

Total Productive Maintenance (TPM) na Gestão Industrial

Por

Miguel Alexandre Jerónimo Ribeiro

Orientador: Salviano Filipe Silva Pinto Soares



Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

Para obtenção do grau de

MESTRE

em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, de acordo com o disposto no DR – I série

Nº151, Decreto-Lei nº 115/2013 de 7 de agosto e no Regulamento de Estudos

Conducente ao Grau de Mestre da UTAD, 2ª série – Nº133 de 13 de julho de 2016

Total Productive Maintenance (TPM) na Gestão Industrial

Por

Miguel Alexandre Jerónimo Ribeiro

Orientador: Prof. Salviano Filipe Silva Pinto Soares

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

Para obtenção do grau de

MESTRE

em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, de acordo com o disposto no DR – I série N^o151,
Decreto-Lei n^o 115/2013 de 7 de agosto e no Regulamento de Estudos Conducente ao Grau de Mestre da
UTAD DR, 2^a série – N^o133 de 13 de julho de 2016

Orientação Científica:

Salviano Filipe Silva Pinto Soares

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharias da
Escola de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Os membros do Júri recomendam à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro a aceitação da dissertação intitulada “*Total Productive Maintenance (TPM) na Gestão Industrial*” realizada por **Miguel Alexandre Jerónimo Ribeiro** para satisfação parcial dos requisitos de grau de **Mestre**.

dezembro 2018

Presidente: **João Agostinho de Lacerda Pavão**

Professor Auxiliar da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vogais do Júri: **João Eduardo Quintela Alves de Sousa Varajão**

Professor Auxiliar c/ Agregação da Escola de Engenharia da Universidade do Minho

Salviano Filipe Silva Pinto Soares

Professor Auxiliar da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Total Productive Maintenance (TPM) na Gestão Industrial

Miguel Alexandre Jerónimo Ribeiro

Submetido na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
para o preenchimento dos requisitos parciais para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Eletrotécnica e de Computadores

Resumo

A *Total Productive Maintenance* (TPM) é fundamentalmente uma técnica de manutenção preventiva, empregando-se vários procedimentos no dia-a-dia de uma empresa de forma a diminuir a possibilidade de avarias ou paragens não programadas dos equipamentos. Com a utilização deste método obtém-se um aumento significativo da eficiência das máquinas fabris, melhorando a qualidade dos produtos fabricados e minimizando os atrasos de fabrico. O rendimento da empresa é também incrementado, aumentando o ritmo de produção da mesma e, por conseguinte, a sua competitividade no mercado. É assim uma técnica altamente produtiva, que, em última análise, reduz as perdas intrínsecas associadas à produção, também conhecidas com as “6 grandes perdas”. Apesar de ser uma metodologia mundialmente utilizada, nem sempre é aplicada de forma ajustada às necessidades da indústria, diminuindo os benefícios que decorreriam da sua correta implementação. Além disto, existem também empresas, que por desconhecimento, comodismo ou ceticismo, não aplicam técnicas de melhoria nos seus processos, fazendo com que possam estar aquém das suas reais possibilidades de concretização.

Tendo isto em conta, nesta dissertação foi criado um ambiente fictício numa empresa automóvel, e foram concebidas *guidelines* bem definidas para a correta aplicação da TPM nos processos da indústria. Assim, após serem identificados todos os equipamentos, foram enumerados vários contratempos/avarias recorrentes neste tipo de fábrica. Após os problemas estarem identificados, foram elaboradas ações para a sua resolução, e futura prevenção. Finalmente foi criado um plano anual para a aplicação da TPM, que deve ser feita de forma regular. Pretende-se desta forma dar a conhecer os benefícios concretos e práticos da aplicação das técnicas de TPM em ambiente industrial.

Palavras Chave: *Total Productive Maintenance* (TPM), Manutenção preventiva, Melhoria contínua, Perdas de produção, *Just in time*, *Lean production* e Zero defeitos.

Total Productive Maintenance (TPM) in Industrial Management

Miguel Alexandre Jerónimo Ribeiro

Submitted to the
University of Trás-os-Montes and Alto Douro in partial
fulfillment of the requirements for the degree of Master
of Science in Electrical and Computer Engineering

Abstract

The Total Productive Maintenance (TPM) is fundamentally a preventive maintenance technique, using various procedures in the day-to-day life of a company to decrease the possibility of breakdowns or unscheduled downtime of the equipment. Using this method, there's a significant increase in the efficiency of the factory gears, improving the quality of the manufactured products and minimizing delays in the industrial process. The yield of the company is also enhanced, by an increase in the pace of production, therefore improving their competitiveness in the market. Thus, it's a highly productive technique, which, ultimately, reduces the intrinsic losses associated with production, also known as the "6 Big Losses". Despite being a methodology used worldwide, it is not always applied according to the needs of the industry, diminishing the benefits that would originate from its correct implementation. In addition, there are also companies, that due to ignorance, indulgence or skepticism, do not apply improvement techniques in their processes, making them fall short of their real possibilities of achievement.

Taking this into account, it was created in this dissertation a fictional environment in an automotive company and well-defined guidelines were designed to help in the correct application of TPM in the industrial processes. Thus, after identifying all the equipment's, setbacks/breakdowns that usually occur in this kind of industry were defined. After the identification of the cause of the problems, measures were taken for their resolution and future prevention. Finally, it was created an annual schedule for the implementation of TPM, that should be followed on a regular basis. All these strategies serve the purpose of showing the tangible benefits and practical applications of TPM in an industrial environment.

Key Words: Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance, Continuous improvement, Production losses, Just in time, Lean production and Zero defaults.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que de certa forma ajudaram na realização deste trabalho, nomeadamente a todos os responsáveis pela criação e manutenção de toda a logística necessária ao bom funcionamento, formação e aprendizagem do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Gostaria ainda de agradecer de forma particular às pessoas que, de uma certa forma ou de outra, participaram mais ativamente na realização deste trabalho. São elas:

Ao Professor Doutor Salviano Filipe Silva Pinto Soares, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharias da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, orientador deste trabalho, pela paciência, pelas orientações e, principalmente, pela oportunidade de aprender com a experiência e conhecimento científico e profissional que lhe pertence.

À minha namorada, Tânia Raquel Dias Rodrigues, pelo carinho, compreensão, dedicação e força que me deu durante esta caminhada, sem o apoio dela não teria chegado aqui.

Aos meus Pais, que tornaram todo este percurso possível e a quem devo tudo o que tenho e o que sou, e à minha irmã, por todo o apoio incondicional que sempre me deram e pela paciência nos momentos mais difíceis.

A todos os meus amigos, pelo apoio que me deram, por estarem sempre presentes e por todos os momentos de diversão que me proporcionaram ao longo deste percurso.

A todos, um sincero obrigado!

UTAD,
Vila Real, 17 de dezembro de 2018

Miguel Ribeiro

Índice geral

Resumo.....	ix
Abstract.....	xi
Agradecimentos	xiii
Índice de tabelas.....	xvii
Índice de figuras.....	xix
1 Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.1. Motivação e Objetivos.....	2
1.2. Organização da Dissertação.....	2
2 Estado da Arte.....	5
2.1 Kaizen.....	6
2.2 5S.....	9
2.3 SMED.....	13
2.4 Hoshin Kari	16
3 Total Productive Maintenance (TPM)	21
4 Conceção e Implementação da TPM	29
4.1 Codificação de Equipamentos	30
4.2 Relatório Diário de Manutenção Corretiva	31
4.3 Criação de Manutenções Preventivas	33
a. Tipo “Célula Soldadura”	34
b. Tipo “Posto de Soldadura Manual”	35
c. Tipo “Prensa”.....	35
d. Tipo “Estanquicidade/Gravação”.....	36
e. Tipo “Gravadora”.....	37
f. Tipo “Genérica para a Produção”	38
4.4 Plano de Manutenção Preventiva	39
4.5 Análise de avarias mensal da Linha 2	41
5 Discussão, Conclusões e Trabalho futuro	45
5.1 Discussão e Conclusões.....	45
5.2 Trabalho futuro	48

Referências Bibliográficas 49

Índice de tabelas

	Pág.
Tabela 1. 1 Periodicidade de aplicação de TPM por tipo de Equipamento.....	39
Tabela 1. 2 Planeamento semanal de TPM por linha de produção	40
Tabela 1. 3 Plano de Manutenção Preventiva Anual.....	41
Tabela 1. 4 Registo de Avarias Mensal da Linha 2.....	42
Tabela 1. 5 Registo de Avarias Anual da Máquina “Soldadura - 2004”	43

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. 1 As 6 grandes perdas da produção.....	6
Figura 1. 2 Vantagens da implementação dos 5S.....	13
Figura 1. 3 Plano de trabalhos	29
Figura 1. 4 Codificação dos equipamentos.....	30
Figura 1. 5 Linhas de produção existentes na fábrica (1-3)	31
Figura 1. 6 Exemplo de relatório diário de manutenção corretiva da Linha 1	32
Figura 1. 7 Máquinas existentes para seleção na linha 1.....	32
Figura 1. 8 Tipos de avaria: Elétrica, Pneumática, Hidráulica, Mecânica e de Automação	33
Figura 1. 9 Tipo "Célula Soldadura"	34
Figura 1. 10 Tipo "Posto de Soldadura Manual"	35
Figura 1. 11 Tipo "Prensa Chapa Térmica"	36
Figura 1. 12 Tipo "Estanquicidade / Gravação"	37
Figura 1. 13 Tipo "Gravadora"	38
Figura 1. 14 Tipo "Genérica para a Produção"	39
Figura 1. 15 Análise registo de Manutenções Corretivas - maio	42
Figura 1. 16 Análise de avarias mensal da Linha 2 – "Máquina Soldadura – 2004"	42
Figura 1. 17 Análise de Avarias por Causa	43

Glossário, Acrónimos e Abreviaturas

Lista de Acrónimos

Sigla	Expansão
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange Die</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
SDCA	<i>Standardize, Do, Check, Act</i>
CANDO	<i>Cleaning up, Arranging, Neatness, Discipline and Ongoing improvement</i>
JIT	<i>Just-In-Time</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
CATA	<i>Catalisador</i>
FAP	<i>Filtro de Partículas</i>
NOK	<i>Not OK</i>
QE	<i>Quadro Elétrico</i>
PI	<i>Posição Inicial</i>
TM	<i>Turno da Manhã</i>
TT	<i>Turno da Tarde</i>
TN	<i>Turno da Noite</i>
PM	<i>Preventive Maintenance</i>

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Significado(s)
ex.	exemplo
p. ex.	por exemplo
et al.	e outros (autores)
etc.	etcetera, outros
pág.	página
nº	número
min	minutos
h	horas
jan.	janeiro
fev.	fevereiro
abr.	abril

1

Introdução

No setor industrial mundial existem empresas que estão aquém do seu potencial máximo de rendimento e qualidade. Grande parte das vezes isto acontece porque se mantêm fiéis a procedimentos antiquados de produção e manutenção, que atualmente já não servem convenientemente as necessidades e as exigências sempre crescentes do sector. São fábricas cuja preocupação é apenas produzir, mantendo em vigor rotinas de trabalho inalteradas há décadas. Muitos dos problemas destas fábricas estão associados ao facto de estas não terem uma política de manutenção preventiva implementada, servindo apenas as equipas de manutenção para resolver os problemas que vão surgindo. São assim raros, ou muitas vezes nulos, os procedimentos que são executados para melhorar os processos fabris, no entanto quando incorporados contribuem entre outros para o incremento da competitividade das organizações.

1.1. Enquadramento

Atualmente já existem ao dispor das empresas muitas ferramentas que, quando aplicadas de forma correta, podem culminar numa diminuição de avarias reportadas, aumentos na produtividade, bem como a melhoria da qualidade do produto final (Silva Coelho, 2008). Estes benefícios são possíveis através da implementação na fábrica de métodos de melhoria contínua, que auxiliam desta forma as empresas a atingir o seu potencial máximo de eficácia e eficiência para acompanharem a rápida evolução global. A manutenção é parte fulcral numa fábrica, e sendo feita de uma forma organizada, sem desperdício de tempo ou custos desnecessários, vai levar a um aumento significativo da produtividade e da receita da empresa (Wireman, 2004). Assim, a implementação de técnicas de melhoria no departamento de manutenção de uma

empresa, como a *Total Productive Maintenance* (TPM), é sem dúvida uma mais valia preciosa para esta atingir os seus objetivos.

1.1. Motivação e Objetivos

No âmbito do projeto de 3º ano realizei um estágio curricular no departamento de manutenção industrial da empresa Faurecia, feito ao abrigo de um protocolo entre a UTAD e a mesma. Este estágio teve a duração de seis meses, ao qual se seguiu um estágio profissional de nove meses culminando na integração dos quadros da empresa. No intervalo de quatro anos que fiz parte desta empresa de indústria automóvel, tive a oportunidade de conhecer e aplicar várias técnicas de melhoria contínua fundamentais no meu percurso até hoje, entre elas a TPM. Esta técnica em particular é fulcral, sendo que a sua aplicação melhora significativamente o desempenho e resultados da empresa. É também uma técnica transversal, sendo que ao longo do meu percurso profissional tive a oportunidade de exercer funções no departamento de manutenção industrial na indústria vidreira, e atualmente na indústria farmacêutica, e apesar de as três indústrias serem diferentes, a TPM traz benefícios que justificam a sua aplicação em qualquer setor industrial.

O intuito desta dissertação consiste em compreender os conceitos-chave da TPM, e aplicá-los num ambiente industrial fictício, demonstrando através de um exemplo, vertentes onde esta técnica pode constituir-se uma mais-valia. Ao fornecer exemplos práticos da aplicação da TPM em meio industrial, pretende-se dar provas dos benefícios práticos desta técnica, e desmistificar alguns conceitos que possam dificultar a sua implementação. Pretende-se ainda demonstrar que uma empresa com *guidelines* bem definidas na área de manutenção torna-se mais produtiva, quer a nível de rendimento, qualidade de serviço e de redução de custos.

1.2. Organização da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos principais, sendo que cada um deles está dividido em subcapítulos. Neste Capítulo 1 é feito um breve resumo do intuito do

trabalho, fazendo-se a descrição do enquadramento do tema escolhido, e justificando os motivos e objetivos desta dissertação.

No Capítulo 2 são descritos quais os principais problemas que podem levar à existência de um baixo rendimento industrial e é feita uma revisão bibliográfica a algumas das técnicas de melhoria contínua que existem para ser implementadas nas empresas. É descrito de que forma estas se complementam, podendo ser aplicadas sozinhas ou em conjunto.

No Capítulo 3 é efetuada uma descrição detalhada da TPM, tema fundamental do trabalho, das suas características e possíveis realizações, sendo apresentada a ligação entre a aplicação desta técnica e a melhoria da eficiência de uma fábrica.

