

isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**Implementação do Sistema de
Manutenção na Tecniforja**

DEFINITIVO

Autor

Adriano José Monteiro Marinho

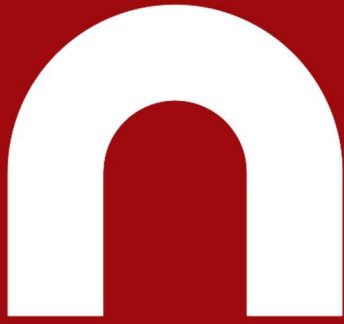
Orientador

António Santos Simões

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, maio 2022



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos

Autor

Adriano José Monteiro Marinho

Orientador

António Santos Simões

Supervisor na empresa Tecniforja

Pedro Maria Cardoso do Carmo Cabral de Sampaio

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, maio 2022

AGRADECIMENTOS

Em quase todos os trabalhos existe uma equipa ou um conjunto de pessoas que de uma maneira ou de outra ajudam a que esses trabalhos sejam feitos e este trabalho não é uma exceção.

Quero agradecer ao meu Coorientador, Eng. Pedro Sampaio por me dar a possibilidade de fazer este estágio, mas também pela ajuda que me deu e disponibilidade.

Ao meu Orientador, Professor António Simões que me ajudou e muito na realização deste relatório e que mesmo estando longe estava sempre disponível para alguma dúvida que tivesse.

Ao responsável pela manutenção Sr. Vítor Leite que me ajudou muito nesta área específica em que se baseia este relatório e pela disponibilidade que mostrou ao longo do tempo. E também à sua equipa que me ajudou.

Ao Eng. António Pinto, que mesmo sendo um engenheiro da área da produção, também me ajudou no que eu precisasse e também ao companheirismo que tivemos.

Ao Eng. Armando Macedo, pela ajuda na elaboração do relatório.

A todos os colaboradores da Tecniforja com quem me cruzei, especialmente ao operador Ricardo Mendes e ao Sr. Fernando Sousa, pelo companheirismo e amizade.

Por fim agradecer aos meus pais pela motivação e compreensão que me deram ao longo da realização deste trabalho.

RESUMO

Este relatório tem como finalidade descrever as atividades desenvolvidas pelo aluno no estágio curricular, integrado no Mestrado em Engenharia Mecânica na especialização de Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos.

Este foi realizado na empresa Tecniforja situada no concelho de Felgueiras, especializada em forjagem e estampagem de peças técnicas.

No presente estágio o aluno foi implementando a área da manutenção da empresa com os conhecimentos teóricos que teve.

Neste relatório falou-se sobre a empresa, sobre a área da manutenção e tudo o que envolve essa área e por fim descreveu-se as atividades desenvolvidas no estágio para implementação dessa área.

Atividades essas que se basearam na manutenção preventiva das máquinas e na implementação da manutenção planeada preventiva condicionada, dos recursos utilizados para a realização desse tipo de manutenção e também sobre as propostas de melhoria na manutenção corretiva curativa.

Palavras-Chave: Manutenção planeada preventiva condicionada, manutenção corretiva curativa, máquinas, Tecniforja

ABSTRACT

This report has as propose to describe the activities developed by the student in curricular internship, integrated in the Master in Mechanical Engineering in the specialization of Construction and Maintenance of Mechanical Equipment.

This was performed at the company Tecniforja located in the municipality of Felgueiras, specialized in forging stamping technical parts.

In this internship, the student was implemented the maintenance area of the company with the theoretical knowledge he had.

In this report talked about the company, about the maintenance area and everythig that involves this area and finally described the activities developed in the internship to implementation this area.

These activities were based on preventive planned maintenance of the machines and on the implementation of conditioned preventive maintenance, on the resouces used to preform this type of maintenance and also on improvement proposals in curative corrective maintenance.

Palavras-Chave: *Maintenance planned preventive conditioned, maintenance corrective curative, machines, Tecniforja*

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Âmbito e objetivo do estágio	1
1.2	Plano de trabalhos	1
1.2.1	Enquadramento	1
1.3	Estrutura do relatório de estágio	2
2	Conceitos e Ferramentas de Manutenção	4
2.1	Conceito de Manutenção	4
2.2	Objetivos	4
2.3	Estratégias de Manutenção.....	5
2.4	Normas de Manutenção	6
2.4.1	NP 4483: 2009 – Guia para implementação do Sistema de Gestão da Manutenção	6
2.4.2	NP4492: 2010 – requisitos para prestação de serviços de manutenção .	7
2.4.3	NP EN 013306 2007 – Terminologia	8
2.4.4	NP EN 013460 2009 – Documentação	10
2.4.5	NP EN 015341 2009 – Indicadores de desempenho da manutenção (KPI) 12	
2.4.6	NP EN 9001 2000 – Sistema de Gestão da Qualidade	13
2.5	Engenharia da Manutenção	16
2.5.1	Responsabilidades da posição	16
2.5.2	Conteúdo do programa de manutenção	17
2.6	Planeamento da manutenção	18
2.7	Custos da manutenção	19
2.8	Tipos de Manutenção.....	20
2.8.1	Manutenção Planeada	21
2.8.2	Manutenção Não Planeada	25
2.9	Gestão da Manutenção	25
2.9.1	TPM (Total Maintenance Productive) (Manutenção Produtiva Total)	26
2.9.2	Análise RAMS.....	32
2.9.3	Diagrama de Pareto.....	33

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

2.9.4	RCM (Reliability-centered maintenance)	33
2.10	Indicadores da Manutenção	34
2.10.1	Manutibilidade	34
2.10.2	Fiabilidade	35
2.10.3	Disponibilidade	40
2.10.4	OEE – Overall Equipment Efficiency	40
2.11	Metodologia 8D	41
2.12	FMEA – Failure Mode and Effect Analysis	42
2.13	FMECA	45
2.14	Análise dos custos de manutenção e não-manutenção dos equipamentos	47
2.14.1	Manutenção e Qualidade	47
2.14.2	Manutenção e Produtividade	48
2.14.3	Manutenção e Disponibilidade	48
2.15	Organização da Manutenção	48
2.16	Criticidade do equipamento	49
2.16.1	Processo de decisão da reparação	49
3	Apresentação da Tecniforja	52
3.1	Exemplo de peças produzidas na TECNIFORJA, clientes e sua aplicação	53
3.2	Visão, Missão, Valores e Política da Tecniforja	56
3.3	Política da Qualidade e Ambiente:	57
3.4	Boas práticas ambientais	57
4	Atividades desenvolvidas	59
4.1	Manutenção Preventiva Condicionada	59
4.1.1	Análise de Vibrações	59
4.1.2	Realização da Análise de Vibrações	71
4.1.3	Termografia	83
4.2	Propostas de medidas corretivas	89
4.2.1	Equipamento de intervenção	89
4.2.2	Manutenção corretiva curativa na Tecniforja	92
4.2.3	Proposta de melhoria na empresa	93
5	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estratégia da Empresa, da Produção e da Manutenção.....	5
Figura 2 - Modelo de um Sistema de Gestão da Qualidade.....	16
Figura 3 - Custos versus nível de manutenção	19
Figura 4 - Lucro versus disponibilidade.....	20
Figura 5 - Tipos de Manutenção.....	21
Figura 6 - Manutenção Preventiva Sistemática	22
Figura 7 - Manutenção preventiva condicionada.....	23
Figura 8 - Esquema representativo da manutenção condicionada.....	24
Figura 9 - Os oito pilares da Metodologia TPM	27
Figura 10 - Exemplo de um Diagrama de Causa-Efeito	31
Figura 11 - Exemplo de um diagrama de Pareto.....	33
Figura 12 - "Curva da Banheira"	39
Figura 13 - Diagrama do indicador OEE	41
Figura 14 - Fluxograma de preparação de reparação	51
Figura 15 - Espaço industrial da TECNIFORJA	53
Figura 16 - Resumo da Política da Qualidade e Ambiente da Tecniforja	57
Figura 17 - Aparelho de medição de vibrações	60
Figura 18 - Tela LCD digital do SKF.....	61
Figura 19 - Seleções no modo configuração	61
Figura 20 - Tela de medição.....	62
Figura 21 - Modo Configuração.....	62
Figura 22 - Modo unidade do sistema	62
Figura 23 - Tela de Medição no modo EXECUÇÃO.....	65
Figura 24 - Tela de medição no Modo MANTER.....	65
Figura 25 - Uso do sensor externo opcional.....	66
Figura 26 - Localização do entalhe	67
Figura 27 - Indicação de "Sen ext" na tela de medição	67
Figura 28 - Gráfico de gravidade.....	68
Figura 29 - Medição de vibrações	70
Figura 30 - Exemplo de Bomba de água	72
Figura 31 - Tabela de Vibrações globais.....	73
Figura 32 - Gráfico dos valores globais de vibração	74
Figura 33 - Localização das várias velocidades de rotação	74
Figura 34 - Altura de eixo da bomba	75
Figura 35 - Tabela de vibrações do rolamento	76
Figura 36 - Gráfico das vibrações do rolamento.....	77
Figura 37 - Tabela de temperaturas	78
Figura 38 - Gráfico de temperaturas	78
Figura 39 - Vibração produzida por arestas de uma fenda microscópica.....	79
Figura 40 - Gráfico do valor de dBc.....	80
Figura 41 - Localização do dano	80
Figura 42 - Gráfico demonstrativo de nível de frequência do rolamento	82

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Figura 43 - Demonstração da evolução da degradação do rolamento	82
Figura 44 - Medidor de temperatura dos fusíveis	83
Figura 45 - Localização do fusível com maior temperatura	85
Figura 46 - Temperatura dos fusíveis	86
Figura 47 - Quadro elétrico 1	86
Figura 48 - Quadro elétrico 2	87
Figura 49 - Quadro elétrico 3	87
Figura 50 - Imagem termográfica do quadro elétrico 1	88
Figura 51 - Imagem termográfica do quadro elétrico 2	88
Figura 52 - Imagem termográfica do quadro elétrico 3	89
Figura 53 - Prensa SCHULER	90
Figura 54 - Forno de tubos	90
Figura 55 - Robot	91
Figura 56 - Prensa TR	91
Figura 57 - Folha de Requisição de Serviços de Manutenção	92
Figura 58 - Ficha de Máquina TF 008	93
Figura 59 - Parafusos dos chantes	93
Figura 60 - Tempo médio de intervenção	94
Figura 61 - Manutenção de 1º Nível na ficha de máquina	95
Figura 62 - Ficha de Registo de Formação Interna	95
Figura 63 - Preenchimento da Ficha de registo de Formação Interna	96
Figura 64 - Registo diário de Manutenção de 1º Nível	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma do Plano de Estágio	2
Tabela 2 - Descrição Metodologia "5S"	30
Tabela 3 - Exemplo de índices de Severidade	43
Tabela 4 - Exemplo de índices de Ocorrência.....	44
Tabela 5 - Exemplo de índices de Detecção.....	44
Tabela 6 - Exemplo de matriz de Criticidade (C).....	46
Tabela 7 - Exemplo de matriz de Coeficiente de Prioridade de Risco (CPR).....	47
Tabela 8 - Exemplo de peça feita em prensa mista, cliente e sua aplicação	54
Tabela 9 - Exemplo de peças feita em prensa horizontal, cliente e sua aplicação....	54
Tabela 10 - Exemplo de peças feitas em prensa vertical, clientes e aplicações	55
Tabela 11 - Legenda do aparelho de medição de vibrações.....	60
Tabela 12 - Legenda da Tela LCD digital	61
Tabela 13 - Legenda do modo configuração	62
Tabela 14 - Tabela de valores de gravidade de aceleração do rolamento.....	68
Tabela 15 - Especificações do medidor de vibrações	71
Tabela 16 - Tabela de graus de emissão	84

ABREVIATURAS

AJU	Mecânica
AMP	Plano de Manutenção de ativos
APMI	Associação Portuguesa de Manutenção Industrial
AUX	Auxiliares
C	Criticidade
CE	Caderno de Encargos
CEN	Conselho Europeu de Normalização
CL	Classe de aceleração
CPR	Coeficiente de Prioridade de Risco
CT	Comissões Técnicas
CORR	Corretiva
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
DINA	Dinâmica
ELE	Eletricidade
EHS	Tarefas de Saúde e Segurança Ambiental
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
FMECA	<i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i>
INS	Instrumentação
INVE	Investimento
IPQ	Instituto Português de Qualidade
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LCC	<i>Life Cycle Cost</i>
MCA	<i>Machine Condition Advisor</i>
MODIF	Modificações
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
O	Ocorrência
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
ONS	Organismo de Normalização Setorial
OT	Ordem de Trabalho

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PERM	Permanentes
PROG	Programadas
PHA	Análise e de risco preliminar
RCM	<i>Reliability centered maintenance</i>
RAMS	<i>Reliability, Availability, Maintainability, Security</i>
S	Severidade
TBF	Tempo de Bom Funcionamento
TIN	Mecânica de Instrumentos
TPM	<i>Total Maintenance Productive</i>
TTR	Tempo Técnico de Reparação
UNI	<i>Italian National Standards Institute</i>

SIMBOLOGIA

n	Número de avarias
λ	Taxa de avarias
μ	Taxa de Reparação
FA	Frequência acumulada de avarias
F(t)	Função de probabilidade de avaria
R(t)	Função Fiabilidade
N	Número de avarias registado
γ	Parâmetro de Posição
η	Parâmetro de escala
β	Parâmetro de forma
dBc	Valor de <i>Decibel Carpet</i>
dBm	Valor máximo de dano no rolamento
dBi	Valor de Decibel inicial

1 INTRODUÇÃO

1.1 Âmbito e objetivo do estágio

Atualmente a manutenção é uma das áreas industriais com maior importância numa indústria. É ela que faz com que os equipamentos industriais tenham maior fiabilidade e tornem o processo de produção mais fiável e seguro.

Porém para conseguir a máxima disponibilidade dos equipamentos é preciso investir nesta área o que acarreta custos.

Com estes custos as empresas querem o máximo de rentabilidade dos equipamentos com a menor despesa possível tentando usar as melhores estratégias para tentarem marcar a diferença num mercado cada vez mais competitivo.

Este estágio insere-se no âmbito do Mestrado de Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos do Instituto Superior Engenharia de Coimbra e tem como objetivo o aprofundamento da formação do estagiário em contexto de trabalho

Neste estágio foi melhorado o conhecimento adquirido ao longo do percurso académico e adquiriu-se experiência com inúmeros novos assuntos.

1.2 Plano de trabalhos

1.2.1 Enquadramento

O trabalho abrange o sistema de manutenção da empresa, nas vertentes de sistematização de métodos e tempos dos processos de manutenção de equipamentos, a introdução de procedimentos de manutenção preditiva, a melhoria contínua e a preservação de infraestruturas em ambiente industrial. Serão abordadas práticas de manutenção preditiva, manutenção curativa e preventiva, bem como indicadores associados, análises de tendência e planos de ação. Será também desenvolvido o conceito TPM (*Total Productive Maintenance*) e OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), incluindo ferramentas LEAN e outras abordagens e metodologias.

Em paralelo, serão disponibilizados equipamentos que estão sujeitos a um profundo “retrofitting” para que possa ser feito um acompanhamento ao nível da aquisição de componentes, matérias-primas, bem como projeto técnico de peças, respetiva execução e montagem, elaboração de esquemas, instruções e/ou manuais, quer a nível elétrico, pneumático, hidráulico e mecânico.

Este plano de estágio foi definido com as seguintes fases:

Fase 1 – Preparação do estágio e aprofundamento das matérias a desenvolver;

Fase 2 – Estado da arte dos sistemas de manutenção de equipamentos, recursos, atividades e respetivos indicadores;

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Fase 3 – Manutenção curativa: causas, análise, propostas de melhoria e acompanhamento da implementação das mesmas em diversos casos de aplicação;

Fase 4 – Manutenção preventiva: Planeamento, standardização de metodologias e instruções de trabalho;

Fase 5 – Manutenção preditiva: conceito, metodologia, casos de aplicação e análise de respetivos resultados;

Fase 7 – Retrofitting (Renovação) de equipamentos;

Fase 8 – Redação do Relatório de Estágio;

Fase 9 – Apresentação e discussão do Relatório de Estágio.

Na seguinte tabela está a distribuição temporal das fases do plano de estágio:

Tabela 1 - Cronograma do Plano de Estágio

Mês	Nov/20	Dez/20	Jan/21	Fev/21	Mar/21	Abr/21	Mai/21	Jun/21	Jul/21	Total
Nº horas	48	104	160	160	180	152	172	152	160	1560
Fase 9									X	
Fase 8								X	X	
Fase 7			X	X	X	X	X	X		
Fase 5				X	X					
Fase 4			X	X						
Fase 3		X	X							
Fase 2	X									
Fase 1	X									

1.3 Estrutura do relatório de estágio

Este relatório está dividido em sete capítulos estando estes subdivididos em vários subcapítulos.

No primeiro capítulo é abordado de forma resumida a manutenção em geral e o objetivo do estágio. Contém também o plano de trabalhos que demonstra as várias

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

fases do estágio, bem como a duração de cada uma delas. Finalmente, este capítulo inclui a estrutura do relatório de estágio.

No segundo capítulo é abordado todos os temas da manutenção como conceito, custos, planejamento, tipos de manutenção, gestão da manutenção, normas de manutenção, entre outros.

No terceiro capítulo é abordado a apresentação da empresa, os valores da mesma, a missão, o tipo de peças produzidas e os seus clientes.

No quarto capítulo é abordado as atividades desenvolvidas no estágio implementando a manutenção preventiva adequada e também o que está englobado nesse tipo de manutenção como a análise de vibrações e a termografia. Também é abordado as propostas de melhoria feitas no estágio.

No quinto capítulo é abordado a conclusão dizendo a importância do trabalho desenvolvido e sugestões de trabalho que se pode desenvolver futuramente.

No sexto capítulo encontram-se as referências bibliográficas, as quais contemplam as fontes pesquisadas e que serviram de ajuda para encontrar a informação necessária ao desenvolvimento deste relatório.

Por fim, existem os anexos onde se encontra todos os ficheiros da análise de vibrações, termografia, registos de manutenção de 1º nível, entre outros.

2 Conceitos e Ferramentas de Manutenção

A manutenção é uma forma de a fiabilidade de um equipamento em funcionamento seja a maior possível, não pausando a produção de uma determinada peça, fazendo com que se cumpra sempre os prazos de entrega com a melhor qualidade e segurança possível.

2.1 Conceito de Manutenção

Assim sendo, a manutenção é um conjunto de ações que asseguram o bom funcionamento dos equipamentos e instalações, de forma a evitar a sua avaria ou a diminuição de rendimento e, acontecendo essa avaria, que seja repostado o funcionamento do equipamento o mais breve possível em boas condições de operacionalidade com um custo global otimizado. Estas ações contribuem assim para um bom funcionamento produtivo, a segurança, a qualidade do produto, as boas relações interpessoais, a imagem da empresa, a rentabilidade económica do processo produtivo e a preservação dos investimentos (Gragório & Silveira, 2018).

2.2 Objetivos

A manutenção tem como finalidade:

- Redução de custos;
- Evitar paragens com perdas de produção;
- Diminuir os tempos de imobilização;
- Reduzir os tempos de intervenção através de uma boa preparação de trabalho;
- Reduzir o número de avarias;
- Melhorar a qualidade da produção;
- Aumentar a segurança de serviço;
- Aumentar o tempo de vida do equipamento.

A Figura 1 representa as estratégias a seguir pela empresa, assim como pela Produção e Manutenção pois o objetivo deve ser em comum (Piedade, 2012).

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- Pequenas reparações

Para que a estratégia seja bem-sucedida, deve minimizar custos e perdas de produção, tendo o responsável a capacidade de optar pelo mais barato ou mais caro fazendo a reparação ou substituição do equipamento. Para isso existem fatores externos e internos que influenciam essa escolha (Piedade, 2012).

Os fatores externos são as políticas de:

- Manutenção dos equipamentos
- Subcontratação
- Recursos humanos e formação
- Investimentos em manutenção
- Intervenção da estrutura de manutenção em novos projetos
- Stocks

2.4 Normas de Manutenção

Os documentos abaixo referidos foram elaborados pelos membros CEN (Conselho Europeu de Normalização), traduzidas e enquadradas através das Comissões Técnicas (CT) de Manutenção Industrial dos países da comunidade Europeia, e do IPQ, no caso de Portugal (exceto os de língua alemã, francesa e inglesa), em colaboração com a Subcomissão de “Sistema de Gestão da Manutenção sob a coordenação dos seus ONS (Organismo de Normalização Setorial), com vista a desenvolver um conjunto de normas e procedimentos de garantia da organização e gestão da manutenção.

2.4.1 NP 4483: 2009 – Guia para implementação do Sistema de Gestão da Manutenção

Este documento foi elaborado pela CT 94 (Comissão Técnica) “Manutenção Industrial” em colaboração com a Subcomissão SC1 “Sistema de Gestão da Manutenção”, sob a coordenação do ONS (Organismo de Normalização Setorial) /APMI (Associação Portuguesa de Manutenção Industrial). Destacam-se nesta norma quatro pontos, competência, formação e consciencialização, cada um deles subdividido, nos pontos seguintes:

A direção da manutenção deve:

- a) Determinar a competência necessária para o pessoal que desempenha trabalho que afeta a qualidade do serviço;
- b) Proporcionar formação ou empreender outras ações que satisfaçam estas necessidades;
- c) Assegurar que as competências foram adquiridas;
- d) Fazer com que o pessoal se consciencialize da relevância e da importância das suas atividades e de como as mesmas contribuem para serem atingidos os objetivos definidos pela organização;

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- e) Manter registos apropriados de escolaridade, formação específica, qualificação e experiência.

2.4.1.1. *Qualificação do pessoal da manutenção*

Para assegurar padrões uniformes de produção, o treino e a qualificação do pessoal de manutenção deve ser conduzido através de um quadro de referência de linhas de orientação mutuamente aceites.

A CEN/TR 15628:2007, *Maintenance – Qualification of Maintenance personal*, define os seguintes três níveis de qualificação:

1. Técnico Europeu de Manutenção (*European maintenance technician*);
2. Supervisor Europeu de Manutenção (*European maintenance supervisor*);
3. Gestor Europeu de Manutenção (*European maintenance manager*).

2.4.1.2. *Planeamento da realização do serviço*

A direção de manutenção, para planear e desenvolver os processos necessários para a realização do serviço deve determinar, conforme o apropriado, o seguinte:

- a) Objetivo da manutenção e requisitos para o serviço;
- b) Necessidades de estabelecer processos, documentos e de proporcionar os recursos específicos para o serviço;
- c) Validação e monitorização, inspeção e ensaios específicos do serviço e os seus critérios de aceitação;
- d) Os registos necessários para proporcionar evidências dos processos de realização e se os serviços resultantes observam os requisitos.

O resultado deste planeamento deve assumir uma forma adequada aos métodos de operação da direção da manutenção.

2.4.1.3. *Comunicação com o cliente*

A direção da manutenção deve implementar formas eficazes de comunicação com o cliente relativas a:

- a) Informação sobre o serviço;
- b) Retorno da informação do cliente, incluindo a reclamação do cliente.

2.4.2 NP4492: 2010 – requisitos para prestação de serviços de manutenção

O documento acima referido foi elaborado pela CT 94 (Comissão Técnica) “Manutenção Industrial” em colaboração com a Subcomissão SC1 “Sistema de Gestão da Manutenção”, sob a coordenação do ONS (Organismo de Normalização Setorial) /APMI (Associação Portuguesa de Manutenção Industrial). Destacam-se nesta normativa quatro pontos, cada um deles subdividido nos pontos seguintes:

2.4.2.1. *Qualificação de fornecedores*

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

O prestador de serviço deve ter implementado um sistema de qualificação de fornecedores, devendo evidenciar este processo através da existência de uma lista, revista periodicamente.

2.4.2.2. *Estudos de Engenharia*

Sempre que o cliente pedir, o prestador de serviço de manutenção poderá recorrer a trabalhos técnicos de engenharia, ou quando, por sua própria iniciativa, entender dever fazê-lo para salvaguardar a eficiência do seu trabalho ou para melhorar os pontos críticos da instalação.

2.4.2.3. *Gestão de materiais e peças*

Quando aplicável, o prestador de serviço deve estabelecer, documentar e implementar um sistema de gestão de materiais e peças.

O prestador de serviço deve:

- a) Estabelecer objetivos e metas no que diz respeito a compras, gestão de stocks, armazenamento, custo e definir responsabilidades dos intervenientes no processo de gestão de materiais e peças;
- b) Estabelecer um critério de tomada de decisão quanto a ter stocks próprios ou ter contratos com fornecedor com garantias de entrega com prazo definido;
- c) Estabelecer procedimento para gestão se stocks adequadas;
- d) Dispor de um local adequado à armazenagem de materiais e peças.

2.4.2.4. *Segurança, ambiente e saúde*

O prestador de serviços de manutenção deve certificar as condições de segurança do local da realização do trabalho (prestação de serviço) e garantir a disponibilidade de meios de proteção, nomeadamente dispositivos de proteção individual e dispositivos de proteção coletivos, e ainda equipamentos seguros e adequados à tarefa a realizar.

O pessoal envolvido na prestação de serviço de manutenção deve ter formação e os conhecimentos adequados aos riscos específicos das tarefas a efetuar (Balaca, 2015).

2.4.3 NP EN 013306 2007 – Terminologia

O documento acima referido foi elaborado pelo Comité CEN/TC 139 em colaboração com o DIN e ratificado pela CEN/CENELEC. Nesta norma importa os tópicos abaixo descritos com alguma caracterização teórica:

2.4.3.1. Manutenção

Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativa e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinada a mantê-lo ou repô-lo num estado em que pode desempenhar a função requerida.

2.4.3.2. Gestão da manutenção

As atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades da manutenção, tais como planeamento, controlo e supervisão da

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos.

2.4.3.3. Adequabilidade de manutenção

A capacidade de uma organização de manutenção de disponibilizar os meios de manutenção apropriados no local necessário para executar a atividade de manutenção requerida num dado instante ou durante um dado intervalo de tempo.

2.4.3.4. Disponibilidade

Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, num dado instante ou durante um dado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários recursos externos.

2.4.3.5. Fiabilidade

Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.

Nota: O termo “fiabilidade” também é utilizado como medida de desempenho da fiabilidade e poderá também ser definido como uma probabilidade.

2.4.3.6. Manutibilidade

Capacidade de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos.

Nota: A “Manutibilidade” é também usada como uma medida de manutibilidade.

2.4.3.7. Conformidade

Cumprimento por um produto, processo ou serviço de requisitos especificados.

2.4.3.8. Vida útil

Intervalo de tempo, que começa num dado instante e termina quando a taxa de avaria se torna inaceitável ou quando o bem é considerado irreparável ou na sequência de uma avaria por outras razões pertinentes.

2.4.3.9. Avaria

Interrupção da capacidade de um bem para cumprir uma função requerida.

Nota: Depois da avaria o bem poderá estar em falha total ou parcial.

2.4.3.10. Causa da avaria

Razão que origina a avaria.

Nota: As razões poderão resultar de, pelo menos, um dos seguintes fatores: avaria devido à conceção, à fabricação, à instalação, por má utilização, por falsa manobra e manutenção desadequada.

2.4.3.11. Manutenção preventiva

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

É a manutenção efetuada a intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com critérios prescritos com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria de um bem.

2.4.3.12. Manutenção condicionada

É a manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes.

Nota: A vigilância do funcionamento ou dos parâmetros pode ser executado segundo um calendário, a pedido ou de modo contínuo.

2.4.3.13. Manutenção preditiva

É a manutenção condicionada efetuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem.

2.4.3.14. Manutenção corretiva

É a manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor o bem num estado em que possa realizar uma função requerida.

2.4.3.15. Melhoria

Conjunto de medidas de natureza técnica, administrativa e de gestão, com o objetivo de melhorar a segurança de funcionamento de um bem, sem modificar a sua função.

2.4.3.16. Atraso logístico

Tempo durante o qual a manutenção não pode ser efetuada, devido à necessidade de adquirir recursos de manutenção, excluindo qualquer atraso administrativo.

Nota: Os atrasos logísticos poderão ser, por exemplo, a deslocação não prevista às instalações, espera da chegada de sobressalentes, de técnicos especialistas, de equipamentos de ensaios ou de informação ou condições ambientais não apropriadas.

2.4.3.17. Ciclo de vida

Intervalo de tempo que se inicia com a conceção e termina com a sua eliminação.

2.4.3.18. Custo do ciclo de vida

Todos os custos gerados durante o ciclo de vida do bem.

Nota: Para um utilizador ou proprietário, o custo total do ciclo de vida poder incluir os custos relativos à sua aquisição, operação, manutenção e eliminação do bem.

2.4.3.19. Eficácia da manutenção

Relação entre o objetivo da manutenção e o resultado obtido.

(Standard, 2010)

2.4.4 NP EN 013460 2009 – Documentação

Este documento foi elaborado pelo Comité Técnico CEN/TC139 em colaboração com o UNI e ratificada pela CEN/CENELEC. Nesta norma destacam-se os pontos abaixo descritos com alguma caracterização teórica:

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

2.4.4.1. *Documento*

Suporte específico contendo informações.

2.4.4.2. *Bem*

Qualquer peça, componente, dispositivos, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente.

2.4.4.3. *Ordem de trabalho (OT)*

Documento contendo toda a informação relacionada com a atividade de manutenção e ligações de referência a outro documento necessário para levar a cabo os trabalhos de manutenção.

2.4.4.4. *O conceito de documento*

O documento é o suporte físico das informações, sob uma forma específica. Poderá ser uma folha de papel, um ecrã do sistema informático, um painel de afixação eletrónica, um quadro, etc., e o tipo, dimensão dos caracteres na superfície disponível poderão variar sem afetar o objetivo principal do sistema de informação.

2.4.4.5. *Documentação normativa para a manutenção*

A presente Norma enumera e define todo o conjunto de documentos de informação que devem ser considerados na aquisição de qualquer instalação, equipamento, sistema ou subsistema de forma a tornar possível a organização da sua manutenção. Quando um bem é encomendado ao fornecedor, esses documentos e informações farão, implicitamente, parte da encomenda. O fornecedor deve apenas emitir os documentos relacionados com o serviço ou com a função, que devem ser cumpridos pelo bem fornecido e que são igualmente da responsabilidade do fornecedor. Estes são indiretamente declarados nos pressupostos estabelecidos no contrato entre o fornecedor e o utilizador do bem.

