



**MARISA CRISTINA
ALMEIDA TAVARES**

Implementação do TPM na Simoldes Plásticos



**MARISA CRISTINA
ALMEIDA TAVARES**

Implementação do TPM na Simoldes Plásticos

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho a alguém muito importante ao longo de toda a minha vida e que sempre me deu todo o apoio, a minha mãe Deolinda Oliveira.

o júri

presidente

Prof^a. Doutora Ana Maria Pinto de Moura
professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Prof^a. Doutora Anabela Carvalho Alves
professora Auxiliar, Universidade do Minho

Prof^a. Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos
professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

agradecimentos

À minha família, por todo o apoio e paciência.

A uma grande lutadora, a minha mãe Deolinda Oliveira, por me ter ensinado a lutar com dignidade, com perseverança e pelo encorajamento nas horas mais difíceis.

Ao meu namorado, Nuno Martins, por todo o apoio, compreensão e preocupação.

À Prof^a. Dra. Ana Luísa Ramos, orientadora deste projeto, por toda a ajuda, compreensão, paciência e partilha de conhecimento ao longo do percurso deste projeto.

À Simoldes Plásticos, por me dar a oportunidade de realizar o projeto nas suas instalações, pelo voto de confiança e pela abertura que me foram proporcionados. Em especial, ao Eng.^o Pedro Fonseca, pela compreensão, preocupação, partilha de conhecimento e disponibilização dos meios necessários ao desenvolvimento deste projeto.

A todos os colaboradores da Simoldes Plásticos, especialmente os envolvidos diretamente na implementação deste projeto, pela sua participação e dedicação.

A todos os amigos pelo apoio, carinho e preocupação.

palavras-chave

Lean Manufacturing, Ferramentas *Lean*, Manutenção Produtiva Total.

resumo

Num mercado globalizado como o que se vive atualmente, dar resposta às necessidades dos clientes e obter vantagem competitiva face à concorrência torna-se cada vez mais difícil. A ferramenta *Lean Manufacturing* tem assumido um particular destaque no mercado industrial, pois permite às empresas atuar sobre os desperdícios e melhorar a sua flexibilidade, qualidade, capacidade de resposta, eficiência e ainda diminuir os custos. Tal facto confere às empresas uma maior atratividade para os clientes e quota de mercado. Existem diversas ferramentas para alcançar os objetivos do *Lean*, das quais se destaca o TPM (Manutenção Produtiva Total). Este projeto possui como objetivos mostrar qual a relação entre o TPM, *Lean Manufacturing* e melhoria contínua e como podem criar vantagem competitiva; mostrar de que forma o TPM dá suporte ao *Lean*, como se atinge os zero-desperdícios com a implementação do TPM; como se melhora a eficiência dos equipamentos e a fiabilidade das instalações; mostrar como pode a manutenção ajudar o TPM e ainda qual o contributo do operador para a manutenção. O projeto em causa propõe-se descrever todo o processo de implementação do TPM e os resultados obtidos na Simoldes Plásticos. Os resultados do estudo revelaram que a implementação do TPM ofereceu um contributo positivo para aumento da eficiência global dos equipamentos. O TPM revelou-se uma mais-valia para a organização, permitindo diminuir os desperdícios e ainda melhorar a sua capacidade competitiva, porém só funciona se todos (desde direção até aos operadores) se envolverem e cooperarem.

keywords

Lean Manufacturing, Tools Lean, Total Manufacturing Maintenance.

abstract

In a globalized market like the one currently lives, response at needs of customers and gain competitive advantage against the competition becomes increasingly difficult. The tool Lean Manufacturing has taken a particular emphasis on the industrial market, because it allows companies acts on waste and improve your flexibility, quality, responsiveness, efficiency and further reduce costs. This fact gives at companies more attractive to customers and percent of market. There are several tools to achieve the goals of Lean like the Total Productive Maintenance (TPM).

The objectives of this project are to show the relationship between the TPM, Lean Manufacturing and continuous improvement and how they can create competitive advantage, show how TPM gives support to Lean, show how the implementation of TPM reaches zero-waste, show how it improves the efficiency of equipment and reliability of company, show how maintenance can help the TPM and also show the contribution of the operator for maintenance. The project describes the process of implementation of TPM and the results obtained in Simoldes Plásticos. The results of the study are satisfactory and show that the implementation of TPM offers a positive contribution to increasing the overall efficiency of the equipment. The TPM provides benefits for the organization, because it allows reducing waste and improving the competitive capacity of the company, however it only wins if everyone (from direction to operators) is engaged and cooperative.

Abreviaturas

TPS - *Toyota Production System* (Sistema de Produção da Toyota);

MRP - *Materials Requirement Planning* (Planeamento de requisitos de materiais);

JIT- *Just-In-Time*;

TQM - *Total Quality Management* (Gestão da Qualidade Total);

TPM - *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total);

SMED - *Single Minute Exchange of die* (Troca de ferramenta num simples minuto);

VSM - *Value Stream Mapping* (Mapeamento de fluxos de valor);

OEE - *Overall Equipment Effectiveness* (Eficiência Global do Equipamento);

TEEP - *Total Effective Equipment Performance* (Eficiência Total da Performance do Equipamento);

SP - Simoldes Plásticos;

MA - Manutenção Autónoma;

RO - Rendimento Operacional;

RU - Rendimento de Utilização;

RQT - Rendimento Quantitativo;

RQL - Rendimento Qualitativo;

Índice

Capítulo 1 - Introdução	1
Capítulo 2 - <i>Lean Manufacturing</i>	2
2.1 Origem do <i>Lean Manufacturing</i>	4
2.2 Importância do <i>Lean Manufacturing</i> na indústria	6
2.3 Ferramentas <i>Lean</i>	10
2.3.1 Considerações gerais.....	10
2.3.2 Manutenção Produtiva Total	13
2.3.2.1 Evolução histórica.....	13
2.3.2.2 Manutenção.....	14
2.3.2.3 Definição, Objetivos e importância do TPM.....	15
2.3.2.4 Pilares do TPM.....	19
2.3.2.5 Fases de implementação.....	22
2.3.2.6 Indicadores de eficiência TPM.....	23
Capítulo 3 - Caso de estudo: "Implementação do TPM na Simoldes Plásticos"	26
3.1 A empresa	26
3.2 O processo produtivo	28
3.3 Problema, objetivos e metodologia	32
3.4 Apresentação do caso de estudo	32
3.4.1 Implementação do TPM	33
3.4.2 Formas de acompanhamento da implementação TPM.....	43
3.4.3 Resultados	48
3.4.4 Indicador	55
Capítulo 4 - Conclusão.....	62
Bibliografia:	65
Anexos	67
Anexo I - Calendarização TPM.....	67
Anexo II - Plano de Manutenção Autônoma	68
Anexo III - Registo do responsável de módulo do Plano de MA	69
Anexo IV - Registo pessoal do Plano de MA	70
Anexo V - Folha de presenças de formação	71

Índice de Figuras

Figura 1 - Transformação da produção tradicional em <i>Lean</i>	4
Figura 2 - Elementos fundamentais no processo TPS	6
Figura 3 - Atividades com e sem valor acrescentado	7
Figura 4 - Benefícios da redução dos desperdícios	9
Figura 5 - Benefícios diretos e indiretos do TPM	17
Figura 6 - Perdas a combater pelo TPM	18
Figura 7 - Oito pilares do TPM	19
Figura 8 - Cálculo do OEE	24
Figura 9 - Cálculo do <i>Loading</i>	25
Figura 10 - Cálculo do TEEP	25
Figura 11 - Localização da empresa Simoldes Plásticos	27
Figura 12 - Exemplo da diversidade de produtos da SP	28
Figura 13 - Processo de injeção	29
Figura 14 - Posto de trabalho de uma máquina de injeção	30
Figura 15 - Layout da Simoldes Plásticos	31
Figura 16 - <i>Checklist</i> de inspeção inicial	35
Figura 17 - Diagrama espinha de peixe das fugas de óleo	38
Figura 18 - Continuação da <i>checklist</i> de inspeção inicial	39
Figura 19 - Cartaz TPM	43
Figura 20 - Anomalia detetada	44
Figura 21 - Documento A3	46
Figura 22 - Ciclo PDCA	47
Figura 23 - Situação de fuga de óleo	49
Figura 24 - Sistema de iluminação inadequado	50
Figura 25 - Situação do quadro elétrico mal localizado	51
Figura 26 - Situação de difícil acesso ao depósito do óleo	53
Figura 27 - Excesso de cabos espalhados pelo chão	54
Figura 28 - Excesso de calor	55
Figura 29 - Medição do OEE na SP	56
Figura 30 - Fórmula geral do RU_{TPM}	57
Figura 31 - Cálculo RU_{TPM} mensal	58
Figura 32 - Gráfico RU_{TPM}	58
Figura 33 - RU_{TPM} mensal	59
Figura 34 - Comparação da tendência dos dados RU_{TPM}	60

Índice de tabelas

Tabela 1 - Comparação entre implementação na teoria com o executado na prática.....	41
Tabela 2 - Perdas, soluções e melhorias nas quebras esporádicas/crónicas.....	48
Tabela 3 - Perdas, soluções e melhorias na mudança de produto.....	49
Tabela 4 - Perdas, soluções e melhorias nas pequenas paragens	51
Tabela 5 - Perdas, soluções e melhorias na quebra de velocidade.....	52
Tabela 6 - Perdas, soluções e melhorias com problemas com a qualidade.....	53
Tabela 7 - Valores Estatísticos de média e desvio Padrão	60

Capítulo 1 - Introdução

A conjuntura atual de mercados é caracterizada pela extrema exigência por parte dos clientes. Cada vez mais os clientes têm tendência a pedir produtos com maior qualidade, variedade, o mais rápido possível e ao menor preço. As organizações têm de se adaptar e ser flexíveis para dar uma resposta eficiente a este género de exigências de forma competitiva.

Num mercado globalizado como o que se vive atualmente, dar resposta às necessidades dos clientes e obter vantagem competitiva face à concorrência torna-se cada vez mais difícil. Fazem-se diversos investimentos em diversas áreas (tecnologia, inovação, marketing, etc.) para obter vantagem, porém existe outra forma de o fazer, que passa pela eliminação dos desperdícios existentes internamente.

A metodologia organizacional *Lean Manufacturing* tem assumido um particular destaque no mercado industrial, pois permite às empresas atuar sobre os desperdícios e melhorar a sua flexibilidade, qualidade, capacidade de resposta, eficiência e ainda diminuir os custos. Tal facto confere às empresas uma maior atratividade para os clientes e quota de mercado.

Existem diversas ferramentas utilizadas pelo *Lean* para dar cumprimento aos seus interesses, das quais se destaca a Manutenção Produtiva Total (TPM). Este projeto tem como foco o TPM e pretende dar a conhecer a ferramenta, bem como todo o seu processo de implementação.

Desta forma, é apresentado numa fase inicial, um capítulo dedicado ao *Lean Manufacturing*, nomeadamente a sua origem, importância e uma breve alusão às ferramentas utilizadas, das quais se destaca o TPM. Em relação a este último descreve-se o conceito, importância, vantagens, pilares de suporte TPM e as fases que devem reger a sua implementação. O capítulo seguinte debruça-se sobre um caso de estudo, incidente sobre a implementação do TPM na Simoldes Plásticos. Neste é dado a conhecer a empresa em questão, o seu processo produtivo, o problema a resolver, objetivos a atingir e metodologia utilizada para tal. Seguidamente, faz-se a apresentação do caso de estudo que aborda a descrição de todo o processo de implementação do TPM na Simoldes Plásticos, incluindo as fases, formas de acompanhamento e resultados. Para finalizar, são apresentadas as conclusões que se puderam retirar da elaboração do projeto.

No decorrer do projeto pretende-se mostrar qual a relação entre o TPM, *Lean* e Melhoria Contínua para alcançar valor acrescentado e consequentemente vantagem competitiva; mostrar de que modo o TPM dá suporte à visão *Lean*; demonstrar o impacto do TPM no aumento da fiabilidade das instalações e equipamentos; mostrar de que forma a implementação TPM leva aos zero defeitos, zero falhas, zero acidentes, zero perdas e zero avarias; demonstrar como o TPM leva ao aumento da eficiência dos equipamentos; mostrar qual o contributo da manutenção para se alcançar os objetivos do TPM e ainda mostrar qual o contributo do operário para a manutenção.