No Capítulo 4 é apresentada a conceção e implementação de um plano de TPM. É feita a demonstração de todos os dados que são utilizados para codificar equipamentos, reportar e analisar avarias. É também feita a descrição de como se processa a criação de preventivas por tipo de equipamento e como deve ser elaborada a calendarização da TPM. Finalmente, é explicado como se deve analisar as avarias de forma a obter as informações necessárias para criar ou atualizar preventivas.

Por fim, no Capítulo 5, faz-se uma discussão dos dados exibidos nesta dissertação, e são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

2

Estado da Arte

Atualmente, e especialmente ao longo dos últimos 30 anos, as exigências crescentes e cada vez mais variadas do mercado fazem com que as indústrias adotem políticas mais competitivas e que tenham de apostar em melhorias que garantam um lucro sustentável à empresa. Durante este período houve grandes alterações em termos de novas tecnologias emergentes, expectativas dos clientes e atitude dos fornecedores, o que também levou à mudança na abordagem das equipas de gestão da empresa. É também igualmente importante que estas melhorias, a rapidez com que são pensadas e implementadas, a forma como são levadas a cabo e os seus objetivos finais, consigam sobrepor às que estão seguramente a ser implementadas pelos seus competidores diretos, para que a empresa se mantenha líder de mercado (Bhoyar, Raut, & Mane, 2017).

Torna-se assim fulcral aumentar ao máximo a eficiência de uma empresa, implementando mudanças que eliminem desperdícios e as várias perdas associadas à produção. Estas perdas são sobretudo de carácter material, pessoal ou associadas diretamente aos equipamentos (Bhoyar, Raut, & Mane, 2017). Dentro destas últimas estão as paragens dos equipamentos por avarias ou para ajustes de *set-up*, a produção a um ritmo mais lento que o ideal ou perdas em termos de qualidade, como erros nos processos ou produção de sucata. As perdas associadas ao pessoal, operários particularmente, têm maioritariamente a ver com perdas de tempo a aguardarem instruções, materiais ou confirmação de qualidade dos produtos, sendo estas questões sobretudo causadas por falta de formação e de autonomia. As perdas em termos do material utilizado estão associadas a *stocks* errados dos materiais consumíveis, que podem gerar tempos de espera grandes até à produção seguinte e ao tempo de espera para o fornecimento desses materiais. Assim, foram definidas as 6 grandes perdas da produção (Naik, Raikar, & Naik, 2015), tal como na Figura 1.1:



Figura 1. 1 As 6 grandes perdas da produção. Adaptado de (Naik, Raikar, & Naik, 2015)

São assim vários os desafios que as empresas têm de superar e vários os aspetos que podem melhorar de forma a tornarem-se empresas competitivas e lucrativas. Na impossibilidade, a vários níveis, de resolver todas estas questões em simultâneo, é fulcral arranjar um sistema de priorização de melhorias/atividades (Beker, et al., 2017). Existem vários métodos cujo propósito visa auxiliar as empresas a melhorar de forma a cumprirem os seus objetivos, sendo fulcral a escolha de uma técnica que se ajuste aos projetos e particularidades da fábrica em questão.

Antes de se dar início a qualquer trabalho de melhoria, é necessária haver um trabalho de reconhecimento das práticas da empresa, do que está a falhar, ou a abrandar o seu rendimento. Após a deteção dos problemas, importa planear e implementar as melhorias, e no final, verificar se as alterações efetuadas produzem os resultados desejados e esperados. O ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), que é parte integrante do *Kaizen*, é uma forma de acompanhar todos estes passos, para toda a gente saber sempre que parte do projeto está a ser levada a cabo em determinado momento (Beker, et al., 2017). Além desta, outras vantagens estão associadas à implementação de um ambiente *Kaizen* numa empresa.

2.1 *Kaizen*

Kaizen (“*Kai*” - mudança; “*Zen*” – boa) significa aperfeiçoamento, e é também uma linha de pensamento Japonês associada à melhoria contínua nas empresas (Kaizen Institute, 2018). Foi desenvolvida nos anos 50 na Toyota, e acredita-se que foi das técnicas que mais contribuiu para o desenvolvimento do país como uma potência industrial. É uma metodologia

que deve ser aplicada de forma contínua, por todos os colaboradores da fábrica, tendo muito poucos custos associados. O pouco investimento necessário tem a ver com as bases da metodologia, que defende a melhoria de processos já existentes e não a alteração de máquinas, ou investimentos avultados nestas (Supply, 2010). O intuito primário do *Kaizen* é fazer com que haja constantemente um olhar crítico sobre as tarefas e procedimentos a realizar, para que estes sejam sempre o mais eficientes possível. Os procedimentos não devem ser encarados como um meio para atingir um fim, mas sim como oportunidades de melhorar a eficiência da fábrica, e por mais básicos e simples que estes possam parecer, podem levar a alterações muito importantes, sendo fulcral que sejam avaliados e melhorados o mais rapidamente possível. (Titu, Oprean, & Grecu, 2010). Os resultados da empresa vão melhorar, mas não são o foco do *Kaizen*, melhorando em consequência da qualidade dos processos, este sim o foco deste método (Huda & Preston, 1992). Em última análise, pretende melhorar a produtividade da empresa, tendo sempre em conta a qualidade do que é praticado e fabricado.

O *Kaizen* é uma metodologia de grupo. Deve haver um grande nível de empenho e cooperação por parte de todos os colaboradores, que devem ter o treino necessário à correta aplicação do *Kaizen* no seu espaço de trabalho. Todos os trabalhadores devem estar atentos à possibilidade de melhoria no seu local de trabalho, de uma forma permanente. Tal como no *Hoshin Kari*, também o *Kaizen* defende que uma relação de entreajuda entre todos os funcionários de uma empresa é um dos segredos para o seu sucesso. É também importante existir sempre uma linha vertical de comunicação clara e aberta a interações, entre os funcionários e os seus superiores, e também uma linha horizontal, entre colaboradores no mesmo nível de hierarquia, de forma a que todos saibam quais os objetivos da empresa e todos trabalhem em conjunto para os atingirem. O *Kaizen* facilita esta relação, melhorando a comunicação que tem de existir entre funcionários, e fazendo com que todos se sintam parte de uma equipa (Titu, Oprean, & Grecu, 2010). Normalmente o papel das chefias é planejar, implementar e supervisionar os trabalhadores nas suas tarefas. O *Kaizen* altera esta dinâmica, passando a ser os operários a terem as ideias de melhoria, a planeá-las e a implementá-las, sob a supervisão do responsável (Supply, 2010). Isto faz com que as pessoas tomem o projeto como seu, sintam orgulho e autonomia no trabalho que estão a efetuar, incentivando-os a procurar novas melhorias que possam implementar no seu local de trabalho. De forma a expor as propostas de melhoria, podem criar-se sistemas de sugestão, priorizando as sugestões mais críticas e que trarão mais benefícios. Ainda assim, por vezes a melhoria contínua pode parecer lenta ou que não produz resultados muito significativos no imediato, tornando-se essencial o

papel das chefias de manter o foco dos operários no objetivo maior, dar conselhos e incentivos, de forma a que haja sempre um esforço e visão de resultados por parte dos operários (Huda & Preston, 1992).

Este método defende que os problemas que emergem têm de ser resolvidos no local onde ocorrem, no *Gemba* (*Gemba* = terreno, local de trabalho de cada funcionário). É aí que se obtém um entendimento absoluto de como o processo se realiza, quais as reais razões do problema ter ocorrido e quais as soluções viáveis e mais vantajosas que existem para o resolver. É importante que os gestores e líderes da empresa também se desloquem ao *Gemba*, pois é essencial que entendam tão bem como o operário como cada tarefa é realizada, para depois em conjunto idealizarem formas de melhoria. Com vista à identificação da causa fundamental do problema, deve ser perguntado 5 vezes “porquê?”, sendo esta outra das bases da metodologia *Kaizen*. Estes 5 “porquê?” podem também ser uma ajuda preciosa na antecipação de dilemas futuros (Supply, 2010). Tem de existir também um alerta constante para *Mudas* (*Muda*=desperdício), em termos de perdas de tempo, dinheiro, esforço ou de recursos, em algum processo ou atividade não justificável (Titu, Oprean, & Grecu , 2010). Todos estes são termos inerentes à metodologia, que a tornam ainda mais singular.

O *Kaizen* rege-se por dois ciclos, um de planeamento, o PDCA, e outro de normalização (criação de normas), o ciclo SDCA. O ciclo PDCA é utilizado quando existe uma ideia de melhoria que se quer testar, de forma a perceber se é vantajosa para a atividade que se quer melhorar, em particular, e também para a empresa. Essa ideia deve ser bem pensada e planeada, sendo essa a primeira etapa do ciclo P (*Plan*-planear). Segue-se a implementação da melhoria, depois de estar criteriosamente delineada, correspondendo à fase D (*Do*-fazer) do ciclo PDCA. Na etapa C (*Check*-verificar), é colocada à prova a sugestão de melhoria, onde deve ser requerido a pessoas que não estiveram envolvidas na criação da sugestão de melhoria, que testem o conceito, verificando se realmente é praticável, fácil de entender e se há uma dedução por parte dos envolvidos de que é realmente benéfico para a atividade que se quer melhorar. A fase final do ciclo PCDA é então o fecho do ciclo da implementação da melhoria, em que tem de se atuar (*Act*-agir), de forma a que a melhoria seja implementada por todos os colaboradores envolvidos na tarefa, e que não haja um retorno à forma inicial de se fazer o procedimento que foi melhorado (Titu, Oprean, & Grecu , 2010).

O ciclo SDCA, segue praticamente todas as etapas do ciclo PDCA, sendo que a única diferença se prende com este não ser um ciclo de planeamento de melhorias, mas sim um ciclo de criação de normas. O “S” de SDCA significa “*Standardize*”, normalizar. É um ciclo utilizado

para auxiliar na criação de normas para procedimentos/atividades da empresa. Usando o quadro PDCA, as várias secções da empresa vão planeando as suas melhorias e implementando-as, de uma forma contínua (Supply, 2010).

A gestão visual é também muito importante no *Kaizen*. É essencial existir um ambiente onde ferramentas, mercadorias ou processos que não se enquadrem no que se pretende na empresa, sejam facilmente identificáveis. Uma das metodologias que existe para garantir esta gestão visual é os 5S (Agrahari, Dangle, & Chandratre, 2015). Estes são parte integrante da maioria dos processos de melhoria, sendo assim de uma elevada importância a sua aplicação no meio industrial.

2.2 5S

A origem dos 5S não é consensual. Segundo (Swarnkar & Verma, 2017) esta metodologia foi desenvolvida em 1970 por Sakichi Toyoda. Fundador da Toyota e grande impulsionador da indústria automóvel japonesa, Toyoda sentiu dificuldades em competir com as empresas Europeias e Americanas em virtude das dificuldades económicas e faltas de material que se seguiram à II Guerra Mundial. Assim, desenvolveu os 5S de forma a conseguir aumentar a sua produtividade e a eliminar desperdícios na sua empresa. Existe também a indicação de Henry Ford como o autor da metodologia, em 1972 nos EUA, que a terá apelidado inicialmente de programa CANDO (*Cleaning up, Arranging, Neatness, Discipline and Ongoing improvement*). No entanto, segundo (Ennin & Obi, 2012), esta teoria só terá sido tornada célebre posteriormente por Hiroyuki Hirano, ficando conhecido como os 5S Japoneses. A revolução industrial também teve um papel importante, pois levou à necessidade e ao desenvolvimento de várias metodologias de otimização de produção. Nessa época construíram-se muitas fábricas, que não conseguiam obter o rendimento desejado, sobretudo devido ao desperdício que geravam. Assim, foi preciso idealizar métodos que ajudassem a reduzir ao máximo este desperdício, como é o caso do 5S, *Kanban* e *Kaizen* (Jebadurai, Rose, Aatthisugan, & Baby, 2017). A eliminação do desperdício garante uma diminuição de custos e de tempo de produção, ao mesmo tempo que melhora a qualidade do produto.

A metodologia 5S assenta no princípio que o local de trabalho deve ter apenas o material necessário, que este esteja organizado e em boas condições, e que seja mantido assim por todos os utilizadores. Esta técnica torna-se muito útil quando o objetivo é melhorar os procedimentos de uma fábrica, de forma a eliminar desperdícios, e aumentar a sua produtividade. Assim é natural encontrar os 5S em metodologias com o mesmo propósito como a TPM, Gestão Visual

ou o processo *Just-In-Time* (JIT) (Swarnkar & Verma, 2017). É considerada fundamental num ambiente que se quer de melhoria contínua.

Esta metodologia visa facilitar o trabalho dos operadores, assegurando que o indispensável para um bom desempenho esteja sempre disponível, e que não hajam perdas ou custos associados à falta ou excesso de material ou informação. Para isto, é fundamental que todas as pessoas com acesso ao local de trabalho estejam familiarizadas com a metodologia, que saibam os seus princípios e como colocar em prática. Além disto, os 5S podem também ser aplicados em ambientes mais administrativos, trazendo também consigo vários benefícios para os trabalhadores desta área (Michalska & Szewieczek, 2007).

Os 5S do método são: *Seiri* (triagem), *Seiton* (organizar), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (normalização), *Shitsuke* (disciplina) (Shaikh, Alam, Ahmed., Ishtiyak, & Hasan, 2015).

Seiri, em japonês, é a primeira etapa deste modelo, que se deve cumprir de forma a conseguir um local de trabalho totalmente funcional. Significa escolher, separar, retirar do local de trabalho todos os materiais e informações que não sejam indispensáveis. Para realizar esta tarefa deve ter-se em conta a frequência de utilização dos materiais, a sua necessidade pelo operador e qual a quantidade imprescindível para a realização dos procedimentos (Filip & Marascu-Klein, 2015). Apenas o necessário deve ser colocado no espaço de trabalho de uma forma organizada e com identificação visível. Tudo o resto deve ser armazenado, reutilizado onde necessário ou descartado pela empresa. É habitual utilizarem-se etiquetas vermelhas que se colocam no material danificado e/ou para eliminar, de forma a tornar imediata a sua identificação e facilitar o seu processamento (Jebadurai, Rose, Aatthisugan, & Baby, 2017). Nesta fase de triagem pretende-se eliminar todo o desperdício inerente ao inventário da fábrica (como material em bruto, partes não utilizáveis, produtos em excesso), equipamentos (máquinas, ferramentas, material de escritório) e espaço de trabalho (prateleiras, material no chão, sacos, estantes), o que também permite aos trabalhadores fazer uma melhor gestão de *stocks* (Brady Worldwide Inc., 2018). Esta primeira fase dos 5S, depois de aplicada no ambiente de trabalho, vai permitir aos trabalhadores um acesso rápido ao equipamento que necessitam e aumentar diretamente a sua produtividade.