2.4.4.6. *Documentos provenientes da fase de preparação*

2.4.4.6.1. Dados técnicos;

2.4.4.6.2. Manual de operação (de entrada em funcionamento);

2.4.4.6.3. Manual de implementação;

2.4.4.6.4. Lista de componentes e recomendações de sobressalentes;

2.4.4.6.5. Regime Plano de montagem;

2.4.4.6.6. Plano de detalhe;

2.4.4.6.7. Plano de lubrificação;

2.4.4.6.8. Diagrama unifilar;

2.4.4.6.9. Diagrama lógico;

2.4.4.6.10. Diagrama de circuito;

2.4.4.6.11. Diagrama de tubo e instrumentos;

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

2.4.4.6.12. Desenho de implantação;

2.4.4.6.13. Desenho de conjunto;

2.4.4.6.14. Relatório do programa de ensaio;

2.4.4.6.15. Certificados.

Entretanto, no Anexo A desta norma, encontram-se os documentos provenientes da fase operacional, dos quais se destacam os seguintes pontos:

A.3 Registo histórico das operações;

A.4 Ordem de trabalho (OT);

A.5 Lista de referência dos sobressalentes;

A.6 Diagrama de causa e efeito;

A.8 Tabela de controlo MTBF – MTTR;

A.16 Organização da empresa;

A.17 Revisão pela direção do sistema de gestão dos objetivos de qualidade e das políticas de manutenção;

A.21 Procedimentos para avaliação do tempo das operações de manutenção para as avarias críticas (MTBF – MTTR);

A.27 Procedimentos para emissão de ordens de compra para bens de manutenção.

2.4.5 NP EN 015341 2009 – Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)

Este documento foi elaborado pelo Comité Técnico CEN/TC 139 em colaboração com o UNI e ratificado pela CEN/CENELEC. Esta Norma estabelece os indicadores de desempenho de manutenção para apoio à gestão de forma a atingir a excelência de manutenção e utilizar os bens imobilizados de uma maneira competitiva. A maioria destes indicadores aplica-se a todas as instalações industriais e serviços (edifícios, infraestruturas, transporte, distribuição, redes, etc.); estes indicadores deverão ser usados para:

- a) Medir o estado;
- b) Estabelecer comparações (benchmarking interno e externo);
- c) Diagnosticar (análises de pontos fortes e fracos);
- d) Identificar objetivos e atingir metas a alcançar;
- e) Planear ações de melhoria;
- f) Medir continuamente os resultados das modificações ao longo do tempo.

Dentro da norma NP EN 15341: 2009 destacam-se os pontos e subpontos seguintes:

2.4.5.1 Indicador

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Características médias (ou conjuntos de características) de um fenómeno, de acordo com a fórmula específica que avalia a sua evolução.

2.4.5.2 Desempenho da manutenção

O desempenho da manutenção é o resultado da utilização eficiente dos recursos para manter ou restabelecer a condição de um bem, para que ele possa cumprir a sua função requerida; pode ser expressa como um resultado obtido ou esperado.

O desempenho da manutenção depende dos fatores, tais como: localização, cultura, processos de transformação e serviços, dimensão, taxa de utilização e idade. É conseguida pela implementação da manutenção corretiva, preventiva e de melhoria, usando a mão-de-obra, informação, materiais, metodologia de organização, ferramentas e técnicas de execução.

2.4.5.3 Objetivos

Quando o desempenho real ou esperado não é satisfatório, esta situação encoraja a gestão a definir objetivos e estratégias para melhorar o ponto de vista económico, técnico e organizacional, utilizando o seguinte sistema de indicadores, permitindo a organização.

- a) Medir o estado;
- b) Avaliar desempenho;
- c) Comparar desempenho;
- d) Identificar os pontos fortes e fracos;
- e) Controlar o progresso e modificação ao longo do tempo.

A medição e análises indicadores podem auxiliar a gestão a:

- a) Definir objetivos;
- b) Planear estratégias e ações;
- c) Partilhar resultados a fim de informar e motivar as pessoas.

Estes indicadores podem ser utilizados:

- a) Periodicamente, p. ex. na preparação e acompanhamento de um orçamento e na sua avaliação do desempenho;
- b) Pontualmente, p. ex. no âmbito de auditorias específicas, estudos e ou *benchmarking*.

A periodicidade a considerar para as medições depende da política da empresa e da abordagem da gestão.

Nos pontos seguintes, encontram-se os fatores internos e externos que afetam o desempenho da manutenção e os três grupos de indicadores

2.4.6 NP EN 9001 2000 – Sistema de Gestão da Qualidade

O documento acima referido foi elaborado pelos membros do CEN (Conselho Europeu de Normas) traduzidas pelo IPQ (Instituto Português de Qualidade).

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Este modelo normativo é o que estabelece os requisitos para os sistemas de gestão da qualidade utilizados pela maioria das empresas. Um dos traços que as distinguem das suas antecessoras (9000:1994) é que, para além de visarem a garantia da qualidade do produto, visam, também o aumento da satisfação do cliente. Com este último objetivo colocam grande ênfase na melhoria contínua.

Outra característica distintiva da ISO 9001:2000 é a sua abordagem por processo, considerando-se que processo é uma atividade que utiliza recursos e que é gerida de forma a permitir a transformação das entradas em saídas. A aceção dos termos entrada e saída têm os sentidos amplos das expressões inglesas “input e output”, respetivamente. Estando presente na organização inúmeros processos interligados que contribuem conjuntamente para o objetivo final; na qual os clientes desempenham um papel significativo na definição dos requisitos das entradas e saídas.

A ISO 9001:2000 traça um conjunto de regras genéricas que pretendem alcançar todas as organizações independentemente do tipo, dimensão e produto ou serviço que proporcionam. A manutenção é indiscutivelmente alcançada por esta abordagem por processo, embora de forma não explícita.

2.4.6.1 – Focalização no cliente

A gestão de topo deve assegurar que os requisitos do cliente são determinados, se foi ao seu encontro, tendo em vista aumentar a satisfação do cliente.

2.4.6.2 – *Infraestrutura*

A organização tem de determinar, proporcionar e manter a infraestrutura necessária para atingir a conformidade com os requisitos do produto. A infraestrutura inclui, conforme aplicável:

- a) Edifícios, espaço de trabalho e meios associados;
- b) Equipamentos de processos (tanto *hardware* como *software*);
- c) Serviços de apoio (tais como transporte e comunicação).

2.4.6.3 – *Ambiente de trabalho*

A organização deve determinar e gerir o ambiente de trabalho necessário para atingir a conformidade com os requisitos do produto.

2.4.6.4 – Controlo da produção e de fornecimento de serviço

A Organização deve planear e levar a efeito a produção e o fornecimento de serviço sob condições controladas. Conforme aplicável, as condições controladas devem incluir:

- a) A disponibilidade de informação que descreva as características do produto;
- b) A disponibilidade de instruções do trabalho, conforme necessário;
- c) A utilização de equipamento apropriado;
- d) A disponibilidade e utilização de dispositivos de monitorização e medição;
- e) A implementação de monitorização e medição
- f) A implementação de atividades de libertação, de entrega e posterior à entrega.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

2.4.6.5 – Controlo dos dispositivos de monitorização e medição

A organização deve determinar a monitorização e a medição a serem efetuadas e os dispositivos de monitorização e de medição necessários para proporcionar evidências da conformidade do produto com determinados requisitos.

A organização deve estabelecer processos para assegurar que a monitorização e a medição podem ser e são de fato levadas a efeito de uma forma consistente com os requisitos de monitorização e medição.

Onde for necessário assegurar resultados válidos, o equipamento de medição deve:

- a) Ser calibrado ou verificado em intervalos especificados ou antes da utilização, face a padrões de medições rastreáveis a padrões de medição internacionais ou nacionais; quando não existirem tais padrões, a base utilizada para calibração ou verificação deve ser registada;
- b) Ser ajustado ou reajustado quando necessário;
- c) Ser identificado para permitir determinar o estado da calibração;
- d) Ser salvaguardado os ajuntamentos que possam invalidar o resultado da medição;
- e) Ser protegido dos danos e deterioração durante o manuseamento, manutenção e armazenagem.

Adicionalmente, a organização deve avaliar e registar a validade dos resultados de medições anteriores quando o equipamento é encontrado não conforme com os requisitos.

Pode esquematizar-se a abordagem por processos à função manutenção transpondo o modelo utilizado na norma, tal como se apresenta na Figura 2 (Balaca, 2015).



Figura 2 - Modelo de um Sistema de Gestão da Qualidade (Balaca, 2015)

2.5 Engenharia da Manutenção

A regra da engenharia da manutenção é garantir que os ativos de uma fábrica atendam às procuras atuais da empresa. Onde o engenheiro da fiabilidade olha para as necessidades de fiabilidade de longo prazo, o engenheiro da manutenção lida com o dia-a-dia das responsabilidades da fiabilidade.

2.5.1 Responsabilidades da posição

- Identificar, iniciar, coordenar e concluir a manutenção tática e as oportunidades de melhoria;
- Fazer operações ou manutenção na área atribuída, por exemplo, resolução de problemas, acesso a problemas, gerenciamento de sobressalentes e assim por diante;
- Em novos projetos, auxiliar a engenharia de projetos no desenvolvimento e implementação de planos de controlo, isto é, criticidade, plano de manutenção preventiva, peças sobressalentes, qualidade, facilidade de manutenção e operacionalidade;
- Em ativos existentes, executar revisões periódicas e atualizar e modificar os planos de controlo;
- Comunica-se com engenharia de fiabilidade que para garantir operações de longo prazo e ativos de manutenção, os problemas são devidamente investigados com soluções implementadas;
- Auxiliar na gestão de operações ou manutenção com orçamento do departamento e previsão de despesas;
- Rastrear e avaliar continuamente as operações ou despesas de manutenção, por exemplo, custo e horas de trabalho para garantir a utilização eficaz de recursos;

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- Facilitar a mudança positiva na organização de manutenção liderando proactivamente as iniciativas do departamento. Atuar como um agente de mudança na implementação de objetivos de negócios multifuncionais;
- Gerar os relatórios de manutenção para área de responsabilidade;
- Conclusões de tarefas de saúde e segurança ambiental (EHS), incluindo licenças de escavação, análise de risco preliminar (PHA) e semelhantes;
- Desenvolver, implementar e pesquisar as melhores práticas dentro da área de responsabilidade, que sejam práticas preventivas de manutenção, métodos operacionais e semelhantes;
- Rever as principais compras para garantir especificações e design corretos;
- Iniciar, desenvolver e rever projetos de melhoria de capital;
- Gerar o relatório de manutenção mensal para área de responsabilidade;
- Backup para supervisor de manutenção;
- Outras funções e projetos conforme atribuídos, tais como, desenvolvimento, implementação e avaliação periódica de um eficaz plano de manutenção de ativos (AMP);
- Manter a segurança exigida;
- Manter os níveis de segurança e confiabilidade inerentes;
- Otimizar a disponibilidade;
- Obter as informações necessárias para a melhoria do design dos itens cuja fiabilidade inerente se mostre inadequada;
- Atingir essas metas com um custo mínimo do ciclo de vida total, incluindo custos de manutenção e custos de falhas residuais;
- Ter as informações necessárias para estabelecer um programa de manutenção dinâmico que melhore sobre o programa inicial, e suas revisões, avaliar sistematicamente a eficácia das tarefas de manutenção previamente definidas. Ao monitorizar a condição de segurança específica, crítica ou cara, os componentes desempenhariam um papel importante no desenvolvimento de um programa dinâmico.
- Esses objetivos reconhecem que os programas de manutenção, como tais, não podem corrigir deficiências nos níveis de segurança e confiabilidade inerentes aos equipamentos e estruturas. O programa de manutenção pode apenas minimizar a deterioração e restaurar o item aos seus níveis inerentes. Se os níveis inerentes forem encontrados insatisfatórios, modificação de projeto, mudanças operacionais ou procedimento (como programas de treinamento) podem ser necessários para obter melhorias.

2.5.2 Conteúdo do programa de manutenção

O conteúdo do programa de manutenção em si consiste em dois grupos de tarefas

- Um grupo de tarefas de manutenção preventiva, que incluem tarefas de deteção de falhas, programadas para serem realizadas intervalos especificados ou com base nas condições. O objetivo dessas tarefas é

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

identificar e prevenir a deterioração abaixo dos níveis de segurança e fiabilidade inerentes por um ou mais dos seguintes meios:

- ✓ Lubrificação ou manutenção;
- ✓ Verificação operacional, visual ou automatizada;
- ✓ Inspeção, teste funcional ou monitoramento de condição;
- ✓ Restauração;
- ✓ Descartar ou vender;

É este grupo de tarefas, que é determinado pela análise de gerenciamento centrado na fiabilidade (RCM), por exemplo, compreende o programa de manutenção preventiva baseado em RCM.

- Um grupo de tarefas de manutenção não programadas que resultam de:
 - ✓ Descobertas das tarefas agendadas realizadas em intervalos de tempo ou uso especificados
 - ✓ Relatórios de mau funcionamento ou indicações de falha iminente (incluindo detecção automática)

O objetivo deste segundo grupo de tarefas é manter ou restaurar o equipamento a uma condição aceitável em que possa desempenhar sua função exigida. Um programa eficaz é aquele que agenda apenas as tarefas necessárias para cumprir os objetivos declarados. Ele não agenda tarefas adicionais que irão aumentar os custos de manutenção sem um aumento correspondente na proteção do nível inerente de fiabilidade. A experiência mostra claramente que a fiabilidade diminui quando tarefas de manutenção inadequadas ou desnecessárias são realizadas, devido ao aumento da incidência de falhas induzidas pelo porta-voz (Labib, 2008).

2.6 Planeamento da manutenção

No âmbito da manutenção preventiva e para melhorar o controlo das práticas da manutenção, é essencial existir determinados programas rotineiros de forma a obter uma atualização do estado do equipamento. Para isso existem os planos de manutenção constituídos por um conjunto de tarefas fixas, e com o intuito de programar e organizar com antecedência, a manutenção a aplicar.

Estas ações devem respeitar uma determinada periodicidade, variando conforme a disponibilidade e a criticidade no desempenho da máquina. Para elaborar o plano mais adequado, é essencial haver um conhecimento exaustivo da máquina, para assim, existir uma eficácia das tarefas executadas.

Para além destas informações, os planos de manutenção podem ainda conter as características do equipamento, o local de instalação, a equipa responsável pelas funções, os recursos humanos necessários, etc.

Este plano de manutenção deve ser o mais prático possível para que a equipa responsável da manutenção perceba o que se tem de fazer (Vaz, 2017).

2.7 Custos da manutenção

Também tem de se ter em conta a viabilidade da manutenção em termos económicos para estes custos serem o mais otimizados possível. Estes custos são divididos em duas vertentes: custos diretos e custos indiretos.

Os custos diretos são aproximadamente, aqueles que são contabilizados automaticamente nas despesas da manutenção, como por exemplo:

- Despesas de mão-de-obra;
- Custos de posse de stock, ferramentas e máquinas;
- Consumo de matérias-primas/peças de substituição;
- Custos de trabalhos contratados.

Os custos indiretos são normalmente os custos associados às despesas da não-produção, como por exemplo:

- Custos de mão-de-obra parada;
- Perdas de produtos não fabricados;
- Perda das matérias-primas em curso de transformação;
- Amortização dos equipamentos interrompidos;
- Gastos com o arranque do processo de produção.

No valor final dos produtos deve ser considerado estes gastos e por este motivo é que a manutenção deve ser racional e economicamente viável mediante a realização de estudos e análises que sustentem, e justifiquem, a necessidade da realização de manutenção.

O gráfico da figura 3 ilustra a relação existente entre o custo com a manutenção preventiva e o custo da falha.

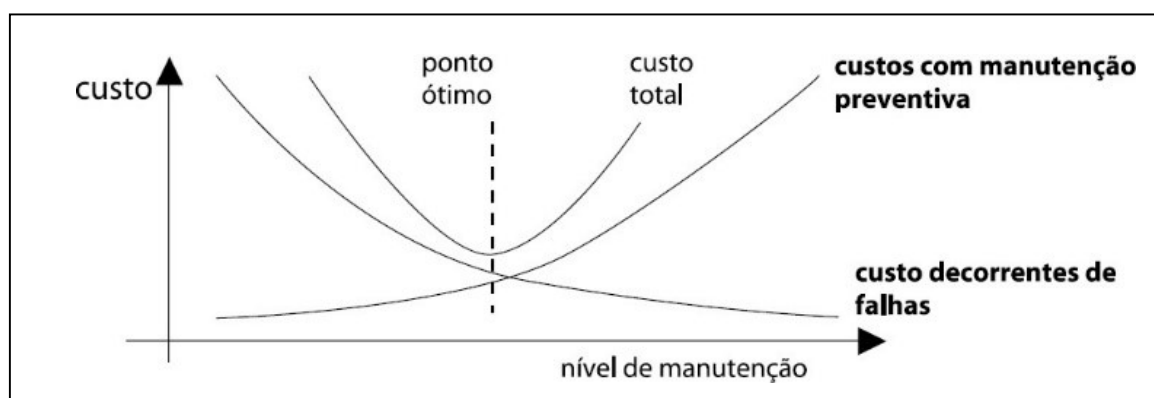


Figura 3 - Custos versus nível de manutenção (Mirshawa e Olmedo, 1993)

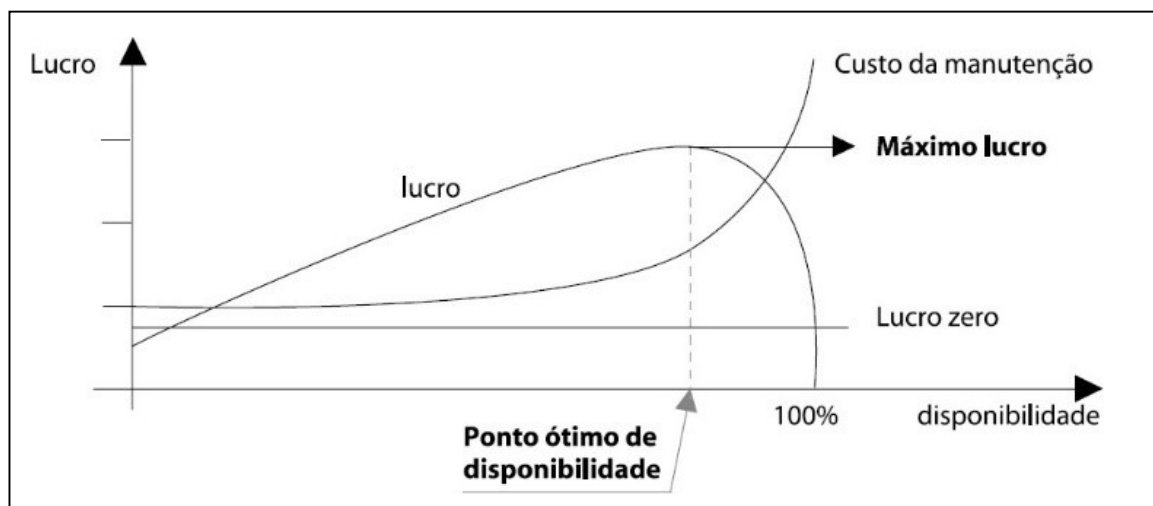
Analisando o gráfico, constata-se que quanto maior for o investimento na manutenção preventiva, mais as despesas associadas às falhas tendem a diminuir, e também o custo total da operação. Mas a partir do ponto ótimo, o reforço deste tipo de

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

manutenção torna-se irrelevante na contenção de custos, visto que o investimento deixa de compensar face ao aumento do custo total.

Assim sendo, o ponto ótimo é aquele que associa conjuntamente ambos os custos, obtendo a relação mais baixa possível na soma do mesmo.

Por sua parte, o gráfico da figura 4 ilustra a disponibilidade de um determinado equipamento em relação ao lucro.



**Figura 4 - Lucro versus disponibilidade
(Murty e Naikan, 1995)**

Através do gráfico anterior, observa-se que para existir uma máxima disponibilidade do equipamento tem de haver um forte investimento na manutenção, o que pode fazer com que a viabilidade não seja muita, havendo uma redução do lucro obtido pela operação. Assim, o ponto ótimo é aquele em que o custo da manutenção é estritamente necessário para assegurar a disponibilidade suficientemente capaz de gerar o máximo de lucro possível.

Assim sendo, estas avaliações têm de ser realizadas pela equipa da manutenção para se saber se vale a pena intervir num determinado equipamento e, se sim, o quão regular deverá ser essa intervenção, de forma a maximizar a eficiência (Vaz, 2017).

2.8 Tipos de Manutenção

À medida que a tecnologia evoluiu, muitas foram as variantes de manutenção que apareceram agrupando-se em grupos. Mesmo que haja vários tipos de manutenção, uma organização não pode basear-se só em um tipo. Assim sendo deve tentar utilizar conjuntamente os tipos de manutenção, no sentido de haver um equilíbrio e que este se faça sentir no cumprimento dos objetivos. Na divisão dos tipos de manutenção, primeiramente existe o caso da manutenção planeada que é quando o equipamento permite as ações de manutenção para um momento mais oportuno. E depois o caso da manutenção não planeada, em que as avarias acontecem de forma imprevista. A seguir destacam-se essencialmente dois tipos de manutenção: a manutenção

preventiva e a manutenção corretiva. Na figura 5 apresenta-se um esquema da organização dos diferentes tipos de manutenção (Vaz, 2017).

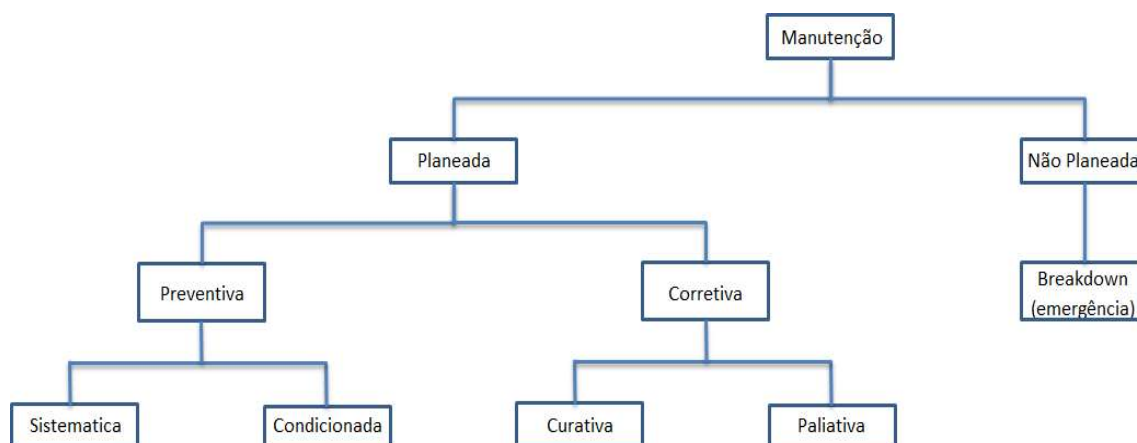


Figura 5 - Tipos de Manutenção
(Piedade, 2012)

2.8.1 Manutenção Planeada

É uma manutenção que como o próprio nome indica, é planeada atempadamente com preparação e programação (Piedade, 2012).

2.8.1.1 Manutenção Preventiva

Tipo de manutenção efetuada com critérios pré-definidos, com a função de reduzir a probabilidade de o equipamento entrar em falha. Este tipo de manutenção tem um plano de manutenção periódico com ações de manutenção prescritas, fundamentadas segundo uma análise financeira e de fiabilidade, com o intuito de avaliar o benefício e a rentabilidade da sua aplicação

Deve existir uma complementaridade entre este tipo de manutenção e a manutenção curativa de modo a que o custo da manutenção seja mínimo (Piedade, 2012;Vaz, 2017).

- **Preventiva Sistemática** – Consiste num conjunto de inspeções e ensaios realizados consoante um plano periódico preestabelecido segundo intervalos constantes, ou regido pelas horas de funcionamento, quantidade de ciclos, unidades produzidas, etc.

Tem como objetivo manter o funcionamento da máquina com as características do fabricante sendo aplicado na maioria a órgãos sensíveis (ex: rolamentos, filtros), módulos de desmontagem, revisões de máquinas e unidades de produção (“shut down”). Assim também existe um equilíbrio da carga de trabalho da manutenção através da gestão ponderada das intervenções. Esse equilíbrio mantém-se com uma recolha de dados técnicos, com máximo rigor, de forma a identificar as correções necessárias a ser programadas (Piedade, 2012;Vaz, 2017).

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Para Marcorin e Lima (2003) a evolução da degradação de um componente substituído preventivamente pode ser representada na figura 6. Quando temos o primeiro ciclo completo inicia-se um novo ciclo, que será interrompido quando se verificar uma nova avaria do componente substituído. Ao ocorrer nova avaria no mesmo componente vai implicar que a reparação seja mais demorada (Piedade, 2012).

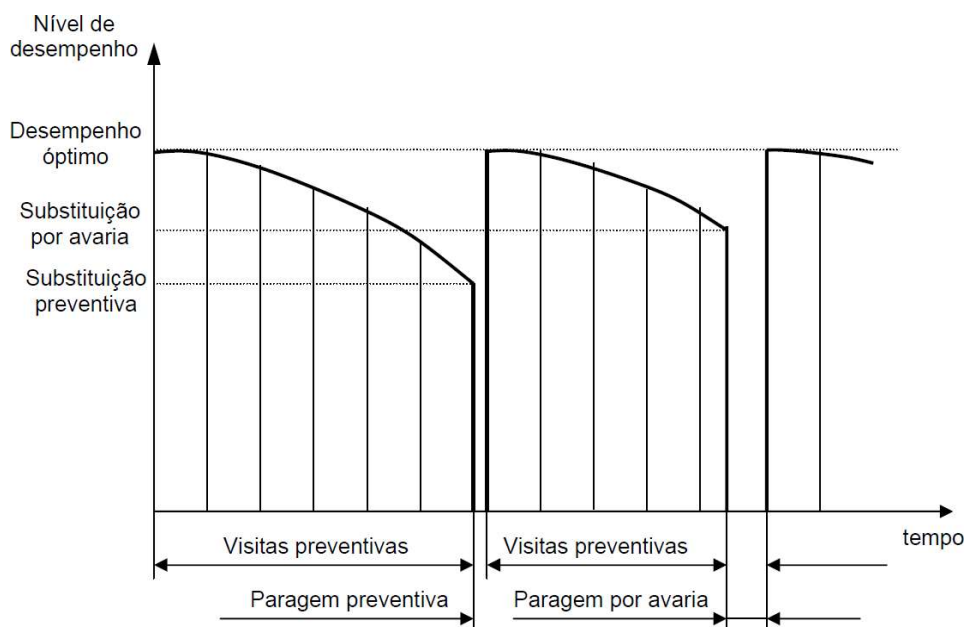


Figura 6 - Manutenção Preventiva Sistemática (Piedade, 2012)

Normalmente aplicado para:

- Custos da reparação da avaria elevados;
- A avaria pode implicar paragem da instalação e segurança humana;
- A reparação do equipamento implica paragem longa do mesmo.

➤ **Preventiva Condicionada** – Também, muitas vezes apelidada de manutenção preditiva, está ligada ao progresso dos parâmetros medidos e avaliados, segundo análises ponderadas e previamente programadas. É preciso conhecer o estado de cada um dos componentes vitais das máquinas e equipamentos, sabendo assim, posteriormente o estado de degradação e por isso, a necessidade de intervenção.

Com estas ações, é notório a redução de custos e todas as vantagens inerentes, mas nem sempre é um método acessível em termos económicos, devido aos gastos no equipamento e aparelhagem necessários para determinar os parâmetros importantes e complexidade dos mesmos. Esses parâmetros são a medição de vibrações, análise ao óleo, termografia, medição do ruído entre outros. Então torna-se necessário fazer uma análise custo-benefício para este tipo de manutenção. Mas a prática mais comum

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

é contratar empresas especializadas nestes serviços. O fluxograma da figura 7 sintetiza o funcionamento geral deste tipo de manutenção (Vaz, 2017).

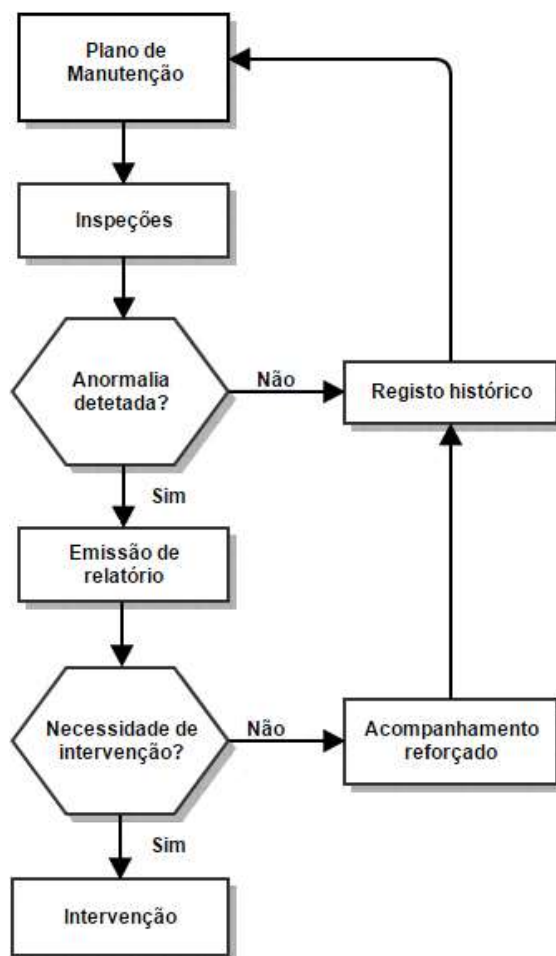


Figura 7 - Manutenção preventiva condicionada (Piedade, 2012)

A figura 8 representada por Marcorin e Lima (2003) ilustra a evolução ao longo do tempo de um órgão ou equipamento, submetido a este tipo de manutenção. Pode-se verificar que as duas curvas apesar de igualmente progressivas apresentam distintas degradações conduzindo à substituição preventiva do mesmo.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

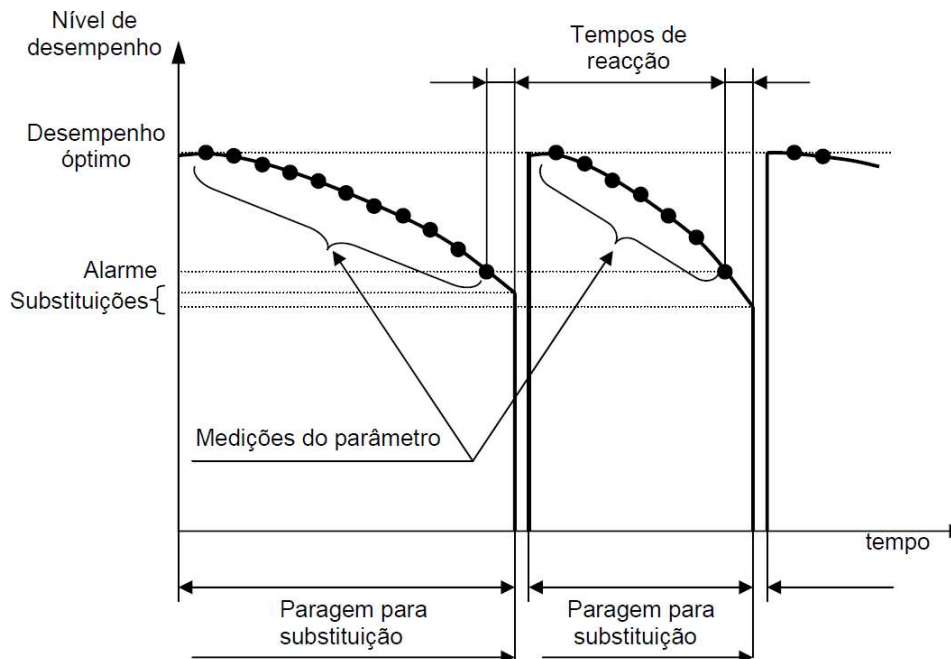


Figura 8 - Esquema representativo da manutenção condicionada (Vaz, 2017)

Quando o componente da máquina atinge o seu limite, está-se perante uma avaria eminente e deve ser substituído preventivamente, contudo apresentam-se algumas dificuldades, nomeadamente (Piedade, 2012):

- É necessário estabelecer uma correlação entre um parâmetro mensurável e o estado do sistema;
- Determinação do valor de alarme;
- Existência de degradação progressiva e detetável.