Capítulo 2 - *Lean Manufacturing*

Nos dias de hoje, o termo *Lean* torna-se cada vez mais frequente. É um termo que traduzido para a língua portuguesa, significa Magro. Este termo provém de uma filosofia de produção japonesa do século XX, mais precisamente, dos progressos verificados na Toyota com vista a melhorar a produtividade, flexibilidade, custos e qualidade, o que lhe permitiu dar resposta às mudanças das necessidades dos clientes. Atualmente considera-se que a filosofia em causa atingiu a fase de maturidade (Carvalho, 2010; Ohno, 1988).

De acordo com Werkema (2006), *Lean Manufacturing* é a filosofia que procura eliminar o “muda” (termo japonês para desperdício), ou seja, procura eliminar, ao longo do processo produtivo, tudo o que não tem valor para o cliente, conferindo velocidade e vantagem à empresa. O autor refere ainda que o *Lean* destina-se a todo o tipo de empresas, o que permite a alguns autores referirem-se a este termo como *Lean Operations* ou *Lean Enterprise* (Werkema, 2006).

Já Womack et al. (1990) definem *Lean Manufacturing* de forma mais detalhada. Segundo os autores o *Lean Manufacturing* é uma filosofia que recorre a menos recursos para produzir os mesmos *outputs*, quando comparado com a produção em massa, contribuindo simultaneamente para aumentar a variedade oferecida ao cliente. Neste contexto, menos recursos significa que necessita de cerca de metade do esforço utilizado pelos operários, metade do espaço de produção, metade do investimento nas ferramentas e metade das horas gastas em desenvolvimento do produto. Para além destas características, o *Lean Manufacturing* exige que se mantenha menos de metade do *stock* local, o que leva à obtenção de menos defeitos e possibilita a produção de uma maior variedade de produtos.

Associado ao termo *Lean Manufacturing* surge o termo *Lean Thinking*. Pinto (2008) define *Lean Thinking* como sendo um sistema de gestão cujo objetivo é desenvolver os processos e procedimentos através de redução contínua de desperdício em todas as suas fases, como é o exemplo dos *stocks* em excesso entre os postos de trabalho e os tempos de espera elevados.

De acordo com Womack e Jones (2003), o *Lean Thinking* é um antídoto poderoso para combater o desperdício, visto que é uma forma de especificar valor, de alinhar ações que criam valor com a melhor sequência, de realizar essas atividades sem interrupções e de forma mais eficiente. À semelhança do *Lean Manufacturing*, possui como objetivos melhorar a qualidade e a flexibilidade no processo, reforçando a capacidade de competição da empresa em cenário com tendência para a exigência e globalização.

O *Lean Thinking* possui como princípios (Werkema, 2006; Womack e Jones, 2003; Xambre et al., 2010)

- **Definição do valor:** Consiste naquilo que o cliente valoriza. É o cliente que define o que é valor. A necessidade cria valor para o cliente e cabe, então, às empresas determinar qual é essa necessidade e tentar satisfazê-la da melhor maneira possível,

de forma a conseguir manter o volume de negócios e lucros através da melhoria contínua dos processos, que por sua vez permitem diminuir os custos e melhorar a qualidade;

- **Identificação da cadeia de valor:** Esta etapa consiste em identificar o fluxo de valor, ou seja, dividir a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: i) aqueles que criam valor na realidade, ii) aqueles que não criam valor mas que suportam a manutenção e qualidade nos processos, e iii) aqueles que não possuem valor de forma alguma devendo ser eliminados o mais rápido possível;
- **Criar fluxo do produto:** Consiste em criar etapas que criem valor através de fluxos contínuos entre a sequência de operações do produto, durante todo o processo produtivo. Deve-se dar fluidez aos processos e atividades para que tal aconteça. A criação de fluxos contínuos proporciona reduções no tempo de conceção dos produtos e no processamento dos pedidos, assim como reduções ao nível de *stocks*, o que confere à empresa capacidade de satisfazer as necessidades dos clientes quase instantaneamente;
- **Produção Pull:** Neste sistema nada é produzido pelo fornecedor a montante a não ser que o cliente a jusante dê sinais de que necessita de produto. Este sistema permite que seja o próprio do cliente a “puxar” o produto de que necessita da empresa, ao invés de ser a empresa a tentar “empurrar” o que tem, o que apresenta como vantagem eliminação de *stocks* até então necessários e que só acrescem o valor do produto desnecessariamente;
- **Procurar a perfeição:** A procura da perfeição deve ser um objetivo constante de qualquer empresa e implica que a empresa esteja unida e faça esforços no sentido de proporcionar processos transparentes a todos os membros da cadeia, nomeadamente fornecedores, operários, diretores e distribuidores, de modo a que estes sejam envolvidos no processo e tenham conhecimento do mesmo e assim possam dialogar e encontrar melhores formas de criar valor. O estado de perfeição só é atingido quando se criar valor com zero desperdícios, e só se alcança com a adoção de uma filosofia de melhoria contínua.

No entanto, segundo Pinto (2008) estes princípios apresentam lacunas, na medida em que consideram apenas a cadeia de valor do cliente e não as várias cadeias de valor (uma para cada *stakeholder*), a dificuldade está em criar valores e não somente valor. Estes princípios apresentam também outra limitação, que se prende com o facto de levarem as organizações a entrarem em ciclos infinitos de redução de desperdícios, ignorando a atividade que lhes é crucial, nomeadamente a criação de valor através da inovação de produtos, serviços e processos. De

modo a evitar este género de desperdícios, que muitas vezes se confunde com despedimentos, foram sugeridos, pela *Comunidade Lean Thinking* (2008), mais dois princípios: 1) conhecer bem o *stakeholder* cliente, devendo-se focar a atenção no cliente final e não apenas no próximo cliente da cadeia de valor e 2) inovar sempre.

Para se perceber melhor o conceito *Lean Manufacturing*, segue-se uma pequena descrição da sua origem e evolução.

2.1 Origem do *Lean Manufacturing*

A origem do *Lean Manufacturing* está ligada à era da produção em massa, ou seja, à era de Henry Ford, a partir de 1890. Em meados do século XX, Ford conseguiu revolucionar a indústria, através da criação do modelo T. Segundo Womack et al. (1990), este modelo permitiu alcançar dois grandes objetivos, o primeiro consistia na produção de um carro com foco no seu fabrico e o segundo, na facilidade de operação e manutenção do carro, isto é, permitia a qualquer indivíduo utilizar um carro não só ao nível da condução como também da reparação mecânica.

O modelo T revelou-se inovador na medida em que o operador deixou de ser responsável por todas as etapas decorrentes da produção, isto é, o operador que acompanhava o produto em todas as etapas pelas quais o mesmo passava (desde o início do processo até o produto estar completo) passou a ser responsável por etapas distintas da produção, ou seja, apenas por uma tarefa ou um conjunto reduzido de tarefas.

Por forma a facilitar a permuta de peças e a simplificar esta tarefa na hora de montagem das mesmas, o modelo T adotou peças padronizadas para as suas produções. Este facto permitiu à Ford criar linhas de montagem e consequentemente a montagem de componentes em subgrupos, ou seja, em série. É de notar que Ford, ao incorporar as linhas de montagem, já tinha incorporado neste modelo o princípio da eliminação de deslocamentos desnecessários, que se refletia nos tempos de fabrico e/ou montagem, tal como é possível observar na Figura 1 (Ward, 2009; Womack et al., 1990)

“Poupe dez passos por dia por cada um dos doze mil trabalhadores e terá poupado cinquenta milhas de movimento desperdiçado e energia mal gasta” (Womack et al., 1990).

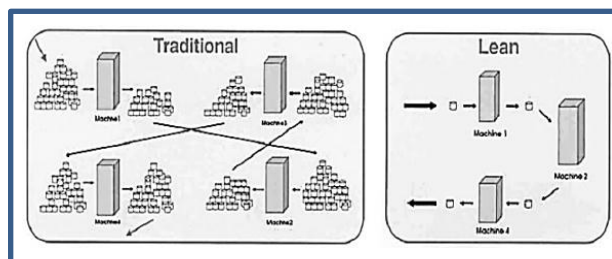


Figura 1 - Transformação da produção tradicional em *Lean* (Fonte: *Comunidade Lean Thinking*, 2011)

O modelo T apresentava alguns benefícios, pois permitia alcançar percentagens produtivas mais elevadas a preços mais baixos. No entanto, este modelo continha um problema, que se relacionava com a sua incapacidade de produzir em quantidade e em variedade simultaneamente, isto é, na altura a produção não se mostrava rentável se fosse flexível, aliás Ford costumava dizer:

“O cliente pode ter o carro da cor que quiser, com tanto que seja preto” (Magalhães, 2011).

O modelo T adotado não revelou limitações apenas na cor, também se limitou a apenas uma especificação. O chassi trabalhado era idêntico em todos os modelos até ao final da produção, sendo que o cliente só tinha, como opção, quatro a cinco modelos. Estes, por sua vez, eram produzidos com recurso a fornecedores externos e incorporados no final da linha de produção. De facto, o que se verificou no modelo Ford, foi uma produção vigorosa na qual a maioria das máquinas trabalhava em torno de apenas uma peça, e só mostrava vantagens com a produção daqueles modelos restritos (*Lean Enterprise Institute, 2009*).

Entretanto o mercado começou a querer mais variedade e o modelo começou a revelar-se ineficiente. Enquanto isso, a concorrência respondeu a essas necessidades, apresentando mais modelos e cada um com várias gamas, contudo os seus sistemas regrediram nas áreas de processo, apresentando tempos de produção maiores. Com o passar do tempo, as empresas foram investindo em maquinaria cada vez mais veloz, o que aparentemente reduzia os custos do processo, mas os tempos de processo e os inventários aumentavam continuamente. Registava-se também um desfasamento de tempo entre as etapas do processo, visto que os encaminhamentos correspondentes necessitavam de sistemas de gestão de informação mais sofisticados, culminando com o aparecimento dos sistemas de *Materials Requirements Planning (MRP¹)* (*Lean Enterprise Institute, 2009*).

Após a II Guerra Mundial, Kiichiro Toyoda e Ohno Taiichi juntamente com outros autores, sugeriram um conjunto de inovações, todas elas simples, mas que aumentavam a variedade na oferta de produtos e permitiam fluxos contínuos na produção. Deste modo, reinventaram o pensamento inicial de Ford dando origem ao *Toyota Production System (TPS)*. Este sistema de produção alterou o foco da engenharia de produção das máquinas individuais e da sua taxa de utilização para o fluxo contínuo do processo. A Toyota observou que se houvesse um dimensionamento correto para o volume de produção, uma auto monitorização, um alinhamento das máquinas na sequência de produção, se se criassem configurações para as máquinas fazerem pequenos volumes de peças variadas e ainda, se em cada etapa se notificasse a etapa anterior das suas necessidades atuais, seria possível obter custos de produção mais baixos, aumentar a variedade e a qualidade, bem como aumentar a velocidade do ciclo de resposta às mudanças de necessidades dos clientes (*Lean Enterprise Institute, 2009*).

¹ MRP – Sistema informático dedicado ao controlo de *stocks* e ao planeamento da produção.

O sistema TPS foi evoluindo ao longo das décadas, e várias foram as empresas que adotaram este sistema de produção e o ajustaram à sua cultura empresarial. De forma geral, existe um conjunto de elementos fundamentais no TPS, dos quais se destacam o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka*, por se tratarem dos seus pilares (Figura 2). O JIT procura produzir na quantidade ideal e na hora certa, isto é, produzir apenas o que é necessário sem se produzir mais cedo (para não criar *stock*) nem mais tarde (para não se criar atrasos nas entregas). Por sua vez o *Jidoka* prende-se com a automação, neste caso automação com características humanas. Um outro aspeto importante no sistema TPS trata-se do conceito de melhoria contínua pois todo o esforço é em prol do aperfeiçoamento da organização. Entende-se por melhoria contínua o compromisso assumido perante a organização no sentido de melhorar o seu desempenho, através da eliminação dos desperdícios, e que é feito de forma contínua, tendo como apoio pessoas e sistemas simples (Pinto, 2008).