A essência da segunda etapa, *Seiton*, é um lugar para cada coisa, e cada coisa no seu lugar (Michalska & Szewieczek, 2007). Nesta fase é necessário organizar o material que foi selecionado anteriormente. Idealmente, e segundo os 5S, o operador deve ter fácil acesso ao material e este deve estar disposto de acordo com a frequência da sua utilização, ou seja, a distância do material ao operador deve ser tanto menor quanto maior é a taxa de utilização do

material/informação. Também a indicação para a correta realização de um procedimento deve estar num local de fácil acesso e atualizada. O essencial nesta fase é gerir visualmente o espaço de trabalho, identificar todo o material, bem como identificar o espaço de cada utensílio. Isto vai permitir que tudo se mantenha organizado, com os materiais essenciais e à distância ideal do operador. Esta identificação pode ser feita através de etiquetas descritivas ou fotos/desenhos dos materiais, que vai tornar intuitivo esta etapa dos 5S. Idealmente, cada empresa deve ter uma diretiva que obrigue a que todas as placas de identificação utilizadas nos diferentes espaços de trabalho ou áreas fabris se guiem pelas mesmas diretrizes. Isto vai permitir que todos consigam reconhecer os espaços/materiais em qualquer parte da empresa, e ajuda a garantir uma boa gestão visual em toda a fábrica. Além dos espaços de trabalho em si, é também importante que todos os locais/materiais com potencialidade de serem perigosos estejam identificados, que haja instruções para segurança no trabalho e que todo o material de segurança esteja ao alcance dos trabalhadores (Brady Worldwide Inc., 2018).

A terceira fase dos 5S é *Seiso*, limpar. Todo o material deve ser limpo regularmente pelo seu operador, o que permite que seja feita simultaneamente uma avaliação do estado dos utensílios. Todos os materiais que não estiverem em condições de uso imediato, devem ser retirados e substituídos/arranjados. Também deve ser realizada uma limpeza aos equipamentos, que vai permitir avaliar se existem fugas, vibrações, ou outras anomalias, e resolvê-las antes que aconteça algo mais grave, como a paragem da máquina. Esta avaliação vai dar origem a uma redução de custos por parte da empresa com avarias dos equipamentos, ou novos materiais. A informação exposta e toda a área da fábrica é também vistoriada, com o intuito de limpar e verificar se há alguma necessidade de reparações/alterações. São inspecionadas paredes, o chão, cadeiras, secretárias, áreas de trabalho, iluminação, etc., e se necessário é repostos o bom estado dos mesmos. A organização do local de trabalho é também avaliada, o que vai permitir corrigir algum desvio às duas primeiras fases dos 5S (Michalska & Szewieczek , 2007).

Após tudo estar limpo e organizado, importa que seja assim mantido por todas as pessoas envolvidas com os espaços e materiais. Nesta fase é aplicado o 4S, normalizar. São criadas normas e dadas instruções que devem ser seguidas garantindo um espírito de triagem, arrumação e limpeza por toda a equipa. Pessoas com cargos de chefia ou supervisores devem ter presente todas as diretrizes dos 5S, de forma a conseguirem dar o suporte necessário aos operadores nesta fase. O facto de haver regras pelas quais os trabalhadores se devem guiar, permite que todos tenham conhecimento do que deve ser feito, que seja feito sempre da mesma forma, e facilita o controlo da aplicação destas normas. Este controlo pode ser feito recorrendo

a *check-lists*, imputando diretamente responsabilidade da tarefa a certos operadores (turno da manhã p.ex.), através de fluxogramas, entre outras estratégias. Todas as orientações para o bom cumprimento das tarefas devem ser colocadas ao dispor do trabalhador em local conhecido e de fácil acesso, em linguagem simples, clara e assertiva. Todos devem compreender facilmente o plano de trabalhos e conseguir seguir as diretivas sem dificuldade (Michalska & Szewieczek, 2007). Apesar dos 5S ser um método com diretrizes bem definidas, estas podem ser aplicadas de variadas formas, dependendo do local de trabalho, dos materiais disponíveis, ou do objetivo da empresa. O essencial é que todos tenham conhecimento do que deve ser feito em cada etapa e aplicar isso da forma que seja mais rentável para realidade em questão (Brady Worldwide Inc., 2018).

Por fim, a *Shitsuke*, disciplina, garante o cumprimento de todas as diretivas anteriores. No período de manutenção da metodologia, após a fase inicial de implementação da mesma, é fácil que sejam negligenciadas algumas das etapas faladas anteriormente. Isto pode acontecer por falta de formação ou descuido. É assim fulcral garantir que não se desfazem os avanços obtidos. Toda a equipa deve executar as normas criadas de acordo com o planeamento, para que o ambiente industrial se mantenha organizado e funcional a todo o tempo (Michalska & Szewieczek, 2007). Com vista a conseguir-se garantir estas práticas, deve ser criado um sistema de auditoria à implementação correta dos 5S, que seja levado a cabo de uma forma regular (Brady Worldwide Inc., 2018). Esta avaliação deve concluir que estão a ser cumpridos os vários passos necessários às 5 fases distintas dos 5S.

As vantagens inerentes à aplicação dos 5S num ambiente de trabalho podem e devem ser avaliadas, podendo recorrer-se a variadas técnicas, como por exemplo, calcular o tempo que se demora em encontrar determinado material ou em realizar determinada tarefa antes e depois da aplicação da metodologia. Nesta situação, o impacto visual imediato inerente à aplicação desta técnica, assim como de outras como o TPM e *Kanban* (Mojarro-Magaña, et al., 2018), é uma das bases fundamentais para facilitar todo o processo. Esta gestão visual é imprescindível para existir uma capacidade quase inata de seguir as normas e utilizar o material necessário à realização do procedimento, diminuindo tempos de procura de material e de informação sobre a tarefa. A captação de fotografias antes e depois da organização do espaço de trabalho pode ser também uma excelente ajuda para se compreender a função dos 5S, e inculcar nos trabalhadores a necessidade do seu cumprimento. Além disso, as vantagens em termos de custos de inventário e de treino de novos funcionários são também bastante favoráveis à implementação desta técnica. Torna-se mais fácil e célere aprender num ambiente de trabalho

organizado e bem delineado (Brady Worldwide Inc., 2018). Na figura seguinte apresenta-se as várias vantagens dos 5S:

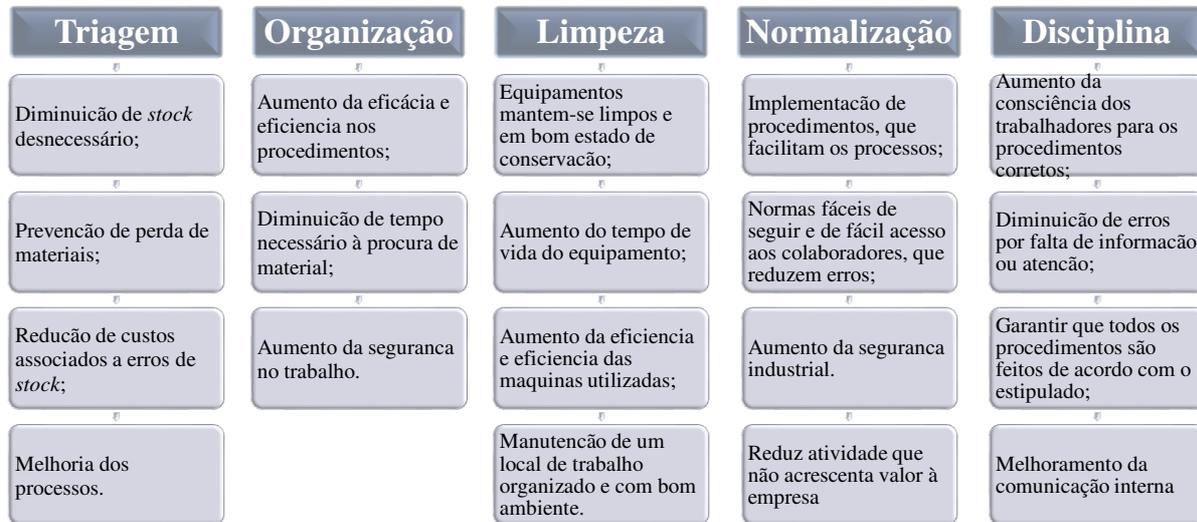


Figura 1. 2 Vantagens da implementação dos 5S. (Adaptado de (Michalska & Szewieczek , 2007) e (Brady Worldwide Inc., 2018)

Após a implementação dos 5S é necessário existir uma base de apoio à melhoria contínua, de forma a que não se recue nos avanços alcançados, com um espírito de partilha de ideias, e que haja um suporte para apresentar novas sugestões de melhoria (Brady Worldwide Inc., 2018). Isto vai permitir que se crie um fluxo de ideias e sugestões com benefícios a todos os envolvidos que pode ser conseguido através da partilha de *newsletters*, normas, sugestões de melhoria, entre outras estratégias.

Como vimos anteriormente as maiores perdas na produção estão associadas a perdas de tempo/paragens na produção. A aplicação correta dos 5S vai, de várias formas, levar a uma diminuição do tempo despendido em tarefas muitas vezes supérfluas. Apesar disto, existem vários tipos de perdas intrinsecamente associadas à manutenção ou às linhas de produção, que apenas a aplicação dos 5S não consegue resolver. Torna-se assim fundamental complementar a implementação desta metodologia com outros processos e métodos que levarão mais rapidamente a um aumento crucial da eficácia da fábrica. Particularmente, a metodologia *Single Minute Exchange Die* (SMED) utiliza um conjunto de práticas cujo objetivo final é exatamente o de diminuir as possíveis perdas de tempo que ocorrem na produção/manutenção.

2.3 SMED

Com o constante progresso das empresas do setor industrial, há uma pressão crescente para cada fábrica entregar um produto de elevada qualidade e conseguir fazê-lo no menor tempo possível. São várias as técnicas que podem ser utilizadas para se eliminar os desperdícios e

ganhar tempo, uma delas é a SMED. Esta metodologia está diretamente relacionada com a necessidade das empresas de fabricarem produtos com diferentes características, garantindo oferta para uma procura cada vez mais variada (Costa, Sousa, Bragança, & Alves, 2013). As empresas precisam de produzir eficaz e rapidamente, e em lotes pequenos de cada tipo de produto. Os equipamentos utilizados pelas empresas são normalmente grandes e dispendiosos, pelo que a sua rentabilidade tem de passar obrigatoriamente pela utilização de cada equipamento para a produção de mais do que um tipo de artigo, que normalmente apresentam diferentes parâmetros de produção (King, 2009). Esta condição implica periodicamente uma alteração nas configurações dos equipamentos, o que gera entropia e perdas significativas de tempo (Ferradás & Salonitis, 2013). É importante que a empresa tenha um plano de ação montado para estas mudanças que seja o mais rentável possível, em termos de duração e de custos. Pode acontecer que as empresas optem por produzir em excesso, fazendo *stocks* do mesmo, de modo a diminuir o nº de vezes que precisam de parar o equipamento para fazer alterações de parâmetros. Há, no entanto, vários desperdícios associados a esta opção como sendo sobre produção, inventário em excesso, redução da possibilidade de alterar a produção de acordo com os pedidos dos clientes, e deslocações desnecessárias para guardar e recuperar o material armazenado. Assim, torna-se fulcral diminuir os tempos de mudança nos equipamentos, tornando possível que aconteçam mais regularmente, com uma produção mais rentável e sem *stocks* em excesso (King, 2009).

Foi no início dos anos 50 que Taiichi Ohno, da empresa de automóveis Toyota, e o Engenheiro Shigeo Shingo, consultor na mesma empresa, desenvolveram o conceito do SMED, que assenta na alteração do procedimento para a realização das mudanças, diminuindo o tempo necessário para as fazer. As primeiras letras do acrónimo, SM, significam *Single Minute*, indicando à partida um dos princípios da ideologia, que as trocas devem ocorrer em menos de 10 min (abaixo dos dois dígitos) (Dave & Sohani, 2012). As últimas letras do acrónimo ED de *Exchange Dies*, refere-se à troca de tintas, relativo ao primeiro caso de aplicação da tecnologia pelo seu autor, numa situação que requeria a alteração de tintas na empresa Toyota (King, 2009).

São vários os fatores que influenciam o tempo que demora desde o fim de produção de um artigo até à produção com qualidade do artigo seguinte, nem todos relacionados diretamente com a produção em si. Tem de se ter em conta todos os fatores mecânicos e elétricos da mudança, mas também as alterações físicas e químicas, calibrações e ajustes que poderão ser necessários para a produção do novo artigo, com o mínimo de erros possível e os produtos

sejam rapidamente gerados com a qualidade desejada. Tudo isto é tido em conta pela metodologia SMED, cujos requisitos fundamentais são: que esta seja implementada por toda a equipa; que sejam feitos cálculos de desempenho regularmente; e que siga o método *Kaizen* e os 5S, o que vai aumentar significativamente o resultado final da aplicação da SMED (Dave & Sohani, 2012).

O SMED assenta na avaliação das denominadas tarefas “externas” e das tarefas “internas”. Tarefas “externas”, como o próprio nome indica, são todas as tarefas que podem ser realizadas fora da hora de paragem dos equipamentos, de forma a diminuir o tempo que é despendido nesta etapa (Ulutas, 2011). A organização de todos os materiais e informações para a alteração dos parâmetros de produção é considerada uma tarefa externa. Esta informação pode ser reunida e colocada junto ao equipamento ainda durante a produção do 1º artigo, tornando muito mais célere o processo entre produções. Por outro lado, as tarefas “internas” são as que são intrínsecas ao processo de mudança, e só podem ser feitas aquando da máquina em paragem. Alteração dos parâmetros de produção e colocação de diferentes partes na máquina são tarefas que obrigatoriamente têm de ser feitas com o equipamento em pausa. No entanto, a metodologia SMED dá indicações sobre como diminuir o tempo gasto também neste tipo de tarefas. Primeiramente deve-se fazer uma avaliação se há a possibilidade de transformar algumas destas tarefas em tarefas externas, retirando o seu tempo de processamento ao tempo de paragem da máquina. Tudo o que possa ser realizado com a máquina em funcionamento deve ser feito, ficando apenas o imprescindível para a altura de paragem. Todas as tarefas obrigatoriamente “internas” devem ter um procedimento para a sua realização que seja bastante claro, simples de seguir, com orientações visuais se necessário e disponível para consulta do operador. Este procedimento deve estar totalmente otimizado, de forma a haver a menor perda de tempo possível em qualquer fase da alteração. Com isto pretende-se aumentar a rapidez de alteração de parâmetros e partes do equipamento necessários à mudança e diminuir a probabilidade de erros. O tempo de paragem do equipamento também pode ser consideravelmente reduzido se existirem tarefas que possam ser realizadas em simultâneo por dois ou mais operadores, sendo este outro princípio da SMED (King, 2009).