Para obtenção destes parâmetros é necessário:

- Vigilância e monitorização contínua;
- Rotina periódica da leitura dos parâmetros

➤ Especial, Extraordinária ou de Oportunidade

Para além dos tipos de manutenção acima descritos, existe ainda a manutenção oportunista, normalmente associada à manutenção preventiva. Esta manutenção é feita quando se aproveita a oportunidade de a linha de produção estar parada, para se fazer uma manutenção a determinado equipamento que ficou disponível para tal (Vaz, 2017).

2.8.1.2 Manutenção Corretiva

Tipo de manutenção efetuada após a deteção de uma avaria ou de um estado de degradação elevado de um determinado equipamento, para este executar em pleno as funções requeridas com um rendimento conveniente.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Algumas desvantagens deste tipo de manutenção são:

- Diminui a disponibilidade dos equipamentos e máquinas afetando a produção;
- Diminui ainda a vida útil dos equipamentos/ instalação fabril.

Dependendo da avaria, esta manutenção pode ser considerada planeada ou não planeada. Não planeada está normalmente associada a um tipo de defeito aleatório, uma vez que é quase sempre inesperado. Esta faz com que as despesas e perdas de produção sejam elevadas, devido à sua imprevisibilidade, associando-se a avarias mais graves.

Por sua vez, a manutenção corretiva planeada, como o nome indica, é um tipo de manutenção em que existe uma programação de reparações antes de ocorrer a falha total do sistema, fazendo com que haja menos consequências.

Apesar de a manutenção preventiva ser a melhor opção, o que acontece é que muitas indústrias utilizam mais a manutenção corretiva porque as avarias nem sempre são fáceis de prever ou de evitar (Vaz, 2017; Piedade, 2012).

- **Corretiva Curativa** – conjunto de ações, aplicadas a seguir à avaria, avaria essa não planeada, que têm a finalidade de restaurar definitivamente o equipamento, ou são ações resultantes do planeamento efetuado após o restauro provisório do mesmo, mediante a execução da manutenção paliativa.

Normalmente é a manutenção mais dispendiosa uma vez que exige maiores gastos e mais paragens do equipamento (Vaz, 2017).

- **Corretiva Paliativa** – manutenção provisória do equipamento, o chamado “desenrasque”, quando este o permite de forma a evitar custos acrescidos enquanto se programa a manutenção curativa futura (Vaz, 2017).

2.8.2 Manutenção Não Planeada

É uma manutenção de emergência, também conhecida por “breakdown”, pois implica a paragem imediata do equipamento (Piedade, 2012).

2.9 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção é uma área importantíssima dentro da manutenção tendo de haver disciplina para a concretizar. O responsável da manutenção deverá executar várias tarefas para além de conhecer as tecnologias aplicadas nos equipamentos. Deve ter ainda conhecimento de tarefas como: conceitos e técnicas gerais de manutenção, gestão de pessoal, materiais e planeamento. Fazendo uma análise mais atenta permite concluir que, eventuais falhas em algumas das variáveis, pode comprometer a gestão.

Para além destas funções, a gestão da manutenção atua também noutros domínios, nomeadamente na procura de melhorias nos equipamentos ou instalações. Estas ações são feitas recorrendo a ferramentas adicionais de monitorização ou controlo

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

para incrementar o rendimento, segurança, ou até mesmo, salvaguardar a proteção ambiental.

O responsável da manutenção deve ter uma forte sensibilidade relativamente aos custos inerentes. Estes são a razão fundamental para a justificação das boas práticas da manutenção (Scheibe, 2011).

2.9.1 TPM (Total Maintenance Productive) (Manutenção Produtiva Total)

A manutenção produtiva total é mais do que uma ferramenta de gestão, é uma filosofia de trabalho obtida como uma missão da empresa na manutenção/melhoria da produtividade. Ela pode ser definida como uma estratégia com o objetivo de melhorar a eficiência do sistema de produção.

É uma filosofia de trabalho que surgiu no Japão e que teve grande expansão.

Devido á progressão da robotização e da automatização tem de se pensar que são as instalações industriais que fazem a qualidade. Destas instalações, não só depende a qualidade, mas também a produção, o custo, os atrasos, a segurança e o ambiente.

Devido à automatização, devia de se pensar à primeira vista que o homem deixou de ser útil nestes equipamentos robotizados, mas a manutenção destas máquinas só pode ser realizada por engenheiros e operários altamente especializados.

A principal vantagem do TPM é a maximização da utilização da capacidade dos equipamentos e aumento da segurança.

Esta filosofia baseia-se no envolvimento sistemático de operadores, técnicos de manutenção e supervisores para identificar e evitar avarias, funcionamento deficiente, e restrições de capacidade de equipamentos, através da identificação e resolução das causas.

Normalmente a maioria das organizações encontram-se estruturadas com a manutenção e a produção em lados distintos, apesar de as duas partes terem um objetivo em comum: formar uma unidade produtiva. Portanto tem de haver um compromisso de ambas as partes com o objetivo de reduzir desperdícios, melhorar a qualidade do produto, aumentar a disponibilidade assim como a fiabilidade dos equipamentos.

Depois de haver este compromisso, quando necessário, os operadores podem rapidamente corrigir algumas não conformidades, realizando pequenas reparações de forma autónoma para evitar longas paragens da produção, devido à necessidade de intervenção pelo departamento da manutenção.

A TPM é implementada quando se segue uma metodologia que é baseada em 8 pilares que são representados na figura seguinte:

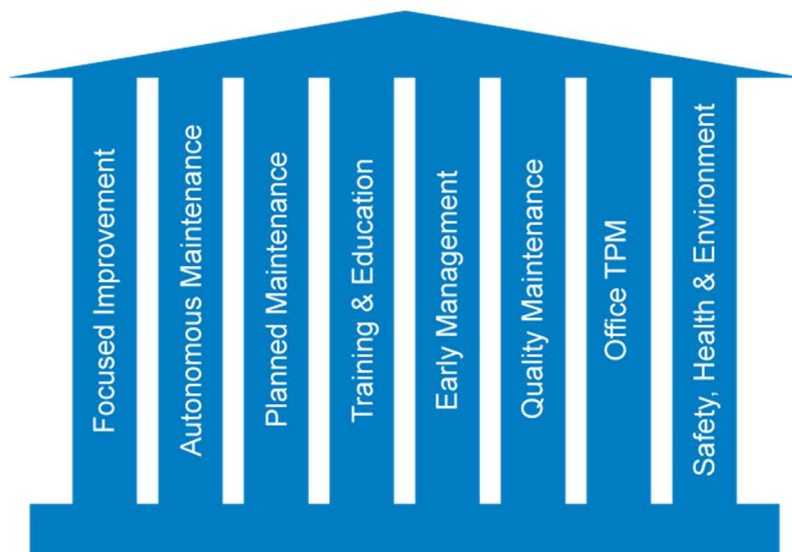


Figura 9 - Os oito pilares da Metodologia TPM
(Forum, 2016)

A base de sustentação de qualquer pilar da TPM são ferramentas de melhoria contínua, tais como: o Diagrama Causa-Efeito, os 5 Porquês, os 5S e o Ciclo PDCA.

Os pilares da TPM são, então:

- **Primeiro Pilar – Melhoria Contínua**
Consiste na melhoria contínua com vista a eliminar todos os tipos de perdas que reduzem a eficiência global do equipamento (OEE), aperfeiçoando, assim, a eficiência da produção.
- **Segundo Pilar – Manutenção Autónoma**
É uma manutenção de primeiro nível que tem como objetivo a melhoria da eficiência dos equipamentos, com pequenas tarefas de manutenção, tais como: limpeza, lubrificação e inspeções, por parte dos operadores antes de meterem o equipamento em funcionamento, sem a intervenção da equipa de manutenção.
- **Terceiro Pilar – Manutenção Planeada**
Este pilar incide no planeamento das intervenções de manutenção, minimizando as paragens não programadas e aumentando a disponibilidade dos equipamentos.
- **Quarto Pilar – Formação e Treino**
O objetivo deste pilar é promover a formação e treino de todos os colaboradores envolvidos de forma que aumentem a sua eficácia e aptidão no desempenho das respetivas atividades.
- **Quinto Pilar – Gestão Antecipada**
Este pilar refere-se à fase em que surgindo um projeto de um novo equipamento, antecipadamente tem de se saber o histórico de manutenção e experiência dos

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

operadores que vão operar e reparar. Este planeamento tem como objetivo diminuir a fase de desenvolvimento e de ensaios do equipamento.

- **Sexto Pilar – Manutenção da Qualidade**

Este método visa a utilização de atividades de manutenção destinadas a manter o equipamento em condições de bom funcionamento para garantir a qualidade do produto.

- **Sétimo Pilar – TPM de Escritório**

O TPM também interfere na eficiência e produtividade das ações operacionais, tendo assim a vantagem de melhorar os processos administrativos e redução dos seus desperdícios.

- **Oitavo Pilar – Segurança, Saúde e Meio Ambiente**

Este pilar consiste na criação de um ambiente de trabalho seguro, que visa a eliminação de acidentes de trabalho. Assim este método tem o objetivo de criar um sistema que respeite a saúde e o bem-estar dos funcionários da organização, assim como a preservação do meio ambiente envolvente, prevenindo riscos ambientais.

As qualidades da TPM são as seguintes:

- Aumento da produtividade;
- Melhoria da qualidade do produto;
- Aumento da qualidade do serviço de manutenção;
- Redução do número de avarias;
- Melhoria da fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos;
- Redução de acidentes e riscos no trabalho;
- Aumento da duração dos equipamentos;
- Redução do custo da operação.

A manutenção pode ainda ser dividida em três estados em que cada um deles representa um passo no sentido da TPM:

Manutenção de Avarias – reparação do equipamento depois de haver uma avaria ou deterioração do funcionamento.

Manutenção Preventiva – a finalidade é prever as avarias para executar as intervenções de forma antecipada e planeada. Este tipo de manutenção é constituído por três tarefas básicas:

- Manutenção diária: limpeza, lubrificação, verificação e apertos.
- Inspeções periódicas, ou diagnósticos do equipamento para verificar a sua deterioração.
- Conservação do equipamento.

Manutenção Produtiva – este tipo de manutenção requer que se evite as avarias e defeitos de uma forma eficiente e económica:

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- Melhorar ou modificar os equipamentos para evitar avarias ou facilitar as intervenções da manutenção.
- Projetar ou instalar um equipamento com baixas necessidades de manutenção.
- Registrar a informação das avarias e das inspeções diárias para melhorar a previsão de falhas.
- Criar um sistema de sugestões de melhoria.

Para complementar a manutenção produtiva é necessário a participação direta de todos os departamentos e colaboradores nas atividades de manutenção da fábrica para maximizar a eficiência dos equipamentos. Para se atingir o TPM, é necessário que um certo nível de manutenção autónoma seja executado pelos operadores o que faz com que seja preciso dar formação aos mesmos para a implementação do TPM.

Quando se inspeciona um equipamento, a ineficiência do mesmo tem a ver com as sete grandes perdas do mesmo, que são:

- 1. Avarias (Disponibilidade)** – Quando o equipamento avaria, o que acontece de vez em quando é que a equipa da manutenção não está disponível para reparar a avaria devido a estar ocupada com outras tarefas, o que origina grandes perdas de produção que depois, esse tempo, terá de ser compensado ocupando tempo não produtivo (fins-de-semana), ou trabalho extra. Algumas destas falhas estão relacionadas com o equipamento, mas também acontece devido ao equipamento estar muito tempo parado ou não estar a ser conservado devidamente.
- 2. Montagens e ajustes (Disponibilidade)** – Devido ao aumento da diversidade de produtos, os tempos de configuração e ajuste de equipamentos tornam-se cada vez mais importantes uma vez que podem produzir um tempo não produtivo considerável. O tempo de configuração é o tempo necessário para mudar moldes e ferramentas, enquanto o tempo de ajuste é o tempo adicional até que seja produzida a primeira peça conforme depois da alteração do produto.
- 3. Pequenas paragens (Performance)** – As pequenas paragens são normalmente pouco valorizadas pois é relativamente fácil voltar ao estado de bom funcionamento. No entanto fazendo uma verificação mais precisa as estas paragens, a longo prazo pode representar perdas de tempo consideráveis.
- 4. Velocidade reduzida (Performance)** – Por vezes acontece que a velocidade de funcionamento do equipamento baixa devido a qualquer problema. Isto implica gastar mais tempo para produzir uma determinada quantidade de peças. Isto acontece devido a acontecer situações em que ninguém sabe ao certo a velocidade máxima em que a máquina pode funcionar sem causar problemas de qualidade ou danificar os componentes da mesma. Isto faz com que a performance da máquina seja inferior aquela a que a máquina foi concebida.
- 5. Defeitos e segundo processamento de peças (Qualidade)** – Produzir peças com defeito (mesmo que o defeito seja mínimo), bem como o tempo necessário para produzir as peças pela segunda vez é uma forma de desperdício.
- 6. Arranque (Qualidade)** – Por vezes, este é um período crítico de produção de componentes devido às máquinas levarem algum tempo a atingirem o ponto ótimo

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

de funcionamento o que pode fazer com que alguns componentes ou ferramentas podem fraturar, originando paragens ou produtos com defeito.

- 7. Molde e Ferramentas** – Este tipo de perda advém das despesas que acontecem devido à reparação de moldes, ferramentas decorrentes de quebra ou desgaste de utilização. Nesta situação podem acontecer dois fenómenos: os repentinos e os crónicos. No primeiro as perdas acontecem devido às paragens de função, já no segundo a perda dá-se pela degradação da performance do equipamento que decorre da redução da função do equipamento em relação à função original (Lopes, 2017; Piedade, 2012).

2.9.1.1 Ferramentas de Melhoria Contínua

2.9.1.1.1 Metodologia 5S

É uma das mais poderosas ferramentas de melhoria contínua. Chama-se 5S porque baseia-se em 5 palavras japonesas começadas por “S”. Estas palavras correspondem a cinco processos distintos que devem-se cumprir para meter em prática esta ferramenta, como descreve a tabela seguinte:

Tabela 2 - Descrição Metodologia "5S"
(Scheibe, 2011)

<i>S</i>	<i>Descrição</i>
<i>Seiri</i> Arrumação	Separar o que é necessário do inútil, eliminando o desnecessário.
<i>Seiton</i> Organização	Ordenar e organizar tudo para que todos possam encontrar e utilizar. Ter sempre à mão o necessário.
<i>Seiso</i> Limpeza	Promover a limpeza do equipamento e do local de trabalho.
<i>Seiketsu</i> Normalização	Manter limpo o que está limpo.
<i>Shitsuke</i> Disciplina	Estender a melhoria a todas as situações similares criando rotinas.
	Cultivar o hábito de seguir as normas, criando sempre rotinas de revisão/auditoria e um bom ambiente de trabalho.

Apesar de se adequarem a toda a organização, estes processos visam a organização de todo o tipo de locais de trabalho e a melhoria das condições de operação e a manutenção de máquinas, trazendo grande redução de custos, com a diminuição do desperdício e das falhas provocadas pelo excesso de sujidade (Marcorin & Lima, 2003; Scheibe, 2011).

2.9.1.1.2 Diagrama de Causa-Efeito

O diagrama de Causa-Efeito, também conhecido por diagrama de *Ishikawa* ou diagrama Espinha de Peixe, pelo facto de o diagrama ter um layout muito semelhante à estrutura de uma espinha de um peixe. Segundo *J.M. Juran* e *A.B. Godfrey*, (1998) o método de criação do diagrama, começa por identificar o efeito e introduzi-lo na ponta

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

da seta, que equivale à cabeça do peixe. Para completar o diagrama são adicionadas as potenciais causas, que corresponde à espinha do peixe (Juran & Godfrey, 1998).

Assim a estrutura do diagrama é a seguinte:

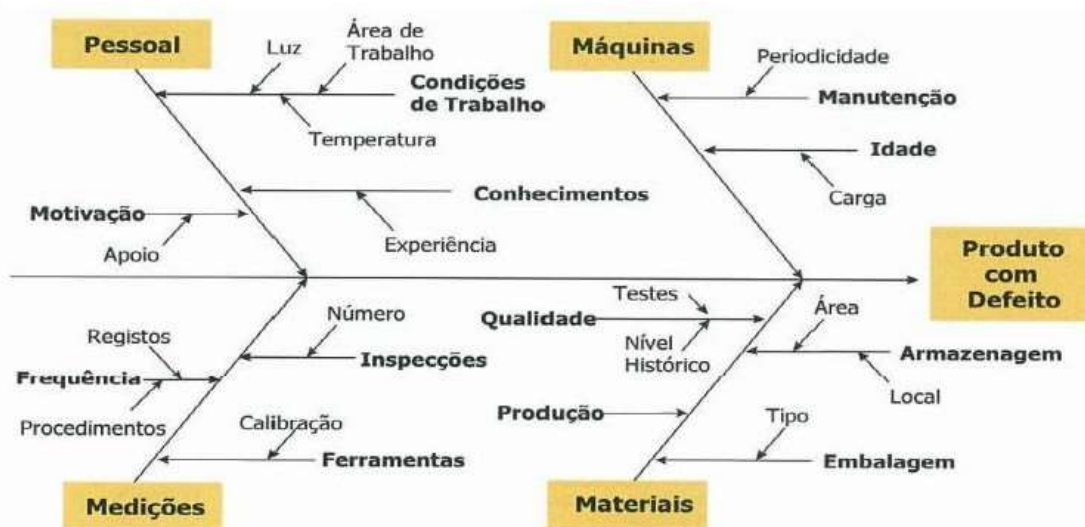


Figura 10 - Exemplo de um Diagrama de Causa-Efeito (Azevedo, Alves, & Pereira, 2003)

No diagrama, a organização das causas deve-se ao seu grau de importância, que resulta numa representação hierárquica que facilita a identificação da origem dos problemas. Por causa disto, é muito utilizado em sessões de grupo, onde facilita o aparecimento de soluções para resolver o problema. Na manutenção os grupos são organizados em quatro categorias principais: pessoas, materiais, processos e equipamentos. Estas categorias são inteiramente flexíveis de acordo com o problema em questão (Lopes, 2017).

2.9.1.1.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, também conhecido por ciclo de *Deming*, é uma ferramenta de melhoria contínua iterativa que, ambiciona alcançar resultados através de uma forte sensibilização para a qualidade. É processo que possui quatro etapas: planejar, executar, verificar e agir, que em inglês significa, respetivamente, *Plan*, *Do*, *Check* e *Act*, daí a sigla “PDCA”.

As quatro fases do ciclo são:

- **Plan (Plano)** – Delinear um plano que consiste em definir a situação atual, o que se pretende, planejar o que será realizado, criar objetivos mensuráveis e definir os métodos que permitirão atingir os objetivos propostos.
- **Do (Executar)** – Meter em prática o planeado de acordo com os objetivos e métodos definidos.
- **Check (Verificar)** – Verificar os resultados obtidos e comparar com os resultados padrão. Verificar frequentemente o trabalho para confirmar que está a ser executado como o conforme o planeado.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- **Act (Agir)** – Atuar, corrigir rotas se necessário, tomar ações corretivas ou de melhoria caso tenha sido constatado na fase anterior a necessidade de corrigir ou melhorar o processo.

O ciclo *Deming* é para ser utilizado como um modelo dinâmico (Lopes, 2017).

2.9.1.1.4 Os Cinco Porquês

O método dos 5 Porquês, ou em inglês, 5 *Why's*, é um método simples para descobrir a origem dos problemas. É utilizado essencialmente na área da qualidade, mas na prática é muito abrangente, podendo ser aplicada em outras áreas. É uma técnica que através das variadas questões, iniciadas por “Porquê”, procura identificar uma solução para identificar a causa para um determinado problema. Uma das principais características é impedir gastos de tempo e recursos a corrigir sintomas ao invés de atacar diretamente a raiz do problema. Apesar deste método ser conhecido pelos 5 Porquês, podem ser feitas mais ou menos perguntas, sendo a quantidade de perguntas dependente da complexidade do problema (Ascensão, 2011; Scheibe, 2011).

2.9.2 Análise RAMS

É mais uma forma de pensar para ajudar a gerir todas as tarefas necessárias, esta designação significa “*Reliability, Availability, Maintainability, Security*”, ou seja, Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade e Segurança. Uma análise RAMS tem com finalidade concretizar precisamente a fusão destes quatro conceitos, com o intuito de se obter uma combinação ótima entre eles, ajustando as diferentes vertentes.

O mais importante é passar de um objetivo comum para objetivo global dos quatro fatores, de modo a poder atingir-se a minimização dos custos gerais associados a todas as atividades necessárias durante todo o ciclo de vida dos ativos físicos numa dada empresa. Fazer esta minimização de custos, inclui a organização e gestão bem monitorizada e todas as tarefas que se fundem justamente com a Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade e Segurança dos ativos físicos.

Nesta análise, é feito um estudo, avaliando cada uma das vertentes em causa, que podem ainda ser classificadas através de índices que caracterizem a sua contribuição em relação a cada equipamento. Para isso, é importante perceber que a Disponibilidade e a Segurança dos equipamentos dependem diretamente da Fiabilidade e Manutibilidade que se adquire e, para analisar estes dois últimos indicadores, o cálculo do MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) e MTTR (Tempo Médio De Reparação) também ajuda nesta avaliação. Também se deve perceber o que é que relaciona cada um dos quatro conceitos, tendo noção que, para um determinado ativo físico a Fiabilidade depende como um todo da disponibilidade, segurança, qualidade das tarefas de manutenção realizadas e do custo do seu ciclo de vida (LCC – Life Cycle Cost); a Disponibilidade é o resultado do correto desempenho do equipamento como estava previsto e também do LCC; a Manutibilidade advém da disponibilidade, do LCC e dos custos das intervenções; e a Segurança é concretizada

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

pela proteção dos operadores do equipamento e pela proteção do ambiente envolvente. Desta forma, existe uma interligação entre as quatro variáveis.

A interligação das quatro variáveis deve ser uma base de pensamento na análise RAMS sendo que o objetivo é fortalecer esta ideia de que umas só são mais possíveis se existirem as outras, pois esta noção de trabalho conjunto irá proporcionar um melhor desempenho das tarefas e, conseqüentemente, a melhoria no desempenho dos ativos físicos.

Esta análise desencadeada por estes aspetos irá estabelecer quais as ações mais adequadas para conseguir otimizar as quatro variáveis em conjunto e o rendimento e eficácia do seu desempenho, e que constitui uma análise RAMS (Lopes, 2019).

2.9.3 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto tem o nome do seu criador, Vilfredo Pareto e consiste em um gráfico de colunas que ordena as frequências de ocorrência de falhas, sabendo assim quais os problemas mais graves e os menos graves, procurando seguir o princípio de Pareto. O princípio estabelece a regra 80-20, onde 80 % dos problemas têm, normalmente, origem em 20% das causas, ou seja, esta regra é importante para ajudar a separar as causas críticas, que representam os tais 20%, das causas insignificantes, que constituem os 80%. A percentagem das causas está representada na figura seguinte (Lopes,2017):

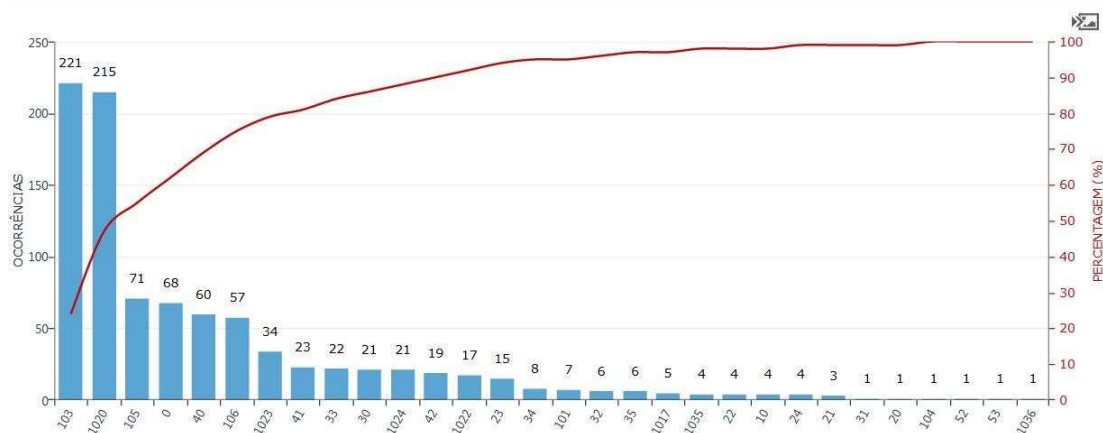


Figura 11 - Exemplo de um diagrama de Pareto (Lopes, 2017)

2.9.4 RCM (Reliability-centered maintenance)

Em português significa Manutenção Centrada na Fiabilidade, é uma metodologia de manutenção em que as decisões de gestão da manutenção são baseadas na fiabilidade dos equipamentos e dos seus componentes.

É constituída por procedimentos que se desenvolve com o objetivo de diagnosticar os vários motivos que contribuem para a falta de fiabilidade do equipamento, bem como as medidas a tomar para voltar a haver fiabilidade. É uma ferramenta de decisão

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

destinada a formar planos de manutenção preventivos mais eficientes. As técnicas que utiliza levam em conta os defeitos e as possibilidades de avaria que podem ter sido causados durante a produção de uma determinada peça, operação e manutenção dos equipamentos (Didelet & Viegas, 2003).

Concluindo, este processo de decisão serve para entender as principais fontes de avarias e antecipar a sua reparação antes de voltarem novamente a ocorrer evitando assim paragens frequentes da produção. Assim sendo, sempre que se deteta a falha, deve-se listar e investigar todos os motivos da sua ocorrência para que posteriormente seja feita uma análise de fiabilidade da máquina de forma a prevenir a ocorrência da mesma falha.

A RCM, pode ser efetuada em quatro etapas:

- Divisão do sistema;
- Determinação de itens significativos;
- Classificação de falhas;
- Determinação das ações de manutenção.

As técnicas implícitas ao método presumem o domínio do conceito dos três principais indicadores de manutenção (Moubray, 1997).

2.10 Indicadores da Manutenção

Na manutenção, a existência de indicadores de desempenho, é importante para o controlo da mesma e para o processo de melhoria contínua.

Estes indicadores devem dar importância aos objetivos estratégicos da gestão da organização, sendo assim importantíssimo, escolher os indicadores corretos e por períodos suficientemente longos que permitam ser analisados (Cabral, 2013).

Existem, assim, três indicadores fundamentais:

- Manutibilidade;
- Fiabilidade;
- Disponibilidade.

2.10.1 Manutibilidade

Segundo a NP EN 13306:2007, manutibilidade consiste na capacidade de manter ou repor um determinado equipamento num estado em que possa cumprir uma função requerida depois de lhe ser aplicada manutenção em condições definidas, utilizando procedimentos e meios prescritos. Resumidamente, o conceito exprime a facilidade com que o equipamento pode voltar a cumprir a sua função depois de uma avaria.

A manutibilidade tem maior relação com a fase do projeto do equipamento do que com a atividade de manutenção devido ao responsável pelo projeto desenvolver o projeto de modo a facilitar a manutenção do equipamento depois de projetado. Sendo assim, este conceito está mais ligado á facilidade de executar a manutenção, tempos de

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

operação da manutenção, qualidade de conceção e custos de manutenção (Ramalho, 2011).

A forma de quantificar a manutibilidade é através do indicador do tempo técnico de reparação (TTR), ou do seu valor médio (MTTR):

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n TTR_i}{n} \quad (1)$$

Em que:

TTR - Tempo técnico de reparação

n - Número de avarias

O valor de TTR é afetado por:

- Acesso aos componentes suscetíveis a desgaste ou avaria;
- Normalização dos sistemas e componentes;
- Possibilidade de inspeções, verificação e controlo dos componentes;
- Rapidez de diagnóstico de avarias;
- Qualidade da mão-de-obra.

O tempo Técnico de Reparação de uma intervenção é constituído pela soma dos tempos seguintes (Ramalho, 2011; Sousa, 2011):

- Tempo de verificação da existência de avaria;
- Tempo de diagnosticar a avaria;
- Tempo de acesso à componente em falha;
- Tempo de reparação ou substituição;
- Tempo de remontagem;
- Tempo de controlo e ensaio.

2.10.2 Fiabilidade

De acordo com a norma portuguesa EN 13306:2007, a definição de fiabilidade consiste na capacidade de um equipamento em cumprir uma função requerida, sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo, logo, a fiabilidade é a probabilidade de um dispositivo estar capaz de cumprir a sua missão num período definido.