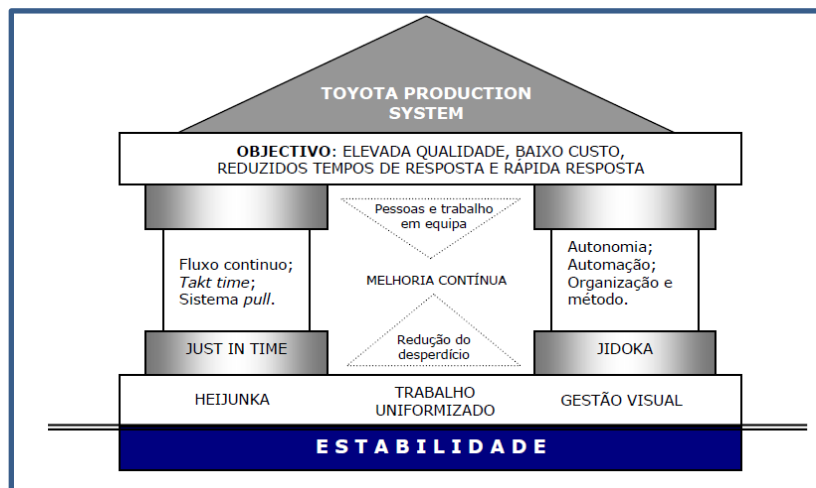


Figura 2 - Elementos fundamentais no processo TPS (Fonte: Pinto, 2008)

É necessário ter em conta que todo o sistema TPS tem por base um patamar denominado por estabilidade. Este patamar funciona como um alicerce, uma vez que os objetivos estabelecidos pela gestão não podem ser alcançados caso os sistemas sejam instáveis. Esta estabilidade é reforçada através da eliminação de desperdícios. Desde então a produção com este sistema visa a eliminação de desperdícios, originando a produção magra (magra=*Lean*) e consequentemente o conceito de *Lean Manufacturing*, em 1990. A este propósito surge, em 1990, uma grande obra denominada “*The machine that changed the world*” de James P. Womack, e mais tarde, em 1996, a obra “*Lean Thinking*” do mesmo autor. Hoje em dia, o termo assume a definição dada na parte inicial do capítulo 2.

2.2 Importância do *Lean Manufacturing* na indústria

A literatura aponta para o *Lean* como sendo a filosofia que permite produzir mais com menos, eliminando os desperdícios e conferindo à empresa uma maior competitividade a nível

de qualidade e variedade. Neste sentido, os desperdícios desde cedo ocuparam um destaque, sendo a preocupação maior do *Lean Manufacturing* (talvez pelo facto de a 95% do *Lead Time* total corresponderem atividades de valor não acrescentado) (Xambre et al., 2010).

Segundo Pinto (2008), as empresas canalizam apenas 5% do tempo em prol do aumento de produtividade para a componente que acrescenta valor² ao produto, o que significa que o restante tempo (95%) é desperdício e/ou não é suficientemente rentabilizado, no sentido em que as empresas ignoram o potencial que se poderia obter com uma melhor utilização desse tempo (Figura 3). A ideia de potencial referido anteriormente passa, por exemplo, pela canalização da atenção das empresas para atividades que, embora não acrescentem valor diretamente não são possíveis de eliminar, mas podem e devem ser minimizadas, pois representam desperdício puro. Serve de exemplo para este género de atividades, o processamento de salários, que em caso de minimização do tempo gasto com ela pode criar valor, uma vez que liberta tempo e recursos para outras atividades. Sendo o *Lean Manufacturing* uma ferramenta que atua, precisamente, neste âmbito da eliminação dos desperdícios puros e minimização dos restantes revela-se desde já uma mais-valia para qualquer empresa.

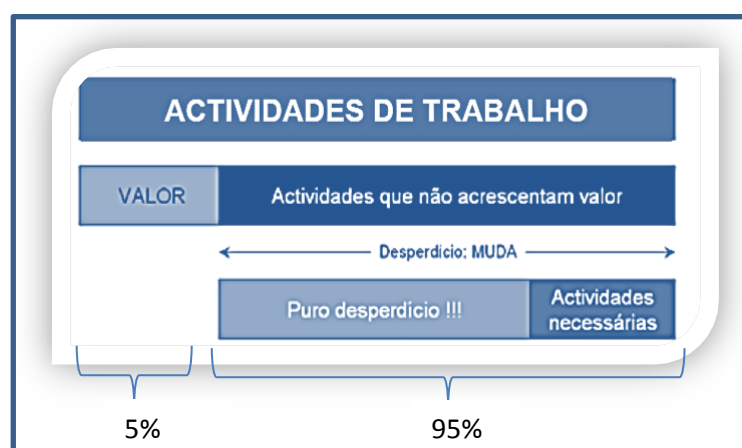


Figura 3 - Atividades com e sem valor acrescentado (Adaptado de Pinto, 2008)

Antes de perceber melhor como pode o *Lean* ser importante para as indústrias, torna-se pertinente primeiro saber quais são estes desperdícios sobre os quais atua. Os desperdícios referidos são diversos e encontram-se representados através de sete grandes tipos, nomeadamente (Pinto, 2008; Xambre et al., 2010; Werkema, 2006):

- **Defeitos** - Estes defeitos referem-se à qualidade do produto. Normalmente são defeitos que resultam de problemas nas fases de processo, problemas de qualidade do produto ou baixa inspeção. Por exemplo, numa indústria automóvel, na produção de peças interiores, uma peça polímera possui defeito quando a cor não é uniforme ou quando apresenta uma rugosidade não desejada;

² Atividades de valor acrescentado são atividades que transformam o produto (desenvolvem a forma e as funções) e pelas quais o cliente está disposto a pagar.

- **Excesso de produção** - Caso sejam produzidos produtos e quantidades superiores às requeridas pelo processo seguinte, ou mais cedo do que o necessário, ou mais rápido do que o que é preciso surgem fluxos irregulares de materiais e informação. Por exemplo, o processamento e/ou impressão de documentos antes do necessário, e a aquisição antecipada de materiais, incorrendo-se o risco de estes ficarem desatualizados e/ou danificados na hora de utilização;
- **Excesso de Stocks** - Matéria-prima, produtos semi-acabados, produto acabado ou equipamentos armazenados ao longo do processo produtivo, com um fluxo superior à quantidade necessária imediatamente (*Just-In-Time*);
- **Processamento** - Esforços de processamentos que não acrescentam valor ao bem ou serviço, do ponto de vista do cliente. Servem de exemplos a contagem de peças e o registo das paragens dos equipamentos e respetivas causas;
- **Transporte** - Transporte de materiais, componentes ou informações dentro da empresa que não esteja diretamente relacionado com as necessidades imediatas da produção, sem acrescentar valor ao produto. Um dos exemplos serão as deslocações realizadas em qualquer empresa para transportar os produtos acabados para o armazém;
- **Movimentos** - Movimentos desnecessários de pessoas ou equipamentos que não acrescentam valor. São exemplos destes desperdícios barreiras físicas que existam em corredores de passagem e/ou acesso;
- **Tempo de espera** - Tempo inativo decorrente de paragens de pessoas, equipamentos, materiais, peças e informação, provocando fluxos irregulares e longos *lead times*. Por exemplo, avarias de equipamentos, atrasos nas entregas, burocracias nos processos, pouca autonomia das pessoas;

Existe um oitavo desperdício, que diz respeito à não utilização das capacidades das pessoas, sejam elas mentais, criativas, físicas, ou outras. McCarthy (2004) diz que estas perdas advêm essencialmente de três razões, a primeira prende-se com as condições débeis dos equipamentos, a segunda com lacunas e/ou falhas na motivação das pessoas e a terceira com a falta de compreensão em como alcançar melhores condições ou até mesmo em otimizá-las.

O *Lean* tem vindo a assumir um particular destaque no mercado industrial pois, ao atuar nos desperdícios mencionados erradicando-os, confere à empresa o alcance de maior vantagem competitiva, o que tendo em conta o ambiente feroz que se vive no mercado competitivo é uma mais-valia que lhe aumenta a capacidade para competir. Este aumento de competitividade reflete-se num sistema com melhor flexibilidade, qualidade e eficiência o que por sua vez vai

permitir à empresa criar fluxos rápidos e balanceados que se traduzem numa maior capacidade de resposta aos clientes (Buffa, 1987). Tal facto, confere à empresa uma maior atratividade para os clientes, fator muito importante em ambiente competitivo, pois cada vez mais os clientes exigem melhor em menor tempo. Existem outros benefícios que decorrem da redução dos desperdícios, Werkena (2006) apresenta os seguintes benefícios que fazem com que o *Lean* seja uma filosofia atrativa e importante para as empresas (Figura 4):

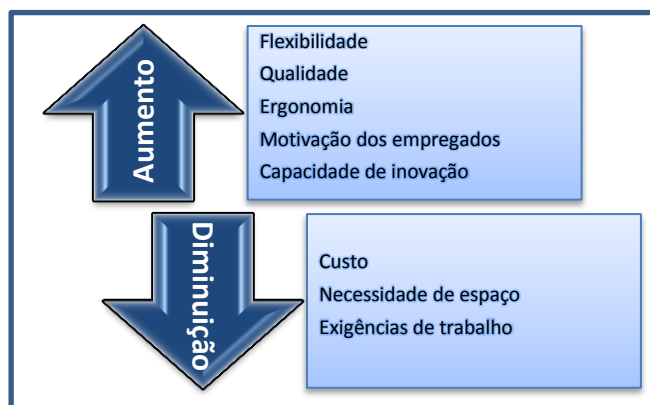


Figura 4 - Benefícios da redução dos desperdícios (Adaptado de Werkema, 2006 e Hofer, 2012)

Para além dos benefícios decorrentes da redução dos desperdícios existem outros que resultam da implementação do *Lean Thinking* e que realçam o quão vantajoso pode ser a aplicação desta filosofia. Segundo o *Lean Institute* nos EUA, citado por Pinto (2008), para além dos mencionados anteriormente temos:

- Crescimento do negócio- Com valores acima dos 30% ao ano;
- Aumento da produtividade- Com valores entre 20 e 30%;
- Aumentos do nível de serviço- Valores rondam os 80 a 90%. A destacar que o serviço aqui referido faz alusão ao cumprimento de requisitos e pedidos, entregas atempadas, entre outros;
- Reduções dos defeitos- Valores apontam para os 90%;
- Reduções nos acidentes de trabalho- Valores rondam os 90%;
- Redução do *Lead time*- Valores entre 70 a 90%;

Womack et al. (1990) acrescentam ainda uma diminuição do tempo de desenvolvimento de um novo produto (de 3 a 4 anos para 1 ano), uma diminuição do tempo de lançamento do novo produto em 75%, um aumento das vendas por trabalhador e ainda uma diminuição de fornecedores. Para Wang e Huzzar (2007), o conceito do *Lean* implementado nas organizações traz também um outro aspeto positivo, que se prende com a aprendizagem organizacional, uma vez que com a implementação do *Lean* nas células produtivas e nas linhas de montagem, o sistema e o fluxo de valor passam por um processo de aprendizagem, abrangendo empregados, fornecedores, clientes e até mesmo concorrentes (Wang, 2007).

Dado que o conceito *Lean* evoluiu a partir do desenvolvimento do TPS, numa fase inicial o conceito foi aplicado ao setor automóvel, mas dados os benefícios que se podem obter com a implementação deste, tal como verificado anteriormente, as empresas rapidamente aderiram a esta filosofia, e hoje em dia a mesma estende-se a outras áreas industriais e de serviços, como é o caso de bancos, TI, saúde, governo e retalho. Tal facto é possível de constatar através do número de casos de estudo que existem, neste âmbito, de empresas ligadas aos serviços e outros setores.

As empresas que usam o *Lean Manufacturing* têm alcançado níveis de qualidade elevados que lhes permitem trabalhar com lotes de produção pequenos e horários apertados, o que também é bastante vantajoso visto que a tendência do mercado é de lotes pequenos, de grande diversidade e com a máxima urgência. É de notar ainda que permite alcançar a qualidade desejada a um preço muito mais competitivo, pois diminui os custos quer com as perdas quer com os inventários, refletindo-se na performance financeira também (Hofer, 2012).