São várias as ferramentas que podem ser utilizadas para ajudar a visualizar e perceber quais são as tarefas “internas” e “externas” inerentes a uma dada realidade, e de que forma se podem manipular para atingir o objetivo, que é a diminuição de tempo de paragem da máquina entre mudanças de produção. Algumas destas ferramentas podem passar por: construir um mapa de processamento detalhado; um diagrama de tempos; filmar uma mudança para fácil

visualização onde se pode ganhar tempo e fazer simultaneamente um diagrama com os todos os passos realizados. A metodologia SMED também pode ser vantajosa nas linhas de montagem se utilizada para diminuir o tempo despendido na manutenção dos próprios equipamentos, que sofrem paragens obrigatórias para trocar peças de desgaste ou para limpezas mais profundas. Um exemplo do expoente máximo da aplicação da SMED pode ser observado nas zonas de *Pit-Stop* das corridas de carro (King, 2009).

Apesar de, em geral, as melhorias incidirem sobretudo na parte da manutenção, várias metodologias de implementação de melhoria estendem a sua ação às restantes partes da fábrica, tendo em conta que tem de ser feito um trabalho conjunto de forma a que o resultado final seja o desejado. A TPM é um exemplo claro de uma das técnicas que envolve todas as áreas da empresa no projeto de melhoria (Beker, et al., 2017). Este processo colaborativo entre todos os trabalhadores de uma empresa, entre chefias e operários e mesmo entre operários entre si, nem sempre é fácil, sendo importante a empresa seguir algumas regras que facilitem essa interação. O *Hoshin Kari* é um exemplo de uma ferramenta cujo propósito é exatamente facilitar o envolvimento de todos os colaboradores de uma empresa no seu processo de renovação e implementação de melhorias.

2.4 Hoshin Kari

O desenvolvimento da metodologia *Hoshin Kari* remonta ao final dos anos 60, e está associado aos avanços industriais Japoneses (Ahmed, 2016). A sua tradução literal é: *Ho*-direção, *Shin*-foco, *Ka*-orientação e *Ri*-razão, revelando que a sua função é indicar a direção certa a percorrer para atingir um objetivo (Boisvert, 2012) (Hutchins, 2008). É sobretudo uma ferramenta de gestão, cujo objetivo é dar estrutura e facilitar a implementação de um planeamento estratégico. Em última instância, esta técnica incute um estado de melhoria contínua nas empresas (Ahmed, 2016).

Na *Hoshin Kari* são avaliadas todas as oportunidades de melhoria e é delineado um plano a longo prazo (entre 12 a 18 meses) tendo em conta os procedimentos, objetivos e políticas da fábrica, visando a concretização da principal meta, a completa satisfação dos clientes. Normalmente é uma estratégia que implica uma mudança nos procedimentos habituais da fábrica, de forma a melhorar o aproveitamento dos seus recursos.

A resistência à mudança é uma das situações que podem atrasar ou dificultar a implementação da *Hoshin Kari* numa empresa. Quando se começa a implementar o *Hoshin*, normalmente existem vários procedimentos que vão ter de ser transformados tendo em vista a

alteração de estratégia da empresa. Isto pode acontecer porque deixaram de ser produtivos ou porque já não contribuem para os objetivos de futuro da fábrica. Muitas vezes este tipo de mudança é encarado com medo e desconfiança pelos trabalhadores, sendo assim fundamental que lhes sejam prestados todos os esclarecimentos necessários para que percebam e aceitem as alterações e as facilitem. Estes esclarecimentos podem surgir sob a forma de formações, palestras, ou sessões de esclarecimento acerca do *Hoshin Kari* e de ferramentas de melhoria de processos que podem ser utilizadas para facilitar a resolução de futuros problemas relacionados com a implementação do *Hoshin* (Boisvert, 2012).

Esta metodologia está intimamente ligada ao *Total Quality Management* (TQM). Isto significa que segue diretrizes muito específicas, que obrigam a que haja sempre um planeamento inicial de qualquer alteração ou projeto em vista, e que este depois de concluído seja verificado e só depois implementado por todos os colaboradores (ciclo PDCA) (Ahmed, 2016). Não estando diretamente ligado ao processo base do *Hoshin Kari*, o TQM está associado à execução das tarefas, o “*Do*” do ciclo PDCA (Hutchins, 2008).

O planeamento inicial é a parte fulcral do *Hoshin Kari*, onde se devem procurar possibilidades de melhoria passíveis de serem implementadas na empresa, recolher toda a informação necessária para se tomarem decisões assertivas, como quais são as ações críticas e as de menor prioridade, e em conjunto chegar-se a uma sugestão de melhoria para o problema inicialmente encontrado (Ahmed, 2016). O facto de serem definidas prioridades facilita a concretização dos planos que trarão mais benefícios para a empresa, pois não há desperdícios de tempo nem energia em projetos menos relevantes, sendo esta umas das particularidades que diferencia esta estratégia das tradicionais (Boisvert, 2012).

Muitas vezes os trabalhadores têm um conhecimento vago da empresa em que trabalham, dos seus objetivos ou metas para o futuro. Só lhes é dada a informação e treino requeridos para a função que têm de desempenhar e as suas opiniões não são tidas em consideração. Nas empresas que são geridas desta forma não existe comunicação entre departamentos, ou apenas o essencial para se poder realizar os trabalhos solicitados, o que faz com que cada setor haja em função dos seus próprios interesses. Desta forma, nem sempre é fácil que haja um entendimento entre setores, porque também não há um objetivo comum. Com a implementação da *Hoshin Kari*, todos os trabalhadores da empresa estão envolvidos no desenvolvimento das estratégias em prol da concretização com sucesso dos objetivos da firma, havendo uma partilha generalizada de ideias e sugestões (Ahmed, 2016). A este processo chama-se “*Catchball*”, ou seja, a ideia de melhoria que é pensada pelas chefias executivas é

discutida nos vários níveis da empresa, e cada setor dá o seu *input* sobre o que tem de ser feito para se cumprir os objetivos. Isto torna-se essencial para não serem tomadas decisões com base em percepções ou opiniões (Hutchins, 2008).

O *Catchball* pode ser um processo demorado, mas é fundamental para haver uma percepção real da implicação da melhoria, especialmente por parte dos gestores da empresa (Boisvert, 2012). O facto de todos os colaboradores serem envolvidos no desenvolvimento da estratégia, faz com que haja um empenho acrescido por parte destes para a concretização do plano, que também é seu. A meta final fica bem definida para todos os colaboradores e todas as decisões e tarefas que têm de ser feitas diariamente têm um propósito bem definido e são todas orientadas para os objetivos da empresa (Boisvert, 2012) (Tennant & Roberts, 2001).

Para ser mais fácil visualizar tudo o que vai implicar o cumprimento do plano em termos globais, é importante expor o plano e todos os processos necessários à sua concretização de uma forma visualmente apelativa e simples de entender. É assim habitual utilizarem-se tabelas, fluxogramas ou diagramas causa-efeito, etc., onde se descreve de forma compreensível o que vai ser necessário para cumprir o objetivo final. Estes diagramas espelham também o papel de cada setor no plano global da empresa. Toda esta documentação deve conter interligações entre o trabalho das várias áreas da fábrica e ser mantida atualizada por todos os envolvidos, estando acessível a qualquer pessoa. Para facilitar esta tarefa, é importante que seja formada uma equipa de apoio responsável por gerir toda a estratégia *Hoshin*, mantendo uma comunicação fluente entre todos os setores da empresa, para que cada equipa tenha noção do estado de desenvolvimento geral do plano (Boisvert, 2012).

É fulcral que depois de completamente implementada, a *Hoshin Kari* continue a ser uma estratégia em constante desenvolvimento na empresa, sendo regularmente avaliada e ajustada se necessário. Deve manter-se sempre um espírito de abertura a novas ideias que vão surgindo ao longo da concretização do plano definido, devendo esta ser uma estratégia flexível e ter sempre em vista a melhoria da empresa. Esta constante reavaliação do que está a ser feito, serve também para diminuir/eliminar desvios indesejados e danosos do plano, e para garantir que todos continuam focados, em quaisquer setores da fábrica. Havendo desvios indesejados ao plano, ou falhas de implementação, é necessário perceber o porque de terem ocorrido, quais as consequências que advêm desse desvio e como se pode diminuir o seu impacto ou corrigi-lo, encarando sempre os erros ou falhas de uma forma construtiva. Deve manter-se sempre o foco nos resultados e não em atividades em particular ou atribuição de culpas (Hutchins, 2008).

Neste capítulo descrevemos tipos de melhoria contínua que podem ser implementados nas empresas com o intuito de aumentar a eficácia e a competitividade da mesma. No próximo capítulo irá ser descrita pormenorizadamente a TPM, que das técnicas de melhoria contínua existentes, é das mais eficazes, e as fábricas que a implementam obtêm mais estabilidade, maior desempenho e conseqüentemente melhores resultados.

3

Total Productive Maintenance (TPM)

A manutenção produtiva total (TPM) foi apresentada nos anos 70 no Japão, por um fornecedor da Toyota. É uma técnica essencial para aumentar a produtividade de uma empresa, a qualidade do serviço e diminuir os custos associados à sua manutenção (Wireman, 2004). O seu foco consiste em colocar a máquina no auge da sua eficácia e eficiência, eliminar paragens por avarias e aumentar serviços de manutenção autónomos pelos operários, através de vários princípios basilares que devem ser cumpridos. Apesar de ter um tempo de implementação longo, normalmente entre 2 a 5 anos, a sua correta execução assegura benefícios financeiros e produtivos indiscutíveis (Andemeskel, 2013) (Bhoyar, Raut, & Mane, 2017).

Especificamente, os objetivos da TPM traduzem-se em aumentar a disponibilidade dos equipamentos aquando dos tempos planeados para produção, eliminando tudo o que são paragens longas planeadas (mudanças) e/ou não planeadas (avarias) nesses períodos. Além disto, tem como finalidade aumentar o desempenho da máquina em produção, eliminando todos os fatores que façam com que esta esteja a operar a um ritmo inferior à sua potencialidade máxima (ciclos lentos ou pequenas paragens), e eliminar peças com defeitos de qualidade o mais cedo possível na linha de produção.

De forma a melhorar o rendimento e a eficiência dos equipamentos utilizados, a TPM recorre a várias técnicas de manutenção que devem ser implementadas por todos os colaboradores. A TPM assenta em 8 pilares fundamentais que se baseiam essencialmente em técnicas de prevenção e de proatividade, tendo sempre por base a aplicação dos 5S, que vai permitir organizar o local de trabalho, facilitando a perceção de problemas, que é o primeiro passo num processo de melhoria (Bhoyar, Raut, & Mane, 2017) (Wireman, 2004):

1. Manutenção autónoma por parte dos operadores: Os operadores devem realizar tarefas de manutenção de rotina, como limpeza e inspeção, às máquinas que utilizam regularmente. Depois de instruídos para o efeito, os operadores ficam com a responsabilidade e devem ser capazes, ao inspecionar o equipamento, de identificar situações anormais que estejam a ocorrer ou avaliar se esta precisa de algum tipo de

reparação, podendo prevenir desta forma alguma avaria futura. O objetivo é que estes operadores realizem cerca de 10-40% da manutenção básica habitual, libertando assim os técnicos de manutenção para tarefas mais complexas de TPM, como p.ex. manutenção de carácter preventivo.

2. Manutenção planeada: Neste ramo da manutenção pretende-se criar sistemas preditivos e preventivos de manutenção para equipamentos e ferramentas. Este tipo de manutenção pode incluir a limpeza e lubrificação da máquina, correção das operações e dos *set-ups*, reparação de pequenos defeitos da máquina, aperto de partes da máquina, verificar o *stock*, qualidade e quantidade de peças suplentes, entre outras tarefas. Este planeamento reduz drasticamente o tempo de paragem da máquina por avaria, e permite agendar este tipo de tarefas para alturas em que o equipamento não está a ser utilizado, tornando o processo de mudança de partes propensas a desgaste e a falha muito mais rentável em termos de tempo e de custos.
3. Manutenção da qualidade dos produtos: Este tipo de manutenção está associado aos processos de produção da matéria prima. Isto porque é fundamental encontrar erros e defeitos de qualidade nos produtos o mais cedo possível na cadeia de produção, reduzindo os custos associados à sua produção defeituosa. Através da análise da causa de defeitos que aparecem ao longo da cadeia de produção, pode efetuar-se uma manutenção de prevenção destas falhas, eliminando as suas origens.
4. Melhorias com objetivos claros: Este princípio da TPM tem como objetivo assegurar que a manutenção é feita de uma forma organizada, simples, sem desperdício de tempo, e mais importante, sem custos desnecessários aumentando a eficiência da manutenção. O intuito primordial é reduzir as 3 grandes perdas de produção: falhas de equipamentos, falhas de material e falhas dos trabalhadores. Ao planear uma ação de manutenção, consegue-se fazer os possíveis de forma a diminuir o tempo de paragem da máquina em análise, e diminuir os custos associados à intervenção. A eficácia da manutenção pode também ser aumentada pela existência de uma base de dados, onde constem todos os equipamentos da fábrica, quais as suas características gerais e o historial de manutenção de cada máquina. Se este conhecimento estiver disponível, mais facilmente podem ser tomadas decisões, de uma forma célere e correta.
5. Manutenção preventiva dos equipamentos: As máquinas devem ser sujeitas a manutenções de carácter preventivo. Isto significa que, tendo em atenção os dados

facultados pelo fornecedor da máquina, todo o historial da mesma e aplicando todo o conhecimento prático dos técnicos de manutenção, é muito importante fazerem-se alterações controladas no equipamento de forma a melhorar o seu desempenho. Este tipo de manutenção deve ser feito para tornar a máquina fácil de manusear e limpar, torná-la de confiança/previsível e com baixa necessidade de manutenção, para ter tempos rápidos de *set-up*, bem como um ciclo de vida o mais rentável sob o ponto de vista económico. Algumas destas medidas vão levar a uma redução significativa da necessidade futura de manutenção e paragem das máquinas, que é um dos objetivos da TPM. Estas práticas estão também naturalmente associadas a uma diminuição significativa de custos de manutenção.