A fiabilidade avalia a frequência com que o sistema irá falhar, dependendo de três fatores essenciais:

- Da conceção e qualidade de fabricação do sistema;
- Das condições de serviço;

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- Da eficiência do serviço de manutenção para garantir a função ao longo da vida.

A fiabilidade tem uma forte conexão com a qualidade. A qualidade é definida como a conformidade de um produto com um conjunto de requisitos impostos, aferida num dado momento. A fiabilidade consiste na aptidão que o produto tem de continuar com esses requisitos durante um período, ou seja, de manter a qualidade ao longo do tempo. Sendo assim, logicamente, não existe fiabilidade sem qualidade inicial, isto é, a fiabilidade é o seguimento da qualidade inicial ao longo do tempo. A manutenção permite restabelecer a qualidade perdida, prolongando a fiabilidade (Ramalho, 2011; Sousa, 2011).

Para quantificar este indicador, quantifica-se através do tempo entre avarias consecutivas (TBF), também designado de tempo de bom funcionamento, ou do seu valor médio (MTBF):

$$MTBF = \frac{\sum_1^n TBF_i}{n} \quad (2)$$

Em que:

TBF – Tempo de Bom Funcionamento

n – Número de avarias

2.10.2.1 Análise da Fiabilidade

Os indicadores anteriores têm ligação a outros parâmetros intrínsecos, dos quais se destacam a taxa de avarias e a taxa de reparações.

A taxa de avarias, λ , é dada por:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (3)$$

E a taxa de reparação, μ , por:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (4)$$

Os parâmetros anteriores são determinados através de valores médios e, assim, é possível assumir alguma estabilidade no ciclo de vida dos equipamentos.

O seguimento da evolução dos parâmetros precedentes é realizado a partir dos seus valores instantâneos, como demonstrado de seguida (Sousa, 2011):

- FA – Frequência acumulada de avarias;
- F(t) – Função de probabilidade de avaria;
- R(t) – Função fiabilidade.

2.10.2.1.1 Leis da Fiabilidade

Observando a evolução típica da taxa de avarias, torna-se importante haver metodologias que permitam fazer estimativas fiáveis do intervalo de substituição de um componente por forma a garantir uma determinada fiabilidade. Em outras palavras, o sucesso de um modelo de manutenção preventiva sistemática consiste na capacidade de estimar o intervalo de substituição mais correto para que a probabilidade de ocorrência da falha antes da substituição seja mínima.

O objetivo destas leis é a análise estatística dos TBF recolhidos por análise dos dados históricos de forma a estabelecer com segurança uma relação entre a vida em serviço e a fiabilidade.

Esta análise é feita de duas maneiras. Uma análise utiliza a amostra diretamente como estimador, o que requer a existência de uma quantidade grande de registos históricos. A outra análise é usada quando existem poucos registos históricos, sendo necessário utilizar modelos de distribuição de probabilidade para basear a estimativa.

Os modelos mais utilizados nesta análise de dimensão de amostras pequenas são: exponencial negativa, distribuição logarítmica normal e distribuição de Weibull.

- **Estimativa usando a amostra como estimador**

Quando o número de avarias registado, N , é suficientemente grande, pode-se utilizar a amostra como estimador, em que a informação histórica recolhida são os tempos de bom funcionamento (TBF). Para colocar esta estimativa em ação é necessário seguir os seguintes passos:

1. Organizar os dados de forma crescente (TBF);
2. Calcular a frequência acumulada das avarias, i ou FA ;
3. Calcular a probabilidade de avaria, $F(t)$;

Assumindo que a amostra tem dimensão constante, ou seja, após a avaria, os componentes são substituídos, ou reparados, mantendo-se fixa a dimensão da amostra, o cálculo da probabilidade acumulada de avaria realiza-se da seguinte maneira:

3.1. Se $N > 50$:

$$F(i) = \frac{FA_i}{N} \quad (5)$$

3.2. Se $20 < N < 50$:

$$F(i) = \frac{FA_i}{N+1} \quad (6)$$

3.3. Se $N < 20$:

$$F(i) = \frac{FA_i - 0,3}{N + 0,4} \quad (7)$$

4. Calcular a fiabilidade, R(t):

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (8)$$

5. Traçar gráficos de F(t) e R(T) em função do tempo. Utilizar os gráficos para fazer estimativas. O mais correto para analisar, consiste em dar um valor de fiabilidade e estimar o intervalo de substituição/reparação através de uma interpolação linear entre os valores mais próximos.

- **Modelos de distribuição de probabilidade – Leis de probabilidade**

As leis de probabilidade mais utilizadas em fiabilidade são:

1. Lei Exponencial Negativa:

- ✓ Com um só parâmetro: λ (taxa de avarias);
- ✓ Com dois parâmetros: λ e γ (parâmetro de posição).

2. Lei Normal:

- ✓ Com dois parâmetros: média e desvio-padrão.

3. Lei Logarítmica Normal:

- ✓ Com dois parâmetros: média e desvio-padrão.

4. Lei de Weibull:

- ✓ Com dois parâmetros: β (parâmetro de forma) e η (parâmetro de escala);
- ✓ Com três parâmetros: β , η e γ . (parâmetro de posição)

A lei de Weibull é uma das leis mais utilizadas em fiabilidade devido à sua grande versatilidade, adaptando-se à maioria das situações reais da manutenção. Consegue caracterizar as falhas durante as fases da vida de um equipamento (Ramalho, 2011).

A lei de Weibull é muito flexível devido ao fato de ser uma lei de três parâmetros que permite ajustar os diversos tipos de resultados experimentais e operacionais.

Weibull propõe a seguinte fórmula para a fiabilidade:

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

A função fiabilidade é dada por:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (9)$$

Em que:

γ - É um parâmetro de posição, para situar as curvas em relação à origem dos tempos;

η - É um parâmetro de escala, dependendo da velocidade de deterioração ($\eta > 0$);

β - É um parâmetro de forma ($\beta > 0$).

$\beta = 1$, forma exponencial (λ constante);

$3 < \beta < 4$, forma de sino (lei normal, λ crescente);

$\beta < 1$, forma correspondente à desapareição dos defeitos de rodagem (λ diminui).

A taxa de avarias é dada por:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (10)$$

Em que:

Se $\beta < 1$ – Defeitos de rodagem, $\lambda(t)$ decrescente (juventude);

Se $\beta = 1$ – Forma exponencial, λ (maturidade);

Se $\beta > 1$ – Forma em sino, $\lambda(t)$ crescente (envelhecimento);

A taxa de avarias de um equipamento não é constante ao longo do tempo.

Na figura 12 pode-se observar a “Curva da Banheira”, que caracteriza a taxa de avarias ao longo da vida de um equipamento (Sousa, 2011).

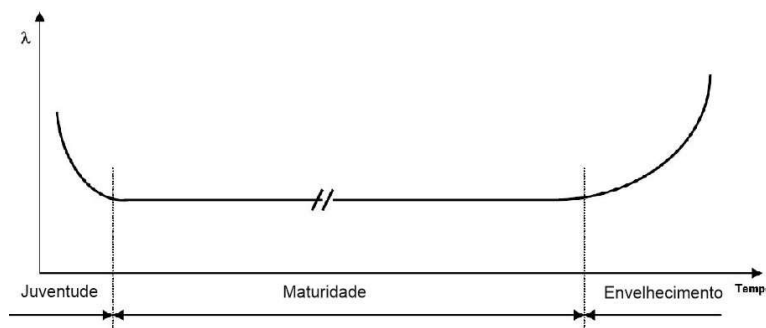


Figura 12 - "Curva da Banheira"
(Sousa, 2011)

A curva divide-se em três secções distintas (Lemos, 2010):

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- Fase inicial- a taxa de falhas é decrescente devido às falhas iniciais ou com a mortalidade infantil;
- Fase de vida útil – a taxa de falhas é constante;
- Fase final – a taxa de falhas é crescente devido às falhas de desgaste.

2.10.3 Disponibilidade

A disponibilidade, conforme a norma NP EN 13306:2007, é definida como a capacidade de um equipamento estar num estado de cumprir uma função requerida em condições determinadas, durante um determinado intervalo de tempo ou num dado instante, assumindo que o fornecimento dos meios exteriores é garantido. Isto é, a disponibilidade de um equipamento consiste na probabilidade de este desempenhar a sua função durante um tempo requerido (Ramalho, 2011). Em linguagem corrente, um equipamento “disponível” é um equipamento que está pronto a ser utilizado.

A disponibilidade resulta da combinação da fiabilidade com a manutibilidade, sendo o indicador mais utilizado para a medir.

A disponibilidade é dada por:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (11)$$

Este indicador depende:

- Da rapidez de reparação – Manutibilidade;
- Do número de falhas – Fiabilidade;
- Dos procedimentos definidos pela manutenção – Manutenção;
- Da qualidade dos meios utilizados – Logística.

A manutenção tem como grande objetivo aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Para isso se deve aumentar a fiabilidade e diminuir os tempos de reparação para atingir o objetivo. Contudo, o aumento da fiabilidade tem limitações de ordem económica e tecnológica, o que obriga a um bom planeamento entre a manutenção e a fiabilidade para que o custo da disponibilidade seja mínimo (Sousa, 2011).

2.10.4 OEE – Overall Equipment Efficiency

OEE, abreviatura de Overall Equipment Efficiency, que em português significa Eficiência Total do Equipamento, é um indicador capaz de determinar o desempenho global de um determinado equipamento ou sistema. Ou seja, quanto maior o valor de OEE mais se aproveita a capacidade de um determinado equipamento.

Este indicador analisa as perdas de disponibilidade, de desempenho e de qualidade de um equipamento durante um determinado período, como está esquematizado na figura 13.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Permite a deteção dos desperdícios existentes e consequente indicação de pontos onde se pode intervir para melhorar o processo produtivo (Willmott & McCarthy, 2000).

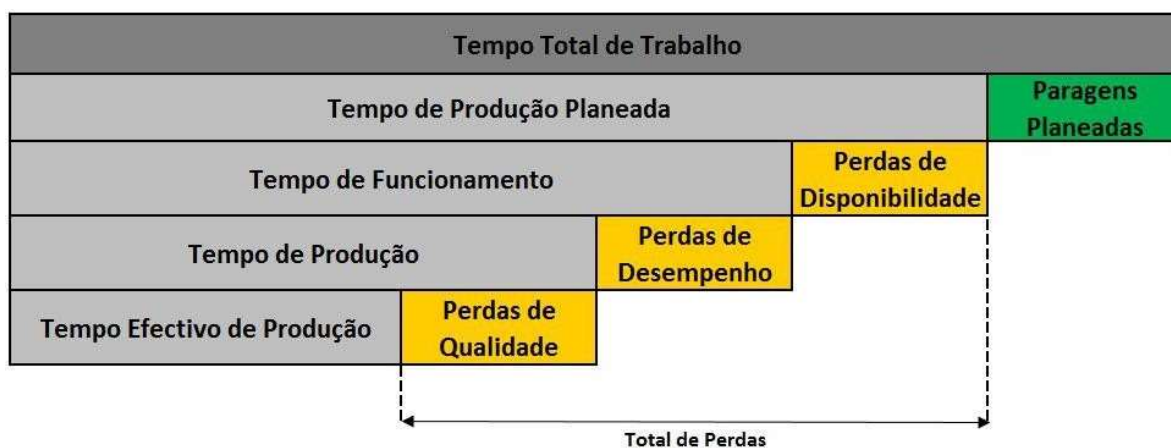


Figura 13 - Diagrama do indicador OEE (Scheibe, 2011)

A obtenção de OEE baseia-se no produto de três índices:

- **Disponibilidade** – Compara o tempo de funcionamento do equipamento com o tempo de produção planeada.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Funcionamento}}{\text{Tempo de Produção Planeada}} \quad (12)$$

- **Desempenho** – Compara a produção que o equipamento deveria ser capaz de produzir com a quantidade realmente produzida.

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{Tempo de Funcionamento}} \quad (13)$$

- **Qualidade** – Compara a quantidade de peças totais produzidas com a quantidade de peças produzidas

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Total de Peças Conformes Produzidas}}{\text{Total de Peças Produzidas}} \quad (14)$$

Assim sendo, este indicador é expresso em percentagem e obtido pela seguinte expressão:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$$

2.11 Metodologia 8D

A metodologia 8D, conhecida por Método de Análise e Solução de Problemas, resulta do inglês 8 Do, que em português significa 8 Ações. É uma metodologia sistemática e

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

estruturada utilizada para a resolução de problemas. A sua aplicação tem grande importância devido ao facto de na maior parte dos casos, os problemas serem complexos, mal definidos e a sua resolução em equipa é muito benéfica, pois a tendência de interpretação tem diferentes perspetivas.

A aplicação deste processo estruturada através de oito passos:

- **Formar uma equipa**
Selecionar os membros da equipa tendo em conta a sua experiência e conhecimentos técnicos que ajudem na implementação das soluções do problema e nomear o seu líder.
- **Descrever o problema**
Identificar e descrever corretamente o problema através da utilização de ferramentas de apoio específicas até que todos os membros da equipa fiquem a conhecer por completo o problema.
- **Implementar e verificar medidas de contenção provisórias**
Definir e implementar medidas de contenção com o objetivo de isolar as consequências do problema enquanto o mesmo não é resolvido.
- **Procurar a causa principal**
Identificar todas as causas possíveis da avaria e selecionar a principal causa com base nos dados obtidos.
- **Definir as ações corretivas**
Escolher as possíveis soluções para corrigir o problema e selecionar a mais correta com base nos custos, tempos e resultados para a eliminação do problema.
- **Implementar as ações corretivas**
Planear e colocar em prática a solução corretiva mais adequada ao problema e garantir que é eficaz e corretamente implementada.
- **Prevenir a frequência de problemas**
Normalizar o procedimento e práticas de forma a alterar os sistemas para que os problemas não voltem a ocorrer.
- **Documentar e felicitar a equipa**
Rever o procedimento da resolução de problemas, selecionar os documentos e melhorias a reter e fechar formalmente o processo (Azevedo, 2016).

2.12 FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

A FMEA, em português, Análise do Modo e Efeito de Falha, é uma ferramenta de melhoria de Qualidade que consiste num método analítico e sistemático responsável pela identificação e prevenção de potenciais falhas que possam ocorrer em produtos ou processos (Scheibe, 2011). Isto é, esta ferramenta está destinada a:

- Identificar e compreender, para um determinado produto ou processo, os potenciais modos de falha, as suas causas e respetivos efeitos no sistema ou no cliente;

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- Avaliar o risco associado aos modos de falha identificados, efeitos e causas, e priorizar as ações;
- Propor e acompanhar a realização de ações corretivas/preventivas de modo a reduzir a probabilidade da ocorrência da falha ou minimizar o seu efeito.

Esta ferramenta foi criada para ser aplicada durante a fase de projeto, mas, a sua aplicação em produtos ou processos já existentes também pode trazer enormes vantagens. Assim, com base nos riscos identificados podem ser tomadas as devidas ações, eliminando assim as reclamações dos clientes e reduzindo os custos.

A implementação da FMEA tem várias etapas:

- Definir o processo que será analisado;
- Definir uma equipa multidisciplinar;
- Definir a falha;
- Identificar os seus efeitos;
- Identificar a sua causa principal e as causas secundárias;
- Identificar as falhas prioritárias através do nível de risco;
- Criar ações preventivas;
- Definir o prazo e o responsável pelas ações preventivas.

Após as etapas, busca-se identificar os índices de risco, hierarquizando-os através dos pesos atribuídos a cada um dos itens. Assim sendo, os índices de risco são:

- Ocorrência de causa (O): probabilidade de a causa existir e provocar uma falha;
- Severidade do efeito (G): Probabilidade em que o cliente identifica e é prejudicado pela falha;
- Detecção da falha (D): probabilidade de a falha ser detetada antes do produto chegar ao cliente (Lopes,2017).

Cada índice é avaliado numa escala pré-definida com um determinado número de níveis e assim cada critério é caracterizado com o nível que se considere ser o mais adequado relativamente a cada índice

**Tabela 3 - Exemplo de índices de Severidade
(Farinha, 2011)**

Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	A causa da falha da máquina passa quase despercebida.
2	Pequena	A causa da falha é identificada e influencia o desempenho da máquina de forma ligeira, mas não é considerada relevante.
3	Moderada	A causa da falha influencia significativamente o desempenho da máquina, e provoca alguma preocupação.
4	Alta	A causa da falha influenciou fortemente o desempenho da máquina, deteriorando-a.
5	Muito Alta	A causa da falha provocou a disfuncionalidade da máquina, comprometendo as condições de segurança.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Em suma, através desta tabela, é possível avaliar se a causa da falha em estudo é considerada muito ou pouco perigosa, classificando-a de acordo com uma escala de níveis que vai desde “1 – Severidade Mínima” a “5 – Severidade Muito Alta”, obtendo-se assim determinado índice da Severidade.

Na tabela seguinte está um exemplo de índices de Ocorrência.

**Tabela 4 - Exemplo de índices de Ocorrência
(Lopes, 2019)**

Índice	Ocorrência	Critério
1	Remota	A causa que leva à falha da máquina ocorre muito raramente.
2	Pequena	A causa que leva à falha da máquina ocorre poucas vezes.
3	Moderada	A causa que leva à falha da máquina ocorre algumas vezes.
4	Alta	A causa que leva à falha da máquina ocorre muitas vezes.
5	Muito Alta	A causa que leva à falha da máquina ocorre quase sempre.

Esta tabela, tem novamente uma escala de 5 níveis, que permite classificar se a causa que levou à falha ocorre com muita ou pouca frequência, mais concretamente, desde “1 – Ocorrência Remota” a “5 – Ocorrência Muito Alta”.

**Tabela 5 - Exemplo de índices de Detecção
(Farinha, 2011)**

Índice	Detecção	Critério
1	Muito grande	É quase certo que a causa que leva à falha da máquina seja detetada.
2	Grande	A probabilidade de a causa da falha da máquina ser detetada é elevada.
3	Moderada	É provável que a causa que leva à falha da máquina seja detetada.
4	Pequena	A probabilidade de a causa da falha da máquina ser detetada é reduzida.
5	Muito Pequena	A probabilidade de a causa da falha da máquina ser detetada é muito reduzida.

De acordo com a tabela, pode-se avaliar se a causa da falha é fácil ou dificilmente detetável.

Nesta tabela só existem 5 níveis de classificação, mas podem existir 4, 6, 10 ou qualquer n níveis para qualquer um dos índices, o que depende do modo como os critérios são definidos, ainda que a escala utilizada para estas classificações varie mais comumente de 1 até 10 níveis.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Portanto, para cada indicador consideram-se então os valores de índice mais adequados para a causa de falha em estudo e, posteriormente, é feita uma multiplicação dos índices obtidos, neste caso, o produto de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção(D), obtendo-se assim o Coeficiente de Prioridade de Risco (CPR):

$$CPR = S \times O \times D \quad (15)$$

O valor de CPR vai servir de base para definir quais são as causas de falha de maior risco. Assim, o maior valor obtido de CPR corresponderá à causa de falha que deve ser tratada primeiramente. A seguir, obtém-se a sequência das causas de falha por ordem de prioridade de risco, estabelecendo-se quais as primeiras causas para as quais se vão definir as ações de medida que poderão evitar que as respectivas falhas ocorram novamente.

No fim, ficam então estabelecidas as ações de prevenção mais adequadas em relação a cada causa de falha, bem como a periodicidade com que serão realizadas. Nesta fase, para cada causa de falha, é também avaliada a situação atual relativamente ao controlo de falhas dessa natureza, procedendo-se à criação de novas ações de melhoria e/ou alteração de outras já existentes. Depois de se definir as ações de medida mais apropriadas, as mesmas devem ser controladas e revistas, avaliando-se os resultados da sua aplicação de forma sistemática e contínua, de acordo com a periodicidade pré-estabelecida. Deve se ainda registar quais os operadores responsáveis por assegurar cada ação de medida, os prazos de execução de cada tarefa e quais os recursos humanos responsáveis por assegurar cada ação de medida, os prazos de execução de cada tarefa e quais as ações a que se seguirá uma nova reavaliação (Farinha, 2011).

Geralmente, estes índices utilizam uma escala de 1 a 10 com intuito de hierarquizar os itens analisados pela Análise do Modo e Efeito de Falha (Lopes, 2017).

A análise da FMEA pode ser subdividida em dois grupos(tipos):

- ✓ FMEA do Equipamento ou produto/projeto – são consideradas as falhas que podem ocorrer c/ o equipamento; evitar as falhas no produto ou no processo
- ✓ FMEA de Processo – são consideradas as falhas no planeamento e execução do processo; evitar falhas no processo; tem como base as não conformidades do produto c/ as especificações do projeto (Toledo & Amaral, 2006).

2.13 FMECA

A Análise dos Modos de Falha, dos seus Efeitos e da sua Criticidade (FMECA – *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*), tal como a análise FMEA, concentra-se na avaliação dos modos de falha e dos seus efeitos, de acordo com o procedimento descrito anteriormente. Este modo de análise inclui uma análise crítica que permite distinguir quais são as falhas que têm maior probabilidade de ocorrer e cuja Severidade

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

dos seus efeitos é maior, obtendo-se assim uma sequenciação de prioridade das ações de medida com base na determinação da relevância das probabilidades de Ocorrência das falhas.

Esta análise pretende principalmente minimizar prioritariamente as falhas que possuem maior probabilidade de Ocorrência e eliminar as falhas que têm grande probabilidade de terem um elevado índice de Severidade.

Para esta análise não se determina apenas o valor de CPR como sendo o produto de $S \times O \times D$, faz-se ainda uma combinação direta entre a Severidade (S) e a Ocorrência (O), relacionando-se estes dois indicadores. O resultado é a Criticidade © dos modos de falha em estudo, obtendo-se a sequência de prioridades de falha com um critério ainda mais concreto e preciso. Isto porque, o cálculo do CPR não é suficientemente preciso pois é um valor base para obter a sequência de prioridades.

A combinação da Severidade (S) com a Ocorrência (O) resulta na Criticidade (C) da falha que se calcula da seguinte maneira:

$$C = S \times O \quad (16)$$

Na tabela seguinte, está um exemplo de uma matriz de Criticidade (C) utilizando 4 níveis.

**Tabela 6 - Exemplo de matriz de Criticidade (C)
(Farinha, 2011)**

<i>Criticidade (C) = S × O</i>			Ocorrência (O)			
			Remota	Pequena	Moderada	Alta
			1	2	3	4
Severidade (S)	Reduzida	1	1	2	3	4
	Moderada	2	2	4	6	8
	Elevada	3	3	6	9	12
	Muito elevada	4	4	8	12	16

Verifica-se na tabela da matriz de criticidade a obtenção dos valores de Criticidade fazendo a multiplicação da Ocorrência(O) com a Severidade (S).

Na tabela seguinte é exemplificada a matriz de obtenção do valor de CPR.

**Tabela 7 - Exemplo de matriz de Coeficiente de Prioridade de Risco (CPR)
(Farinha, 2011)**

		Severidade																
		Reduzida	Moderada	Elevada	Muito Elevada	Reduzida	Moderada	Elevada	Muito Elevada	Reduzida	Moderada	Elevada	Muito Elevada	Reduzida	Moderada	Elevada	Muito Elevada	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Ocorrência	Remota	1	1	2	3	4	2	4	6	8	3	6	9	12	4	8	12	16
	Pequena	2	2	4	6	8	4	8	12	16	6	12	18	24	8	16	24	32
	Moderada	3	3	6	9	12	6	12	18	24	9	18	27	36	12	24	36	48
	Alta	4	4	8	12	16	8	16	24	32	12	24	36	48	16	32	48	64
		1				2				3				4				
		Muito grande				Grande				Moderada				Pequena				
		Detecção																

Neste caso, para a avaliação da falha em estudo, podem definir-se os critérios da seguinte forma (Farinha, 2011):

- ($CPR < 12$) - Admissível: A causa que levou à falha é aceitável, não necessitando de um controlo muito apertado.
- ($12 \leq CPR < 24$) – Tolerável: A causa tolera-se com um controlo complementar bem monitorizado.
- ($24 \leq CPR < 32$) – Pouco suportável: O risco da falha é elevado e já se devem tomar medidas imediatamente para o minimizar.
- ($CPR \geq 32$) - Incomportável: A causa deve ser rapidamente eliminada (Lopes, 2019).

2.14 Análise dos custos de manutenção e não-manutenção dos equipamentos

2.14.1 Manutenção e Qualidade

Numa produção de uma peça, a qualidade da mesma depende muito do desempenho das máquinas que a produz. Por isso é necessário analisar a manutenção e a qualidade em conjunto visto que a degradação do equipamento é um fator que influencia a qualidade do produto. Assim sendo, uma manutenção mal feita origina inspeções frequentes ao produto o que faz com que o custo do controlo de qualidade aumente. Assim sendo, tudo aponta que a manutenção tem um grau de importância nos sistemas de gestão de qualidade, tais como a norma ISO 9000 (Marcorin & Lima, 2003).

2.14.2 Manutenção e Produtividade

A manutenção do também é importante na produtividade pois, esta pode ser afetada quando existe falta de manutenção o que faz com que haja aumento dos tempos de produção pela redução de desempenho. Isto faz com que as empresas invistam em outros fatores, tais como, ferramentas, materiais e até operadores, com o objetivo de buscar a origem da diminuição de produção, elevando assim os custos operacionais. Estas paragens na produção fazem com que as horas extras dos operacionais aumentem para cumprir com a produção podendo assim haver atrasos nos compromissos de entrega aos clientes (Marcorin & Lima, 2003).

2.14.3 Manutenção e Disponibilidade

Deve haver políticas de manutenção que garantam a eficiência do equipamento para que a qualidade e produtividade não sejam afetadas. A escassez dessas políticas, além de diminuir a capacidade do processo, conduz a paragens efetivas do equipamento, reduzindo a disponibilidade. Essa disponibilidade depende da confiabilidade e da manutibilidade por eles apresentadas.

Mesmo que a confiabilidade e manutibilidade sejam fatores intrínsecos do equipamento e dependerem da concepção do seu projeto, estes podem ser afetados por outros fatores, tais como, a experiência e treino dos responsáveis pela manutenção do equipamento, a disponibilidade de peças de substituição, a limpeza e a condição geral do equipamento. Uma política apropriada de manutenção deve, portanto, manter a capacidade e a disponibilidade da máquina, evitando falhas e criando intervenções de manutenção rápidas e eficazes, que se traduz no aumento de confiabilidade e manutibilidade respetivamente (Marcorin & Lima, 2003).

2.15 Organização da Manutenção

A organização da Manutenção é de extrema importância para Heizer e Render (2004), devendo seguir uma estrutura consoante os objetivos, podendo ser um departamento centralizado, descentralizado, subcontratado ou ainda podendo as tarefas de manutenção ser realizadas pelos operadores dos equipamentos. Para perceber melhor do que se fala segue-se a sua definição:

- Manutenção Centralizada – Responsável por todas as atividades de manutenção;
- Manutenção Descentralizada – Quando os equipamentos são intermutáveis diferentes áreas da empresa;
- Manutenção Subcontratada – Requer elevado nível de especialização e o número de equipamentos é pequeno.

A organização da manutenção está dividida nos seguintes aspetos:

- **Responsável Manutenção:** Esta figura de topo é responsável por todas as decisões ligadas à manutenção.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- **Planeamento:** Planos de Manutenção.
- **Preparação:** Tem como objetivo a preparação de trabalho, ou seja, define as operações necessárias a executar, como também os meios materiais e tempos de execução. Prepara-se também a emissão das Ordens de trabalho (OT) e Caderno de Encargos (CE).
- **Programação:** Responsável pela emissão de planos de trabalho e distribuição de meios humanos para execução dos mesmos, cumprindo os prazos de entrega.
- **Métodos:** São a identificação de materiais e a sua gestão técnica, organização técnica dos cadernos da máquina.
- **Engenharia e Manutenção:** Responsável por novos Projetos, especificações técnicas, compras de materiais e serviços.
- **Fiabilidade:** Analisa a fiabilidade e a manutibilidade dos equipamentos, sendo também da sua responsabilidade definir soluções na vertente da melhoria contínua.
- **Execução:** Que é distribuída consoante as necessidades de intervenção sejam elas mecânicas, elétricas ou de instrumentação. Normalmente existe um supervisor em cada especialidade que é o responsável pelas boas práticas de trabalho, assim como pela segurança do pessoal e equipamentos e também pela emissão de relatórios dos trabalhos realizados (Piedade, 2012).

2.16 Criticidade do equipamento

A Produção é a responsável pela emissão de pedidos de trabalho uma vez que são os “donos” da instalação/ equipamento e são os primeiros intervenientes na reparação do mesmo. Eles devem definir a prioridade dos trabalhos, contudo, a manutenção tem também o dever de reportar qualquer anomalia detetada. Para isso, quando um equipamento avaria é emitido com apoio ao sistema informático um pedido de trabalho, mais conhecido por notificação (NOT). Neste pedido deve estar descrito o tipo de avaria, identificado o equipamento, o tipo de especialidade e a prioridade do mesmo (Piedade, 2012).

2.16.1 Processo de decisão da reparação

As definições que deste processo são:

NOT – Requisita um trabalho à manutenção

OT – Descreve a anomalia, as operações a efetuar, assim recursos necessários para a reparação, esta pode ser do tipo:

- **CORR** – Corretivas, em caso de emergência, ou seja, para intervir de imediato, conhecida também como “Breakdown”.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- PROG – Programadas, OT 's sistemáticas com periodicidades fixas (Plano Longo Termo, Planos de Manutenção)
- PERM – Permanentes, este tipo de OT 's são anuais e normalmente utilizadas para alocação de custos
- AUX – Auxiliares, utilizada para atividades de inspeção.
- MODIF – Modificações, quando há necessidade de efetuar alterações.
- INVE – Investimento, normalmente utiliza-se em projetos.

Para além do tipo de OT, é necessário conhecer também a designação de especialidades agregadas normalmente utilizadas em software de manutenção nomeadamente:

AJU - Mecânica

INS – Instrumentação

ELE – Eletricidade

TIN – Mecânica de instrumentos

DINA – Dinâmica

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Na figura 14 está representado um fluxograma do “caminho” a seguir para a execução de um trabalho de manutenção desde que seja detetada a avaria até à fase de execução (Piedade, 2012).