2.3 Ferramentas *Lean*

2.3.1 Considerações gerais

De forma a dar apoio ao *Lean Manufacturing*, foram desenvolvidas um conjunto de ferramentas e métodos operacionais. Segundo Womack e Jones (2003), as ferramentas criadas vão de encontro aos princípios *Lean Thinking*, uma vez que identificam valor para o cliente, para a gestão de fluxo de valor, para o desenvolvimento da capacidade de fluxo de produção, para o uso de mecanismos para “puxar” a oferta e assim dar suporte ao fluxo de materiais nas operações, e, finalmente, para a busca da perfeição, reduzindo a zero todas as formas de desperdício no sistema de produção.

São diversas as ferramentas utilizadas pelo *Lean Manufacturing* para dar cumprimento ao seu objetivo, das quais se destacam: Sistema *Pull*, *Kanban*, *5S's*, Gestão Visual, *SMED*, *Value Stream Mapping*, *Kaizen*, Processos uniformizados, gestão da qualidade e TPM.

O sistema *Pull* parte do princípio que ninguém a montante deve produzir um bem ou serviço até que o cliente a jusante o exija. Contudo, quando o pedido é feito, deve-se ser capaz de o satisfazer o mais rapidamente possível. Na prática o que acontece é que os operadores do posto B retiram do posto de trabalho anterior A, os materiais que necessitam e que podem fabricar. Assim que estes materiais são retirados do posto A os operários sabem que é necessário repor a quantidade que foi extraída pelo operador do posto B. Caso o material não seja retirado do posto A, os operários sabem que não é necessário produzir mais. Este sistema de produção permite ao produto ser “puxado” pelo cliente de acordo com as suas necessidades, ao contrário da produção tradicional no qual se ia produzindo para *stock* e depois se tentava escoar o produto, permite também facilitar o trabalho de planeamento da produção e a comunicação entre os diferentes postos de trabalho. Uma das formas de controlar este sistema é através da utilização de cartões *Kanban* (Xambre et al., 2010).

De forma geral, pode-se dizer que o **Kanban** consiste num meio simples e direto de comunicação que permite comunicar a um processo anterior a necessidade de produção ou reposição de um componente, produto, material, entre outros (Ohno, 1988). O sistema Kanban funciona por meio de cartões, que descrevem o material, a quantidade requerida bem como outras informações necessárias ao bom funcionamento da empresa. Quando um posto de trabalho necessita de determinado item a produção envia um cartão para o centro responsável do item em causa e este, por sua vez, produz o material necessário somente após a receção do cartão (Almeida, 2010).

Relativamente à ferramenta **5S**, esta é uma metodologia japonesa e surgiu para criar postos de trabalho mais eficientes, seguros e organizados. Esta metodologia é composta por um conjunto de cinco princípios adoptados pela Toyota (Feld, 2001; Xambre et al., 2010):

1. Seiri (Eliminar) - Pretende-se eliminar os itens que não são usados regularmente. Trata-se de uma questão de identificar e separar o lixo dos itens que realmente são necessários, tornando mais fácil o trabalho, o fluxo de materiais e a movimentação dos operários, com o acréscimo de melhorar a utilização do espaço;
2. Seiton (Arrumar) - Deve-se identificar e organizar os itens que pertencem à área. Os artigos devem ser rotulados e classificados, (caso este não seja importante não deve estar na área). Cada item deve possuir um lugar, para que este seja encontrado facilmente;
3. Seiso (Limpeza) - A área de produção deve ser arrumada e limpa no final de cada turno;
4. Seiketsu (Padronizar) - Desenvolver regras disciplinares de modo aos operadores cumprirem a atividade padrão, ou seja, criar regras de forma a manter e controlar os primeiros 3 S's;
5. Shitsuke (Disciplina) - É o "senso da responsabilidade", para assegurar a manutenção dos padrões de limpeza, através da comunicação, formação e disciplina.

Por sua vez, o **Controlo Visual** consiste num sistema de gestão do desempenho do chão de fábrica, o que implica que todo o local de trabalho possua sinais, sejam eles sonoros ou visuais, para informar as pessoas sobre os procedimentos a seguir, quando os fazer, quais os materiais utilizados, mostrar o que está a correr mal, áreas perigosas e ainda mostrar quem precisa de ajuda. É frequente recorrer-se a sinais luminosos do tipo semáforo, sinais sonoros, marcas delineadas no pavimento, etiquetas, etc. (Feld, 2001; Pinto, 2008).

Relativamente à ferramenta **SMED (Single Minute Exchange of Die)**, esta consiste num conjunto de práticas de melhoria que visam a redução dos tempos de mudança e ajuste de ferramentas, ou seja os *setups*. Esta ferramenta tem como propósito principal a minimização do tempo inativo do equipamento e apresenta alguns benefícios, como é o caso da troca de equipamentos em poucos minutos, de um rendimento de perda mínimo no equipamento, e uma capacidade de produzir uma variedade de produtos considerável. É de salientar que existe um conjunto de passos a seguir neste processo, nomeadamente: 1) segregar as atividades de *setup*

internas³ das externas, 2) converter as atividades de *setup* internas em externas, para permitir a redução do tempo de mudança, 3) padronizar todos os aspetos do *setup*, 4) melhorar as operações (através de formação, manuais, incentivos de cooperação, etc.) e equipamento, 5) realizar operações de *setup* em paralelo ou eliminá-las por completo (Pinto, 2008; Xambre et al., 2010).

A ferramenta **Value Stream Mapping (VSM)**, surgiu para colmatar a dificuldade sentida por Taiichi Ohno aquando da identificação de desperdícios, servindo como método visual de mapear os fluxos. Magalhães (2011) descreve VSM como sendo uma ferramenta utilizada para analisar o fluxo de materiais, produtos e informações necessárias para entregar ao cliente o bem e/ou serviço desejado, acrescentando ainda que é através do VSM que se pode fazer o mapeamento da cadeia de valor de uma empresa, definir famílias de produtos com base na perspectiva dos clientes, identificar a procura, quantidade de *stock* e frequência da procura. É de notar que o VSM utiliza ícones que representam os processos e fluxos (tempos de ciclo, *setup*, variações do produto, disponibilidade do equipamento e número de operários), caixas de dados com informações importantes, ao nível de indicadores de refugo/retalho, *stock* em curso de fabrico, filas, esperas e tamanhos de lote. Ao mapear o fluxo de valor, a ferramenta permite identificar as principais fontes de desperdício, bem como os excessos de produção que devem ser vistos como oportunidades de melhoria.

Outra das ferramentas do *Lean Manufacturing* mencionadas é o **Kaizen**. *Kaizen* é uma palavra cuja origem provem do Japão e significa melhoria contínua. A implementação desta ferramenta cria um novo paradigma na organização que foca a atenção na criação de fluxo de materiais e de informação, no trabalho puxado em função das necessidades dos clientes e nos zero defeitos e acidentes (*Kaizen Institute*, 2012). No fundo, *Kaizen* é como um guarda-chuva que abarca todas as técnicas de melhoria, lidando com elas de forma cuidadosa para maximizar o proveito oriundo de cada uma delas e que possui como filosofia a eliminação dos diversos desperdícios. É de notar também que esta é uma ferramenta que requer o envolvimento dos operadores pelas sugestões que deles podem advir e implica que se atue na causa/raiz dos problemas e não nas consequências.

Relativamente à **Gestão da Qualidade** pretende-se com ela “fazer bem à primeira vez”, o que implica eliminação de erros no processo desde a fase inicial, para que se possa assegurar qualidade desde a origem. Como tal foram desenvolvidas algumas técnicas e ferramentas de apoio à melhoria da qualidade de produtos e processos, das quais algumas assumem particular destaque, nomeadamente, ciclo de *Deming* (PDCA), fluxograma de processos, carta de controlo de processos, análise ABC, diagrama de *Ishikawa* ou espinha de peixe, entre muitas outras. Estas ferramentas de melhoria enquadram-se na filosofia TQM (*Total Quality Management*) que promove a qualidade em todos os departamentos e ao longo de todo o processo de produção, isto é, desde a sua conceção à realização, passando pela garantia (Pinto, 2008).

³ Atividades internas são aquelas atividades que só podem ser realizadas quando a máquina está parada. Já as atividades externas podem ser realizadas quando a máquina está em funcionamento.

Outra das ferramentas consideradas passa pela **Uniformização de Processos**, ou seja, envolve o processo de uniformizar, normalizar ou *standardizar*. Significa fazer de modo análogo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e as mesmas ferramentas. Para se implementar esta ferramenta torna-se necessário documentar os modos operatórios, a fim de assegurar que todos utilizam o mesmo procedimento, as mesmas ferramentas e que saibam dar solução às diversas situações com que possam ser confrontados. Pinto (2008) enumera algumas vantagens decorrentes desta uniformização, tais como o aumento da previsibilidade dos processos e reduções quer nos desvios quer nos custos, o que contribui para se atingir a melhoria contínua e simultaneamente o sucesso do *Lean Manufacturing* (Pinto, 2008).

Por fim existe também a ferramenta **TPM (Total Productive Maintenance)**, que será alvo de maior aprofundamento na secção seguinte, visto ser a ferramenta em destaque neste trabalho e que dá suporte ao caso de estudo descrito.

2.3.2 Manutenção Produtiva Total

2.3.2.1 Evolução Histórica

Em finais de 1940 os Estados Unidos da América (EUA), experimentaram desenvolver técnicas de manutenção preventiva, com o intuito de melhorar a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos de produção, o que desencadeou o surgimento do TPM (*Total Productive Maintenance*) (Sharma et al., 2012).

A origem do TPM remete-nos para o tempo da segunda guerra, onde as empresas japonesas utilizavam uma manutenção considerada apenas corretiva⁴ contudo, esta manutenção não era suficiente visto que as empresas apresentavam alguns problemas no que diz respeito ao custo e à baixa produtividade. De modo a melhorar a situação vivida e a seguir a ferramenta utilizada pelos EUA, em 1951, os Japoneses começaram a utilizar a manutenção preventiva, que visa prevenir falhas e perdas, através de medidas preventivas, como é o caso do acompanhamento dos equipamentos e prevenção da vida útil de cada máquina. Por sua vez, esta ferramenta também se revelou ineficaz, visto que era cara e pouco eficiente (Costa, 2009).

Na década de 60, o termo manutenção sofreu alterações e foi aperfeiçoado pelos Japoneses quando estes necessitaram de colocar operários a resolver problemas nos equipamentos. Para que isto acontecesse de forma mais eficiente era necessário que os operários cuidassem da máquina como sendo a sua máquina de atuação. Nesta altura estávamos perante a dita manutenção produtiva, que se preocupava também com o aumento da confiabilidade, manutenção e eficiência no projeto de instalação (Costa, 2009; Wireman, 2004).

Com o passar do tempo o conceito evoluiu e, em 1970, a manutenção produtiva alterou o seu foco, uma vez que se começou a preocupar em alcançar a eficiência da manutenção através

⁴ Manutenção corretiva – Manutenção realizada após o equipamento falhar, visa corrigir a avaria detetada no momento.

de uma ferramenta mais abrangente. Este sistema passa pelo respeito dos indivíduos e pela participação de todos os trabalhadores. Foi então, na década de 1970, que se acrescentou o “Total” à manutenção produtiva, dando origem à designação Manutenção Produtiva Total (TPM) (Wireman, 2004).

Em meados de 1971, surge a primeira empresa a implementar o TPM. Tratava-se de uma empresa do grupo Toyota, a Nippondenso Co.Ltda que fabricava peças elétricas para a indústria automóvel do Japão. Segundo Wireman (2004), o termo tem-se vindo a intensificar ao longo dos anos e, à data dos dias que correm, é utilizado para oferecer suporte à utilização integral dos ativos da empresa, servindo como exemplo da aplicação de estratégias como o *Lean Manufacturing*.

Após os resultados apresentados pela implementação do TPM a ferramenta ficou conhecida e passou a ser divulgada e implementada por diversas indústrias, não só do Japão como do mundo inteiro.

