e fornecimento de informações reduzem-se;
- › os bens serão melhor mantidos, resultando em melhor funcionamento e reputação dos bens;
- › o treino do pessoal de serviço pós-venda é facilitado;
- › boas instruções de manutenção são um fator de valorização das vendas;
- › os contratos de manutenção serão mais baratos, visto que os utilizadores poderão lidar com maior número de tarefas de manutenção.

11.3. RECURSOS HUMANOS E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO EM MANUTENÇÃO

Os recursos humanos de manutenção deverão ser considerados pelos gestores nos seguintes pontos:

- › definição das áreas de intervenção, evitando interferências e sobreposições, nomeadamente com os operadores e utilizadores dos bens;

- › a responsabilização das tarefas de manutenção deverá ser feita de modo a que haja um responsável por trabalho – prazos, custos e pessoal atribuído;
- › capacidade para a motivação e compreensão do pessoal;
- › a organização deverá adaptar-se aos recursos existentes, quer do ponto de vista pessoal como técnico;
- › evitar a criação de equipas de manutenção demasiado extensas e evitar excessos de supervisão;
- › facilitar o acesso à informação técnica e à formação profissional, o que melhorará o nível técnico do pessoal operacional e a sua motivação;
- › o pessoal de manutenção deverá estar integrado na estratégia e nos objetivos da produção;
- › fomentar o interesse do pessoal nos indicadores de gestão;
- › criar a motivação para o trabalho de equipa e a cooperação, nomeadamente com a produção.

As políticas de pessoal terão efeitos significativos no resultado da função manutenção pelos seguintes fatores:

- › processo de admissão do pessoal;
- › formação profissional;
- › definição, hierarquização e distribuição de competências;
- › definição de objetivos;
- › imputação de responsabilidades;
- › avaliação do desempenho;
- › quantificação dos resultados;
- › evolução profissional.

Os trabalhos executados pela função manutenção apresentam características muito específicas quando comparados com as atividades de outras funções na fábrica. Como especificidade consideramos:

- › trabalho diversificado quando comparado com a rotina de produção;
- › uma percentagem do trabalho apresenta características aleatórias, mesmo estando implementado um plano de manutenção preventiva;
- › trabalho com localização diversa;
- › trabalhos com grande variação dos recursos necessários;
- › períodos de grande atividade (carga de trabalho) seguidos de períodos de baixa atividade – ritmo irregular;
- › a pressão é função da atividade do processo produtivo – nível de encomendas;
- › a manutenção presta um serviço com características de um processo produtivo;
- › o trabalho executado poderá apresentar níveis de qualidade diversificados.

As descrições de funções representam as atividades e responsabilidades profissionais imputadas ao pessoal da função manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batlle, J. B. (2003). *Mantenimiento de aire acondicionado*. Cano Pina, S. L. Ediciones Ceysa.
- Cabral, J. P. S. (2006). *Organização e gestão da manutenção*. Lisboa: Lidel.
- Cabral, J. P. S. (2009). *Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios*. Lisboa: Lidel.
- Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril. Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. *Diário da República n.º 67, I Série-A*.
- Duffuaa, S. O., Rouf, A. & Campbell, J. D. (2000). *Sistemas de mantenimiento – Planeación y control*. México: Limusa Wiley.
- Duffuaa, S. O., Ben-Daya, M., Al-Sultan, K. S. & Andijani, A. A. (2001). "A generic conceptual simulation model for maintenance systems", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 7. Iss: 3, pp. 207-219.
- Héng, Jean (2002). *Pratique de la maintenance préventive*. Paris: Dunod.
- Linzmayr, Eduardo (2004). *Guia básico para a administração da manutenção hoteleira*. São Paulo: SENAC.
- Martín, Q., Santos, M. T. & Paz, Y. R. (2005). *Investigación Operativa. Problemas y ejercicios resueltos*. Pearson Educación, S. A.
- Monchy, François (2003). *Maintenance – Méthodes et organisations*. Paris: Dunod.
- Navaltik Management, Lda. (2009). *Edifícios e hotelaria – preparações de trabalho*. Lisboa: Navaltik Management, Lda. Disponível em: http://www.manwinwin.com/pt/docs/Edifícios_Preparacoes_Master_03.pdf.
- NP EN 13306 (2007). Terminologia da manutenção.
- NP EN 15341 (2009). Manutenção – Indicadores de desempenho de manutenção.
- UNE 100004 IN (2006). *Mantenimiento preventivo de instalaciones térmicas*.
- Waters, Donald (1996). *Operations management: producing goods and services*. England: Addison-Wesley Publishers Ltd.