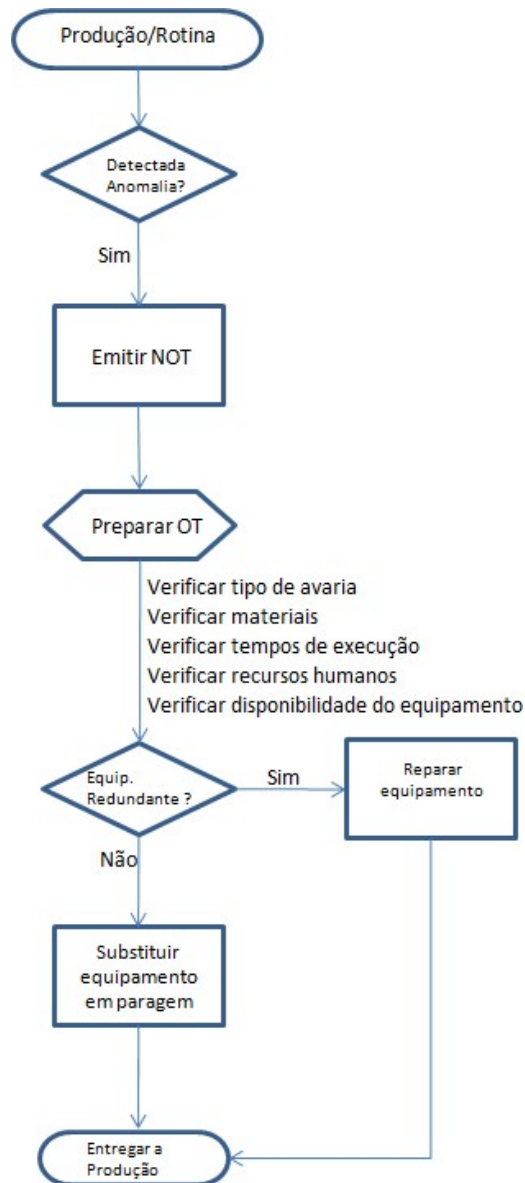


Figura 14 - Fluxograma de preparação de reparação (Piedade, 2012)

3 Apresentação da Tecniforja

No ano de 1921 começou-se a produzir na região peças para áreas como a agricultura, mineração e sectores de construção. A seguir, em 1963 formou-se o grupo FERFOR da união de várias empresas que já produziam peças forjadas para as três áreas faladas anteriormente. Durante muitos anos a FERFOR produziu e vendeu muitos produtos, mas devido á globalização, no início do século XXI, e com a entrada de empresas no mercado com mão de obra mais barata, a cota de mercado da FERFOR começou a baixar e então a empresa precisou de entrar noutros mercados e por isso se formou em 2006 a TECNIFORJA focando-se principalmente no mercado automóvel, mas também na produção de peças para os comboios, transporte de energia e indústria hidráulica. Em 2007 houve um investimento numa célula robótica para forjagem de tubos para automóveis na Tecniforja.

Entrando no mercado automóvel e devido ao rigor deste mercado, a TECNIFORJA começou a implementar as normas essenciais para conseguir ter o rigor necessário para estar neste mercado e competir com outras empresas.

Em 2008, começou-se a produzir a manga de eixo monobloco para eixo traseiro para um modelo automóvel da Renault com a certificação da norma ISO 9001.

Em 2014 houve a aplicação de uma patente para o processo de forjagem tubular em que se produziu uma nova peça de uma transmissão para os camiões.

Em 2015 começou-se o desenvolvimento de novos projetos de fornecedores de nível 1 da indústria automotiva de acordo com um processo inovador de forja tubular com a introdução da norma ISO 14001.

Depois, em 2016, houve um investimento em novos equipamentos e renovação de infraestruturas como pavilhões, escritórios, entre outros.

Em 2017, a empresa certificou-se com a norma ISO 16949, foi o fim do processo de creditação da patente e o começo da produção em série de peças sendo a empresa neste caso fornecedor nível 1.

Em 2018, foi o começo de investimento em processos de maquinaria com a compra de novos equipamentos para fornecer produtos ao cliente com maior valor acrescentado

Situa-se num espaço industrial com 49.000 m^2 juntamente com outras empresas do Grupo Ferfor, ocupando cerca de 18.000 m^2 de área produtiva e em crescimento (Manual de Acolhimento, 2020;Background of TECNIFORJA, 2021).



**Figura 15 - Espaço industrial da TECNIFORJA
(Manual de Acolhimento, 2020)**

Morada: Avenida da Liberdade Nr . 747 a 881, 4615-751 Lixa

Coordenadas GPS – 41,305950°N/8,177258°W

41°18'21,42" N/8°10'38,13" W

A Tecniforja é uma empresa que se dedica a forjagem de peças técnicas, com aplicações em várias áreas de atividade, tais como:

- Indústria automóvel;
- Transporte de energia elétrica e gás;
- Ferroviária;
- Indústria hidráulica;
- Outros artigos por consulta.

Tem a capacidade de forjar componentes de aço em vários perfis e varão de aço perfurado/tubo, sendo considerados únicos na Europa, neste tipo de processo e equipamento.

Na indústria automóvel a Tecniforja lidera o projeto de manga de eixo monobloco. Esta unidade foi especificamente concebida numa célula de forja completamente robotizada (Manual de Acolhimento, 2020).

3.1 Exemplo de peças produzidas na TECNIFORJA, clientes e sua aplicação

- Tubos forjados em prensa mista com processo patenteado

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

**Tabela 8 - Exemplo de peça feita em prensa mista, cliente e sua aplicação
(Manual de Acolhimento, 2020)**

Peça	Cliente Directo	Veículo/produto final onde é aplicada a peça produzida na Tecniforja
Tubos TRW e SRW – peça forjada Tecniforja para manga de eixo monobloco do eixo traseiro	Sunviauto – PORTUGAL	Renault Master
		













- Peças forjadas em prensa horizontal

**Tabela 9 - Exemplo de peças feita em prensa horizontal, cliente e sua aplicação
(Manual de Acolhimento, 2020)**

Peça	Cliente Directo	Veículo/produto final onde é aplicada a peça produzida na Tecniforja
Barron 114 – peça forjada em prensa horizontal 450T para eixo de transmissão	DANA – Espanha	Nissan Qashquai
		
DANA - peça forjada em prensa horizontal 900T para eixo de transmissão de máquinas off- highway	DANA – USA	Veículos que apenas circulam fora de autoestradas onde são inseridos os tubos DANA
		
Engrenagem – Peça forjada na prensa horizontal 900T para tractores agrícolas	Grudiva – Espanha	Tratores agrícolas
		

- Peças forjadas em prensa vertical

**Tabela 10 - Exemplo de peças feitas em prensa vertical, clientes e aplicações
(Manual de Acolhimento, 2020)**

Peça	Cliente Directo	Veículo/produto final onde é aplicada a peça produzida na Tecniforja
Flange P26 – peça forjada em prensa vertical 1000T e pré-maquinada	Gestamp – Espanha	Mercedes - Nissan
		
Ferraduras – forjadas em prensa vertical de 1000T	HGF - Suécia	Aplicado em cascos de cavalos de competição
		
Bolacha – peça forjada em prensa vertical de 1000T	Amtrol-Alfa	Botijas de gás
		
Corpo de válvula KS 100_25	Siepmann - Alemanha	Sistemas de condutas em centrais térmicas e nucleares
		

A TECNIFORJA, tem apostado na reestruturação dos seus quadros aliando a experiência à vontade e capacidade de aprendizagem dos novos elementos.

A experiência na área das peças forjadas, tem sido cimentada com o princípio da melhoria contínua.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

A adoção dos princípios da Qualidade e Ambiente integrados no modelo de Gestão, tem como objetivo aumentar o grau de confiança com os nossos parceiros e clientes, aliando assim à capacidade técnica já demonstrada, a eficiência do nosso produto, em respeito pelo ambiente e redução do impacto ambiental (Manual de Acolhimento, 2020).

A Tecniforja tem o seu Sistema de Gestão certificado pelas normas de **Qualidade ISO 9001, IATF 16949 e Ambiente ISO 14001** (Manual de Acolhimento, 2020).

As condições de trabalho, a formação e a motivação dos seus colaboradores são, para a Tecniforja, um factor essencial para o sucesso (Manual de Acolhimento, 2020).

3.2 Visão, Missão, Valores e Política da Tecniforja

- **Visão**

Ser líder e modelo de inovação na produção de peças técnicas obtidas por estampagem, forjagem e maquinação em diversas ligas de aço ao carbono.

- **Missão**

Produzir peças técnicas por estampagem, Forjagem e maquinação de elevada qualidade promovendo soluções de valor acrescentado através do desenvolvimento e aperfeiçoamento dos processos produtivos aliado ao desenvolvimento do know-how e das competências dos recursos humanos da TF mantendo sempre a qualidade e a satisfação do cliente.

- **Valores**

- ✓ Satisfação do cliente
- ✓ Qualidade máxima
- ✓ Responsabilidade Social
- ✓ Integridade
- ✓ Sustentabilidade
- ✓ Proteção e respeito do meio ambiente
- ✓ Valorização e respeito das pessoas

3.3 Política da Qualidade e Ambiente:



Figura 16 - Resumo da Política da Qualidade e Ambiente da Tecniforja
(Manual de Acolhimento, 2020)

Os princípios estabelecidos na Política da Qualidade e Ambiente da TECNIFORJA são da responsabilidade de todos e de cada um individualmente no seu posto de trabalho (Manual de Acolhimento, 2020).

É fundamental o trabalho em equipa e em colaboração. Contamos com o seu empenho para a melhoria do funcionamento e dos resultados da Tecniforja (Manual de Acolhimento, 2020).

3.4 Boas práticas ambientais

- ✓ **Organização e limpeza**
 - Manter os locais de trabalho em boas condições de limpeza e arrumação, evitando-se a acumulação de resíduos.
- ✓ **Consumo de energia**
 - Utilizar de forma eficiente e racional a energia elétrica e a água disponibilizadas, adotando, sempre que possível, equipamentos, materiais e práticas menos consumidores de energia e água;
 - Evitar acender desnecessariamente lâmpadas durante o dia. Aproveite melhor a luz do sol, abrindo janelas, cortinas e persianas;
 - Apagar as lâmpadas dos ambientes quando estiverem desocupados;
 - Imprimir em papel apenas os documentos estritamente necessários;
 - A utilização do ar comprimido deve ser efetuada nas operações necessárias e no mínimo tempo possível, já que a sua produção consome energia.
- ✓ **Materiais**
 - Utilizar apenas produtos contidos em recipientes devidamente rotulado, respeitando as instruções de manipulação e utilização dos produtos

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

químicos, óleos e lubrificantes que constam na rotulagem e fichas técnicas e de segurança dos produtos;

- Sempre que possível, serem substituídos os produtos nocivos por produtos menos nocivos para o ambiente;
- Utilizar os dois lados da folha de papel para escrever, rascunhar ou imprimir.

✓ **Resíduos**

- É proibido qualquer abandono de resíduos;
- Os resíduos produzidos no âmbito da atividade devem ser colocados em contentores próprios nas instalações da TECNIFORJA, em recipientes destinados a cada tipo de resíduos, de acordo com os procedimentos e instruções internos;
- É proibido o transporte de resíduos para o exterior sem o conhecimento de um responsável da TECNIFORJA, que assegura a identificação dos resíduos e o seu encaminhamento;
- Não efetuar quaisquer descargas para o solo, linhas de água ou redes de drenagem de águas (residuais ou pluviais) de:
 - Materiais inflamáveis;
 - Entulhos, areias ou noutros materiais;
 - Óleos (novos ou usados);
 - Tintas, solventes ou outras substâncias ou preparações perigosas (Manual de Acolhimento, 2020).

4 Atividades desenvolvidas

Durante o estágio foi proposto a implementação de um sistema de manutenção na Tecniforja com a utilização de uma manutenção planeada e a otimização do mesmo com a implementação de propostas de melhoria.

4.1 Manutenção Preventiva Condicionada

Para uma empresa em que nunca se utilizou uma manutenção deste tipo é essencial que isso seja implementado por isso no estágio foi proposto a utilização de manutenção preventiva condicionada para medir parâmetros como vibrações e temperaturas de fusíveis. A inspeção de equipamentos fazendo a medição destes parâmetros é essencial para o bom funcionamento e durabilidade dos mesmos. Para que estes equipamentos durem o maior tempo possível começou-se a fazer estas duas atividades.

4.1.1 Análise de Vibrações

Análise Vibrométrica é uma das técnicas utilizadas para a implementação de manutenção preventiva condicionada num sistema de manutenção. Nesta técnica existe duas técnicas específicas de diagnóstico de estado de conservação em motores elétricos:

- Análise de Vibrações;
- Análise da Condição de Rolamentos

Para se fazer esta análise é necessário saber o histórico dos equipamentos em que se vão fazer as medições, ou seja, os desequilíbrios, os desalinhamentos, folgas, desapertos, etc. Tudo isto vai contribuir para um aumento das vibrações e consequentemente aumento de temperatura e assim haver muitas interrupções do equipamento.

As grandes vantagens desta análise são:

- ✓ Deteta as avarias na sua fase inicial, (ideal para aplicação do método da análise de tendência e criação do histórico do equipamento);
- ✓ Execução de análise e deteção de avarias sem ser necessário parar o equipamento;
- ✓ Permite diagnosticar a causa da avaria e medidas retificativas a tomar (Pedroso, 2014).

4.1.1.1 Medidor de Vibrações

O aparelho que se utilizou para se fazer a análise vibrométrica foi um medidor de vibrações da marca SKF.

Este aparelho é um SKF Machine Condition Advisor (Consultor SKF de Condição da Máquina) apresenta duas importantes leituras de vibração e uma medição de

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

temperatura, além de também oferecer automaticamente informações de alarme quando os valores de vibração excedem os limites. As medições de vibração são:

- ✓ Uma leitura de vibração de “velocidade” global, que indica a condição geral da máquina. essa leitura “global” mostra um valor total de todos os sinais de vibração que emanam de todos os componentes da máquina dentro do intervalo de sensor do instrumento. O instrumento compara o valor de vibração total com limites estabelecidos pelas orientações ISO 10816-3. Valores de medição que excedam os limites são indicados automaticamente.
- ✓ Uma medição de vibração “aceleração de envelope” (rolamento) que filtra todos os sinais de vibração, exceto aqueles que emanam de rolamentos e caixas de engrenagem de elementos. Leituras de vibração de rolamento são automaticamente comparadas com limites estabelecidos pela SKF com base em anos de análise estatística de bancos de dados existentes. Essa leitura ajuda a detetar falhas de rolamento nos estágios iniciais.

Quando se usa juntamente, essas duas medições de vibração e suas comparações de alarme podem oferecer detecção da maioria de falhas de máquinas e, muito importante, detecção de falhas de rolamento de elemento de rolagem.

- Embora comparações de alarme não sejam fornecidas para leituras de caixa de engrenagem, a tendência global de aceleração de envelope pode oferecer detecção de falhas da engrenagem.

Além disso, uma medição infravermelha de temperatura é fornecida para indicar aumentos de temperatura não característicos, que geralmente ocorrem conforme pioram as falhas da máquina e dos rolamentos, e para ajudar a detetar problemas da máquina que talvez não afetem os respectivos sinais de vibração.

4.1.1.1.1 Controles e funções



Figura 17 - Aparelho de medição de vibrações (Accelera,2019)

Tabela 11 - Legenda do aparelho de medição de vibrações (Accelera, 2019)

- ④ Monitor LCD
- ② Ponta do sensor de vibração
- ③ Sensor de temperatura infravermelho
- ④ Botão Selecionar
- ⑤ Botão Procurar

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- ⑥ Conector do sensor de energia CA/externo

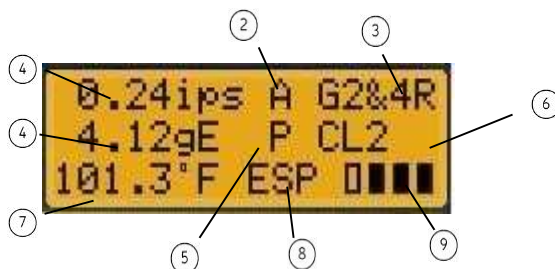


Figura 18 - Tela LCD digital do SKF
(Accelera, 2019)

Tabela 12 - Legenda da Tela LCD digital
(Accelera, 2019)

- ④ Leitura de vibração total (IPS ou mm/s)
- ② Alarme de vibração global (Nenhum, Alerta ou Perigo)
- ③ Grupo de alarmes de vibração global (G1&3 ou G2&4) e tipo de fundação (Flexível ou rígida)
- ④ Leitura de vibração do rolamento (gE)
- ⑤ Alarme de vibração do rolamento (Nenhum, Alerta ou Perigo)
- ⑥ Classe de alarme de vibração do rolamento (CL1, CL2 ou CL3)
- ⑦ Leitura de temperatura (C ou F)
- ⑧ Indicador de status da medição – (execução ou manter)
- ⑨ Status de carga da bateria (75% carregado)

4.1.1.1.2 Como fazer seleções no modo configuração



Figura 19 - Seleções no modo configuração
(Accelera, 2019)

**Tabela 13 - Legenda do modo configuração
(Accelera, 2019)**

- ④ Botão Selecionar
- ② Botão Procurar

- Pressione o botão Selecionar ou o botão Procurar para ligar o instrumento



**Figura 20 - Tela de medição
(Accelera, 2019)**

- Na tela de medição, pressione e mantenha pressionadas o botão Procurar para entrar no **modo Configuração**.

O menu Modo Configuração é exibido, mostrando as duas primeiras opções de menu.



**Figura 21 - Modo Configuração
(Accelera, 2019)**

Em todos os menus do **Modo Configuração**:

- Usar o botão Procurar para mover o cursor piscante entre as opções de menu.
- Usar o botão Selecionar para selecionar a opção indicada pelo cursor piscante.
- ✓ Nos submenus, uma seta indica a opção selecionada no momento



**Figura 22 - Modo unidade do sistema
(Accelera, 2019)**

Usar este método para definir opções na estrutura de menu do instrumento, como descrito a seguir.

Modo Configuração

Temperatura IR

Ativada ou desativada

Sair (sai para o modo de medição)

Idioma

Inglês, francês, alemão, espanhol.

Português ou sueco

Unidades do sistema

Inglesa (IPS) ou métrica (mm/s)

Grupo de velocidades de alarme

1 e 3 (G1 & 3) ou 2 e 4 (G2 & 4)

Fundação

(R)ígida ou (F)lexível

Classe de aceleração de envelope

CL1 ou CL2 ou CL3

Como escolher o “Grupo de velocidade de alarme” correto para a máquina

O **Grupo de velocidade de alarme** que se especifica (**G2&4** ou **G1&3**) determina os limites de alarme de vibração global do instrumento. Portanto, você deverá selecionar o grupo que melhor descreva tamanho, tipo e velocidade gerais da máquina que está mensurando. Observa-se que essas classificações de grupo de máquina seguem o padrão ISO 10816-3, que classifica níveis de vibração de velocidade totais para classificações padronizadas de máquinas. As opções são:

Grupos 2&4 (padrão)

As classificações 2 e 4 do Grupo da norma ISO definem o seguinte tipo de máquina:

- Máquinas de tamanho médio e máquinas elétricas com altura de eixo medindo entre 160 mm e 315 mm.
- Essas máquinas são normalmente equipadas com rolamentos de elementos, mas podem utilizar rolamentos de luva, além de operar em velocidades acima de 600 RPM.
- Essas máquinas incluem bombas com impulsores de palhetas múltiplas e acionadores integrados.

Grupos 1&3

As classificações 1 e 3 do Grupo da norma ISO definem o seguinte tipo de máquina:

- Máquinas grandes e máquinas elétricas com uma altura de eixo medindo mais do que 315mm.
- Essas máquinas são geralmente equipadas com rolamentos de luva, mas podem utilizar rolamentos de elementos.
- Essas máquinas incluem bombas com impulsores de palhetas múltiplas e acionadores integrados.

Fundação rígida ou flexível?

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

O que se tem de ter em conta também é o fato de a máquina estar montada em fundações rígidas ou flexíveis. Portanto uma configuração adicional que ajuda a definir os alarmes de vibração total é se a máquina tem fundação **Rígida** (padrão) ou **Flexível**.

- No **Modo Configuração**, selecione a opção **Fundação** que descreva o tipo de montagem da máquina que você está mensurando (**Rígida** ou **Flexível**).

4.1.1.1.3 Como escolher a “Classificação de aceleração de envelope” correta para sua máquina

A **Classificação de aceleração de envelope (CL1, CL2 ou CL3)** que você especifica determina os níveis de alarme de “vibração do rolamento” do instrumento. Portanto deve-se selecionar a classe de aceleração que melhor se adequa ao rolamento que se está a medir.

As opções são:

CL1

Rolamentos com um diâmetro interno entre 200 mm e 500mm, e velocidade do eixo abaixo de 500 RPM.

CL2 (padrão)

Rolamentos com um diâmetro interno entre 50 mm e 300mm, e velocidade do eixo entre 500 RPM e 1800 RPM.

CL3

Rolamentos com um diâmetro interno entre 20mm e 150 mm, e velocidade do eixo de 1800 RPM a 3600 RPM.

4.1.1.1.4 Como usar o Machine Condition Advisor

Como se pode ver anteriormente na figura 17 e na tabela 2 têm os comandos do medidor de vibrações.

O Machine Condition Advisor da SKF é muito simples de usar.

As etapas gerais de uso são as seguintes:

- Ligar o instrumento;
- Colocar a ponta do sensor (ou um sensor externo conectado a uma ponta magnética) contra a máquina que se está a medir e aguardar que as leituras de vibração se estabilizem;
- Pressionar o botão Selecionar para manter (congelar) as leituras da medição;
- Visualizar a tela para determinar se as leituras de vibração estão nos níveis de alarme Alerta ou Perigo.

Cada etapa é descrita com mais detalhes nas secções seguintes.

Ligar o instrumento

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- Pressionar o botão Selecionar ou o botão Procurar para ligar o instrumento.
 - O instrumento desliga automaticamente após 2 minutos de inatividade, ou pode-se pressionar e manter os botões Selecionar e Procurar simultaneamente para desligar de imediato o instrumento.

A tela de título é exibida rapidamente e, então, a tela de medição é exibida no modo EXECUÇÃO.



Figura 23 - Tela de Medição no modo EXECUÇÃO
(Accelera, 2019)

No modo EXECUÇÃO, as medições de vibração são continuamente repetidas e os resultados continuamente atualizados.

Colocar a ponta do sensor contra a máquina

- Pressionar a ponta do sensor da caneta contra o PONTO de medição na máquina.

Pressionar o botão Selecionar para reter as medições

- Quando os resultados da medição estabilizarem, pressionar o botão Selecionar para “reter” os resultados da medição.
 - Manter o instrumento parado ao pressionar o botão Selecionar para reter as medições; movimentá-lo fará com que as leituras oscilem. Observa-se que o uso do sensor externo com sonda magnética oferece resultados de medição mais estáveis.
 - Recomenda-se que se faça a medição infravermelha de temperatura com a ponta da sonda do instrumento pressionada contra a máquina, nunca de mais de 10 cm longe do alvo.



Figura 24 - Tela de medição no Modo MANTER
(Accelera, 2019)

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Resultados da medição congelam, MANTER é exibido na tela e os indicadores de alarme são exibidos nas medições de vibração total e vibração se estes resultados excederem os limites.

Visualizar status de alarme de medição

Quando os resultados de medição estiverem em alarme, registrar o local e os valores da medição para fins de tendência e análise posterior

- Para obter ajuda com tendência, use a planilha “Advisor Trend.XLS”, fornecida no CD do produto.
- Repetir este procedimento para o próximo PONTO de medição. Depois para fazer medições em outro local, pressionar o botão Selecionar novamente, para sair da função MANTER. Este indicador desaparece, o indicador EXECUTAR aparece e as medições são retomadas.

Como usar o sensor externo opcional



Figura 25 - Uso do sensor externo opcional (Accelera, 2019)

Usar o sensor externo com sonda magnética para aumentar a consistência e a qualidade das medições de vibração do seu MCA. Além disso, sensores magnéticos montados oferecem sensibilidade maior a sinais de vibração que ocorrem em frequências mais altas (ou seja, vibração de falha do rolamento) do que sensores de ponta de sonda. Assim é melhor usar o sensor externo, para facilitar a detecção prematura de problemas de rolamento, do que o sensor interno do MCA.

- O uso do sensor externo opcional do instrumento afeta a vida útil da bateria.

Para conectar o sensor externo:

- Aparafusar e apertar a sonda magnética ao sensor externo do acelerômetro;
- No cabo do sensor externo, posicionar as duas guias de alinhamento no protetor verde do conector. Identificar a guia de alinhamento que se encontra alinhada com o rasgo de chaveta do conector (pode ser conveniente marcar a guia de alinhamento adequada com um marcador com ponta de feltro, para fácil identificação no futuro);

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- No conector do MCA, localizar o pequeno entalhe no qual se encaixa o rasgo de chaveta do conector. Observar que o entalhe está alinhado com a soldadura do compartimento do MCA.

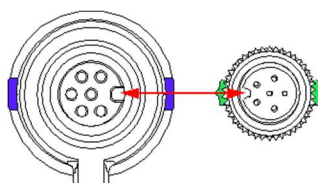


Figura 26 - Localização do entalhe
(Accelera, 2019)

- Alinhar o rasgo de chaveta do conector do cabo com o entalhe do conector do cabo e encaixar os dois conectores delicadamente;
- Apertar a trava do parafuso no conector do cabo, para fixá-lo. Ocorre uma ação de encaixe quando a conexão é acoplada corretamente.
 - Em condições de pouca luminosidade, pressionar delicadamente os dois conectores e girar lentamente um conector até que o rasgo de chaveta deslizar para o entalhe; apertar a trava do parafuso para fixá-lo.

Para executar medições de vibração usando o sensor externo:

- Conectar o sensor externo ao instrumento, como descrito anteriormente.
 - Ao usar um sensor externo, a medição de temperatura é automaticamente desativada.

Colocar a sonda magnética do sensor no PONTO de medição de sua máquina.



Figura 27 - Indicação de "Sen ext" na tela de medição
(Accelera, 2019)

Sen ext é exibido na parte inferior da tela, indicando o uso do sensor externo.

- Executar as etapas de medição restantes, conforme descrito anteriormente.

4.1.1.1.5 Gráfico de gravidade ISO 10816-3

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

O Machine Condition Advisor compara as leituras de vibração de velocidade total com limites estabelecidos pelas orientações da norma ISO 10816-3. O gráfico de gravidade a seguir é fornecido para referência.

ISO 10816-3		Machinery Groups 2 and 4		Machinery Groups 1 and 3	
Velocity		Rated power			
CMAS 100-SL		15 kW – 300 kW		Group 1: 300 kW – 50 MW Group 3: Above 15 kW	
in/sec eq. Peak	mm/sec RMS				
0.61	11.0	DAMAGE OCCURS		UNRESTRICTED OPERATION	
0.39	7.1				
0.25	4.5	UNRESTRICTED OPERATION		UNRESTRICTED OPERATION	
0.19	3.5	UNRESTRICTED OPERATION		UNRESTRICTED OPERATION	
0.16	2.8	UNRESTRICTED OPERATION		UNRESTRICTED OPERATION	
0.13	2.3	UNRESTRICTED OPERATION		UNRESTRICTED OPERATION	
0.08	1.4	NEWLY COMMISSIONED MACHINERY			
0.04	0.7	NEWLY COMMISSIONED MACHINERY			
0.00	0.0	NEWLY COMMISSIONED MACHINERY			
Foundation		Rigid	Flexible	Rigid	Flexible

Figura 28 - Gráfico de gravidade (Accelera, 2019)

Observa-se que os dados de vibração nas áreas verde e amarela estão abaixo dos níveis de alarme. A cor laranja indica medições em alarme Alerta. A cor vermelha indica medições em alarme de Perigo.

4.1.1.1.6 Gráfico de gravidade de aceleração do rolamento

Leituras de vibração de rolamento são automaticamente comparadas com limites estabelecidos pela SKF com base em anos de análise estatística de bancos de dados existentes.

Tabela 14 - Tabela de valores de gravidade de aceleração do rolamento (Accelera, 2019)

Classe	OK	Alerta	Perigo
CL1	0-1 gE	1-2 gE	acima de 2 gE
CL2	0-2 gE	2-4 gE	acima de 4 gE
CL3	0-4 gE	4-10 gE	acima de 10 gE

4.1.1.1.7 Técnicas de colocação do sensor

A técnica adequada do sensor portátil é fundamental para a exatidão das medições do MCA. Em geral, é fundamental que você execute leituras **consistentes**.

Realizar medições com a máquina funcionando sob condições normais. Por exemplo, quando a máquina tiver alcançado a temperatura normal e estiver sendo executada sob a sua condição nominal (em tensão, fluxo, pressão e carga na capacidade normal). Em máquinas com velocidades ou cargas variáveis, realizar medições em

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

todas as condições nominais extremas, além de condições selecionadas dentro desses limites.

Ao posicionar o sensor na máquina, em geral, evitar superfícies gordurosas, oleosas, húmidas ou pintadas, divisões de caixas e falhas estruturais. Selecionar o melhor PONTO de medição (evitar especificamente zonas de rolamento sem carga) e ser consistente na posição do sensor, no ângulo do sensor e na pressão de contato.

Posição do sensor – se possível, escolher uma superfície plana na zona de carga do rolamento, contra a qual pressionar a ponta do sensor. As medições devem ser tomadas no mesmo exato local. Para garantir que as medições sejam tomadas exatamente no mesmo ponto, marcar o PONTO com tinta permanente, fazer um orifício superficial cônico com uma ponta de broca ou use os discos de medição adesivos da SKF.

Medições de vibração de rolamento são sensíveis ao local do sensor. O local ideal é na zona de carga do rolamento medido. Se a sonda estiver posicionada fora da zona de carga ou muito longe do rolamento carregado, o sinal medido diminuirá em amplitude e será exibido um valor mais baixo (e inexato).

Por isso, ao medir um rolamento em um eixo horizontal com uma caixa de rolamento dividida deverá fazer-se medições na parte inferior da caixa (na zona de carga), quando possível. Isso permite que as medições de vibração de velocidade total e aceleração de envelope sejam simultâneas e exatas.

- Usar o sensor externo com sonda magnética para aumentar a consistência e a qualidade das medições de vibração do seu MCA. Além disso, sensores magnéticos montados oferecem sensibilidade maior a sinais de vibração que ocorrem em frequências mais altas (ou seja, vibração de falha do rolamento) do que sensores de ponta de sonda. Assim, usa-se o sensor magnético externo montado para facilitar a detecção prematura de problemas de rolamento versus o sensor interno do MCA.