2.3.2.2 Manutenção

O TPM é o resultado da evolução do conceito de manutenção, primeiro a manutenção corretiva, depois a preventiva, seguida da manutenção produtiva e por fim a manutenção produtiva total. No entender de Buffa (1987), a manutenção envolve todas as atividades que se prendem com manter o equipamento em bom funcionamento para o operador, assim como realizar as reparações necessárias quando ocorrem avarias, de modo a que o sistema funcione como o pretendido. Neste sentido apresenta como principal objetivo manter o bom estado de funcionamento do equipamento de trabalho, por forma a minimizar os custos (Buffa, 1987).

Por sua vez, a MESA (*Maintenance Engineering Society of Australia*) possui uma perspetiva mais ampla relativamente à manutenção, e define-a como sendo a engenharia que pesa sobre as decisões e ações necessárias e suficientes para a otimização da capacidade especificada. Sendo que a capacidade neste contexto inclui características que vão desde a função, capacidade, qualidade, capacidade de resposta até à degradação dos equipamentos. Neste seguimento, a gestão da manutenção deve abranger todas as fases do ciclo de vida da especificação, nomeadamente instalações, máquinas, equipamentos e instalações, sistemas técnicos, aquisição, planeamento, operação, avaliação de desempenho, melhoria e eliminação de desperdícios (Khamba e Ahuja, 2008).

Sharma et al. (2012) referem ainda que, a manutenção é também responsável pela segurança do sistema técnico e ainda pela boa imagem dos equipamentos produtivos. Os autores enumeram quatro objetivos da manutenção:

1. Assegurar a disponibilidade, fiabilidade e qualidade do equipamento (e consequentemente qualidade do produto);
2. Assegurar que se cumpre a vida útil, estipulada, para o equipamento;
3. Assegurar a produtividade com o cumprimento dos requisitos ambientais;
4. Assegurar a eficácia dos custos nas operações e manutenção das instalações fabris.

Inicialmente a manutenção era vista como a taxa de retorno mais pobre dentro da empresa, quando em comparação com outras rubricas orçamentais. Contudo foi-se descobrindo que se a maioria das empresas dessem a prioridade adequada à gestão da manutenção poderiam reduzir, pelo menos, um terço dos gastos, e a partir daí o conceito de manutenção começou a evoluir. Em 1990 as empresas começam a aperceber-se que determinados conceitos, como a organização da manutenção, a confiabilidade e a gestão e conceção da facilidade da manutenção eram fatores estratégicos para o sucesso. Segundo Khamba e Ahuja (2008), a tendência é para se continuar a dar ênfase às funções da manutenção, para se fazer face às pressões comerciais que se vivem. Os autores reforçam esta ideia ao mencionarem que quanto maior for a eficiência da função da manutenção maior será o contributo para o desempenho dos equipamentos, da produção e dos produtos.

O termo da manutenção teve de se moldar às necessidades que foram surgindo, e hoje em dia é um termo que vai mais além do simples “manter o bom funcionamento”, é preciso torná-lo melhor, mais do que eficaz, torná-lo eficiente. Para tal, é necessário cultivar a melhoria contínua e, para além de corrigir as falhas, prevenir problemas, melhorar os sistemas para evitar problemas.

Outra abordagem importante da manutenção trata-se da Manutenção Autónoma. Por definição, Manutenção Autónoma (MA) significa que, os operadores têm autonomia e conhecimentos suficientes para fazerem intervenções que antes eram realizadas somente por pessoal especializado. Também faz parte da MA um conjunto de atividades diárias a realizar pelos operadores, o que valoriza a sua função e permite aos técnicos ficarem com mais tempo disponível para se dedicar a outras atividades que acrescentem mais valor.

Segundo Khamba e Ahuja (2008), uma integração da manutenção em funções como a engenharia pode ajudar a atingir ganhos em quantidades, tempo, dinheiro e outros recursos úteis que ajudam a resolver problemas de confiabilidade, disponibilidade, facilidade de manutenção e desempenho, indo de encontro aos objetivos do TPM. Assim sendo, pode-se dizer que a manutenção é um dos contributos essenciais para se alcançar os objetivos do TPM e consequentemente do *Lean Manufacturing*.

2.3.2.3 Definição, Objetivos e vantagens do TPM

Womack e Jones (2003) definem o TPM como uma série de métodos desenvolvidos para que as máquinas, ao longo do processo produtivo, assegurem sempre o desempenho requerido de modo a que a produção nunca seja interrompida.

Já Cabral (2006) faz referência ao TPM como sendo um conceito moderno de manutenção, mostrando como sinal exterior mais característico o facto de envolver todo o pessoal da produção ativamente na manutenção. O autor diz ainda que, para tal contribui o conhecimento do operador, visto ser ele quem melhor conhece o equipamento e, portanto, quem detém posição

soberana para proporcionar as melhores condições de funcionamento e para dar a conhecer as suas falhas, ou seja, de um modo geral para facultar a possibilidade de criar melhores condições de prevenção de avarias (Cabral, 2006).

Para Pinto (2008), o TPM é uma filosofia de gestão da Manutenção, na qual todos possuem responsabilidades sobre a utilização e a manutenção do equipamento. Segundo o autor, aquando da implementação do TPM, é importante a ideia da participação ativa dos operadores para a preservação da condição normal de funcionamento dos seus equipamentos, de modo a garantir um fluxo de produção contínuo e sem grandes oscilações.

É possível verificar que as definições se complementam. Deste modo, pode-se definir TPM como sendo uma ferramenta que assenta na manutenção e que tenta incutir práticas e atividades que tentem reduzir as perdas, desperdícios, falhas, acidentes e custos ao longo de toda a cadeia de produção. Tal facto permite, por sua vez, atingir os objetivos do *Lean Manufacturing*, visto que possibilita à empresa ir evoluindo gradualmente até obter zero desperdícios, o que consequentemente se reflete na qualidade e na capacidade de produção. Todos estes aspetos reunidos aumentam a potencialidade desta ferramenta para proporcionar à empresa vantagem competitiva, uma vez que lhe permite melhorar a performance interna produtiva. É de notar que quando se fala de empresas que atuam num ramo extremamente competitivo e de alta exigência, como é o caso da indústria automóvel, esta pode ser uma das ferramentas que lhe permite superar a concorrência.

De acordo com Xambre et al. (2010), o TPM também pode ser visto como uma combinação da manutenção preventiva com os conceitos de qualidade total. Neste sentido, são enumeradas algumas características abrangidas pelo TPM:

- Desenho de produtos com perfil adequado para se produzirem facilmente nas máquinas que a empresa possui;
- Conceção de máquinas sobre as quais seja fácil realizar as operações de fabrico, *setups* e manutenção;
- Formar os operadores para estes terem aptidões para operar nas diversas máquinas e para efetuarem operações simples de manutenção;
- Desenvolver um plano de manutenção preventiva onde conste a vida prevista do equipamento.

Cabral (2006) enumera ainda outras características, como é o caso da busca da maximização da eficiência dos equipamentos (OEE- *Overall Equipment Effectiveness*), da participação dos elementos desde a alta direção até aos operacionais e do movimento motivacional. Este movimento motivacional diz respeito a alterações na maneira de trabalhar pela influência de atividades voluntárias, como por exemplo, a nível prático a integração das técnicas da manutenção corretiva, da manutenção preventiva (ex. lubrificação, limpeza) e da manutenção preditiva (através do diagnóstico precoce de avarias).

Para Cabral (2006), o TPM tem como principal objetivo a eliminação das avarias, defeitos e outras formas de desperdícios, com o propósito de maximizar a eficiência global das máquinas e dos equipamentos, com o envolvimento de todos. Venkatesh (2007) faz referência a outros grandes objetivos, nomeadamente redução custos, diminuição das paragens, aumento da segurança, produção de lotes de pequena quantidade em menor tempo possível e envio das encomendas para os clientes com produtos não-defeituosos.

A implementação do TPM e o alcance dos objetivos que este pressupõe permite às empresas usufruir de determinados benefícios. Venkatesh (2007) divide estes benefícios em diretos e indiretos, (Figura 5).

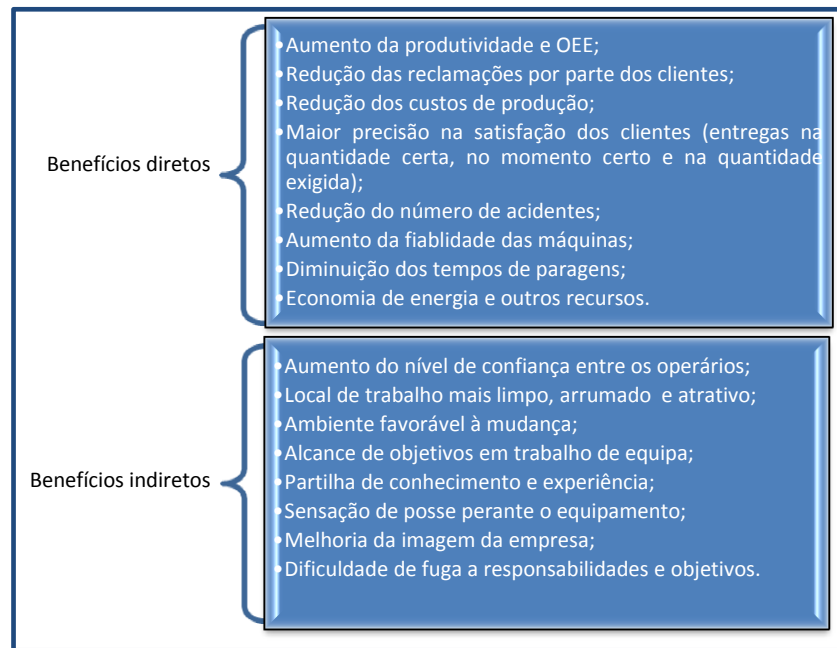


Figura 5 - Benefícios diretos e indiretos do TPM (Adaptado de Venkatesh, 2007 e Sharma et al., 2012)

Como já foi referido, um dos maiores objetivos do TPM é a eliminação de perdas, até porque é também um dos objetivos do *Lean Manufacturing* e o TPM é uma das suas ferramentas. Cabral (2006) e Lobo (2007) identificam sete grandes perdas:

1. Quebras esporádicas ou crónicas (Avarias/falhas) - Este género de perdas levam a tempo inativo de produção e requerem a assistência por parte da manutenção. Segundo Venkatesh (2007), estas perdas podem ser evitadas com o uso de ações adequadas de manutenção preventiva, desenvolvimento e aplicação de procedimentos operacionais e mudanças ao nível de *design*. O autor realça a importância em se fazer um esforço de melhoria proveniente da parceria entre a produção e a manutenção. Como forma de antecipar a falha do equipamento existem técnicas de manutenção preditiva que podem ser utilizadas, por exemplo análise às vibrações excessivas dos equipamentos, à temperatura do óleo e análises gráficas. Contudo é indispensável também recorrer-se a técnicas de análise da raiz

da falha, para que se possa identificar a causa/raiz dos problemas e encontrar soluções eficazes;

2. Mudança de produto (*setup*) - Inclui as perdas com a mudança de linha, com as afinações e afins;
3. Perdas em moldes e ferramentas - Nesta situação podem acontecer dois fenómenos, o repentino e o crónico. No primeiro a perda dá-se pelas paragens de função, já no segundo a perda dá-se pela degradação da performance do equipamento que decorre da redução da função do equipamento em relação à função original;
4. Pequenas paragens e funcionamento sem carga - Normalmente são problemas momentâneos, ou seja, acontecem quando o equipamento pára ou quando trabalha em vazio. Podem ser também pequenos ajustes ou tarefas simples, tais como a limpeza do equipamento;
5. Quebra de velocidade de produção/aumento do tempo de ciclo - Tem em conta a diferença entre a velocidade nominal e a real verificada no equipamento. Estas situações acontecem quando por exemplo a máquina já se encontra em fase de desgaste, materiais precários, ineficiência do operador, entre outros;
6. Problemas de qualidade (produtos defeituosos) - Referem-se a produtos defeituosos e àqueles que necessitam de ser retrabalhados posteriormente;
7. Instabilidade no início da operação (arranque das máquinas) - Ocorre entre o momento em que se dá início à produção até que o processo estabiliza.