6. Treinar todas as pessoas envolvidas de forma a aumentar as suas capacidades: É importante frisar que não é apenas a equipa de manutenção que deve ter presente estes conhecimentos e princípios. Além destes, responsáveis, operários, etc., todos devem possuir os conhecimentos e competências essenciais para que seja possível ter na fábrica um ambiente de TPM frutífero e que é cumprido por todos de forma eficiente. O facto de todas as pessoas terem formação de TPM, vai tornar possível que todos trabalhem com um objetivo comum, criando a possibilidade de haver sugestões de melhoria vindas das várias frações da fábrica. Especificamente, os operadores devem ter capacidade para realizar manutenções básicas de rotina aos equipamentos que operam, e capacidade de identificar possíveis problemas emergentes mais sérios. Os técnicos de manutenção devem ter o seu foco principal em aplicar técnicas de manutenção preventiva.
7. Segurança, Saúde e Ambiente: A implementação da TPM acaba por dar aos trabalhadores um ambiente de trabalho saudável, onde é possível aprender e crescer profissionalmente. A TPM torna também o local de trabalho num sítio mais seguro, diminuindo em muito o risco de acidentes de trabalho, face ao incremento da previsibilidade da produção industrial.
8. TPM num ambiente administrativo: A implantação da TPM em departamentos cujas funções são essencialmente de processar informação, ajuda a diminuir o desperdício em funções administrativas (Shahin, 2005).

O facto de existirem tantas realidades diferentes onde se pode beneficiar do conceito da TPM, associado aos ganhos óbvios que daí advêm, fez com que ao longo dos anos fossem aparecendo vários métodos diferentes de implementação da técnica. Apesar disto, nem sempre

é fácil ou intuitivo aplicar idealmente a TPM de forma a ter o rendimento máximo das equipas e dos equipamentos numa fábrica. Assim, são vários os passos que devem ser tomados de forma a implementar de forma eficiente a TPM nas empresas, e a garantir o sucesso da gestão industrial. O Instituto Japonês de Manutenção Industrial criou o plano de implementação da TPM mais utilizado em todo o mundo. Este engloba 3 ciclos principais: Ciclo de Medição, Ciclo de Estado da Máquina e Ciclo de Prevenção de Problemas (JIPM, 2018).

Todos os elementos da equipa de implementação do TPM vão ter de seguir as orientações fundamentais fornecidas em cada um destes ciclos, de forma a que a implementação seja o mais bem-sucedido possível (Willmott & McCarthy, 2001). No primeiro ciclo vai ser analisado exaustivamente o historial dos equipamentos (em termos de avarias, manutenção prestada, trocas de peças, acidentes, etc.) e o seu desempenho ao longo do tempo. Devem ser definidos quais os objetivos finais ideais para cada máquina incluída no projeto. Nesta etapa calcula-se também a *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), explicada posteriormente, que idealmente deve ser exibida no local da máquina, juntamente com os fatores que influenciam o resultado obtido. Vai-se também avaliar as 6 grandes perdas e toda a equipa, operários e chefias, devem consertar e definir quais são as prioridades para se implementar a TPM.

No Ciclo de Estado da Máquina, a primeira etapa é fazer uma análise crítica detalhada a cada um dos componentes da máquina, dando aos trabalhadores um entendimento detalhado de como a máquina opera. Deve avaliar-se, p.ex., qual a função de cada peça do equipamento, como trabalha, e porque trabalha desta forma. Devem também ser identificadas as condições ideais para cada componente crítico, como é a temperatura ou a pressão de funcionamento nominal. Toda esta informação deve ser compilada e colocada perto da máquina respetiva, disponível para consulta por qualquer trabalhador. Também neste ciclo é feita uma avaliação da condição geral da máquina e da sua limpeza. Deve tirar-se uma fotografia do estado inicial da máquina e depois inspecionar e limpar todos os componentes desta, identificando quais as causas de contaminação externas ou internas existentes, retirando anotações de algum tipo de manutenção necessária ou outra situação pertinente, se aplicável. Idealmente deve ser criado um plano de limpeza regular para cada máquina. Além disto, todas as ideias de remodelação anteriormente idealizadas, devem ser planeadas e aplicadas durante este ciclo, assim como qualquer mudança para eliminar fontes de contaminação, aplicar dispositivos *pokayoke*, e examinar e implementar mudanças rápidas utilizando o SMED, explicado em detalhe posteriormente. Devem também ser identificados todos os cabos, tubos, etc. de cada máquina, o que permite uma fácil gestão visual. Esta gestão visual pode ser acompanhada de um quadro

de *kamishibai* (Kaizen Institute India, 2018), onde se coloca o que vai sendo realizado em cada máquina. Nesta fase podem ser aplicadas janelas de inspeção, que permitem ao operador ver o que se passa dentro da máquina, facilitando a sua inspeção e deteção de possíveis erros. A última etapa deste ciclo é o desenvolvimento de uma política de proteção de ativos da empresa. Isto significa que cada trabalhador é responsável por fazer uma inspeção diária à máquina que opera, pela sua limpeza, por fazer pequenas manutenções necessárias, e por detetar problemas mais graves que possam estar eminentes.

O último ciclo de implementação da TPM, é um ciclo de prevenção de futuros problemas. Este ciclo implica uma análise de tudo o que foi sendo aprendido ao longo da implementação do TPM na fábrica. Essencialmente obriga a uma manutenção de boas práticas dentro da empresa, desenvolvendo e implementando métodos operativos normalizados. Devem ser feitos manuais de boas práticas e normas de execução, que devem estar junto das máquinas a que dizem respeito e de fácil acesso a qualquer pessoa. Também neste ciclo devemos desenvolver métodos preventivos de futuros problemas, podendo utilizar para esse efeito o cálculo do OEE e ferramentas de qualidade para identificar possíveis melhorias e soluções de problemas (Rahman & Hoque, 2014).

A OEE, referida anteriormente, é a principal métrica criada como medida de sucesso da implementação da TPM e, nesse sentido, auxilia a medir de forma assertiva a eficácia dos equipamentos. Este cálculo serve para identificar a percentagem de tempo de produção planeado que é realmente produtivo (Bhojar, Raut, & Mane, 2017). A OEE tem em conta os objetivos da TPM, avalia-os de forma a perceber onde possam existir perdas, dando-nos a medida exata do tempo de produção efetivo.

A OEE resulta do seguinte cálculo:

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

A disponibilidade, como referido anteriormente, tem em conta o tempo perdido, sem produção. Assim pode ser calculada da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo efetivo em produção}}{\text{Tempo planeado em produção}}$$

O desempenho calcula-se avaliando o tempo requerido para produzir um nº determinado de peças num ciclo ideal, em relação ao nº total de peças produzidas no tempo real de produção da máquina, ou seja:

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Quantidade produzida} \times \text{Tempo de um ciclo ideal}}{\text{Tempo de produção}}$$

O cálculo para se obter a qualidade é o seguinte:

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{nº total de peças em boas condições}}{\text{nº total de peças produzidas}}$$

Os valores médios expressos globalmente nas empresas rondam disponibilidade > 90%, desempenho > 95% e qualidade > 99% (Rahman & Hoque, 2014). Uma OEE de 100% é o objetivo utópico da implementação da TPM, significando que temos uma produção perfeita, sem perdas. Globalmente, o normal para uma indústria de produção discreta é ter uma OEE de 85%. Indústrias que não tem implementado qualquer plano de TPM ou de qualquer outra otimização de produção é normal apresentarem uma OEE abaixo de 40% (Bhojar, Raut, & Mane, 2017).

Atualmente já existem várias ferramentas de *software* que simplificam e facilitam a gestão da manutenção de uma empresa e, em particular, a implementação da TPM (p.e. IFS, eMaintenance+, eMaint). Estes auxiliares tecnológicos permitem que, após inserção dos dados dos equipamentos, seja possível criar *work orders* (ordens de trabalho), criar as manutenções preventivas e respetivo plano, etc., de uma forma rápida, simples e intuitiva. Além disto, podem também ser utilizadas para aceder ao histórico de avarias e de manutenções preventivas de cada máquina em particular. A requisição de material para cada equipamento pelos técnicos de manutenção também pode ficar registada nestas plataformas. Isto vai permitir um pedido mais célere por parte do Departamento Financeiro da empresa, e possibilita um controlo de custos mais eficiente. Apesar de todas as vantagens que estas ferramentas podem apresentar, as empresas que assim o entenderem podem simplesmente usar ferramentas básicas para o mesmo propósito, como o Excel, ou então construir uma base de dados adaptada às suas realidades.

No capítulo seguinte será criado um plano de TPM para uma empresa fictícia de indústria automóvel. Vai ser descrita pormenorizadamente a implementação do plano nas várias

linhas de produção e vão ser analisadas as avarias recorrentes e encontradas soluções para as minimizar.

4 Conceção e Implementação da TPM

Como modelo para a conceção e implementação de um plano de TPM, será usada uma fábrica fictícia de indústria automóvel com 3 linhas de produção. No entanto, o Plano de Manutenção Preventiva apenas será implementado nas Linhas 1 e 2, de forma a comparar as vantagens/desvantagens da aplicação desta técnica e o aumento/diminuição de rendimento dos equipamentos. Desta forma o plano de trabalhos será o descrito na seguinte figura:

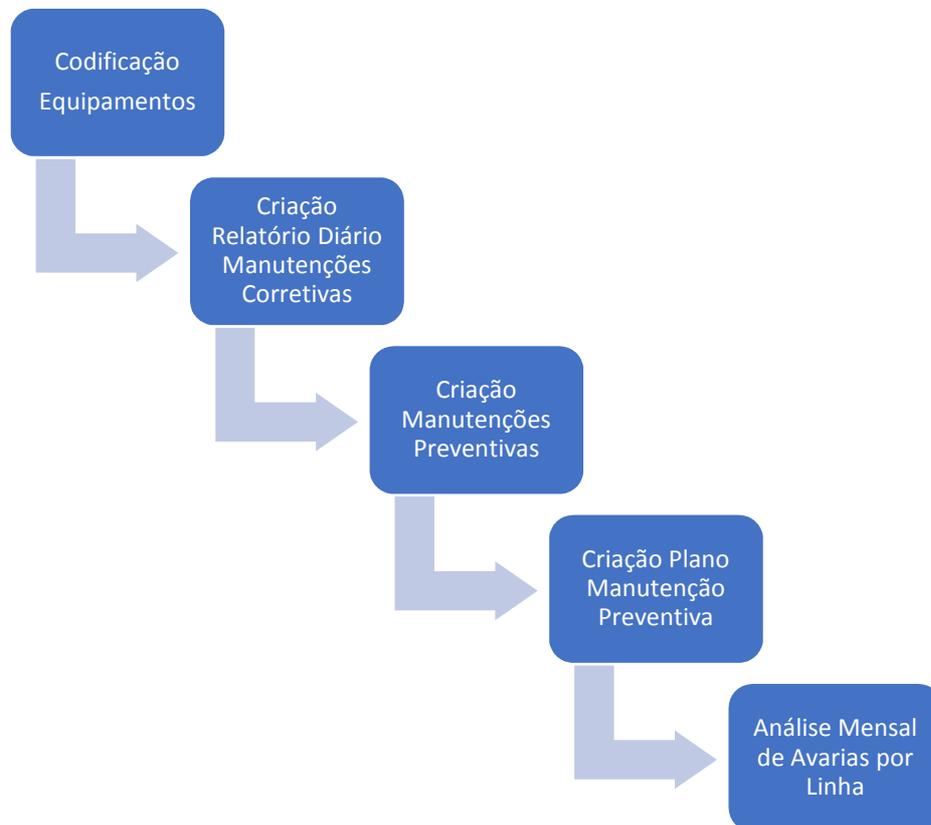


Figura 1. 3 Plano de trabalhos

4.1 Codificação de Equipamentos

O sucesso da implementação da TPM está impreterivelmente associado à codificação dos equipamentos, como atrás referido. Este processo de codificação é uma das primeiras fases a ter em conta na implementação da TPM, sendo um procedimento simples e intuitivo de executar, mas de enorme importância, facilitando e servindo de orientação para todos os processos dentro da empresa. Na Figura 1.4, está exemplificada a codificação dos equipamentos pertencentes às linhas de produção da fábrica, e também dos equipamentos fabris que não fazem parte das linhas (denominado na tabela como “Linha Geral”).

Linha	Código Interno	Nome	Tipo	Ano de fabrico	Data de Instalação
Linha 1	1001	Soldadura 1	Célula de soldadura	2001	abr/01
	1002	Soldadura 2	Célula de soldadura	2000	abr/01
	1003	Soldadura 3	Célula de soldadura	2001	abr/01
	1004	Soldadura 4	Célula de Soldadura	2001	abr/01
	1005	Soldadura 5	Célula de soldadura	2000	abr/01
	1006	Estanquicidade / Gravação	Estanquicidade / Gravação	2000	abr/01
	1007	Prensa Chapa Térmica	Prensa	2001	abr/01
Linha 2	2001	Prensa Canning CATA	Prensa	2000	mai/01
	2002	Gravadora CATA	Gravadora	2001	mai/01
	2003	Prensa Canning FAP	Prensa Canning	2000	mai/01
	2004	Soldadura 1	Célula soldadura	2000	mai/01
	2005	Gravadora FAP	Gravadora	2001	mai/01
Linha 3	3001	Soldadura 1	Célula de soldadura	2002	fev/02
	3002	Estanquicidade_Gravação	Estanquicidade_Gravação	2001	fev/02
	3003	Soldadura 2	Célula de soldadura	2002	fev/02
	3004	Soldadura Manual 1	Posto Soldadura manual	2002	fev/02
	3005	Estanquicidade_Gravação	Estanquicidade_Gravação	2001	fev/02
	3006	Prensa Chapa Térmica	Prensa	2002	fev/02
Geral	0001	Compressor Ar Comprimido 1	Externa	2000	jan/02
	0002	Compressor Ar Comprimido 2	Externa	2000	jan/02

Figura 1. 4 Codificação dos equipamentos

A numeração das linhas de fabrico foi atribuída de acordo com a antiguidade das mesmas (data de instalação). Cada uma delas tem vários equipamentos, que foram numerados de acordo com a linha a que pertencem e com a sua posição no processo de fabrico. Assim, qualquer equipamento que pertença à linha 1 tem uma numeração que inicia por “1xxx”, se pertencer à linha 2 começa por “2xxx”, e assim sucessivamente. Os restantes algarismos foram atribuídos de acordo com a ordem do equipamento no processo daquela linha em particular. Esta forma de atribuição do código interno da máquina irá permitir a rápida identificação da máquina, associando imediatamente a máquina ao departamento/linha correspondente. Além desta distinção numérica, os equipamentos são também categorizados por tipo de máquina e ano de fabrico. O tipo de máquina é particularmente importante quando se fala de manutenção preventiva ou *preventive maintenance* (PM). Ao invés de se criar uma PM para cada equipamento de cada linha, estes são classificados por tipo de máquina, e é criada uma PM por

tipo. Todas as máquinas do mesmo tipo têm componentes e *layout* idênticos, o que permite a criação destas PM *standard*. Esta categorização vai acelerar o processo de implementação de preventivas no imediato, numa futura montagem de uma linha de produção, e na resolução de potenciais avarias que possam ocorrer num tipo de máquina. No caso desta última, a ação preventiva desenvolvida para resolver a avaria passará a fazer parte da PM da máquina respetiva e a ser aplicada em todas as máquinas desse tipo.