Ângulo – sempre perpendicular à superfície (90°).

Pressão – deve ser usada uma pressão manual uniforme e consistente (firme, mas nem tanto que amortença sinais de vibração em máquinas menores).

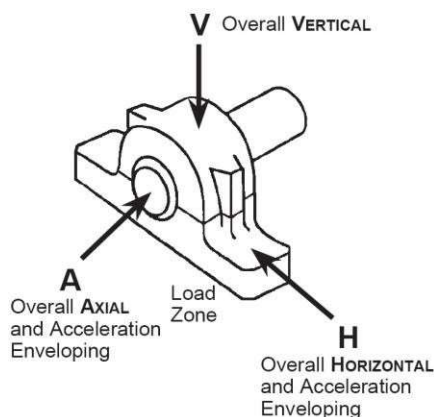
4.1.1.1.8 Orientações sobre análise de vibração

Com exceção dos rolamentos e das caixas de engrenagem, a maioria dos problemas das máquinas rotativas é o excesso de vibração da velocidade total. Além disso, cada problema mecânico gera vibração de sua própria maneira exclusiva.

Pode-se, portanto, examinar o “tipo” de vibração da velocidade total para identificar sua causa e tomar a medida de reparação apropriada.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Com as medições de vibração de velocidade total, a interpretação da causa do excesso de vibração pode se relacionar à posição da sonda ao fazer a medição, seja no plano horizontal, vertical ou axial.



**Figura 29 - Medição de vibrações
(Accelera, 2019)**

Horizontal – normalmente, eixos desalinhados tendem a ocasionar vibrações radiais (horizontal e vertical), dependendo do design do suporte.

Vertical – a vibração vertical em excesso pode indicar frouxidão mecânica, além de falta de desequilíbrio.

Axial – vibração axial em excesso é um forte indicador de desalinhamento.

É importante observar que estas são orientações gerais para eixos horizontais, e que é necessário o conhecimento da máquina e das técnicas adequadas do sensor portátil, a fim de interpretar com exatidão a causa do excesso de vibração (Accelera, 2019).

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

4.1.1.1.9 Especificações do medidor de vibrações

**Tabela 15 - Especificações do medidor de vibrações
(Accelera, 2019)**

Detector de vibrações:	Sensor de aceleração piezelétrico
Intervalo de velocidade:	0,7 a 65 mm/s (RMS), 0,04 a 3,60 IPS (pico equivalente) (ISO 10816)
Intervalo de aceleração de envelope:	0,2 gE a 50 gE ± 10%
Faixa de aceleração de envelope:	Faixa SKF 3: 500 Hz a 10 kHz
Intervalo de frequência de velocidade:	10 Hz a 1.000 Hz (ISO 2954)
Intervalo de temperatura IR:	-20° C a +200° C -4° F a +392° F
Exatidão de temperatura IR:	± 2° C (± 3.6° F)
Distância de medição de temperatura IR:	no máximo 10 cm distante do alvo
Intervalo da temperatura de funcionamento:	<i>Em uso:</i> -10° C a +60° C 14° F a 140° F <i>Durante a carga:</i> 0° C a +40° C +32° F a +104° F
Intervalo da temperatura de armazenamento:	<i>Menos de um mês</i> -20° C a +45° C -4° F a +113° F <i>Mais de um mês, porém menos de seis meses</i> -20° C a +35° C -4° F a +95° F
Umidade:	UR de 95% sem condensação
Parte exterior:	IP54
Aprovações:	CE
Teste de queda:	2 metros (6,6 pés)
Capacidade da bateria:	550 mA horas
Sensor externo suportado:	Qualquer acelerômetro padrão com sensibilidade de 100 mV/g
Energia do sensor externo:	24 V CC em 3,5 mA
Cabo do sensor:	Cabo de 1,5 m (5 pés) com conectoe do tipo soquete M8
Especificações do carregador:	Tomada de parede CA/CC universal Entrada: 90 a 264 V CA, 47 a 60 Hz Saída: 5V CC regulados
Dimensões:	Largura 4,7 cm Comprimento: 20 cm Espessura: 2,54 cm
Peso:	125g

4.1.2 Realização da Análise de Vibrações

Na empresa, tal como se disse anteriormente, foi proposta uma análise vibrométrica para realizar um processo de manutenção preventiva em alguns motores importantes para o bom funcionamento da empresa.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Para isso usou-se o medidor de vibrações descrito anteriormente. A seguir registou-se em um documento Excel valores de vibrações globais das máquinas, vibrações dos rolamentos e temperaturas dos motores.

O exemplo de que se vai falar é de uma bomba de água da marca LOWARA.

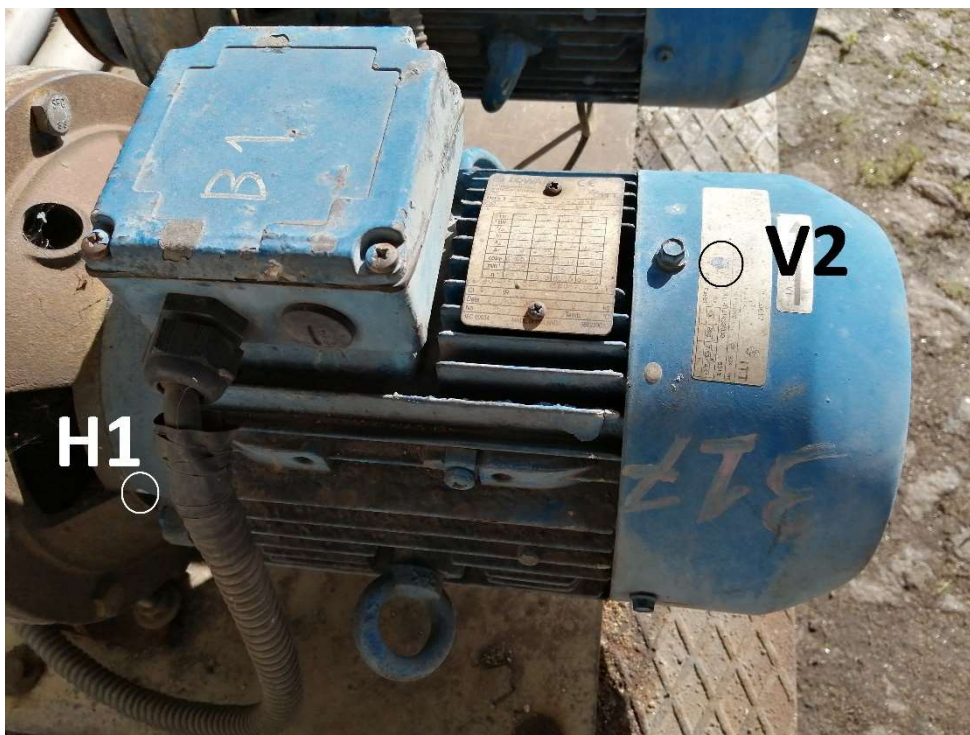


Figura 30 - Exemplo de Bomba de água

Na figura 30 está exemplificado uma das bombas de água usadas para a medição das vibrações. Esta é uma bomba de água da marca LOWARA, tipo de motor PLM112RB14S2/340 e código 00297.

Depois de se saber qual o equipamento a medir tem de se saber como medir. A seguir como foi dito no manual do medidor de vibrações, colocou-se marcas no equipamento, para marcar o sítio onde de se pode fazer a medição para a leitura ser mais precisa e também para garantir que as medições são tomadas sempre no mesmo ponto, usando um marcador. A seguir utilizou-se o aparelho para medir as vibrações. Posteriormente, usou-se o documento Excel que vinha com o manual do equipamento para colocar as medições de vibrações feitas semanalmente.

O H1 e V2 são os pontos onde foram feitas as medições. Chama-se “H1” devido ao facto de o aparelho estar na horizontal em relação à base da máquina no momento da medição e chama-se “V2” devido ao facto de o aparelho estar na vertical em relação à base da bomba no momento da medição.

Na figura 31, estão exemplificados os valores das vibrações e os dias, separados semanalmente, de realização de cada vibração, desta bomba.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

12-Feb-21	1,3	3,6
19-Feb-21	0,7	1,9
26-Feb-21	1	1,7
5-Mar-21	0,9	1,6
12-Mar-21	0,8	1,4
19-Mar-21	1,4	2
26-Mar-21	1,4	3
2-Apr-21	Indisponível	Indisponível
9-Apr-21	1,1	2,8
16-Apr-21	1,1	2,5
23-Apr-21	0,9	2,5
30-Apr-21	Indisponível	Indisponível
7-May-21	0,9	1,8
14-May-21	1,7	3,1
21-May-21	1,6	2,1
28-May-21	0,8	1,5
4-Jun-21	Indisponível	Indisponível
11-Jun-21	0,7	0,8
18-Jun-21	0,7	1,3

Figura 31 - Tabela de Vibrações globais

Neste caso estão registados os valores de vibrações globais. Estes valores são a seguir mostrados graficamente em um gráfico, como mostra na figura 32, que diz qual a evolução das vibrações do equipamento ao longo do tempo para se prever uma futura avaria caso os valores comecem a ultrapassar os limites.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

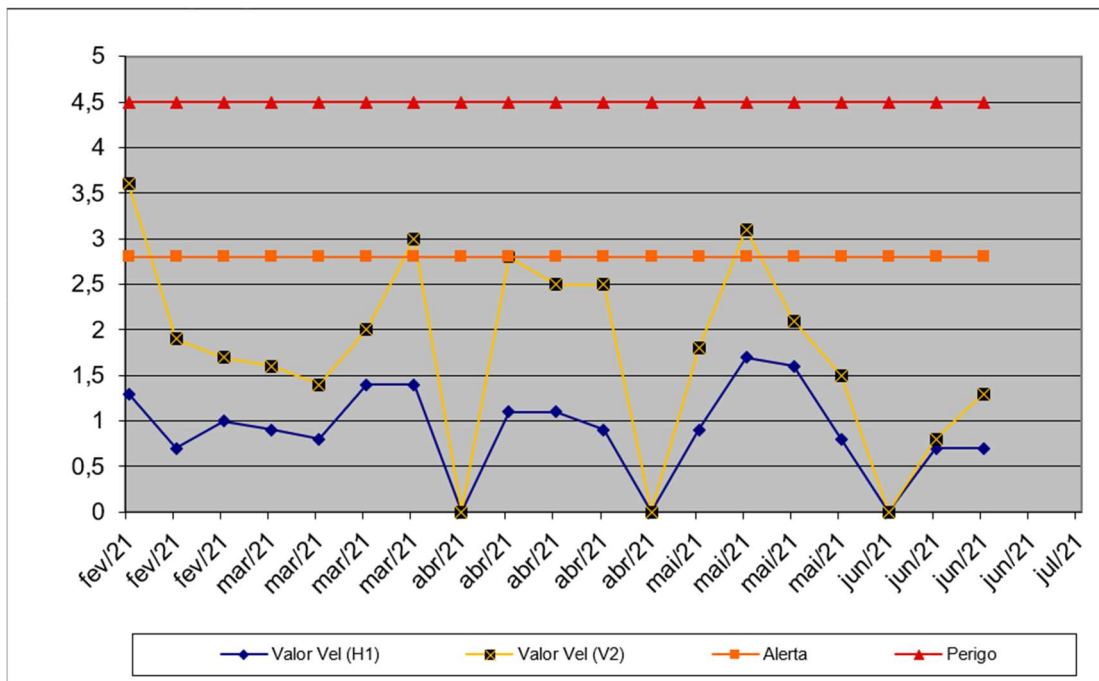


Figura 32 - Gráfico dos valores globais de vibração

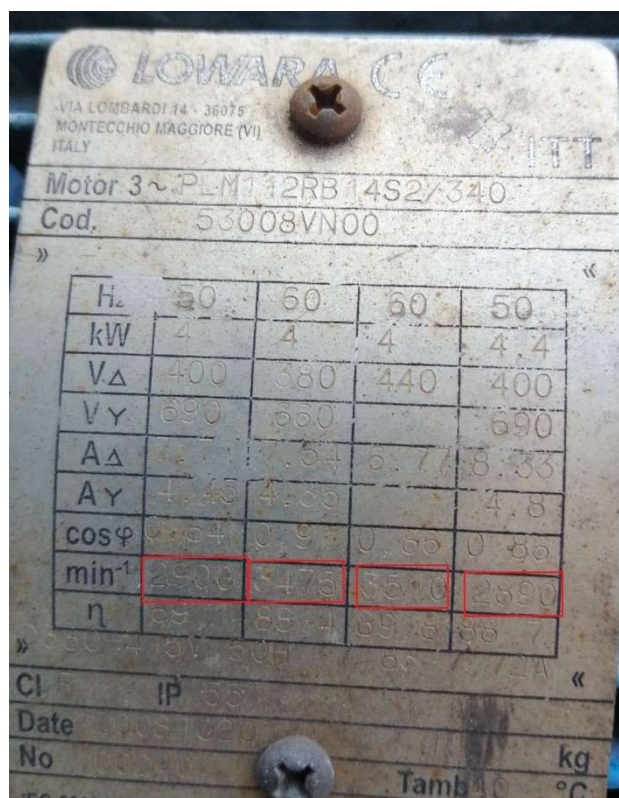


Figura 33 - Localização das várias velocidades de rotação

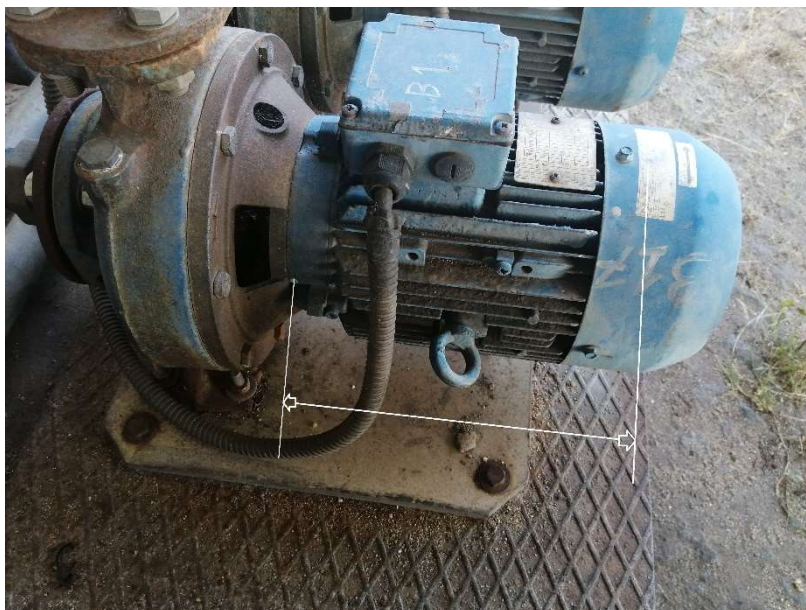


Figura 34 - Altura de eixo da bomba

Neste caso esta bomba tem valores de rotação entre 1800 e 3600 RPM como se pode ver na figura 33 e uma altura de eixo, como está representada na figura 34, medindo com uma fita métrica, de 243 mm, ou seja, está dentro do intervalo de medidas entre 160mm e 315 mm.

Assim sendo sabe-se que esta bomba pertence ao grupo de velocidade de alarme “Grupo 2&4” e está em uma base “Rígida” logo a designação final do grupo é “Grupo 2 & 4 R”.

Segundo este grupo sabe-se que, como descrito no gráfico, o valor de alerta é de 2,8 mm/s e de perigo de 4,5 mm/s.

Como se pode ver pela figura existiram dias em que os valores globais de vibração ultrapassaram o valor de alerta. Sendo assim o responsável da manutenção foi avisado da irregularidade do equipamento para que se previna uma futura avaria.

A seguir passasse para o registo dos valores de vibração do rolamento.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

gE Valor(H1)	gE Valor (V2)
2,6	2,6
4,74	3,43
5,28	2,75
3,72	2,72
3,61	2,9
3,71	2,74
4,07	3,14
Indisponível	Indisponível
3,2	4,64
4,77	5,83
4,84	4,1
Indisponível	Indisponível
5,71	3,18
5,49	3,24
7,81	3,74
6,67	3,18
Indisponível	Indisponível
0,58	1,07
2,88	1,87

Figura 35 - Tabela de vibrações do rolamento

Nesta tabela estão registados os valores de vibração do rolamento. Depois de registar os valores é automaticamente mostrado no gráfico da figura 36, a evolução desses valores em forma de curva. Este gráfico é muito útil para prever uma possível avaria neste caso no rolamento como por exemplo folgas, no mesmo.

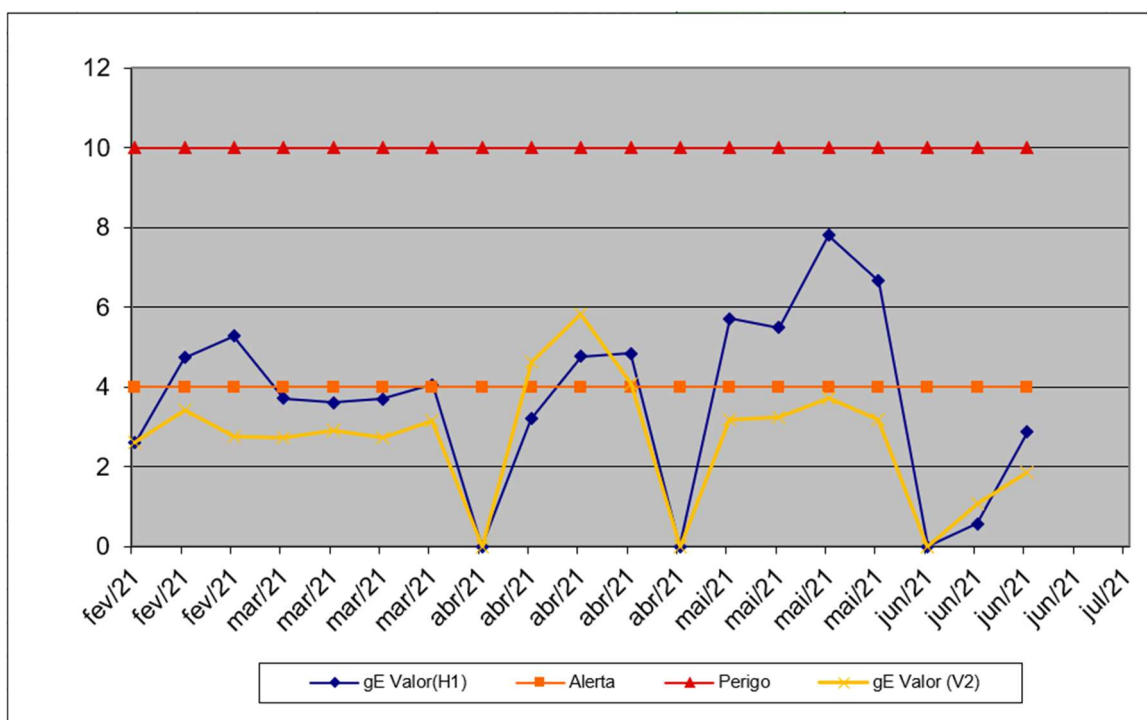


Figura 36 - Gráfico das vibrações do rolamento

Sabendo a rotação do eixo, descrita anteriormente, o rolamento pertence à classe de aceleração CL3.

Segundo esta classe de aceleração, o valor de alerta é de 4 gE e o valor de perigo é de 10 gE.

Como se pode ver no gráfico, os valores de vibração ultrapassam os limites impostos em alguns dias o que significa que também devido a esta vibração mais localizada, o responsável da manutenção foi alertado e avisado para a possibilidade de fazer uma intervenção para ver qual a possível avaria.

Finalmente, tem-se os valores da temperatura, registados na tabela da figura 37.

A temperatura também é importante pois como se descreveu anteriormente as possíveis avarias em equipamentos rotativos fazem com que aumente a carga do motor e consequentemente aumente a temperatura.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Temperatura(°C)(H1)	Temperatura(°C)(V2)
26,3	16,8
33,2	17,3
30,2	15,9
34,8	21
34,7	20,4
35,5	21,4
30	16,1
Indisponível	Indisponível
30,4	18,1
31,1	18,4
32,7	18,5
Indisponível	Indisponível
28,9	18
33,8	21,2
34,8	21,7
36,4	25,6
Indisponível	Indisponível
41,4	29,5
37,3	21

Figura 37 - Tabela de temperaturas

Por último, é mostrado no gráfico a seguir, a evolução destes valores semanalmente.

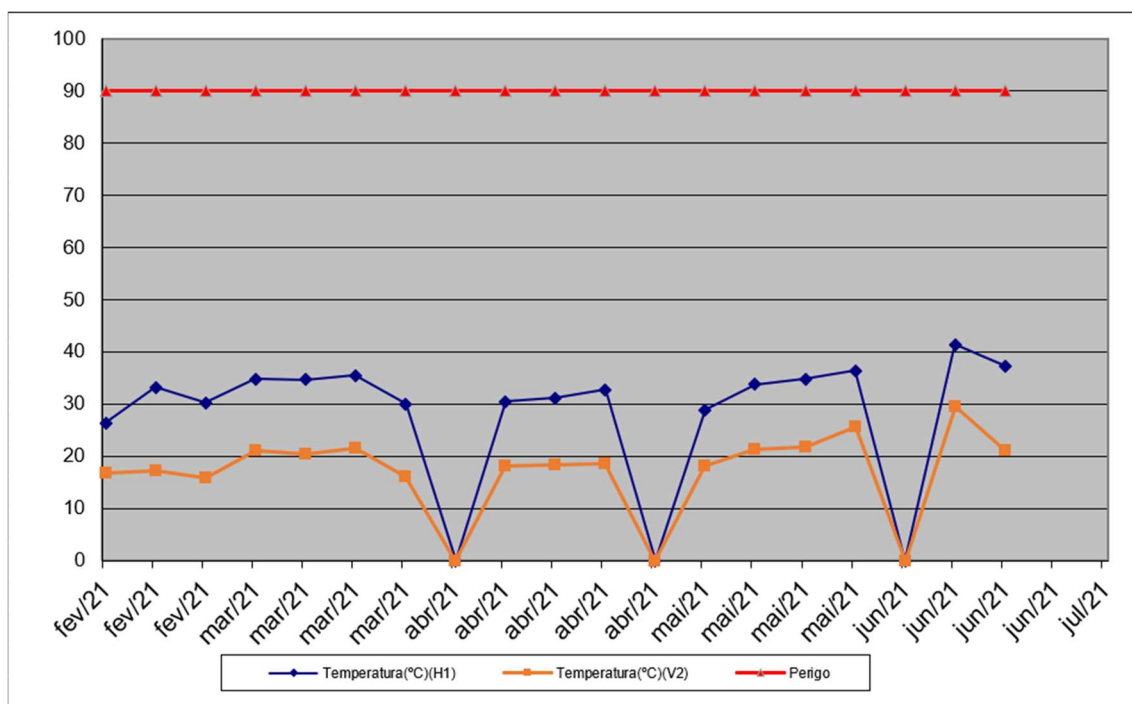


Figura 38 - Gráfico de temperaturas

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

E como se pode ver os valores estão dentro do limite imposto pelo responsável da manutenção neste caso.

Observando o gráfico, repara-se que os valores de temperatura são mais altos na linha de temperatura do H1 do que na linha de temperatura V2. Isto acontece porque o H1 é a zona de carga do motor onde está situada a turbina da bomba que faz a água mover-se e então por isso as temperaturas são maiores.

Concluindo, pelo que se vê desta máquina, em alguns dias de medição a máquina apresentou valores acima do normal pelo que o equipamento tem alguma avaria logo o responsável da manutenção tem de ser alertado e fazer uma intervenção se não futuramente o funcionamento do ativo pode ser interrompido prejudicando o funcionamento da empresa.

4.1.2.1 Análise da Condição dos Rolamentos

Maior parte das vibrações em motores rotativos deve-se a desgaste dos rolamentos que servem de apoio do veio. Sendo assim é importante saber analisar a condição dos rolamentos.

Os rolamentos são dos componentes mais importantes da maioria dos equipamentos, sendo que, as suas especificações de tempo de vida útil e capacidade são muito rigorosas. Isto faz com que se coincida o tempo de vida do rolamento com o tempo de vida do equipamento.

No início de deterioração é difícil perceber se o rolamento se está a deteriorar ou não pois a amplitude é reduzida como também as vibrações nele geradas estão submersas nas outras vibrações geradas pelo mesmo. O problema geral da deteção de anomalias num rolamento é o de como separar as minúsculas vibrações produzidas pelo embate dos corpos rolantes, a rolarem numa superfície por vezes rugosa, com as arestas de uma fenda microscópica, não detetável a olho nu, das outras vibrações do equipamento.

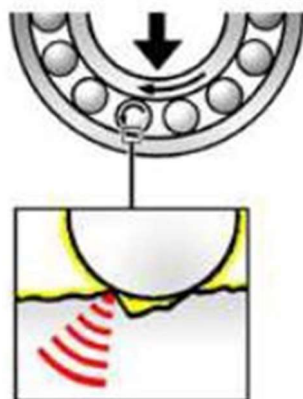


Figura 39 - Vibração produzida por arestas de uma fenda microscópica (Pedroso, 2014)

Alguns conceitos básicos:

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

dBc: Valor de *Decibel Carpet*, está diretamente relacionado com a lubrificação e atrito entre os anéis interiores e os corpos rolantes móveis. A espessura da camada de lubrificante é inversamente proporcional ao valor dBc. Este valor aumenta quando existe deficiência de lubrificação ou em certas ocasiões quando existe deficiente alinhamento ou montagem do motor/bomba.

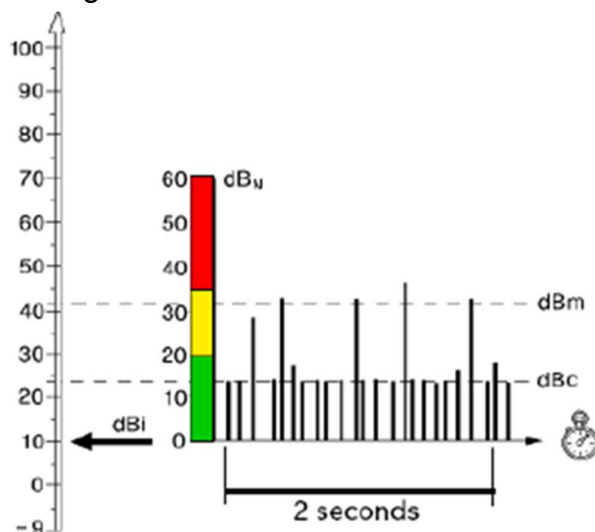


Figura 40 - Gráfico do valor de dBc
(Pedroso, 2014)

dBm: Valor máximo de dano no rolamento causado pelo contacto das partes móveis em superfícies deterioradas, fissuras no interior, arestas vivas e originando a que os impulsos atinjam amplitudes elevadas em determinados pontos.

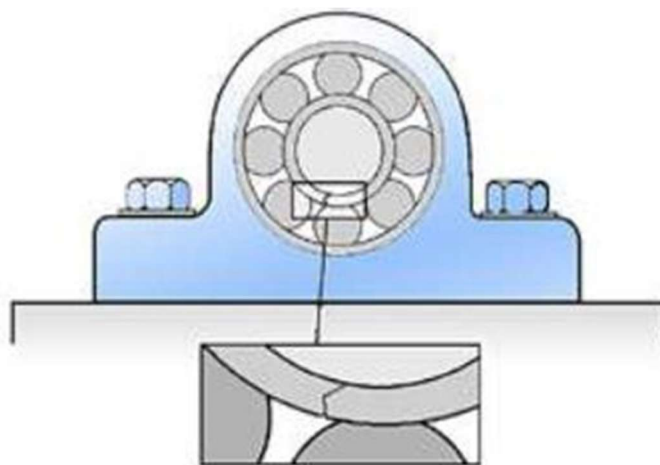


Figura 41 - Localização do dano
(Pedroso, 2014)

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

dBi: Valor de *Decibel inicial* constante a uma inicial da máquina, pré-degradação, que varia com as características rotativas (rpm) e diâmetro do veio (mm).

Os valores obtidos pela análise ao rolamento estão divididos em 3 escalas com o próprio código de cores, Verde (**0-20dB**) para um bom funcionamento e conservação do rolamento, Amarelo (**21-35 dB**) a indicar alguma atenção e existência de danos no equipamento e Vermelho (**35 – 60 dB**) onde existe já uma má condição grave no rolamento.

4.1.2.1.1 Estágios de degradação de Rolamentos

Fase 1

Com o início de fenómenos de fadiga, produzem-se microfissuras debaixo da superfície do rolamento. Existem impulsos produzidos pelo defeito a muito altas frequências (centenas de kHz). Normalmente estas vibrações perdem-se no ruído de fundo do equipamento.

Fase 2

As microfissuras atingem a superfície da pista. As arestas da fenda são cortantes, causando um impacto “esfera-aresta”. Estes impactos, produzem ondas de choque muito abruptas que produzem vibrações que se podem estender até 200 kHz. Nesta fase já é melhor considerar fazer uma boa análise ao estado do rolamento para uma verdadeira manutenção preditiva.

Fase 3

Nesta fase o defeito continua a aumentar e podem existir partículas metálicas a causar atritos suplementares e os impactos sucessivos dos corpos rolantes arredondam os seus bordos. As vibrações produzidas já só se estendem até cerca de 20 KHz e aumenta a amplitude das vibrações nas baixas frequências.

Fase 4

A degradação da superfície da pista do rolamento torna-se significativa e facilmente visível. O constante movimento dos elementos móveis sobre o movimento faz com que haja o arredondamento dos bordos da fissura. O efeito vibratório pode ser detetado nas médias frequências, e no fim a baixas frequências com maior facilidade indicando que a vida útil desse equipamento já está muito baixa.