Existem contudo, outras perdas que não são inseridas neste grupo das sete grandes perdas, pois foram introduzidas mais recentemente. Venkatesh (2007) aponta mais nove perdas (Figura 6):

Tipo de perda	Categoria
8. Perda por tempo programado inativo	Perdas que impedem a eficiência do equipamento
9. Perdas pela gestão	
10. Perda pelo movimento operacional	Perdas que impedem a eficiência do trabalho
11. Perda de organização de linha	
12. Perda logística	
13. Medição e regulação das perdas	
14. Perda de energia	Perdas que impedem a eficácia dos recursos de produção
15. Perda por quebra de ferramentas	
16. Perda de rendimento	

Figura 6 - Perdas a combater pelo TPM (Fonte: Venkatesh, 2007)

Para Khamba e Ahuja (2008) os elementos estratégicos que permitem erradicar estes desperdícios e consequentemente alcançar os objetivos TPM, incluem: i) possuir equipas multifuncionais, ii) eliminar obstáculos ao tempo de atividade durante o processo, iii) possuir programas de manutenção dos equipamentos, o que por sua vez implica dar formação ao nível hierárquico mais inferior, iv) possuir sistemas de informação, de forma a apoiar o desenvolvimento do equipamento ao menor custo e com maior confiabilidade.

2.3.2.4 Pilares do TPM

A ferramenta TPM, para dar cumprimento ao seu grande objetivo (a eliminação dos desperdícios, incluindo as perdas) necessita de alguns pilares que lhe dão suporte. Inicialmente o TPM contava com cinco pilares, considerados como básicos para dar sustento ao desenvolvimento do processo, dos quais faziam parte a manutenção autónoma, a manutenção centrada, a manutenção planeada, a manutenção da qualidade e por fim a formação e treino. Contudo, com o aumento da concorrência e das exigências, introduziram-se mais três pilares, o da segurança, saúde e meio ambiente, o do TPM administrativo e o da manutenção da melhoria (Figura 7).

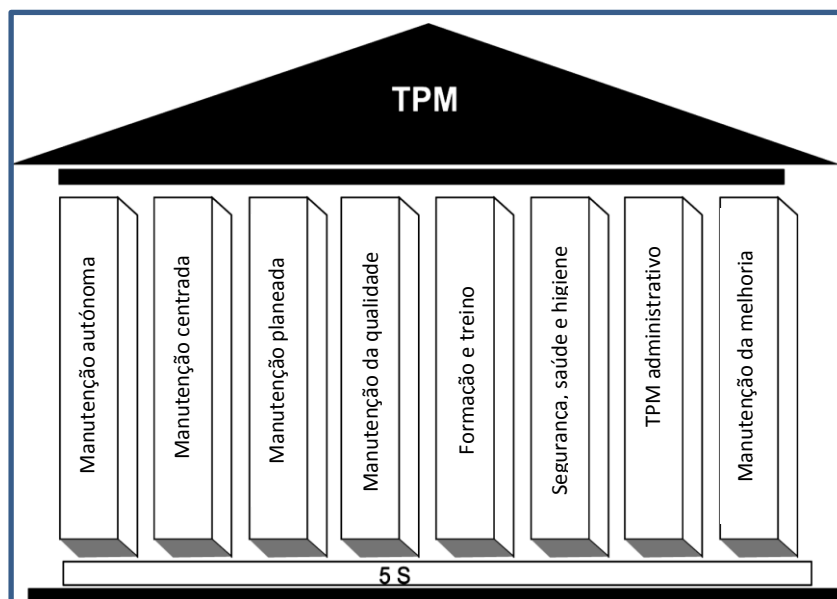


Figura 7 - Oito pilares do TPM (Fonte: Khamba e Ahuja, 2008)

Fazendo uma análise à imagem que é apresentada, pode-se verificar que os oito pilares que dão suporte ao TPM assentam numa base que se intitula de 5S. Alguns autores da bibliografia abordada, defendem que nenhum dos pilares funciona devidamente sem existir primeiro uma abordagem 5S, pois consideram que nenhum problema pode ser identificado claramente se o local de trabalho se encontrar desorganizado. Venkatesh (2007) acrescenta ainda que, a limpeza e a organização do local de trabalho ajudam a equipa a ver os problemas por estes se tornarem mais visíveis, o que ajuda a dar um passo em prol da melhoria.

Descrevendo os pilares temos (Galvão, 2008; Sharma et al., 2012; Venkatesh, 2007):

1. Manutenção autónoma - Pretende-se com este pilar reforçar os conhecimentos básicos de manutenção (limpeza, lubrificação e inspeção), treinar os operadores para aplicarem esse mesmo conhecimento nos equipamentos assim como criar um sentimento de posse e responsabilidade, de forma a estes zelarem pelo seu equipamento autonomamente. Pretende-se libertar os operadores qualificados de pequenas tarefas de manutenção para que assim estes possam ter tempo para se dedicar a atividades com maior valor acrescentado e reparos técnicos que outros não sabem fazer;
2. Manutenção centrada - Faz referência às atividades que maximizem a eficácia global dos equipamentos, processem e melhorem o seu desempenho, através de um sistema de identificação e eliminação de desperdícios. Ou seja, neste pilar a atenção centra-se nas perdas, falhas, defeitos e resíduos, de forma a identificar e eliminá-los permanentemente. Para tal, são utilizadas diversas ferramentas, como é o caso do diagrama de Ishikawa, gráfico de pareto, SMED, entre outras. Os autores realçam a ideia da restauração do equipamento e da melhoria centrada ser um processo contínuo e que prossegue para toda a vida do equipamento;
3. Manutenção planeada - Implica um planeamento eficiente e eficaz da manutenção produtiva. Através do planeamento da produção consegue-se reunir esforços em prol da transformação de uma reação reativa para uma reação proactiva. É de notar ainda que com o planeamento da manutenção pode-se utilizar uma equipa treinada para passar o seu conhecimento, ou parte dele, aos operadores, para que eles possam melhorar os seus próprios equipamentos. Este pilar visa estabelecer e manter o equipamento nas condições ideais, através do planeamento de diversos tipos de manutenção, das quais se destacam:
 - Manutenção corretiva - Realizada quando a máquina falha. Este género de manutenção pode diminuir e/ou eliminar modos de falhas, melhorar a identificação da degradação ou ainda simplificar a atividade de manutenção não programada através de alterações ao equipamento. O objetivo desta manutenção é restaurar o sistema para um estado operacional num menor tempo possível. Note-se que as ações corretivas decorrem dentro dos pilares da manutenção centrada, manutenção autónoma e manutenção planeada;
 - Manutenção preventiva - Executada antes da falha no equipamento ocorrer. Normalmente trata-se de uma manutenção diária, por exemplo, limpeza, inspeção, lubrificação, entre outras. O intuito é o de manter a condição saudável dos equipamentos e diminuir a probabilidade de falha no equipamento no período após a manutenção aplicada;

- Manutenção preditiva - Consiste num estudo prévio acerca das fraquezas dos equipamentos. Este estudo pode realizar-se através da monitorização do desempenho dos equipamentos e outros parâmetros, como tensões, correntes, folgas, fluxos, desvios, temperaturas, etc. Estes procedimentos permitem fazer diagnósticos precocemente e fazer as devidas correções, favorecendo assim o bom funcionamento do equipamento.
4. Manutenção da qualidade - Estabelecimento de condições que eliminem a ocorrência de defeitos e permitam controlar essas mesmas condições, de forma a se atingir os zero defeitos. O foco deste pilar é a eliminação de não conformidades. Através deste pilar pretende-se compreender quais são as peças do equipamento que afetam a qualidade do produto e eliminar as preocupações que possam existir relativamente à qualidade. A ideia aqui presente passa também pela transição da reação reativa para proactiva (controle de qualidade para garantia da qualidade);
 5. Formação e treino - Pretende-se com este pilar dar suporte ao TPM, pela transmissão de habilidade e de conhecimento técnico de produção e manutenção, a fim de revitalizar os operários e torna-los multitalentosos. Deste modo, estes ficam capacitados a realizar tarefas que sejam necessárias de forma eficaz e independente. Este pilar é importante na medida em que a eficácia da implementação TPM depende do grau sob o qual os operadores compreenderam e captaram as técnicas e conhecimentos transmitidos;
 6. Segurança, saúde e meio ambiente - Este pilar visa eliminar os problemas relacionados com a segurança dos operadores, saúde e meio ambiente. A ideia deste pilar é promover a confiabilidade dos equipamentos, ergonomia, eliminação de acidentes e os incidentes ambientais. Assim sendo, este pilar ajuda a criar um ambiente de trabalho seguro e uma área circundante que não seja danificada pelo decorrer normal dos processos ou procedimentos produtivos. Para dar cumprimento ao objetivo deste pilar, torna-se necessário implementar uma estratégia de prevenção ao nível da segurança e higiene;
 7. TPM administrativo - Visa melhorar a produtividade e eficiência nas funções administrativas, assim como identificar e eliminar perdas, com o propósito de criar funções administrativas organizadas e eficientes. Para tal, é necessário analisar processos e procedimentos para a automatização neste setor ser maior. As áreas abrangidas por este pilar correspondem a áreas da logística, do planeamento, dos recursos humanos, da contabilidade, das compras e ainda de áreas administrativas da manutenção e da produção;

8. Manutenção da melhoria - Este pilar por sua vez focaliza-se em maximizar a eficiência efetiva do equipamento e processo, através de uma abordagem sistemática de especificação de um feedback entre projeto/operadores, permitindo eliminar as perdas. Pretende-se também resolver problemas mínimos nos novos equipamentos que possam existir, utilizando a aprendizagem obtida nos sistemas já existentes. Assim sendo, através dos *feedbacks* obtidos e do reaproveitamento da aprendizagem já retida através dos sistemas existentes consegue-se promover iniciativas de melhoria da manutenção, melhorando a eficiência obtida.

2.3.2.5 Fases de implementação

Segundo Venkatesh (2007), o desenvolvimento e a implementação do TPM realiza-se tendo por base um conjunto de doze passos, que podem ser agrupados em quatro fases:

Fase 1 - Preparação

Para a realização desta fase são contemplados os seguintes passos:

1. Anunciar a decisão de introduzir o TPM à direção de topo. Este passo implica que se declare internamente um seminário;
2. Lançar uma campanha educacional, para introduzir o TPM. Os gestores, após terem recebido formação no seminário vão transmitir os conhecimentos pelos diversos níveis hierárquicos usando, por exemplo, slides;
3. Criar a organização responsável pela promoção do TPM, através de atividades como os comités e subcomités;
4. Estabelecer políticas e metas básicas. Implica que se tenha conhecimento/previsão dos efeitos de cada um e que se tenha em conta os valores de referência pretendidos;
5. Formular um plano mestre para o desenvolvimento do TPM. Aqui o que se pretende é que se desenvolva, passo a passo, o plano de implementação do TPM e as estratégias a serem adotadas ao longo do tempo;

Fase 2 - Planeamento da implementação

6. Assegurar o “arranque” do TPM, implica atividades como convidar fornecedores, empresas relacionadas e companhias afiliadas;

Fase 3 - Implementação do TPM

7. Estabelecer um sistema para melhorar a eficiência do sistema produtivo;
8. Desenvolver um programa de manutenção autónoma. Incorpora atividades como diagnósticos, certificação da qualificação, estabelecer prioridades e resolução dos problemas;
9. Desenvolver um programa de manutenção planeada, para cada departamento. Neste caso, as atividades envolvidas prendem-se com melhoria da manutenção, manutenção periódica, entre outras;
10. Treinar para a melhoria das capacidades para as operações e manutenções. Para tal, é necessário educar uma equipa de líderes e treinar os membros;
11. Desenvolver o nível de gestão inicial do equipamento. Passa por desenvolver uma fabricação fácil dos produtos e proporcionar facilidade em manusear o equipamento;

Fase 4 - Estabilização

12. Implementar totalmente o TPM e consolidação do TPM. Este passo tem como alicerces atividades de manutenção autónoma, melhoria dos esforços, alterar as metas (para ser ainda melhor) e ainda prémios de Manutenção Produtiva como forma de incentivo.