4.2 Relatório Diário de Manutenção Corretiva

No processo de implementação da TPM numa fábrica, é essencial que haja relatórios das manutenções corretivas efetuadas nas máquinas, ou seja, todas as avarias que ocorrem em cada equipamento devem ser relatadas ao pormenor, desde a sua causa até à sua resolução. Esta informação será depois utilizada para se criarem/atualizarem PM, de forma a prevenir a recorrência de avarias. É assim essencial que o relatório de manutenção corretiva seja intuitivo e detalhado, contendo toda a informação necessária para a sua fácil interpretação e criação de PM. Assim, criou-se em Excel um modelo de um relatório diário de manutenção corretiva com todas estas características fundamentais.

Na página inicial do excel temos disponíveis para seleção as linhas de produção existentes na fábrica (Linhas 1-3) (Figura 1.5).

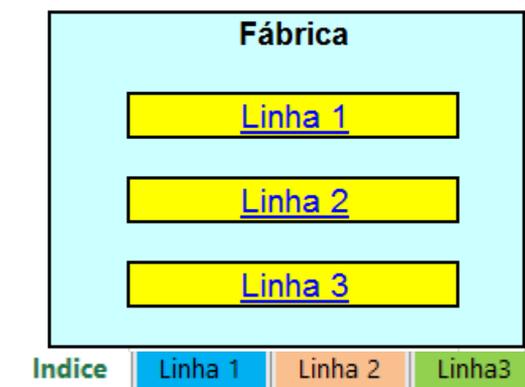


Figura 1. 5 Linhas de produção existentes na fábrica (1-3)

Cada uma destas linhas contém hiperligações para a sua página individual, onde se encontram os seus respetivos relatórios diários de manutenção corretiva:

Data	Tempo Intervenção (min)	Tempo Paragem (min)	Turno	Técnico	Máquina	Tipo de Problema	Problema	Resolução	A decorrer Concluída	Observações
02/05/2018	30	30	TM	Tec. 6	Prensa Chapa térmica - 1007	Hidráulico	02 - Acessório hidráulico danificado	Fuga de óleo pelo acessório, substituição do bicone.	C	
03/05/2018	10	10	TT	Tec. 8	Soldadura 3 - 1003	Elétrico	01 - Sensor Desajustado	Sensor de presença da brida desajustado, afinação.	C	

Figura 1. 6 Exemplo de relatório diário de manutenção corretiva da Linha 1

Como exemplificado na Figura 1.6, são vários os dados que são inseridos nestes relatórios. Um dos mais importantes é a discriminação do tempo de intervenção e do tempo de paragem da máquina (min). Esta distinção entre tempos tem de ser feita, sendo que o tempo de intervenção faz referência ao tempo que o técnico esteve a analisar e a resolver a avaria em questão, o que não é equivalente ao tempo de paragem do equipamento. A paragem do equipamento por avaria é uma situação crítica, que deve ser resolvida no menor espaço de tempo possível, sendo normalmente menor que o tempo de intervenção do técnico no equipamento. No relatório é também colocado quem foi o técnico que esteve na avaria, em qual turno, o que pode ser importante se existirem posteriormente questões associadas à avaria sobre as quais o técnico possa fornecer alguma informação suplementar. Na coluna “Máquina”, estão disponíveis para seleção todas as máquinas existentes na linha previamente selecionada, associadas ao seu código interno, facilitando assim a seleção da máquina exata em avaria, como se pode ver na figura abaixo:

Técnico	Máquina
Tec. 6	Prensa Chapa térmica - 1007
	Soldadura 1 - 1001
	Soldadura 2 - 1002
	Soldadura 3 - 1003
	Soldadura 4 - 1004
	Soldadura 5 - 1005
	Estanquicidade / Gravação - 1006
	Prensa Chapa térmica - 1007

→

Designação Máquina Linha 2
Soldadura 1 - 1001
Soldadura 2 - 1002
Soldadura 3 - 1003
Soldadura 4 - 1004
Soldadura 5 - 1005
Estanquicidade / Gravação - 1006
Prensa Chapa térmica - 1007

Figura 1. 7 Máquinas existentes para seleção na linha 1

Os próximos pontos do relatório são a seleção do tipo de problema e a descrição do mesmo. No Excel criado, é inicialmente feita uma escolha por tipo. As avarias podem ser de cariz elétrico, pneumático, hidráulico, mecânico ou de automação, havendo também a opção “outro” para alguma avaria que não se encaixe particularmente em nenhum dos tipos anteriores. Ao selecionarmos o tipo de problema, automaticamente só aparecem na descrição do mesmo (coluna “Problema”) as avarias associadas ao tipo de problema escolhido. Isto torna todo o processo de descrição da avaria muito mais célere e intuitivo para o técnico que preenche o relatório da intervenção. Na Figura 1.8 estão explícitos quais os problemas associados a cada tipo de avaria, que após a escolha deste, ficam disponíveis para seleção:

Tipos Avaria	Elétrico	Pneumático	Hidráulico	Mecânico	Automação
Elétrico	01 - Sensor Desajustado	01 - Cilindro pneumático danificado	01 - Cilindro hidráulico danificado	01 - Parafuso partido	01 - Barreiras em erro
Pneumático	02 - Sensor Danificado	02 - Acessório pneumático danificado	02 - Acessório hidráulico danificado	02 - Rosca Danificada	02 - Radar em erro
Hidráulico	03 - Cabo danificado	03 - Tubo pneumático danificado	03 - Tubo hidráulico danificado	03 - Borracha Danificada	03 - Máquina fora de PI
Mecânico	04 - Cabo arrancado	04 - Tubo pneumático estrangulado		04 - Peça mecânica danificada	04 - Robot em Erro
Automação	05 - Carta automato / eixo danificada	05 - Electroválvula pneumática danificada		05 - Peça com desgaste	
Outro	06 - Módulo ASI Danificado			06 - Rolamento danificado	
	07 - Fonte de alimentação danificada			07 - Gravadora Danificada	
	08 - Disjuntor desligado			08 - Gravadora Desafinada	
	09 - Relé/Contactor danificado			09 - Correia danificada	
	10 - Botão Danificado			10 - Fuso Danificado	
	11 - Lâmpada fundida				
	12 - Cortina não funciona				
	13 - Leitor código barras não lê				
	14 - Motor Danificado				

Figura 1. 8 Tipos de avaria: Eléctrica, Pneumática, Hidráulica, Mecânica e de Automação

Nos últimos dois pontos do relatório é colocada qual foi a solução para a avaria ocorrida, e se esta ainda está a decorrer ou já se encontra concluída. Se a mesma avaria voltar a ocorrer, podem utilizar-se estes relatórios para mais rapidamente se perceber qual a solução para o problema, diminuindo assim os tempos de intervenção e paragem da máquina.

4.3 Criação de Manutenções Preventivas

Estes processos iniciais de codificação dos equipamentos e de preenchimento de relatórios de manutenção corretiva irão ser a base para a criação de manutenções preventivas. As avarias devem ser analisadas ao pormenor, e se se entender que é uma situação relevante, deve ser criada ou atualizada a PM daquele tipo de máquina, de forma a prevenir a recorrência da avaria. Além deste tipo de informações, nas PM de cada equipamento deve também constar a revisão ao estado geral da máquina e de todos os seus componentes essenciais. Assim, com a utilização do manual do fornecedor de cada equipamento e a experiência adquirida a trabalhar numa empresa do setor automóvel, criaram-se as PM necessárias para os tipos de máquinas que se podem encontrar neste tipo particular de indústria.

a. Tipo “Célula Soldadura”

Este tipo de equipamento é constituído por um *robot* que na sua mesa tem uma ferramenta de soldadura na qual serão colocados os vários componentes para obter a peça final soldada. Esta ferramenta, para além de peças mecânicas tem também cilindros pneumáticos e sensores eletrónicos para garantir a correta montagem da peça. O funcionamento desta máquina dá-se através de energia elétrica e pneumática, sendo também necessário gás para a soldadura.

Assim, a manutenção preventiva foi pensada e elaborada de forma a que todos estes componentes fossem verificados. As tarefas desta preventiva dividiram-se em duas partes:

- Ferramenta de Soldadura, onde serão verificados todos os componentes da mesma, nomeadamente, os acionamentos pneumáticos (cilindros, tubos, etc.), sensores e peças mecânicas.
- Célula de Soldadura, onde serão verificados o Quadro Elétrico Geral (Q.E.), Q.E. do *Robot*, alimentações de ar comprimido e de gás e também o bom estado da estrutura da máquina.

Manutenção Preventiva		
Tipo: Célula Soldadura		
Linha:	Máquina:	
Lista de Tarefas	Status	Observações
Ferramenta Soldadura		
- Eliminar fugas ar comprimido	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Cilindros pneumáticos: - Limpeza do veio - Verificar tubos pneumáticos - Verificar acessórios pneumáticos - Lubrificar veio	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Validar estado e afinação dos Sensores	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado dos cabos dos sensores e suas proteções	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado, aperto e correto movimento das peças mecânicas	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
Célula Soldadura		
- Limpeza e arrumação do Q.E. Célula	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Limpeza e arrumação do Q.E. Robot	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Limpeza do Controlador Robot	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Eliminar fugas de ar comprimido ou gás	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado de cabos elétricos e suas proteções	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado geral da célula	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	

Início: ____/____/____

Fim: ____/____/____

Total (min):

Realizada por:

Figura 1. 9 Tipo "Célula Soldadura"

b. Tipo “Posto de Soldadura Manual”

Este equipamento é similar ao anterior, exceto pelo facto de não possuir mecanismos pneumáticos nem um *robot*. Ao invés disto, possui um aparelho de soldadura manual que é manobrado por um operador. Assim, a preventiva deste tipo de máquina torna-se mais simples, eliminando-se as tarefas relativas aos acionamentos pneumáticos. Além disto, substituíram-se também as tarefas relativas ao *robot* pelas do aparelho de soldar.

Manutenção Preventiva		
Tipo: Posto de Soldadura Manual		
Linha:	Máquina:	
Lista de Tarefas	Status	Observações
Ferramenta Soldadura		
- Validar estado e afinação dos Sensores	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado dos cabos dos sensores e suas proteções	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado, aperto e correto movimento das peças mecânicas	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
Célula Soldadura		
- Limpeza e arrumação do Q.E.	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Limpeza do Aparelho de soldar	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Eliminar fugas de gás	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado de cabos elétricos e suas proteções	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	

Início: ____/____/____

Fim: ____/____/____

Total (min):

Realizada por:

Figura 1. 10 Tipo "Posto de Soldadura Manual"

c. Tipo “Prensa”

Esta PM foi feita para uma prensa hidráulica vertical. Trata-se de um equipamento que através de uma bomba hidráulica é capaz de atingir altas pressões e que pode ser usada para introduzir componentes no interior de outros, para moldar uma peça de acordo com um molde, para prensar e moldar chapa térmica à peça final, entre outras aplicações. Assim, na preventiva desta máquina tem de se verificar, além da parte elétrica e pneumática que é comum aos tipos de máquinas anteriores, tudo o que esteja relacionado com a parte hidráulica inerente a este equipamento. Assim, na preventiva deste tipo de máquinas tem também de constar a verificação dos cilindros hidráulicos, bomba hidráulica, fugas de óleo, acessórios, entre outros.

Manutenção Preventiva		
Tipo: Prensa		
Linha:	Máquina:	
Lista de Tarefas	Status	Observações
Prensa		
- Eliminar fugas ar comprimido/óleo	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Cilindros pneumáticos/hidráulicos: - Limpeza do veio - Verificar tubos pneumáticos/hidráulicos - Verificar acessórios pneumáticos/hidráulicos - Lubrificar veio	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar bomba hidráulica	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Validar estado e afinação dos Sensores	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado dos cabos dos sensores e suas proteções	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado, aperto e correto movimento das peças mecânicas	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Limpeza e arrumação do Q.E.	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado geral da prensa	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	

Início: ____/____/____

Fim: ____/____/____

Total (min):

Realizada por:

Figura 1. 11 Tipo "Prensa Chapa Térmica"

d. Tipo “Estanquicidade/Gravação”

Este tipo de máquina é usado para garantir, peça a peça, que estas não têm fugas, garantindo assim que as soldaduras estão conformes. Para além desta função, esta máquina também tem uma gravadora que grava dados na chapa da peça, nomeadamente a referência da peça, a marca automóvel a que se destina, a data de produção ou a marca da empresa que fabrica. Trata-se de um equipamento relativamente pequeno, composto simplesmente por uma ferramenta com cilindros pneumáticos e sensores onde encaixa a peça, um aparelho de medição de fugas e uma gravadora. Assim, a PM para este equipamento inclui a verificação das seguintes partes:

- Estanquicidade, onde se verifica tudo o que seja relacionado com o sistema de deteção de fugas;
- Gravação, devendo-se limpar, verificar o estado geral da gravadora e validar a correta gravação na peça;

- Geral, onde se verifica o estado dos acionamentos pneumáticos (cilindros, tubos, entre outros), sensores e peças mecânicas.

Manutenção Preventiva		
Tipo: Estanquicidade / Gravação		
Lista de Tarefas	Status	Observações
Linha:	Máquina:	
Geral		
- Eliminar fugas ar comprimido	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Cilindros pneumáticos: - Limpeza do veio - Verificar tubos pneumáticos - Verificar acessórios pneumáticos - Lubrificar veio	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Validar estado e afinação dos Sensores	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado dos cabos dos sensores e suas proteções	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado, aperto e correto movimento das peças mecânicas	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
Estanquicidade		
- Limpeza do aparelho de medição de fugas	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificação de tubagem de medição de fugas	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
Gravação		
- Limpeza da gravadora	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Validação da gravação	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	

Início: ____/____/____

Fim: ____/____/____

Total (min):

Realizada por:

Figura 1. 12 Tipo "Estanquicidade / Gravação"

e. Tipo "Gravadora"

Este equipamento, comparativamente com o anterior, não tem a componente de estanquicidade, sendo apenas usada para fazer gravações nas peças (referência da peça, marca automóvel a que se destina, data de produção, entre outros). Desta forma, apenas serão verificados os componentes gerais e os relacionados com a gravadora.