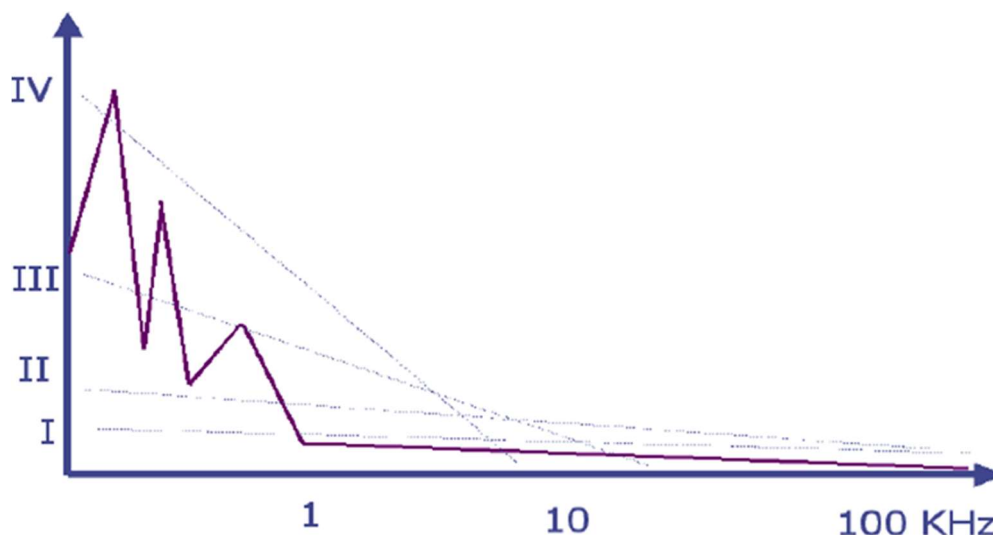


Figura 42 - Gráfico demonstrativo de nível de frequência do rolamento (Pedroso, 2014)

Depois de o rolamento ser analisado tem de se ponderar a ação corretiva a tomar se for esse o caso. A decisão de se ter de substituir, lubrificar ou reparar um rolamento, depende do estado de deterioração e vida útil em que se encontra o equipamento.

Para auxiliar nesta decisão, deverá ser criado um diagrama de vida útil do rolamento e em que ponto da curva de degradação se encontra.

A grande vantagem desta técnica, chamada **dBm/bBc**, é a de precisar de poucos *inputs* vindos do motor, ou bomba a analisar, pois através de parametrizações feitas antes do ensaio define-se a gama de características construtivas do equipamento, quer a nível de rotações máximas admissíveis, nível de lubrificação, diâmetros de veios e tipo de rolamento (Pedroso, 2014).

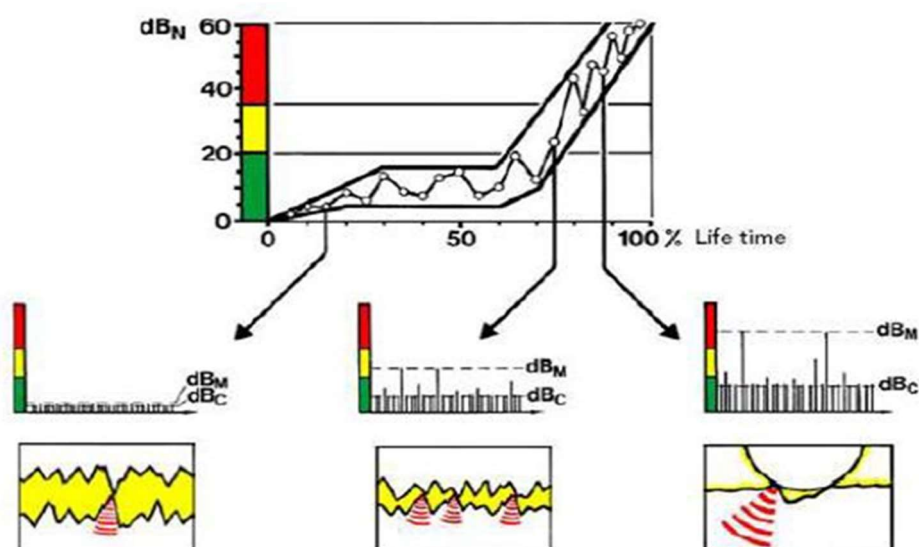


Figura 43 - Demonstração da evolução da degradação do rolamento (Pedroso, 2014)

4.1.3 Termografia

A termografia consiste em uma técnica não destrutiva que permite efetuar uma análise de temperaturas de corpos através da radiação infravermelha emitida.

É muito utilizada em eletricidade e eletrônica para a monitorização constante e detecção precoce de alterações de temperatura de um determinado componente, (devido por exemplo à sobrecarga energética ou vida útil comprometida), permite a prevenção de avarias de equipamentos.

Através desta tecnologia é possível detetar, no início, processos de avaria ocasionados por anomalias térmicas em um determinado componente antes de ocorrer qualquer paragem de funcionamento dos equipamentos (Pedroso, 2014).

4.1.3.1 Câmara termográfica

A câmara termográfica utilizada é uma FLIR ONE, que deteta energia térmica invisível, permitindo aos usuários “ver” e medir alterações sutis de temperatura. É um dispositivo que se pode ligar a smartphones e tablets através de micro USB (Android) ou de um conector Lightning (iOS) e apresenta imagens térmicas na tela do dispositivo. Todas as especificações do equipamento está no anexo 19 (Fonte: FLIR ONE).

4.1.3.2 Medidor de temperatura

Além de se utilizar o medidor de temperatura SKF também se utilizou o medidor de temperatura Laserliner ThermoSpot Pro que além de medir temperaturas de matrizes de fundição de aço também mede temperaturas de materiais de plástico como os fusíveis.

Este aparelho é um termómetro por infravermelhos com grau de emissão ajustável que permite a medição de temperatura sem contacto com as superfícies. Ele mede a



Figura 44 - Medidor de temperatura dos fusíveis
(Fonte: ThermoSpot Pro)

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

quantidade de energia eletromagnética irradiada no domínio de comprimento da onda por infravermelhos e calcula a partir daí o resultado da temperatura na superfície.

Como se pode ver pela tabela 7 este medidor de temperaturas mede temperaturas de vários tipos de materiais tanto materiais metálicos como polímeros. Neste caso o mais importante é medir as temperaturas dos materiais poliméricos.

Tabela 16 - Tabela de graus de emissão

		Metalóides			
Amianto	0,93	Gelo liso com geada forte	0,97	Verniz de transformador	0,94
Asfalto	0,95		0,98		Borracha dura mole-cinzenta
Basalto	0,70	Calcário	0,98	Algodão	
Carvão não anodizado	0,8 - 0,9	Papel todas as cores	0,95 - 0,97		Cal
Grafita	0,7 - 0,8	Papel de parede (papel) claro	0,88 - 0,90	Alcatrão	0,79 - 0,84
Carborundo	0,90	Plástico translúcido PE, P, PVC	0,95 0,94	Papel de alcatrão	0,91 - 0,93
Cerâmica	0,95		Terra	0,9 - 0,98	Neve
Faiança matizada	0,93	Água	0,93	Pele humana	0,98
Barro	0,95	Madeira não tratada faia aplainada	0,8 - 0,95 0,94	Vidro de sílica	0,93
Betão, reboco, argamassa	0,93		Porcelana branca brilhante com cementação	0,7 - 0,75 0,92	Sistema de arrefecimento anodizado preto
Alvenaria	0,93	Verniz matizado preto termo-resistente branco	0,96 - 0,98 0,92	Mármore preto matizado polido acinzentado	0,94 0,93
Tijolo vermelho	0,93		0,85 - 0,95		
Sedimento calcário arenoso	0,95				
Tecido	0,95				
Vidro	0,85 - 0,94				
Pirita	0,95				
Gesso	0,8 - 0,95				

(Fonte: ThermoSpot Pro)

4.1.3.2.1 Ajustar o grau de emissão

Para medir temperaturas de materiais poliméricos tem de se ajustar a emissividade para este tipo de materiais.

Neste caso o grau de emissividade que mais interessa é 0,94.

O sensor de medição recebe a radiação infravermelha que cada corpo emite conforme o material/superfície. O grau da radiação é determinado pelo grau de emissão (0,01 até 0,99). O aparelho tem um pré-ajuste no grau de emissão de 0,95, que é o valor indicado para a maior parte das substâncias orgânicas, como os plásticos, cerâmica, madeira, borracha e rochas.

4.1.3.3 Realização da termografia

Depois de se saber como funciona ambos os dispositivos foi se para o terreno para começar a medir a temperatura dos fusíveis.

Para isso registou-se em um documento Excel a referência dos quadros elétricos das máquinas mais importantes da empresa e a temperatura mais alta de cada quadro elétrico.

Essa temperatura foi medida com o medidor de vibrações e temperatura SKF e com um medidor de temperatura Laserliner. Utilizou-se estes dois aparelhos pois, no início, experimentou-se fazer a medição com a câmara termográfica, mas dava valores de temperatura acima do normal como explicou o engenheiro eletrotécnico da empresa e então optou-se por usar o medidor de temperatura de matrizes, mas também o medidor de vibrações para aproveitar esta aplicabilidade que o mesmo tem.

A câmara termográfica serve para localizar os pontos quentes dos quadros e também para saber quais os fusíveis que estão mais quentes para facilitar a localização do fusível com maior temperatura do quadro elétrico.

A seguir utiliza-se os dois aparelhos de medição de temperatura para medir a temperatura do fusível com maior temperatura e assim registrar num documento Excel.

No início utilizou-se o medidor de temperatura de matrizes pois é dos dois medidores o mais rápido a medir e mediu-se os vários fusíveis até ver qual o que tinha maior temperatura.

Na figura 45 está um exemplo da localização de um o fusível que tem a maior temperatura do quadro elétrico todo.



Figura 45 - Localização do fusível com maior temperatura

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Depois de se descobrir qual o fusível com maior temperatura, foram postos os valores de temperatura desse fusível em um documento Excel.

Na figura 46 estão os valores de temperatura dos fusíveis medidos de 15 em 15 dias como foi proposto fazer. Onde não estão apontados valores, é devido à indisponibilidade nesses dias. No dia 25 só se utilizou o termómetro das matrizes pois o medidor de vibrações estava indisponível nesse dia.

Como foi acordado com o responsável da manutenção, para valores abaixo dos 80°C, o equipamento pode continuar a operar. Com temperaturas entre os 80°C e 90°C o equipamento pode continuar a operar, mas a manutenção de equipamentos deve ser alertada. Com temperaturas acima dos 90°C, o equipamento deve ser parado de imediato para diagnóstico e intervenção.

A seguir a introduzir os valores de temperatura no documento Excel vai-se ver os pontos quentes para se saber quais os fusíveis com maior temperatura e também saber se não há nenhum fusível que é normal ter uma temperatura alta e de repente está com uma temperatura negativa.

Caso de análise	jan/21	jan/21	fev/21	25/02/2021(ter mómetro das vibrações)	25/02/2021(ter mómetro das matrizes)	11/03/2021(ter mómetro das vibrações)	11/03/2021(ter mómetro das matrizes)	25/03/2021(ter mómetro das vibrações)	25/03/2021(ter mómetro das matrizes)
Temperatura de componentes TF-002	-----	-----	-----	-----	61,5	74	54,6	52,6	45,3

Figura 46 - Temperatura dos fusíveis

Para se saber isso usou-se a câmara termográfica e tirou-se fotografias utilizando o telemóvel e a aplicação FLIR One.

O forno que serviu de exemplo é um forno que aquece tubos de metal de diversos diâmetros para depois serem prensadas e tem parcialmente três quadros elétricos.



Figura 47 - Quadro elétrico 1



Figura 48 - Quadro elétrico 2



Figura 49 - Quadro elétrico 3

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

As fotos térmicas que se tiraram foram tiradas aos quadros elétricos de um forno de indução contínuo.

Esta monitorização térmica foi feita também de 15 em 15 dias.



Figura 50 - Imagem termográfica do quadro elétrico 1



Figura 51 - Imagem termográfica do quadro elétrico 2



Figura 52 - Imagem termográfica do quadro elétrico 3

Concluindo, como se pode ver na figura 46 as temperaturas dos fusíveis deste forno estão abaixo dos 80°C logo abaixo dos níveis de alerta o que significa que o forno está a funcionar favoravelmente.

Mesmo assim devesse continuar a fazer uma manutenção preventiva rigorosa para evitar ao máximo possíveis avarias dos quadros elétricos, consequentemente avarias das máquinas.

4.2 Propostas de medidas corretivas

4.2.1 Equipamento de intervenção

Foi proposto também propor à empresa algumas propostas de melhoria de máquinas que trabalham num pavilhão específico.



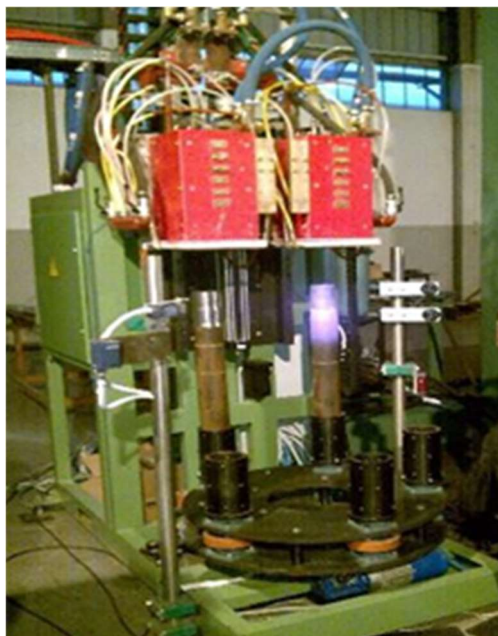
**Figura 53 - Prensa SCHULER
(Ficha de Máquina-SCHULER, 2019)**

Das máquinas que existem nesse pavilhão focou-se mais em uma máquina em específico devido á frequência com que essa máquina tem uma avaria e devido a este equipamento contribuir com 60% de faturação da empresa.

Esta máquina é uma prensa horizontal da marca Schuler (Figura 53) que prensa peças depois de aquecidas mais especificamente tubos ocós.

A ponta do tubo é aquecida em um forno de indução parcial

Na figura 54 está a imagem desse forno.



**Figura 54 - Forno de tubos
(Forno de Indução Parcial de Tubos,
2021)**

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

O tubo depois de aquecido é levado por um robot (Figura 55) de braços para uma prensa TR representada na figura seguinte.



Figura 55 - Robot



Figura 56 - Prensa TR

Na prensa o tubo é prensado e depois o robot tira o tubo e coloca-o em uma palete. Devido á idade desta máquina, a própria, tem várias folgas e conseqüentemente está sempre a ter avarias que podem prejudicar muito ou pouco o tempo de produção.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

4.2.2 Manutenção corretiva curativa na Tecniforja

As propostas de melhoria são feitas depois de se fazer a manutenção curativa.

TECNIFORJA POWERFORGE		Requisição Serviços Manutenção	
DESCRIÇÃO GERAL			
Data do Pedido de Intervenção: / /		Hora: : :	
Responsável pelo pedido:			
EQUIPAMENTO		FERRAMENTAS	
Máquina Nº		Matriz Nº	
		Cortante (Rebarba) Nº	
		Cortante (Furar) Nº	
TIPO DE PROBLEMA			
Eléctrico		Pneumático	
Mecânico		Outro	
Desgaste		Alteração medida	
Partida/o		Outro	
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA			
DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO			
Data do Início de Intervenção: / /		Início da intervenção	
		Hora: : :	
Intervenientes na reparação:			
Data do Fim de Intervenção: / /		Fim da intervenção	
		Hora: : :	
PROPOSTAS DE MELHORIA			
Responsável pela proposta:		Hora: Data: / /	
TECNIFORJA – RECEÇÃO DA INTERVENÇÃO			
Intervenção:	Concluída	Não Concluída	
Data recepção do equipamento: / /		Hora: : :	
Responsável pela recepção:			
Elaborado por: Fábio Pereira Data: 22/1/2018		Verificado por: Vítor Leite Data: 22/1/2018	
Aprovado: Pedro Sampaio Data: 22/1/2018			
TF-GR-031-06			

Figura 57 - Folha de Requisição de Serviços de Manutenção

Depois do ato do conserto da avaria preenche-se uma folha de requisição de serviços de manutenção que está representada na imagem seguinte.


A seguir ao preenchimento desta folha dados como o código do equipamento na empresa, o nome do equipamento, a causa da avaria, a descrição da avaria, data da ocorrência da avaria, tempo de intervenção, descrição da intervenção e por fim possível proposta de melhoria são registados em um documento Excel.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

4.2.3 Proposta de melhoria na empresa

4.2.3.1 Problema em questão

O problema em questão está relacionado com o funcionamento do forno parcial de tubos representado na figura 54. Este forno tem a seguinte identificação:

IDENTIFICAÇÃO DA MÁQUINA	
	Código TF008
	Designação Forno de Indução Parcial Tubos
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Modelo nº	Model SSG 400F2k
Ano	2008
KW	400 KW 2000 Hz

**Figura 58 - Ficha de Máquina TF 008
(Forno de Indução Parcial de Tubos, 2021)**

A avaria consiste no aquecimento exagerado dos parafusos de latão dos chantes nos indutores do forno de aquecimento dos tubos devido ao desaperto dos mesmos. Devido á vibração os parafusos desapertam o que causa uma interrupção na corrente elétrica que passa pelos mesmo e eles fundem. Na figura 59 está a localização desses parafusos.



Figura 59 - Parafusos dos chantes

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

4.2.3.2 Manutenção Curativa

Para resolver esta avaria, no imediato é feita a remoção do parafuso ou parafusos que fundiram do indutor, recorrendo a uma ferramenta de broquear. Depois de fazer o primeiro furo, é feito o segundo furo com um diâmetro de broca maior para completa remoção da rosca do parafuso.

Pelo que se pode ver pela figura 60, esta avaria em particular exige um tempo médio de intervenção de 3h.

TECNIFORJA POWERFORGE		Requisição Serviços Manutenção	
DESCRIÇÃO GERAL			
Data do Pedido de Intervenção: 10/15/2021		Hora: 13:40	
Responsável pelo pedido: JPE			
EQUIPAMENTO		FERRAMENTAS	
Máquina Nº	008	Matriz Nº	
		Cortante (Rebarba) Nº	
		Cortante (Furar) Nº	
TIPO DE PROBLEMA			
Eléctrico		Pneumático	
Mecânico		Outro	X
		Desgaste	
		Partida/o	
		Alteração medida	
		Outro	
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA			
Desmontar 1 Chante do indutor 2.			
DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO			
Data do Início de Intervenção: 10/15/2021		Início da intervenção	Hora: 13:50
Intervenientes na reparação: Paulo Sampaio			
Reparação da base de Apoio do Chante, e substituição do Chante.			
Data do Fim de Intervenção: 10/15/2021		Fim da intervenção	Hora: 16:30
PROPOSTAS DE MELHORIA			
Responsável pela proposta: _____ Hora: _____ Data: ____/____/____			
TECNIFORJA - RECEÇÃO DA INTERVENÇÃO			
Intervenção:	Concluída	X	Não Concluída
Data recepção do equipamento: 10/15/2021		Hora: 16:30	
Responsável pela recepção: JPE			
Elaborado por: Fábio Pereira Data: 22/1/2018		Verificado por: Vitor Leite Data: 22/1/2018	
Aprovado: Pedro Sampaio Data: 22/1/2018			

Figura 60 - Tempo médio de intervenção

4.2.3.3 Medida Corretiva

Para que os parafusos não vibrem frequentemente, inclui-se na manutenção de 1º nível (realizada pelo operador sem necessidade do técnico de manutenção), a verificação, e se necessário, reaperto de todos os parafusos dos chantes dos dois indutores no início de cada dia de trabalho. Para isso teve-se de alterar na ficha de máquina a periodicidade da verificação do acima descrito e no registo de manutenção de 1ºNível.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja



Registo de Manutenção de 1º nível

Para instruções de manutenção, consultar a Ficha de Máquina.

MÁQUINA	TF008 - FORNO INDUÇÃO TUBOS
---------	-----------------------------

MÊS / ANO	Agosto / 2021
-----------	---------------

OP	Descrição	Periodicidade
1	Verificação de existência de fugas de água nas mangueiras dos indutores	Diário
2	Reaperto das chaves do cabo de conexão ao indutor	Diário
3	Verificação do nível da água desionizada	Semanal
4	Verificação do correto funcionamento dos sensores do carrossel	Semanal
5	Limpeza do posto de trabalho	Semanal

DIA	OPERAÇÃO					Rubrica Operador	N.º Operador
	1	2	3	4	5		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							

TF-GR-010-03

Figura 64 - Registo diário de Manutenção de 1º Nível

5 CONCLUSÃO

O estágio que foi feito na Tecniforja foi enriquecedor tanto a nível pessoal como a nível profissional. A nível pessoal em termos do companheirismo e amizade que tive com maior parte dos colaboradores e também a nível profissional em termos da aprendizagem e ganho de experiência em alguns temas que foram lecionados no ISEC.

Alguns objetivos foram concretizados com implementação de um sistema de manutenção com a inovação da incorporação da manutenção preventiva de variadas máquinas e também a otimização de algumas delas com as propostas de melhoria que foram implementadas.

Com estes objetivos cumpriu-se a implementação e otimização de um sistema de manutenção na Tecniforja melhorando a monitorização da manutenção destas máquinas fazendo com que elas não interrompessem tantas vezes o seu funcionamento.

Concluindo, o sistema de manutenção pode ainda melhorar mais com implementação de câmaras termográficas em todos os quadros elétricos de a maneira a ter uma melhor monitorização das temperaturas dos fusíveis ou adicionar relés térmicos de maneira que não exista nenhuma avaria de algum fusível devido a um aumento brusco da corrente elétrica com conseqüente aumento brusco de temperatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Referência de Livro:

Azevedo, A., Alves, J., Pimenta, E., & Pereira, P. (2003). *Fichas Técnicas de Ferramentas da Qualidade*. Iberogestão-Gestão Integrada e Tecnológica, Lda

Azevedo, A. (2016). *8D - Técnicas de resolução de problemas*. Iberogestão - Gestão Integrada E Tecnologia, Lda.

Cabral, J. P. S. (2013). *Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios (3ª Edição)*. Lidel. ISBN 978-972-757-970-9

Didelet, F., & Viegas, J. C. (2003). *Manutenção*. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal. Disponível em http://ltodi.est.ips.pt/jviegas/private/folhas_manut_novas.pdf, acessado em 22/05/2021

Farinha, J. M. T. (2011). *Manutenção - A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão (1a Edição)*. Monitor - Projectos e Edições, Lda. ISBN 978-972-9413-82-7.

Forum, I. (2016). *Total Productive Maintenance*. Industry Forum - Business Excellence Through Inspired People. Disponível em <https://www.industryforum.co.uk/wp-content/uploads/sites/6/2011/05/Total-Productive-Maintenance-Overview-High-Res.pdf>, acessado em 30/05/2021

Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's Quality Control Handbook (5ª Edição)*. McGraw-Hill. ISBN 0-07-034003-X. Disponível em <https://doi.org/10.1108/09684879310045286>, acessado em 24/04/2021

Labib, A. (2008). *Computerised Maintenance Management Systems*. In *Springer Series in Reliability Engineering (Vol. 8)*. Disponível em https://doi.org/10.1007/978-1-84800-011-7_17, acessado em 16/04/2021

Marcorin, W. R., & Lima, C. R. L. (2003). *Análise dos Custos de Manutenção e de Não manutenção de Equipamentos Produtivos*. Revista de Ciência & Tecnologia. Disponível em <http://www.drb-assessoria.com.br/11Custodemantencao.pdf>, acessado em 30/04/2021

Mirshawa, V. e Olmedo, N. (1993). *Manutenção: Combate aos Custos na Não Eficácia -A Vez do Brasil*. McGraw-Hill Ltda., São Paulo. ISBN 0074502425

Didelet, F., & Viegas, J. C. (2003). *Manutenção*. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal. Disponível em http://ltodi.est.ips.pt/jviegas/private/folhas_manut_novas.pdf, acessado em 20/03/2021

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Heizer, Render. (2004). *Operations Management*. Prentice Hall, Inc.

Murty, A. e Naikan, V. (1995). *Availability and Maintenance Cost Optimization of a Production Plant*. *Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 12 Iss: 2, pp.28-35

Ramalho, A. (2011). *Manutenção - Aplicação da fiabilidade à manutenção sistemática de equipamentos*. Documentação de Apoio à Unidade Curricular “Manutenção” do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Willmott, P., & McCarthy, D. (2000). *TPM - A Route to World Class Performance* (2ª Edição). Newnes. ISBN 978-0750644471

- Referência de Tese / Dissertação:

Ascensão, J. P. S. e S. (2011). *Módulo de Apoio à Gestão da Manutenção de Ferramentas de Estampagem na Inapal Metal SA*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/63291/1/000149657.pdf>, acedido em 1/05/2021

Balaca, P. (2015). *Organização e Gestão da Manutenção dos Ativos Físicos do Projeto Sonaref*. 19–41. Disponível em http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Teses/Tese_Mest_Paulo-Balaca.pdf, acedido em 20/04/2021

Carlos, D., Borralho, M., & Ferreira, M. (2017). *Otimização dos Planos de Manutenção Preventiva de Motores Assíncronos Trifásicos*.

Engenheiro, A., Carvalho, P., Lu, A. D., Sr, A., Duque, M., Engenheiro, A., Coelho, P., Lopes, L., Oliveira, T. B., & Oliveira, P. B. (2017). *Otimização do processo de MFP e Gestão Documental de Equipamentos Agradecimentos*.

Gregório, G., & Silveira, A. (2018). *Manutenção Industrial*. LIDEL.

ISBN: 9788595026971

Lopes, C. S. O. (2019). *Gestão da Produção e da Manutenção Preventiva de Equipamentos na Indústria Automóvel*.

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Pedroso, N. (2014). Novas Técnicas de Manutenção de um Matadouro

Piedade, V. (2012). Manutenção centrada na fiabilidade: manutenção de equipamentos. Disponível em <http://comum.rcaap.pt/handle/123456789/4507>, acessado em 20/05/2021

Scheibe, G. M. (2011). Gestão da Manutenção de uma unidade de estampagem de componentes para a indústria automóvel na Inapal Metal S . A ., empresa cliente da Iberogestão Lda.

Sousa, J. P. R. de. (2011). Organização do Sistema de Manutenção em Empresa de Lavandaria Industrial. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Disponível em <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/21771/1/Organiza%C3%A7%C3%A3o%20do%20Sistema%20de%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20em%20Empresa%20de%20Lavandaria%20Industrial.pdf>, acessado em 10/05/2021

Toledo, J. C. De, & Amaral, D. C. (2006). FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha. *Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP*, 1–12. Disponível em <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>, acessado em 20/06/2021

- Referência de Manuais:
Background of TECNIFORJA (2021), Tecniforja

Manual de acolhimento (2020), Tecniforja

- Referência de Manual de Equipamentos:

Accelera, E. (2019). SKF Machine Condition Advisor. CMAS100-SL.

FLIR ONE(sem data), Tecniforja

ThermoSpot Pro (sem data), Tecniforja

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

- Referência de Especificação ou Norma de Ensaio:

Standard, E. (2010). EUROPÄISCHE NORM Maintenance - Maintenance terminology. 1–31.

- Referência de fichas de máquinas:

Ficha de Máquina TF 005-TR (2019), Tecniforja

Pedro, A., & Leite, V. (2021). *Ficha de Máquina TF-GR-033-03, Tecniforja*

ANEXOS

Anexo 1. Vibrações da Bomba AEG 16910893.....	104
Anexo 2. Temperaturas dos fusíveis dos quadros elétricos dos ativos.....	106
Anexo 3. Termografia dos quadros elétricos do ativo TF-002 (Forno indução IHT).....	107
Anexo 4. Termografia do quadro elétrico do ativo TF-008 (Forno de indução de tubos).....	109
Anexo 5. Termografia do quadro elétrico do ativo TF-012(Forno ELIND).....	111
Anexo 6. Termografia do quadro elétrico do ativo TF-384 (Forno de indução de 300 Kw).....	112
Anexo 7. Termografia do quadro elétrico do ativo Granalhadora.....	114
Anexo 8. Termografia do quadro elétrico do ativo EUMUCO 1000T.....	115
Anexo 9. Termografia do quadro elétrico do ativo SMZ-45.....	116
Anexo 10. Termografia dos quadros elétricos do ativo PT 1.....	117
Anexo 11. Registo de Formação Interna.....	119
Anexo 12. Manual da câmara termográfica.....	120

Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Anexo 1. Vibrações da Bomba AEG 16910893

Entrada	Valores retirados do aparelho
Seleção	Classes e grupos em que a máquina de situa

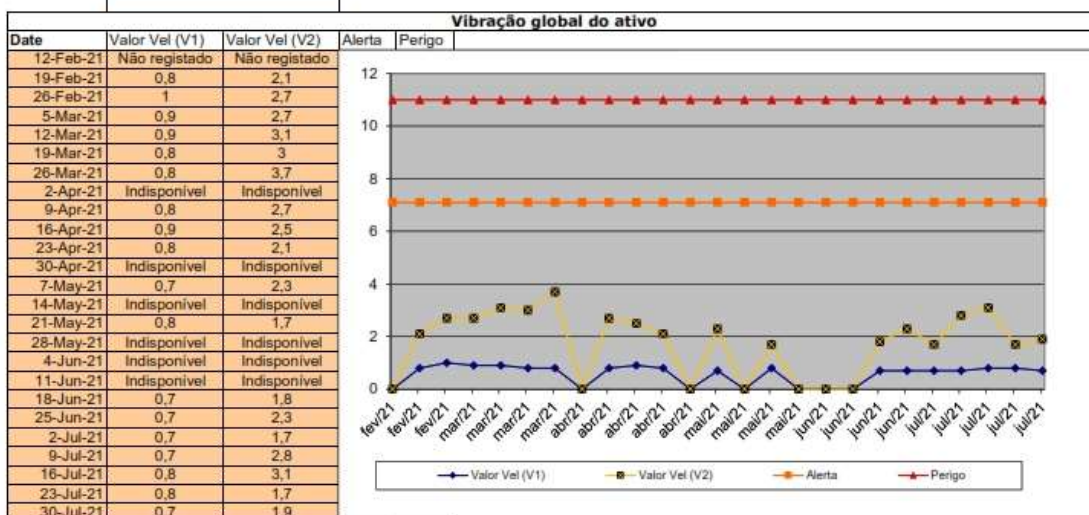


Para valores de "vibração global do instrumento" e "vibração do rolamento" abaixo da linha laranja, a máquina pode continuar o seu funcionamento, para valores acima do laranja, deve-se alertar o responsável da manutenção e para valores acima do vermelho deve-se parar o funcionamento da máquina imediatamente.