2.3.2.6 Indicadores de eficiência TPM

Após a implementação do TPM torna-se importante a implementação também de um sistema de medição de resultados, para que se consiga traduzir, quantitativamente, os ganhos alcançados com a ferramenta. Estes ganhos são referentes à eliminação das perdas que foram apresentadas anteriormente e problemas que foram resolvidos. Ao fazer-se uma análise às perdas, pode-se verificar que estas afetam características como a disponibilidade do equipamento, a performance operacional e a qualidade dos produtos, que por repercussão afetam diretamente a eficiência dos equipamentos. Neste sentido, para a medição dos resultados, a literatura aponta como principal indicador o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Khamba e Ahuja (2008) definem OEE como sendo uma metodologia que incorpora métricas quantitativas para avaliar a performance de um sistema produtivo e referem ainda que é a medida principal para medir o sucesso da implementação do programa TPM. Por se tratar de um indicador que fornece informações sobre a produção e tempo desperdiçado, existem autores que também consideram que o OEE pode ser uma preciosa ajuda na libertação de capacidade e por conseguinte, diminuição de horas extras (Sharma et al., 2012).

Cruz (2009) acrescenta que, o OEE pode ser considerado uma junção da manutenção de operações, gestão de equipamentos e recursos disponíveis. O cálculo do OEE é uma forma eficiente de analisar a eficiência dos equipamentos da organização e trata-se de uma função que engloba o produto entre a disponibilidade, desempenho e qualidade (Figura 8):

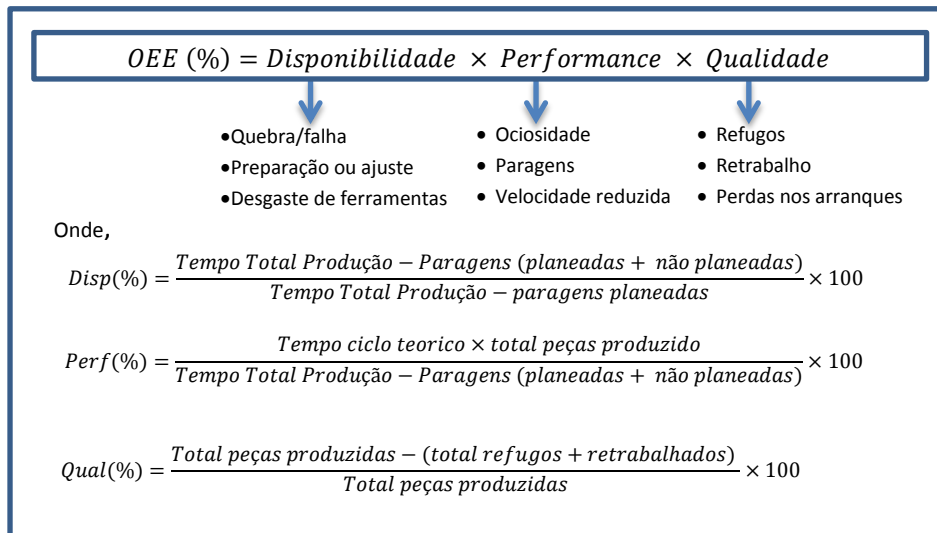


Figura 8 - Cálculo do OEE (Adaptado de Moraes, 2004)

- **Índice de disponibilidade do equipamento** - Representa, percentualmente, o desfasamento de tempo que existe entre o tempo sobre o qual o equipamento trabalha e o tempo que deveria trabalhar. Por outras palavras, exprime a percentagem de tempo em que o equipamento está efetivamente disponível para produzir;
- **Índice de performance operacional** – Exprime, em percentagem, a relação entre o tempo de ciclo real do equipamento, quando este se encontra em funcionamento, e o tempo de ciclo teórico, portanto dá-nos a velocidade a que o equipamento funciona. É preciso ter em conta que o índice em questão é afetado por diversos fatores, tais como reduções de velocidade da operação, pequenas paragens não registadas, tempo de espera de recursos em falta e engarrafamentos;
- **Índice de qualidade de produto** - Representa a percentagem de peças boas no total de peças produzidas, ou seja, simboliza a capacidade de se fazer bem à primeira.

De acordo com *Khamba e Ahuja* (2008) o valor de referência (valor de desempenho a nível mundial) do TPM apresentado para o OEE é de 85%.

Existem outros indicadores, embora não tao completos, para além do OEE, como é o caso do *Loading* e do *TEEP (Total Effective Equipment Performance)*. O primeiro indicador expressa, em

percentagem, o tempo programado para determinada operação ser realizada em comparação com o tempo total disponível, podendo ser calculado da seguinte maneira (Cruz, 2009):

$$Loading = \frac{hp \times dp}{24 \times 7}$$

Onde,

hp: Horas de produção

dp: Dias de produção

Figura 9 - Cálculo do *Loading* (Adaptado de Cruz, 2009)

A título de exemplo, uma empresa que trabalhe 24 horas por dia e 5 dias por semana apresentará um valor $Loading = \frac{24 \times 5}{24 \times 7} = 71,43\%$, o que significa que o tempo programado para se realizar determinada operação ocupa 71,43% do tempo total disponível e portanto só apenas 28,57% do tempo disponível é para as paragens, sejam elas programadas ou não. À partida, após a implementação do TPM, espera-se que os valores deste indicador aumentem em sinal da eliminação das perdas e conseqüente diminuição das paragens.

Por sua vez, o indicador TEEP determina o valor de desempenho global efetivo do equipamento. Este indicador é-nos fornecido através da multiplicação do *Loading* pelo OEE:

$$TEEP = Loading \times OEE$$

Figura 10 - Cálculo do TEEP (Adaptado de Cruz, 2009)

O capítulo seguinte faz a ligação entre esta introdução teórica e a aplicação prática através da descrição de um estudo que tem por base a implementação do TPM na Simoldes Plásticos.

Capítulo 3 - Caso de estudo: "Implementação do TPM na Simoldes Plásticos"

3.1 A empresa

A Simoldes é constituída por um grupo de empresas de carácter familiar que incide, essencialmente, sobre as áreas de moldes e plásticos. O grupo iniciou-se com a Simoldes Aços, em Oliveira de Azeméis, por Manuel da Silva Carreira juntamente com mais dois sócios, em 1959, e o único conhecimento que possuíam era a sua experiência, ao nível operacional, adquirida numa empresa de moldes na qual trabalharam até então, a Moldoplástico. Em 1965 entra para a sociedade António Rodrigues e desde a década de 80 que os únicos detentores do grupo Simoldes são o Sr. António Rodrigues, sua esposa Maria Aldina Valente e seu filho Rui Paulo Rodrigues (Rodrigues, 2005).

A Simoldes Aços lançou-se no mercado com a produção de moldes para sectores que se destinavam a atividades domésticas bem como moldes para brinquedos e eletrodomésticos, a empresa não demorou muito a ampliar a sua gama de produtos, e por volta da década de 60 já produzia moldes para o sector da construção civil, embalagem e componentes eletrónicos. Nos inícios da década de 70 a Simoldes Aços deu mais um dos muitos passos em prol do desenvolvimento, dando início à produção de moldes para empresas de injeção de plásticos, a qual se destinava essencialmente à indústria automóvel. A partir de então o sector da indústria automóvel ocupou um lugar de destaque no seu volume de exportações.

O sucesso da Simoldes Aços foi tal que a empresa decidiu abrir horizontes e investir na área de injeção de plásticos, dando origem à Simoldes Plásticos. Os anos foram passando e o grupo foi evoluindo, dado o aumento verificado na capacidade de produção, tanto na área dos moldes (aços) como dos plásticos. Esta evolução deve-se, em parte, à conquista de quota de mercado, (inicialmente vendia apenas no território nacional mas rapidamente se expandiu para o mercado internacional). Hoje em dia exporta para mais de 30 países, dos quais a França, a Alemanha, a Espanha, a Suécia, a Holanda, o Reino Unido, os Estados Unidos e a Turquia assumem uma particular visibilidade (Globaz, 2007; Lourenço, 2003).

A Simoldes prima não só pela extrema qualidade, não fosse o caso de exportar maioritariamente para a indústria automóvel (uma indústria bastante exigente), como pela integridade e transparência que assume ao nível interno e externo. Possui como missão ser a escolha preferida dos seus clientes, funcionários e fornecedores, contribuindo para um crescimento sustentável e satisfazendo os seus acionistas. Para tal, rege-se por valores como a honra dos seus compromissos e a confiança nas pessoas.

O enorme sucesso do grupo não passa despercebido aos olhos da imprensa. Por exemplo, em 2008, fez parte de um dos suplementos do Jornal de Negócios, suplemento este destinado aos negócios positivos na área dos moldes, no qual Hermínio Loureiro fez questão de realçar o Grupo Simoldes como sendo o maior fabricante europeu de Moldes para injeção de plástico para a indústria automóvel (Lourenço, 2008).

O Grupo Simoldes subdivide-se em dois subgrupos, o dos Aços e o dos Plásticos. Do grupo dos plásticos fazem parte empresas de transformação de plásticos, fabrico de moldes e ainda de reciclagem de polímeros. É neste subgrupo que se encontra a **Simoldes Plásticos (SP)**.

A SP é uma multinacional que teve a sua origem em 1980, encontra-se na zona industrial de Oliveira de Azeméis e dedica-se à produção de peças injetadas em plástico. A empresa conta com cerca de 500 trabalhadores e trabalha 24 horas por dia (a três turnos), cinco dias por semana.



Figura 11 - Localização da empresa Simoldes Plásticos

Ao longo do seu percurso a Simoldes Plásticos (SP) foi encontrando vários desafios impostos pelo mercado aos quais a empresa deu resposta. Para tal, apostou em certificações como é o caso da ISO9001, QS9000 e ISO TS 16949 e procurou dominar as tecnologias de injeção de plásticos, corte laser, soldadura de metais, entre outras.

A SP tem vindo a registar uma constante evolução, contando atualmente com uma grande capacidade instalada e uma larga gama de produtos de qualidade. A empresa conta com 47 máquinas de injeção, com capacidade de fecho entre 150 a 3200 toneladas e fornece para marcas como a Renault, VW, Seat, PSA, Volvo, Ford, Audi, Porsche, Mercedes, Opel, entre outras.

É de notar que o grupo Simoldes Plásticos é um dos poucos grupos do sector a fornecer diretamente os grandes construtores mundiais e a SP tem dado um grande contributo para tal prestígio, pois possui um elevado investimento em tecnologia de ponta que lhe oferece a possibilidade de realizar e desenvolver estudos de conceção, ensaios de peças e o acompanhamento de grandes projetos para os clientes.

A SP possui tecnologias como a **injeção simples** (através de um fuso injeta-se a matéria-prima derretida para o molde, de modo a formar a peça), **injeção de baixa pressão** (injeção com a utilização de baixa pressão na cavidade do molde, pela existência de mais um bico de injeção), **Bi-injeção** (injeção de dois tipos de matéria-prima, podendo estes ser de borracha ou material com

cor), **injeção a gás** (utilização de injeção de gás em determinada zona de espessura superior, evitando que a parte exterior arrefeça mais rapidamente que a interior e consequentemente origine peças defeituosas), **soldagem ultra-sons** (fusão de materiais termoplásticos através do calor obtido pela utilização de ondas ultra-sónicas) e ainda o **corte laser** (utilização de um laser que através da elevada temperatura que atinge provoca o corte) (SimoldesPlásticos, 2012).

O mercado para o qual a Simoldes Plásticos trabalha é essencialmente a indústria de automóveis, assim sendo a sua produção baseia-se em peças interiores (revestimento) e exteriores para automóveis, como é o caso dos para-choques, painéis de instrumentos, painéis de porta, cavas de rodas, pilares, malas, acessórios para montagem, etc. (Figura 12).