Manutenção Preventiva		
Tipo: Gravadora		
Linha:	Máquina:	
Lista de Tarefas	Status	Observações
Geral		
- Eliminar fugas ar comprimido	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Cilindros pneumáticos: - Limpeza do veio - Verificar tubos pneumáticos - Verificar acessórios pneumáticos - Lubrificar veio	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Validar estado e afinação dos Sensores	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado dos cabos dos sensores e suas proteções	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado, aperto e correto movimento das peças mecânicas	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
Gravação		
- Limpeza da gravadora	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Validação da gravação	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	

Início: ____/____/____

Fim: ____/____/____

Total (min):

Realizada por:

Figura 1. 13 Tipo "Gravadora"

f. Tipo "Genérica para a Produção"

As preventivas anteriores destinam-se a ser efetuadas por técnicos especializados de manutenção, fazendo parte do plano de intervenção desta equipa. No entanto, como boa prática de TPM, os operadores da produção também devem ser envolvidos nas manutenções preventivas. Assim, foi criada uma PM para ser levada a cabo exclusivamente pelos operadores de produção. Esta deve ser executada em todas as máquinas, cada vez que as linhas de produção pararem para os técnicos de manutenção efetuarem as preventivas que têm planeadas. Apesar de serem preventivas simples, em que não é necessário conhecimento técnico especializado, podem ser cruciais na antecipação de futuras avarias. Através da limpeza e observação dos vários componentes dos equipamentos, e essencialmente através da verificação do aspeto visual da máquina, o técnico pode antecipar algum problema que esteja eminente e resolver, se for simples, ou então passar a informação aos técnicos de manutenção. Este tipo de preventivas faz com que todas as máquinas sejam regularmente avaliadas pelos operadores, libertando tempo aos técnicos de manutenção para efetuarem tarefas mais complexas.

Manutenção Preventiva		
Tipo: Operadores de Produção		
Linha:	Máquina:	
Lista de Tarefas	Status	Observações
- Limpeza geral equipamento	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Eliminar fugas ar comprimido	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Validar estado dos Sensores	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado das proteções dos sensores	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado, aperto e correto movimento das peças mecânicas	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
- Verificar estado geral da célula	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	

Início: ____/____/____
Fim: ____/____/____

Total (min):

Realizada por:

Figura 1. 14 Tipo “Genérica para a Produção”

4.4 Plano de Manutenção Preventiva

Depois de elaboradas as preventivas para cada tipo de máquina das linhas de produção, é necessário que estas ações de manutenção sejam aplicadas de forma regular. Assim, a sua calendarização é muito importante, essencialmente para existir uma avaliação frequente do estado da máquina, tentando desta forma prevenir ao máximo a ocorrência de avarias. Por este motivo, e tendo em conta a tipologia e criticidade dos equipamentos, definiu-se a periodicidade de cada preventiva, descrito na Tabela 1.1:

Tipo Equipamento	Periodicidade
Célula de Soldadura	A cada 3 semanas
Soldadura Manual	A cada 3 semanas
Estanquicidade / Gravação	A cada 3 semanas
Gravadora	A cada 3 semanas
Prensa Canning	A cada 4 semanas
Prensa Chapa Térmica	A cada 4 semanas
Compressor Ar Comprimido	1 x Ano

Tabela 1. 1 Periodicidade de aplicação de TPM por tipo de Equipamento

Este planeamento tem de ser levado a cabo de forma a não comprometer o normal funcionamento das linhas de produção. Assim, tal como apresentado na tabela 4.2, cada linha vai ter 2h semanais de paragem planeada, num dia específico e diferente para cada linha, de forma a que sejam levadas a cabo todas as ações de manutenção preventiva necessárias e a comprometer o menos possível a produção fabril. Assim sendo, semanalmente, todas as

máquinas cujo planeamento indique que deve ser feita a manutenção preventiva, deverão ser intervencionadas no dia previsto de TPM ou em paragem da linha (Tabela 1.2).

Planeamento TPM			
Linha	Periodicidade	Duração	Dia
Linha 1	1 x Semana	2h	2ª feira
Linha 2	1 x Semana	2h	4ª feira
Linha 3	-	-	-

Tabela 1. 2 Planeamento semanal de TPM por linha de produção

Por fim foi construído o “Plano de Manutenção Preventiva” do ano em questão. Na Tabela 1.3 são representadas todas as linhas e respetivas máquinas, os meses do ano e as semanas correspondentes. A periodicidade com que cada máquina é sujeita a manutenção preventiva pela equipa de manutenção é colocada na tabela, dando-nos a perceção geral da semana e mês do ano em que cada máquina irá ser intervencionada. Como referido anteriormente, nestes dias de paragem das linhas de produção, além de serem intervencionadas as máquinas que aparecem no planeamento da equipa de manutenção, são também limpas e visualmente avaliadas todas as restantes máquinas da linha pelos seus operadores.

Plano de Manutenção Preventiva 2018																					
Mês	Semana	Linha 1						Linha 2					Linha 3						Geral		
		1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	2001	2002	2003	2004	2005	3001	3002	3003	3004	3005	3006	0001	0002
Maio	S19	X		X			X		X	X											
	S20		X		X						X	X									
	S21					X							X								
	S22	X		X			X	X		X											
Junho	S23		X		X			X				X									
	S24					X					X		X								
	S25	X		X			X			X											
	S26		X		X			X					X								
Julho	S27					X		X					X								
	S28	X		X			X			X	X										
	S29		X		X							X									
	S30					X		X					X								
	S31	X		X			X		X	X											
Agosto	S32		X		X							X	X							X	X
	S33					X							X								
	S34	X		X			X	X		X											
	S35		X		X				X			X									
Setembro	S36					X					X		X								
	S37	X		X			X			X											
	S38		X		X			X					X								
	S39					X			X					X							
	S40	X		X			X			X	X										
Outubro	S41		X		X								X								
	S42					X		X						X							
	S43	X		X			X		X	X											
	S44		X		X								X	X							
Novembro	S45					X							X								
	S46	X		X			X	X		X											
	S47		X		X				X				X								
	S48					X					X		X								
Dezembro	S49	X		X			X			X											
	S50		X		X			X					X								
	S51					X			X					X							
	S52	X		X			X			X	X										
	S53		X		X								X								

Tabela 1. 3 Plano de Manutenção Preventiva Anual

4.5 Análise de avarias mensal da Linha 2

Apesar de nesta fase já existir um historial conhecido das avarias de cada máquina e de já estar em curso um plano de manutenção preventiva, todas as avarias que ocorrem nas linhas de produção da fábrica devem ser controladas e avaliadas. Como já foi referido anteriormente, se for uma avaria que se considere pertinente, a sua forma de prevenção deve ser incluída na PM desse tipo de máquina, de forma a reduzir ao máximo a paragem por avaria dos equipamentos. Com este acompanhamento apertado das avarias pretende-se também ter a perceção da existência ou não de avarias repetitivas, que estão a diminuir a produtividade da máquina de uma forma recorrente. Sendo esse o caso, o próximo passo é criar um plano de ações, com o propósito de eliminar ou reduzir ao máximo ideal a ocorrência dessa avaria.

Nesse sentido, implementou-se também neste plano de TPM uma análise mensal das avarias ocorridas por linha. Sendo que o Registo Diário de Manutenção Corretiva é elaborado em Excel, facilmente se consegue seleccionar apenas as avarias relativas a um mês à escolha. Neste caso será apresentado como exemplo a análise mensal de maio da Linha 2 (Figura 1.15).

Data	Tempo Intervenção (min)	Tempo Paragem (min)	Turno	Técnico	Máquina	Tipo de Problema	Problema	Resolução	A decorrer (d) Concluído (c)
2018.05.10	15	15	TT	Tec. 7	Gravadora CATA - 2002	Automação	03 - Máquina fora de FI	Auto-eject prendia em baixo. limpar lubrificar	C
2018.05.27	5	5	TM	Tec. 6	Gravadora CATA - 2002	Pneumático	03 - Tubo pneumático danificado	Não grava. Tubo de alimentação pneumático com fuga. substitui-se.	C
2018.05.06	30	30	TN	Tec. 4	Gravadora FAP - 2005	Mecânico	07 - Gravadora Danificada	Gravação nok. Colocação de parafuso em falta na guia da gravadora e aperto dos restantes que estavam frouxos. Colocação de borracha no apoio da peça que está na porta. Ajuste da distância da gravadora à peça.	C
2018.05.19	10	10	TT	Tec. 8	Gravadora FAP - 2005	Mecânico	08 - Gravadora Desafinada	Gravação NOK. ajuste da gravadora	C
2018.05.17	5	5	TN	Tec. 3	Prensa Canning CATA - 2001	Hidráulico	02 - Acessório hidráulico danificado	Tubo de saída da válvula de decida do cilindro rebentou. substituição do mesmo e pequena afinação na pressão de decida.	C
2018.05.26	5	5	TN	Tec. 4	Prensa Canning CATA - 2001	Elétrico	08 - Disjuntor desligado	Térmico do grupo hidráulico desarmado. Rearmou-se o disjuntor e ficou ok.	C
2018.05.10	15	15	TM	Tec. 6	Prensa Canning FAP - 2003	Automação	01 - Barreiras em erro	Barreiras desalinhadas, alinharam-se.	C
2018.05.02	45	50	TM	Tec. 6	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	fusível nok no bloco dos sensores, cabo do sensor da base em curto circuito refazer ligações, e trocar sensor	C
2018.05.11	30	30	TT	Tec. 7	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	Sensor presença de peça e cabo danificado. trocou-se.	C
2018.05.17	20	20	TM	Tec. 5	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	Sensor presença de peça danificado. substituiu-se.	C
2018.05.12	15	15	TN	Tec. 4	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	Sensor presença de peça danificado. substituiu-se.	C
2018.05.03	10	10	TT	Tec. 8	Soldadura - 2004	Mecânico	04 - Peça mecânica danificada	Base de peça solta. reapertou-se base e sensor de presença de peça	C
2018.05.20	10	10	TN	Tec. 4	Soldadura - 2004	Elétrico	03 - Cabo danificado	Cabo de sensor de presença de peça danificado. substituiu-se.	C

Figura 1. 15 Análise registo de Manutenções Corretivas - maio

Um dos pontos mais críticos das avarias é o tempo total de paragem da máquina. Uma máquina parada por avaria diminui exponencialmente a produtividade da linha onde se encontra inserida. Assim umas das análises mensais mais importante que se pode fazer, é o cálculo de tempo de paragem total que cada máquina da linha teve (Tabela 1.4). Deve-se fazer a soma do tempo que cada equipamento esteve parado em cada intervenção que sofreu.

Linha 2 - Avarias em Maio		
Máquina	Nº de intervenções	Tempo de paragem (min)
Soldadura - 2004	6	125
Gravadora FAP - 2005	2	20
Gravadora CATA - 2002	2	40
Prensa Canning CATA	2	10
Prensa Canning FAP	1	0

Tabela 1. 4 Registo de Avarias Mensal da Linha 2

Neste caso da Linha 2, a máquina “Soldadura - 2004” foi a que teve mais tempo de paragem (125min). Interessa então perceber porque esteve esta máquina tanto tempo em avaria e sem produzir. Por esse motivo, de seguida deve-se averiguar quais foram as avarias dessa máquina ao longo do mês que estamos a analisar (Figura 1.16).

Data	Tempo Intervenção (min)	Tempo Paragem (min)	Turno	Técnico	Máquina	Tipo de Problema	Problema	Resolução	A decorrer (d) Concluído (c)
2018.05.02	45	50	TM	Tec. 6	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	fusível nok no bloco dos sensores, cabo do sensor da base em curto circuito refazer ligações, e trocar sensor	C
2018.05.11	30	30	TT	Tec. 7	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	Sensor presença de peça e cabo danificado. trocou-se.	C
2018.05.17	20	20	TM	Tec. 5	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	Sensor presença de peça danificado. substituiu-se.	C
2018.05.12	15	15	TN	Tec. 4	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	Sensor presença de peça danificado. substituiu-se.	C
2018.05.03	10	10	TT	Tec. 8	Soldadura - 2004	Mecânico	04 - Peça mecânica danificada	Base de peça solta, reapertou-se base e sensor de presença de peça	C
2018.05.20	10	10	TN	Tec. 4	Soldadura - 2004	Elétrico	03 - Cabo danificado	Cabo de sensor de presença de peça danificado, substituiu-se.	C

Figura 1. 16 Análise de avarias mensal da Linha 2 – “Máquina Soldadura – 2004”

Tendo estes dados disponíveis, pode ainda fazer-se a distinção de qual foi o tipo de avaria mais recorrente neste equipamento ou que gerou mais tempo de paragem. Através da análise da Tabela 1.5, consegue-se perceber que o problema desta máquina em particular é essencialmente elétrico, tendo sido o tipo de problema que ocorreu mais vezes e ao qual está associado todo o tempo de paragem.

Máquina "Soldadura - 2004"		
Tipo de Avaria	Nº de intervenções	Tempo de paragem (min.)
Elétrico	5	125
Mecânico	1	0

Tabela 1. 5 Registo de Avarias Anual da Máquina "Soldadura - 2004"

Com esta informação disponível, deve analisar-se com mais atenção as avarias de cariz elétrico deste equipamento. Cada uma das avarias ocorridas deve ser criteriosamente revista, devendo-se averiguar se existe algum elemento em comum, e que possa estar na origem de todas as paragens desta máquina.

Data	Tempo Intervenção (min)	Tempo Paragem (min)	Turno	Técnicos	Máquina	Tipo de Problema	Problema	Resolução	A decorrer (d) Concluído (e)
2018.05.02	45	50	TM	Tec. 6	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	fusível nok no bloco dos sensores, cabo do sensor da base em curto circuito refazer ligações, e trocar sensor	C
2018.05.11	30	30	TT	Tec. 7	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	Sensor presença de peça e cabo danificado, trocou-se	C
2018.05.17	20	20	TT	Tec. 5	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	Sensor presença de peça danificado, substituiu-se	C
2018.05.12	15	15	TN	Tec. 4	Soldadura - 2004	Elétrico	02 - Sensor Danificado	Sensor presença de peça danificado, substituiu-se	C
2018.05.20	10	10	TN	Tec. 4	Soldadura - 2004	Elétrico	03 - Cabo danificado	Cabo de sensorde presença de peça danificado, substituiu-se	C

Figura 1. 17 Análise de Avarias por Causa

Analisando os dados da Figura 1.17, percebe-se que na base de quase todas as avarias elétricas desta máquina está um problema comum de avaria no sensor (“sensor de presença de peça” que é o mesmo que “sensor da base”). Esta é assim a causa de uma avaria repetitiva, que deve ser tratada de forma célere, de forma a reduzir a sua ocorrência, ou se possível, a sua eliminação.

Para tal, deve ser criado um plano de ações. Este plano deve ser elaborado por toda a equipa de manutenção, e não apenas pelo coordenador que faz a revisão mensal do Registo Diário de Manutenção Corretiva, pois o *input* dos técnicos é fundamental para a criação de uma preventiva que seja eficiente.

O plano de ações criado para a resolução desta avaria contempla as seguintes etapas:

1. Rever a PM criada para esta máquina, se necessário;
2. Substituir o tipo de sensor.

No que diz respeito ao Ponto 1, verificou-se que a avaliação do estado dos sensores, bem como das suas proteções, já estava contemplada na respetiva manutenção preventiva da

máquina, não sendo necessário alterar a mesma. Sendo assim, e passando ao Ponto 2 do plano de ações, foi decidido pela equipa de manutenção que a resolução do problema passava pela alteração do tipo de sensor para um mais robusto. Isto porque a equipa se apercebeu que o problema estava na baixa resistência do sensor às altas temperaturas a que está sujeito, devido à soldadura.