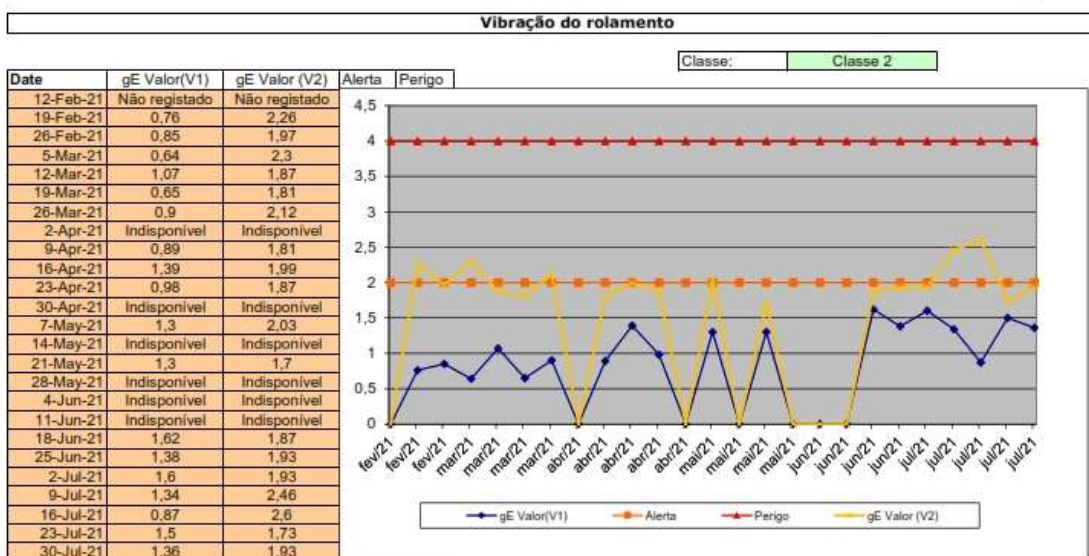


Marca:	AEG
Tipo de motor:	AM180MZA4041MB5
Número:	16910893
Código:	

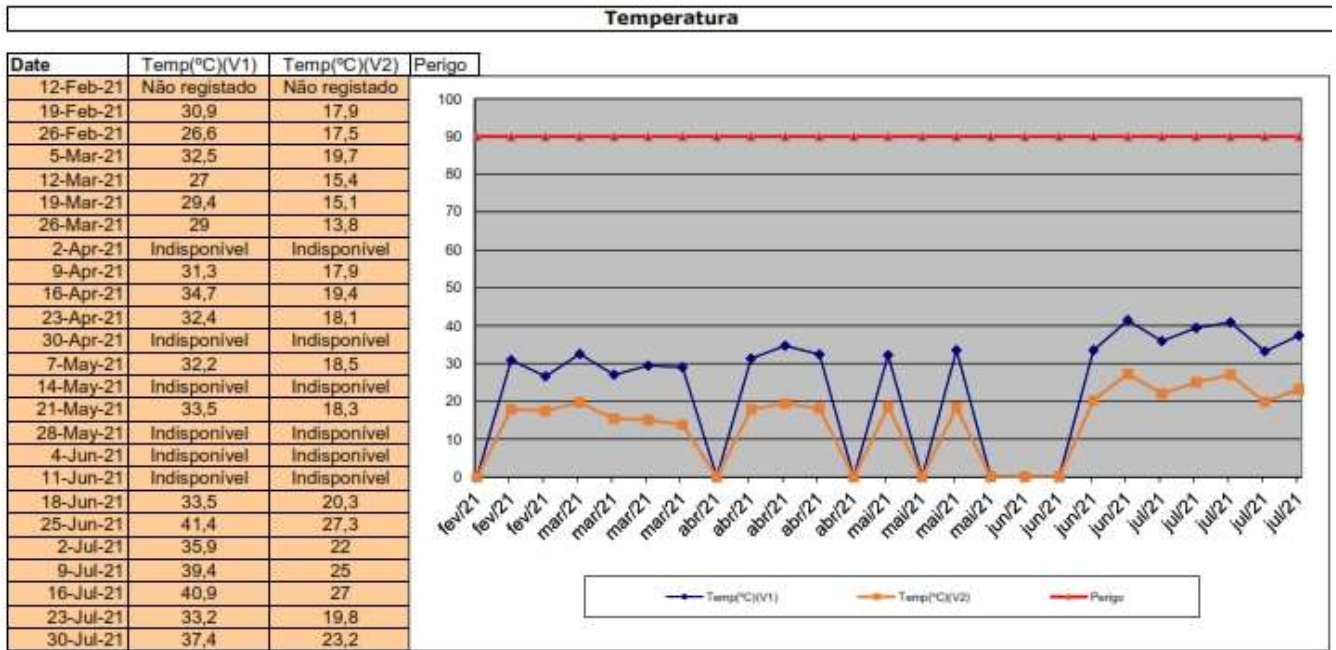
System Unit:	milímetros/segundo
ISO 10816-3:	G1&3F



32171300-EN (Revision A)



Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja



Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja

Anexo 2. Temperaturas dos fusíveis dos quadros elétricos dos ativos

TECNIFORJA
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO

Plano de Manutenção Preditiva 2021

Caso de análise	jan/21	jan/21	fev/21	25/02/2021(termômetro das vibrações)	25/02/2021(termômetro das matrizes)	11/03/2021(termômetro das vibrações)	11/03/2021(termômetro das matrizes)	25/03/2021(termômetro das vibrações)	25/03/2021(termômetro das matrizes)	08/04/2021(termômetro das vibrações)	08/04/2021(termômetro das matrizes)	22/04/2021(termômetro das vibrações)	22/04/2021(termômetro das matrizes)	06/05/2021(termômetro das vibrações)
Temperatura de componentes	---	---	---	---	61,5	74	54,6	52,6	45,3	59	69,2	45	77,9	---
TF-002														
Temperatura de componentes	---	---	---	---	---	67,3	53,8	51,8	55,1	60	69,4	41	71,3	47,7
TF-008														
Temperatura de componentes	---	---	---	---	16,5	21,3	16,4	19,1	16,5	19,1	20	21,8	19,4	23,2
TF-012														
Temperatura de componentes	---	---	---	---	39,5	27,5	27,8	Indisponível	Indisponível	Indisponível	Indisponível	---	---	41
TF-384														
Temperatura de componentes	---	---	---	---	11,5	17,6	10,8	Indisponível	Indisponível	22	22,6	26	26,7	26,8
QE Granalhadoras														
Temperatura de componentes	---	---	---	---	---	23,7	17,8	27,4	28,9	Indisponível	Indisponível	33,1	33,7	---
QE ELMUCO 1000T														
Temperatura de componentes	---	---	---	---	36,3	27,5	16,7	36,7	38,2	43	53,2	44,6	53,1	44,5
QE NATIONAL 1000T														
Temperatura de componentes	---	---	---	---	8,8	27	22,9	22	20,3	21,1	20,6	28,4	28,6	26,3
QE SMZ 45 - TF 116														
Temperatura de componentes	---	---	---	---	20	25,3	22	35,1	35,8	28,6	28,8	49,7	51,4	30,6
PT 1														

Obs: Para valores

- Temperatura medida abaixo dos 80° C, o equipamento pode continuar a operar
- Temperatura medida entre 80° C e 90° C, o equipamento pode continuar a operar mas a manutenção de equipamentos deve ser alertada
- Temperatura medida acima dos 90° C, o equipamento deve ser parado de imediato para diagnóstico e intervenção

Elaborado por: Lidia Duarte
04/02/2020

Verificado por: Pedro Sampaio
27/02/2020

TF-GR-014-01

06/05/2021(termômetro das matrizes)	20/05/2021(termômetro das vibrações)	20/05/2021(termômetro das matrizes)	3/06/2021(termômetro das vibrações)	3/06/2021(termômetro das matrizes)	17/06/2021(termômetro das vibrações)	17/06/2021(termômetro das matrizes)
---	62	73,9	Indisponível	Indisponível	53,1	78,2
71	54,7	74,4	Indisponível	Indisponível	55	72,7
22,4	19,5	21,5	Indisponível	Indisponível	27,7	27,7
50,7	Indisponível	Indisponível	Indisponível	Indisponível		
26,9	22,1	25,2	Indisponível	Indisponível	29,3	27,5
---	Indisponível	Indisponível	Indisponível	Indisponível		
52,7	43,4	53,5	Indisponível	Indisponível	50,1	55,8
26,4	22	22,3	Indisponível	Indisponível	30,9	30,6
30,3	57,1	60,6	Indisponível	Indisponível	33,5	33,2

Elaborado por: Lidia Duarte
04/02/2020

Verificado por: Pedro Sampaio
27/02/2020

TF-GR-014-01

Anexo 3. Termografia dos quadros elétricos do ativo TF-002(Forno indução IHT)





Anexo 4. Termografia do quadro elétrico do ativo TF-008 (Forno de indução de tubos)



Implementação do Sistema de Manutenção na Tecnoforja



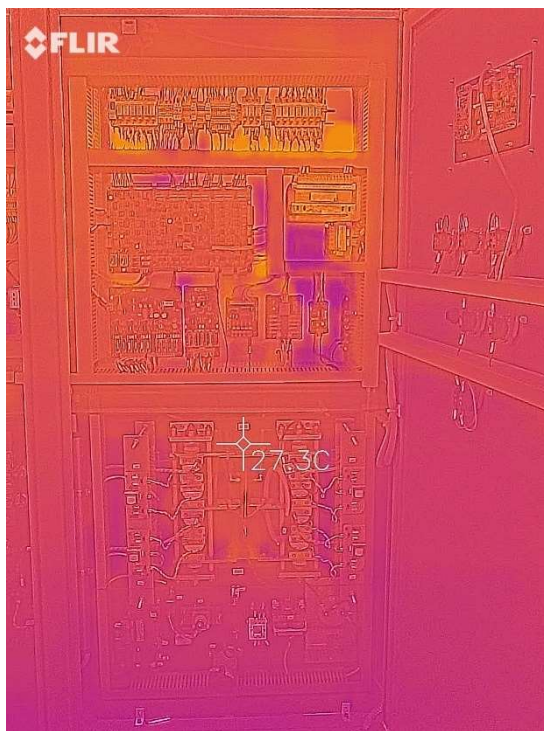
Anexo 5. Termografia do quadro elétrico do ativo TF-012(Forno ELIND)



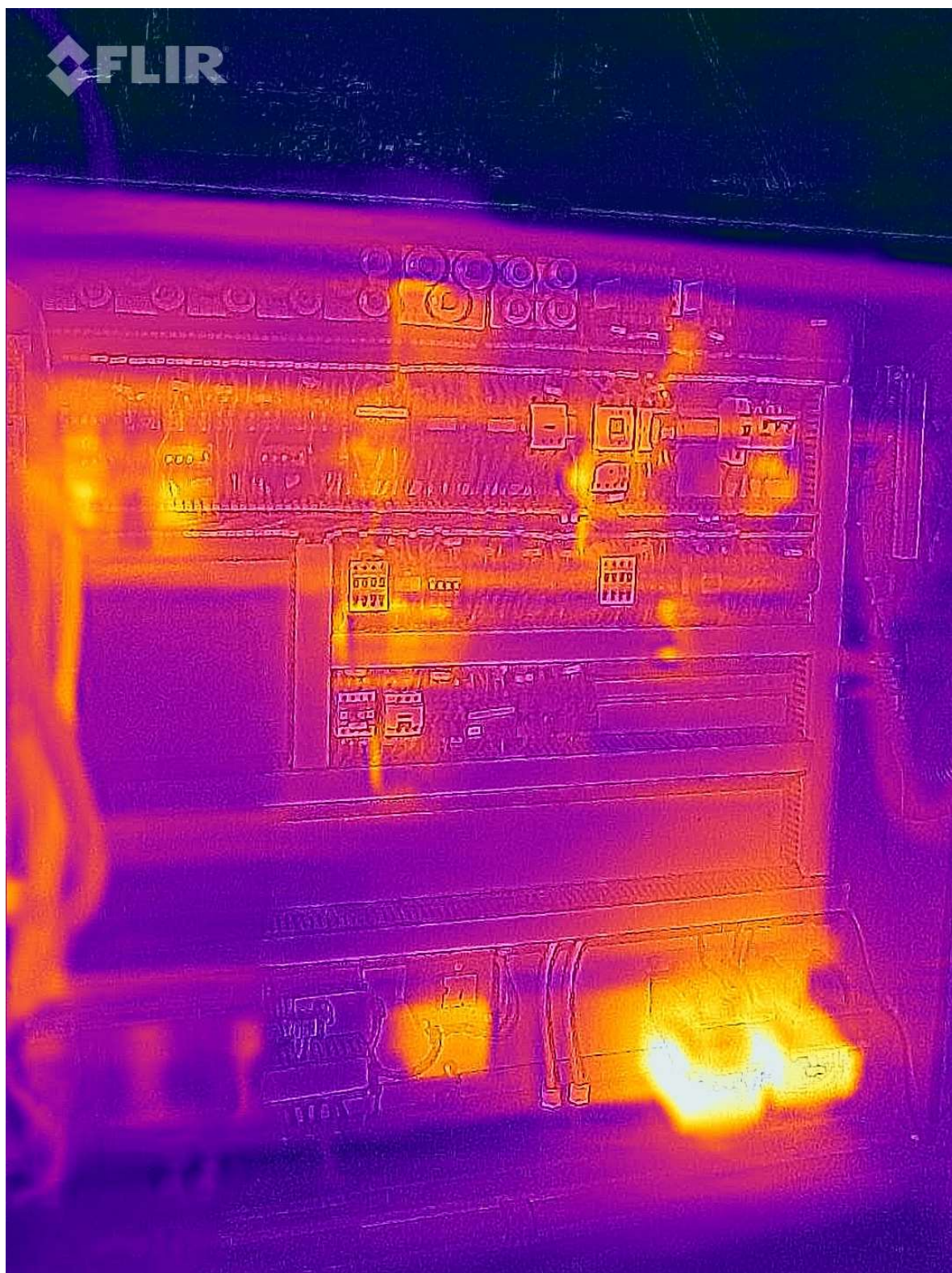
Anexo 6. Termografia do quadro elétrico do ativo TF-384(Forno de indução de 300Kw)



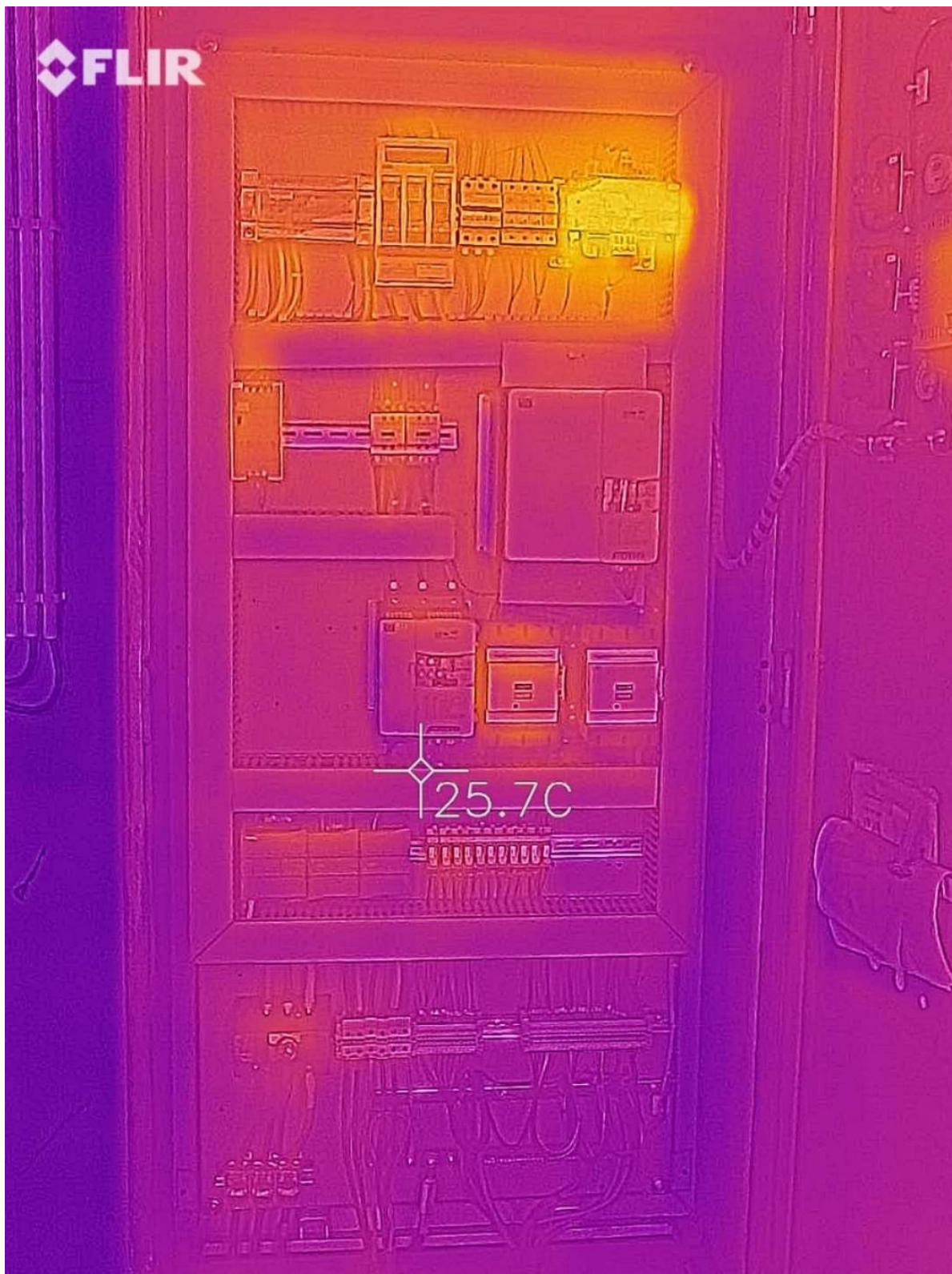
Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja



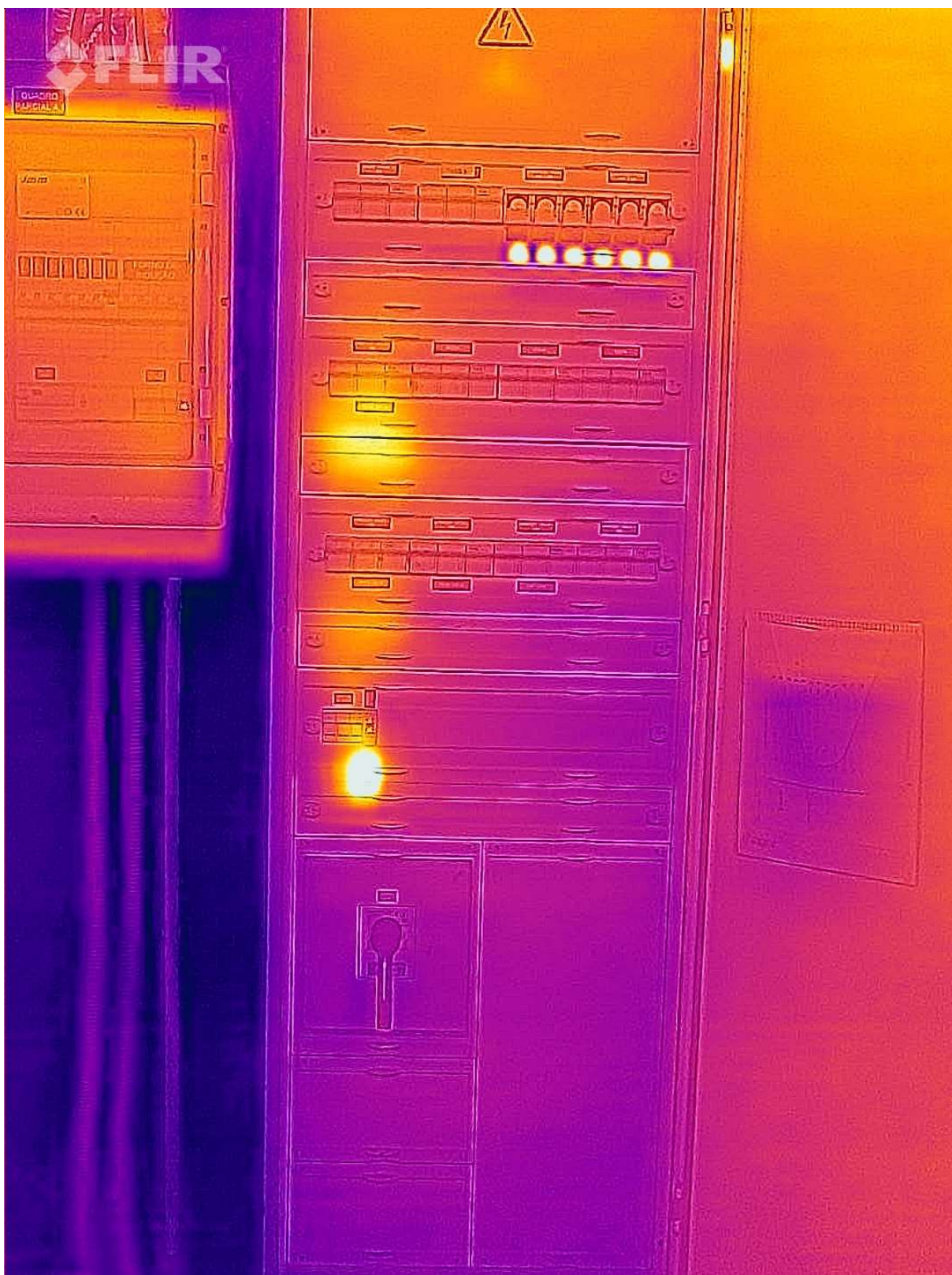
Anexo 7. Termografia do quadro elétrico do ativo Granalhadora



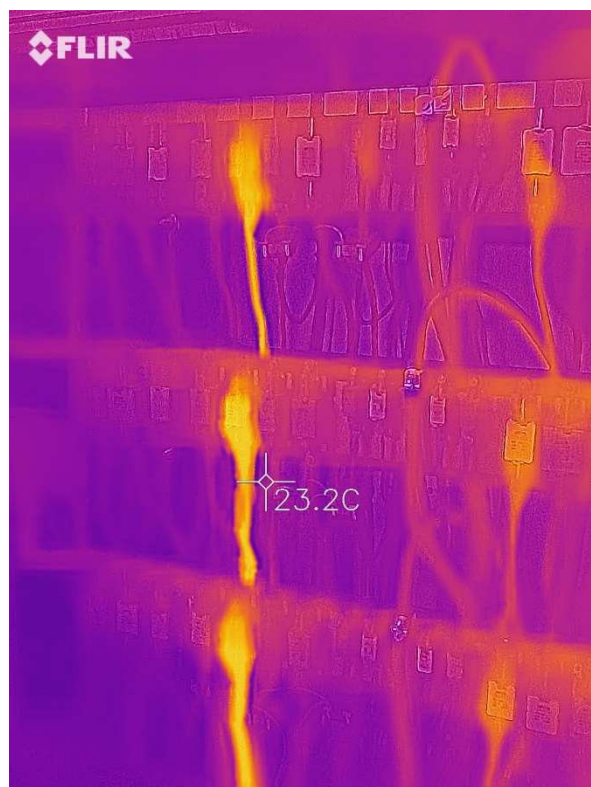
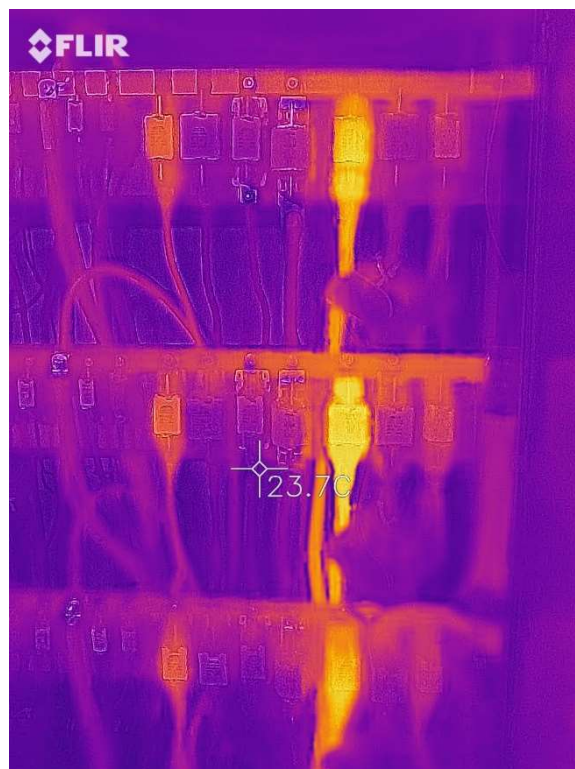
Anexo 8. Termografia do quadro elétrico do ativo EUMUCO 1000T



Anexo 9. Termografia do quadro elétrico do ativo SMZ-45



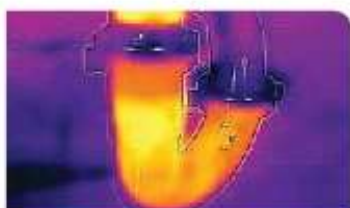
Anexo 10. Termografia dos quadros elétricos do ativo PT 1



Implementação do Sistema de Manutenção na Tecniforja



Anexo 12. Manual da câmara termográfica



FLIR ONE™

para Android / iOS

O FLIR ONE™ é uma câmara termográfica compacta que detecta energia térmica invisível, permitindo aos usuários 'ver' e medir alterações sutis de temperatura. Com modelos diferenciados para dispositivos Android e iOS, o FLIR ONE liga-se a smartphones e tablets através de micro USB (Android) ou de um conector Lightning (iOS) e apresenta imagens térmicas na tela do dispositivo. Equipado com o Lepton – o menor módulo de câmara termográfica da FLIR – o FLIR ONE oferece soluções valiosas como, por exemplo, detecção de fugas de energia em casa, encontrar um animal de estimação à noite ou ver na escuridão total. O dispositivo também inclui uma câmara CMOS visível que permite o uso da tecnologia MSX® patenteada pela FLIR.

LIGAÇÃO DA CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS

Operação plug-and-play rápida

- Liga-se a smartphones e tablets Android e iOS equipados com portas micro USB (Android) ou conectores Lightning (iOS)

- Gere uma resolução de vídeo térmica de 160 x 120

- A medição de pontos avançada detecta diferenças de temperatura tão pequenas quanto 0,1 °C (0,18 °F)

- A geração de imagens dinâmicas multispectrais (MSX®) melhora os pormenores das imagens térmicas

SIMPLES DE USAR

Controle intuitivo com o aplicativo FLIR ONE

- O obturador automático elimina a necessidade de redefinir o sensor térmico manualmente

- Inclui nove diferentes paletas de cores

- Grava vídeos e imagens estáticas com toques normalmente utilizados nas telas sensíveis ao toque

- Compartilha facilmente fotografias e vídeos nos canais de redes sociais mais populares

APLICAÇÕES MÚLTIPLAS

De reformas domésticas e segurança pessoal a aplicações artísticas

- Melhore a eficiência energética por meio de localizar com precisão perdas de calor e vazamentos de água

- Monitore a saúde e segurança de animais de estimação

- Poupe tempo e dinheiro por meio de localizar problemas em automóveis

- Observe a vida selvagem quando fizer caminhadas ou acampar

- Crie imagens térmicas artísticas por meio dos FLIR ONE Panorama™, FLIR ONE TimeLapse™ e FLIR ONE CloseUp™

Especificações

Bateria	
Certificações	MFi (versão iOS), RoHS, CE/FCC, CEC-BC, EN61233
Temperatura (ligado)	0 °C - 35 °C (32 °F - 95 °F) Carregamento da bateria 0 °C - 30 °C (32 °F - 86 °F)
Temperatura (desligado)	0 °C - 35 °C
Tamanho	LiA x P = 65x29x18 mm
Peso	32 g
Resistência a choques mecânicos	Queda de 1,5 m (≈5 pés)
Dados ópticos e de imagem	
Câmeras termográficas e visuais com MSX	
Sensor térmico	Tamanho de pixel de 12 µm, faixa espectral de 8 - 14 µm
Resolução térmica	160x120
Resolução visual	640x480
Campo de visão horizontal	Horizontal 46° ± 1° / Vertical 35° ± 1°
Taxa de fotogramas	8,7Hz
Foco	Fixo de 15 cm ao infinito
Medição	
Intervalo de temperatura	-20 °C - 120 °C (68 °F - 248 °F)
Precisão	±3 °C ou ±5% Porcentagem de diferença entre a temperatura ambiente e a da cena. Aplicável 60 s após a inicialização quando a unidade está entre 15 °C - 35 °C (59 °F - 95 °F) e a cena está entre 5 °C - 120 °C (41 °F - 248 °F).
Configurações de emissividade	Fosco: 95%, semifosco: 80%, semelhante: 60%, Brilhante: 30%
MRTD	150 mK
Obturador	Automático/manual
Energia	
Duração da bateria	1 h
Tempo de carregamento da bateria	40 min
Carregamento de dispositivos iOS	Carregamento pass-through utilizando micro USB
Carregamento de dispositivos Android	Sem carregamento pass-through
Interfaces	
Dispositivo iOS	Lightning (mácho)
Dispositivo Android	Micro USB (mácho)
Carregamento	Micro USB (fêmea) (5 V/1 A)
Aplicativo	
Exibição/captura de imagens de vídeo e estáticas	Salvas como 640x480
Formatos de arquivo	Imagens estáticas - jpeg radiométrico Vídeo - MPEG-4
Modos de captura	Vídeo, imagem estática, intervalo de tempo e panorâmica
Paletas	Cinza (branco quente), Mist quente, Mist frio, Ferro, Arco-íris, Contraste, Arco, Lava e Roda.
Medidor de ponto	Desligado / °C / °F. Resolução de 0,1 °C / 0,1 °F
Distância ajustável do MSX	0,3 m - Infinito



FLIR Portland
Corporate Headquarters
FLIR Systems, Inc.
27700 SW Parkway Ave.
Wilsonville, OR 97070
USA
PH: +1 888.344.4674

FLIR Commercial Systems
Luxemburgstraat 2
2321 Meer
Belgium
Tel.: +32 (0) 3665 5100
Fax: +32 (0) 3303 5624
E-mail: fir@flir.com

www.flir.com
NASDAQ: FLIR

O equipamento aqui descrito pode ter a certificação de Direitos dos Estados Unidos para fins de exportação. As imagens contidas no site dos Direitos Unidos são proibidas. Imagens meramente ilustrativas. As especificações estão sujeitas a alterações sem aviso prévio. ©2015 FLIR Systems, Inc. Todos os direitos reservados. (Modelo em 2/15)