Apoio



SOLUÇÕES INTEGRADAS SGS PARA A INDÚSTRIA

A SGS é parceira estratégica da Indústria proporcionando a segurança e melhoria contínua da sua organização:

ANÁLISES E ENSAIOS

- Matérias primas
- Materiais
- Produto final
- Ensaios não destrutivos

INSPEÇÃO

- Infraestruturas
- Equipamentos

GESTÃO DE ATIVOS

- Inventariação
- Cadastro
- Avaliação

EFICIÊNCIA DE RECURSOS

- Eficiência Energética
- Eficiência Hídrica

GESTÃO DO RISCO

- Ambiental
- Saúde e Segurança no Trabalho

CERTIFICAÇÃO

- Sistemas de Gestão
- Produtos
- Equipamentos e instalações
- Serviços
- Pessoas

FORMAÇÃO

Consulte o nosso catálogo em:



www.sgsacademy.pt

pt.info@sgs.com
WWW.SGS.PT
808 200 747*

*seg. a sex. das 9h00 às 18h00

WHEN YOU NEED TO BE SURE

SGS

MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS

FILIPE JOSÉ DIDELET PEREIRA
FRANCISCO MANUEL VICENTE SENA

Sobre o livro

Os avanços tecnológicos verificados nos últimos anos, e a cadência com que se continuam a verificar, justificam que se reflita sobre o enquadramento atual da função Manutenção, a exemplo do que já se fez com a Fiabilidade. Em termos gerais, os objetivos da manutenção têm que ver com a exploração e gestão dos equipamentos durante a sua vida útil, com a disponibilidade otimizada dos equipamentos e com a segurança dos utilizadores.

Esta obra pretende ser um elemento de estudo e consulta que, de algum modo, sistematiza os conceitos fundamentais associados à Manutenção, as suas formas de organização, os problemas associados à resolução de avarias e as formas de planear as ações de manutenção. Pretende apoiar estudantes de engenharia e técnicos que na sua atividade, nomeadamente em áreas como a manutenção, a produção ou a segurança, necessitem de compreender os conceitos associados à manutenção e à sua organização.

Este livro aborda as relações entre a manutenção, a produção e a segurança, as formas de levar à prática as ações da manutenção sobre os equipamentos e os procedimentos organizativos associados ao seu planeamento. Recomenda-se que a sua leitura possa ser integrada com a da anterior obra dos mesmos autores sobre Fiabilidade, também publicada pela Publindústria (*Fiabilidade e sua aplicação à Manutenção*, 2012).

Sobre os autores

FILIPE DIDELET

Licenciado e Mestre em Engenharia Mecânica, pelo Instituto Superior Técnico, e Doutorado, também em Engenharia Mecânica, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

É atualmente Professor Coordenador da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal do Instituto Politécnico de Setúbal. Tem dezenas de artigos técnicos e científicos publicados em Portugal e no estrangeiro nas áreas da manutenção e da fiabilidade, através de revistas ou através da participação em congressos. Tem também orientado várias dissertações académicas nestas áreas, ao nível de mestrado e de doutoramento em diversas instituições. É membro Sênior Especialista em Manutenção pela Ordem dos Engenheiros.

Para além da manutenção e da fiabilidade, nos últimos anos tem-se dedicado à investigação na área da análise de risco, tendo sido até 2013 um dos Coordenadores do Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho, promovido conjuntamente pelas Escolas Superiores de Tecnologia de Setúbal e de Ciências Empresariais do Instituto Politécnico de Setúbal.

FRANCISCO SENA

Doutor em Gestão na especialidade de Operações, pela Universidade Aberta e MSc. em Marine Engineering. É licenciado em Engenharia de Máquinas Marítimas, pela Escola Superior Náutica Infante D. Henrique, com um bacharelato em Máquinas Marítimas pela mesma escola.

Foi Professor Coordenador no Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve e Antigo Oficial Engenheiro Maquinista da Marinha Mercante na Sociedade Portuguesa de Navios Tanques (SOPONATA) e na Companhia Nacional de Navegação (CNN). Além de autor de diversos artigos técnicos de manutenção e fiabilidade para congressos nacionais e internacionais, é ainda coautor do livro *Fiabilidade e sua aplicação à Manutenção*.

Obra apoiada por:



Também disponível em formato papel



ISBN E-Book

978-989-723-141-4

www.engebook.com