Após as ações acordadas estarem implementadas, deve colocar-se um objetivo ambicioso de ocorrência mensal máxima da avaria em causa, e estes dados devem ser analisados no mês seguinte. Desta forma pretende-se comprovar a eficácia do Plano de Ações aplicado na redução/eliminação da avaria.

5

Discussão, Conclusões e Trabalho futuro

5.1 Discussão e Conclusões

O trabalho realizado nesta dissertação foi a implementação de técnicas de TPM num ambiente fictício, não havendo por isso resultados reais para debater. À parte disso, muitas conclusões podem ser retiradas do trabalho efetuado, quer a nível das dificuldades e benefícios da aplicação da técnica no ambiente industrial, da necessidade de manter um ambiente organizado, e dos passos que precisam de ser cumpridos para levar a empresa a cumprir o seu objetivo final, um aumento na sua qualidade e produtividade.

O grande objetivo da TPM é reduzir os tempos de paragem das máquinas em avaria, que muitas vezes são bastante prolongados, e que se traduzem em paragem na produção, e diminuição do rendimento da empresa. Para isto, as linhas de produção são paradas de forma planeada, para efetuar ações de manutenção preventiva e implementar os planos de TPM de cada equipamento. Isto irá trazer muitos benefícios a curto e longo prazo, levando à diminuição da ocorrência de avarias, e conseqüentemente do tempo de paragem dos equipamentos. Através do cálculo da OEE da empresa, rapidamente se comprova as vantagens da aplicação da TPM e a sua eficácia, sendo expectável que uma empresa que aplique esta técnica tenha uma OEE igual ou superior a 85%, o que seria o valor provável de obter nas Linhas 1 e 2 apresentadas nesta dissertação. Pelo contrário, na Linha de Produção nº3 deste trabalho, ou numa fábrica que não tenha implementado qualquer plano de manutenção preventiva, ou melhorias, será esperado obter uma OEE inferior a 40%.

A equipa de manutenção tem um papel decisivo na empresa, pois serão estes técnicos a conceber as manutenções preventivas. A implementação da TPM tem de ser efetuada sem falhas, a equipa tem de ser pró-ativa, inovadora e acima de tudo nunca assumirem que o trabalho está concluído, procurando sempre formas de aperfeiçoamento. As avarias devem ser sempre entendidas como uma oportunidade de aprendizagem, para perceber onde se pode melhorar ou o que se pode fazer diferente para que esta ocorra menos vezes ou deixe de acontecer totalmente. A manutenção é um trabalho que nunca acaba, e este estudo contínuo não deve nunca deixar de ser realizado. A ideia de que este departamento apenas serve o propósito de

resolver avarias deve ser ultrapassada, pois cada vez mais as empresas têm de ser mais competitivas, e para tal, precisam de produzir ao máximo e na melhor qualidade, o que só pode ser conseguido através de investimento na manutenção.

É igualmente importante que os procedimentos e vantagens da TPM sejam explicados aos restantes colaboradores da empresa, desde o operador de produção ao diretor industrial. Tem de existir o apoio e a colaboração de todos para a TPM ser concretizada com sucesso.

Particularmente, a equipa de produção tem também um papel essencial na execução da TPM. Os operadores de produção são as pessoas que mais tempo passam junto dos equipamentos, o que faz com que conheçam bem a “sua” máquina, dando muitas vezes ideias de melhoria excelentes para resolução de problemas. Como lidam diariamente com os equipamentos, são os primeiros a verificar problemas, problemas estes que às vezes podem ser facilmente resolvidos por eles, ou então chamando a equipa de manutenção. Um dos princípios basilares da manutenção é que quanto mais cedo se resolverem as avarias, mais fácil e barata será a resolução das mesmas. Muitas vezes, quando se ignoram os sintomas da máquina, e se prolonga o problema, este vai-se tornando progressivamente mais grave. E “grave” muitas vezes significa longos tempos de paragem e custos elevados de material.

Para os operadores de produção conseguirem realizar sem falhas as tarefas referidas anteriormente, é muito importante investir na sua formação. Para tal, a equipa de manutenção da empresa deve investir tempo a formar os operadores nas tarefas básicas de manutenção que possam ser eles a realizar. Desta forma, os técnicos de manutenção resolverão as corretivas que os operadores de produção não consigam solucionar, e ficarão com mais tempo livre para se dedicar às manutenções preventivas.

É muito importante frisar que as empresas devem cada vez mais ter em atenção a opinião de todos os seus colaboradores, pois muitas vezes as grandes ideias surgem dos mais variados setores. Esta forma de gestão também faz com que os trabalhadores se sintam parte do projeto da empresa, aumentando o seu empenho na concretização do mesmo. É sabido que o êxito de uma empresa está nos seus métodos e nos seus colaboradores, por isso se todos contribuírem para métodos melhores, todos estarão empenhados em fazer o melhor pela empresa e esta obterá os lucros disso.

É também importante investir tempo e recursos numa análise continuada aos processos da fábrica, procurando sempre a possibilidade de fazer mais e melhor. Um conceito associado à melhoria contínua das empresas que se tem tornado muito importante é o “*Gemba Walk*”, ou seja, “Caminhar pelo espaço de trabalho”. A aplicação desta técnica é uma ajuda para aumentar

o conhecimento dos colaboradores acerca dos equipamentos e dos processos implementados na fábrica, sendo ótimas ocasiões para procurar oportunidade de melhoria, e não menos importante, irá fazer com que se crie uma relação mais estreita e de confiança entre os colegas de fábrica.

Assim, o foco principal desta dissertação foi a TPM, mas existem outras ferramentas de melhoria como as enumeradas anteriormente nesta dissertação (*Kaizen*, *5S*, *SMED* e *Hoshin Kari*) que trazem muitas vantagens às empresas que as aplicarem. Cada empresa deve sempre utilizar todas as ferramentas que tenha ao seu alcance e que sejam adaptáveis à sua realidade. Todas elas são relevantes, acarretando benefícios particulares, levando sempre ao envolvimento de todas as pessoas da empresa, criando nelas um espírito de melhoria contínua, de organização e de limpeza. As grandes empresas de indústria automóvel, modelo utilizado nesta dissertação, são um grande exemplo de implementação destas ferramentas, e é através delas que cada vez são mais produtivas, rentáveis e organizadas.

A complexidade na implementação destas técnicas muitas vezes reside no facto das empresas terem de ser altamente dinâmicas, e mudança ser um pensamento complicado, havendo dificuldade em alterar o que se fez da mesma forma durante anos. Também a experiência mostra que existem indústrias em que é mais difícil aplicar ferramentas como a TPM, porque não se concebe a ideia de paragem de linhas pelo receio de haver uma diminuição de rendimento. Mas, a verdade é que uma paragem programada para fazer TPM pode prevenir paragens não programadas muito longas e dispendiosas. No entanto, em geral as empresas, ao longo dos últimos anos, têm percebido a importância destas ferramentas e começam a implementá-las, muitas vezes recorrendo a consultoras especializadas nas mesmas. Esperam-se que estes sinais comprovem que a indústria está a mudar, dando-se à manutenção um papel e importância cada vez maiores dentro das empresas.

Concluindo, já existem muitas ferramentas que podem melhorar processos, produtividade, segurança, limpeza, ou seja, que podem claramente aumentar a rentabilidade das empresas. Cabe a cada empresa perceber quais as que deve usar ou por quais deve começar. O resultado final será, sem dúvida, melhor do que quando iniciou a implementação dos métodos.

5.2 Trabalho futuro

Embora esta dissertação tenha sido implementada num ambiente fictício, são várias as ilações que se podem retirar deste trabalho, e que devem ser tidas em conta em trabalhos a realizar futuramente. Em particular no que diz respeito a esta dissertação, e como já foi referido na conclusão, este trabalho permitiu perceber as vantagens e aumento de rendimento que se obtém com a implementação da TPM, nas Linhas 1 e 2, em contraste com o rendimento da linha 3. Assim, o próximo passo seria implementar esta técnica na última linha e em todas as que fizessem parte da fábrica.

Também se poderia simplificar a gestão dos dados de manutenção. Neste trabalho foi usada a ferramenta Excel como base para implementação da TPM, de forma a simplificar a perceção do método. No entanto, tendo em conta os bons resultados obtidos e já existir uma perceção da metodologia por parte dos trabalhadores da empresa, o próximo passo seria a utilização de uma ferramenta de *software* que permitisse uma simplificação dos processos de manutenção. Desta forma pretende-se agilizar a gestão das manutenções preventivas e corretivas.

Referências Bibliográficas

- Agrahari, R. S., Dangle, P. A., & Chandratre, K. V. (2015). Implementation Of 5S Methodology In The Small Scale Industry: A Case Study. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, Volume 4, ISSUE 04, Abril.
- Ahmed, H. O. (2016). A Proposed Systematic Framework for Applying Hoshin Kanri Strategic Planning Methodology in Educational Institutions. *European Scientific Journal*, June 2016 edition vol.12, No.16 ISSN: 1857 – 7881 .
- Andemeskel, F. (2013). Total Productive Maintenance Implementation Procedures In Manufacturing Organizations Using Axiomatic Design Principles. *The Seventh International Conference on Axiomatic Design*. Worcester – June 27-28, 2013.
- Beker, I., Kesić, I., Radlovačk, V., Delić, M., Šević, D., & Morača, S. (2017). Improvement Of The Maintnace Management Process Of Complex Technical Systems Which Demand Highly Reliability. *Tehnički vjesnik* 24, 1543-1550.
- Bhoyar, A. S., Raut, L. P., & Mane, S. (2017). Total Productive Maintenance: The Evolution in Maintenance and Efficiency. *Int. Journal of Engineering Research and Application*, Vol. 7, Issue 11, (Part -I), pp.26-32.
- Boisvert, L. (May de 2012). Strategic Planning Using Hoshin Kanri. WhitePaper by GOAL/QPC, HK-MJ-2012.
- Brady Worldwide Inc. (Acedido a 15 de Setembro de 2018). 5S / Visual Workplace Handbook.
- Costa, E., Sousa, R., Bragança, S., & Alves, A. (2013). An Industrial Application of the SMED Methodology and other Lean Production Tools. *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure*. Funchal.
- Dave, Y., & Sohani , G. (2012). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review . *International Journal of Lean Thinking*, Volume 3, Issue 2 (December 2012).
- Ennin, Y. C., & Obi, D. (2012). 5S: Good Housekeeping Techniques For Enhancing Productivity, Quality and Safety at the Workplace. *Export Quality Bulletin No 89/2012*.
- Ferradás, P. G., & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells. *Elsevier B.V., Procedia CIRP -7-(2013)-598 – 603 .*
- Filip, F. C., & Marascu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial management. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 95, (pp. 1-6).

- Huda, F., & Preston, D. (1992). Kaizen: the applicability of Japanese techniques to IT. *Software Quality Journal* 1, 9-26.
- Hutchins, D. (2008). *Hoshin Kari - The Strategic Approach to Continuous Improvement*. Gower. ISBN 978-0566087400.
- Jebadurai, D. S., Rose, A. R., Aatthisugan, I., & Baby, B. (2017). Implementation of 5S in sales warehouse. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences* , JCHPS Special Issue 2: February 2017 ; pp113-117.
- JIPM. (Acedido a 08 de Setembro de 2018). Obtido de Japan Institute Of Plant Maintenance: www.jipm.or.jp/en
- Kaizen Institute. (Acedido a 20 de Outubro de 2018). Obtido de Kaizen: <https://pt.kaizen.com/home.html>
- Kaizen Institute India. (Acedido a 20 de Outubro de 2018). Obtido de KAIZEN | SIX SIGMA | LEAN MANAGEMENT | TRAINING & CONSULTING | OPERATIONAL EXCELLENCE: <https://kaizeninstituteindia.wordpress.com/2013/05/03/kamishibai/>
- King, P. L. (2009). SMED in the Process Industries - Improved Flow Throw Shorter Product Changeovers. *IE Magazine*.
- Michalska, J., & Szewieczek , D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organisation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, VOLUME 24 ISSUE 2 October 2007.
- Mojarro-Magaña, M., Olguín-Tiznado , J. E., García-Alcaraz , J. L., Camargo-Wilson , C., López-Barreras , J. A., & Pérez-López , R. J. (2018). Impact of the Planning from the Kanban System on the Company's Operating Benefits.
- Naik, G. R., Raikar, V. A., & Naik, P. G. (2015). A Simulation Model for Overall Equipment Effectiveness of a Generic Production Line. *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, Volume 12, Issue 5 Ver. III (Sep. - Oct. 2015), PP 52-63.
- Rahman, C. M., & Hoque, M. (2014). Evaluation of Total Productive Maintenance Implementation in a Selected Semi-Automated Manufacturing Industry. *International Journal Of Modern Engineering Research (IJMER)*, Vol. 4 | Iss. 8 | Aug. 2014 | 19 |.
- Shahin, A. (2005). Total Productive Administration (TPA): Simulating TPM., (p. 3ºInternational Management Conference). Irão.

- Shaikh, S., Alam, A. N., Ahmed,, K. N., Ishtiyak, S., & Hasan, S. Z. (2015). Review of 5S Technique. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, Volume 4, Issue 4, April pp 927-931.
- Silva Coelho, J. A. (2008). Dissertação de Mestrado - Implementação da Total Productive Maintenance (TPM). Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - Departamento de Engenharia Mecânica.
- Supply, C. S. (2010). *Introduction to Kaizen*.
- Swarnkar, B. K., & Verma, D. S. (2017). Implementation of '5S' in a small scale industry: A case study. *Int. Journal of Engineering Research and Application*, ISSN : 2248-9622, Vol. 7, Issue 7, (Part -I) July 2017, pp.44-48.
- Tennant, C., & Roberts, P. (2001). Hoshin Kanri: Implementing the Catchball Process. *Long Range Planning Journal*, 34 287-308.
- Titu, M. A., Oprean, C., & Grecu , D. (2010). Applying the Kaizen Method and the 5S Technique in the Activity of Post-Sale Services in the Knowledge-Based Organization. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, IMECS 2010*, (pp. 17-19, Vol III). Hong Kong.
- Ulutas, B. (2011). An application of SMED Methodology. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering* , Vol:5, No:7 (pp 1194-1197).
- Willmott, P., & McCarthy, D. (2001). TPM : A Route to World Class Performance. Butterworth - Heinemann ISBN 0750644478.
- Wireman, T. (2004). *Total Productive Maintenance*. New York, NY: 2° Edition - Industrial Press Inc. ISBN 13:978-0831102104.