Figura 12 - Exemplo da diversidade de produtos da SP (Adaptado de Globaz, 2007)

O setor de produção encontra-se dividido em naves (secções). Atualmente conta com a nave 2, 3 e 5. Nas naves 2 e 3, produzem-se peças mais simples e de menor dimensão ao inverso da nave 5, na qual se produzem peças mais robustas e de maior dimensão, sendo também nesta nave onde se realizam estudos de conceção e acompanhamento/seguimento de grandes projetos junto dos clientes, de forma a que o produto final obedeça aos requisitos exigidos pelos mesmos.

3.2 O processo produtivo

Os produtos mencionados anteriormente são obtidos através do processo de moldação por injeção de termoplásticos. Trata-se de um dos principais processos adotados por empresas de transformação de materiais polímeros, pelas elevadas vantagens que oferece, das quais se salientam a produção em massa, facilidade de automatizar, baixa necessidade de acabamento possuindo ainda uma elevada relevância económica, em comparação com outros métodos. Este método destaca-se também pela flexibilidade em geometria e dimensão, uma vez que permite produzir peças com diferentes dimensões e de diversas complexidades, mas para tal é necessário passar por um todo processo de transformação de materiais, que pode ser descrito da seguinte forma:

1º Aspiração: O material plástico a transformar, polímero em forma de grão, é aspirado para a tremonha que alimenta o cilindro de injeção;

2º Fundição: Ao passar pelo cilindro o material é aquecido por intermédio de resistências, de forma a amolecer e homogeneizar. Com o avanço do fuso o material funde, pela transmissão de calor proveniente das paredes do cilindro e pelo calor gerado por efeito de dissipação viscosa, resultante do esforço mecânico criado pela rotação do fuso;

3º Injeção: Após a fundição, o material fundido é injetado sob o efeito de pressão proveniente do fuso e através de um bico, para o interior do molde;

4º Pressurização: O material é injetado continuamente, através da pressão exercida pelo fuso, com o propósito de reduzir o efeito da contração por arrefecimento e evitar o refluxo do fundido;

5º Arrefecimento da peça: Após preencher o molde, o material solidifica por meio de troca de calor com as paredes do molde, que se encontram a uma temperatura inferior ao do material fundido;

6º Plastificação: Decorre, quando há um recuo do fuso. É nesta fase que se dá a fusão do material para a próxima injeção;

7º Abertura do molde: O prato móvel juntamente com a parte adjacente do molde, deslocam-se ao longo da barra de fixação, de forma a permitir a extração da peça;

8º Ejeção: Por fim, a peça plástica já moldada é extraída do interior do molde por um robot. Este robot possui como terminais várias ventosas, que ao entrarem em contacto com a peça criam vácuo, e assim fazem a extração da peça.

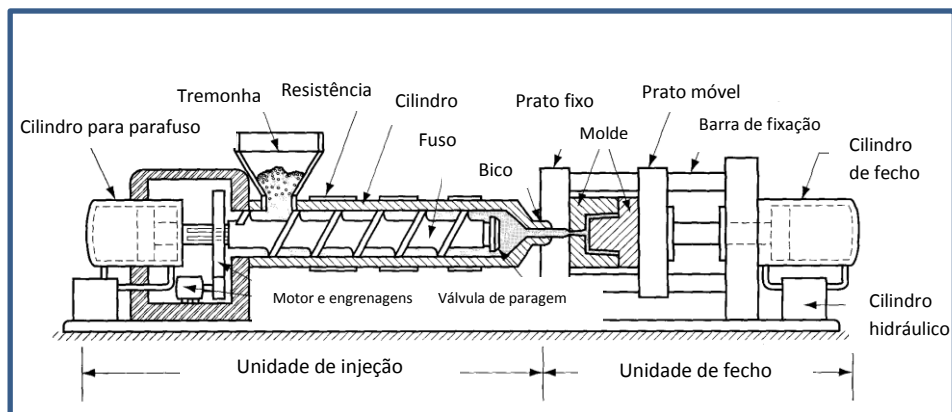


Figura 13 - Processo de injeção (Fonte: Relvas, 2010)

Após a peça ser retirada do molde, o robot passa a peça por um sensor que faz a sua leitura a fim de detetar alguma superfície incompleta. Em caso afirmativo, peça incompleta, o robot coloca a peça automaticamente num recipiente próprio para estes rejeitados, caso contrário o robot coloca a peça nas bancadas ou no tapete rolante (dependendo do molde), até esta chegar

às mãos do operador. Este por sua vez confirma a qualidade e, se for o caso, faz os últimos acabamentos. Posto isto, as peças são embaladas e recolocadas ou no armazém de produto acabado ou no de produto interno, consoante o tipo de peça. A Figura 14 mostra um dos postos de trabalho com o respetivo *layout* (máquina, tapete rolante e local dos produtos acabados).

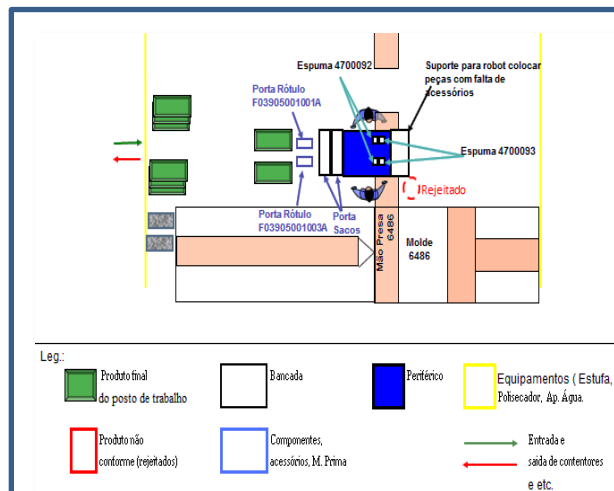


Figura 14 - Posto de trabalho de uma máquina de injeção (Adaptado de SimoldesPlásticos, 2012)

Assim que o produto se encontra embalado é necessário leva-lo para local apropriado. Neste sentido, torna-se pertinente referir que a empresa tem uma área específica para colocar as peças acabadas (armazém), assim como uma área para se fazer a mistura de matéria-prima ate formar a cor pretendida (zona de mistura). Existe também uma área dedicada à manutenção do equipamento, para que se possa dar suporte à produção e assegurar o correto funcionamento das máquinas (zona da manutenção).

No sentido de dar apoio à produção, mas numa perspetiva de assegurar a qualidade e requisitos legais e exigidos pelos clientes, existe também uma seção dedicada à qualidade (zona da metrologia). As peças quando chegam ao cliente nem sempre vão no seu estado puro, ou seja, consoante saem do molde, existem peças que carecem de uma montagem de componentes e ainda de serem estofados, assim sendo é reservada uma área do *layout* da fábrica para este fim, denominando-se de zona de montagem. A restante área existente é reservada à produção (nave 2, 3 e 5) e às vias rodoviárias para os veículos internos. Para uma melhor visualização a Figura 15 mostra o *layout* da empresa com as respetivas secções:

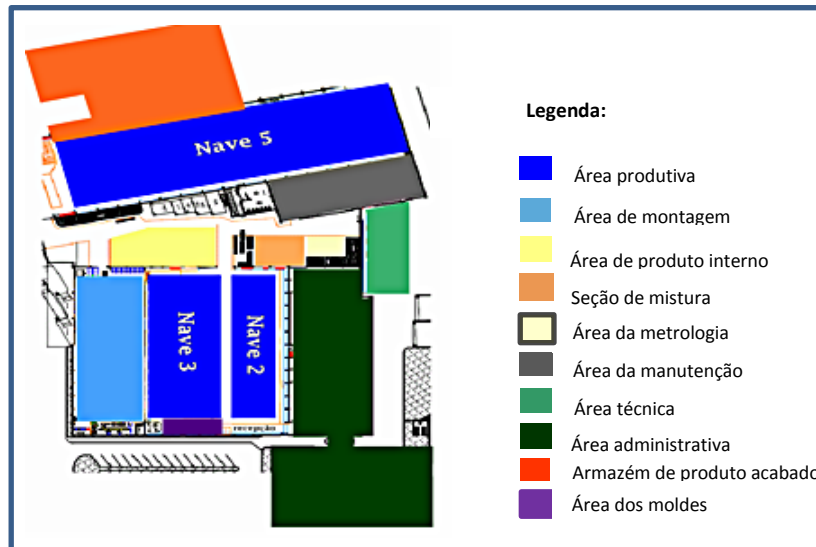


Figura 15 - Layout da Simoldes Plásticos (Adaptado de Simoldes Plásticos, 2012)

A nível de fluxos produtivos, tudo começa com a matéria-prima. Esta segue para a zona de mistura para que, mediante a peça, se faça a dosagem de cor e/ou antiestáticos, a fim de se obter a cor pretendida e/ou exigida na peça final. Existem, contudo, peças que possuem uma cor fixa específica, e nesses casos, o polímero em grão já tem a cor pretendida, sem ser necessário qualquer tipo de mistura. Quando isso acontece a matéria-prima segue diretamente para a respetiva máquina sem passar pelo processo de mistura. Assim que a matéria-prima se encontra doseada (corante e material virgem), segue para as máquinas, através de um empilhador que faz a distribuição. Após a chegada do material às máquinas, é aspirado e transformado através do processo de injeção descrito anteriormente, dando origem às diversas peças.

Quando estas se encontram embaladas e devidamente encaixotadas são colocadas na zona de peças acabadas da linha, identificadas com a cor verde na Figura 14, que após se encontrarem em lotes (podem ser individuais, em palete ou em contentor, mediante a peça e encomenda) são levadas pelos empilhadores para os respetivos armazéns. Estes por sua vez podem ser de dois tipos: i) o armazém de produto interno, no caso de ainda ser necessário a peça sofrer um processo de montagem para se obter a peça pretendida, ii) armazém de produto acabado, que contem os produtos prontos a serem expedidos. É importante frisar que, antes de o produto ser armazenado, é identificado e validado pela equipa de controlo da qualidade, de forma a assegurar a satisfação do cliente e a promover a organização dos sistemas internos.

No caso em que as peças vão para o armazém de produto interno, estas seguem para outra nave, a nave de montagem, para que se proceda à montagem de peças, visto que a empresa fornece peças que carecem de uma pré-montagem, por exemplo um dos processos que é feito nesta nave é a forragem do interior da porta em pele ou tecido.

3.3 Problema, objetivos e metodologia

A SP, à semelhança das restantes empresas do setor automobilístico procura estar na vanguarda do mercado, e portanto procura sempre alcançar vantagem competitiva para se tornar mais competitiva. Por este motivo a visão da empresa SP passa pela melhoria contínua e o “fazer bem à primeira”. Para que se consiga melhorar de forma contínua é necessário atuar sobre os problemas existentes, e um deles é o desperdício.

De forma a erradicar o problema dos desperdícios a empresa adotou o conceito *Lean Manufacturing*, que já se encontra em vigor, através de ferramentas como VSM, Semáforo⁵, 5’S, *Kaizen* e, desde Março de 2011, o TPM. Este caso de estudo visa apresentar todo o trabalho realizado para se implementar a ferramenta TPM na SP, demonstrando todo o processo inerente à eliminação dos desperdícios abrangidos pelo TPM (falhas, defeitos, paragens desnecessárias, acidentes de trabalho, etc.) e consequentemente a melhoria da performance dos equipamentos.

A metodologia adotada para mostrar a implementação do TPM na SP, começa com uma abordagem ao que foi realizado em cada uma das diferentes fases de implementação, seguindo-se a discriminação de todos os passos que foram feitos para acompanhar o processo de implementação. Posto isto, é dado a conhecer os resultados da implementação, no qual são expostas as ações realizadas no âmbito TPM e as vantagens que estas permitiram alcançar. Por fim, e de modo a evidenciar os resultados obtidos, são mostrados graficamente os valores referentes ao contributo da implementação do TPM no desempenho e/ou eficiência total dos equipamentos.

3.4 Apresentação do caso de estudo

O caso de estudo que se segue incide sobre a implementação do TPM na Simoldes Plásticos e tem como finalidade obter resultados em prol da eliminação dos desperdícios, isto é, das perdas, quebras, defeitos, acidentes, entre outros, ao longo de todo o processo produtivo, não fossem estes os objetivos do TPM. O alcance destes objetivos irá permitir proporcionar um melhor desempenho e eficiência nos equipamentos, assim como minimizar os custos associados a estes.

A Simoldes Plásticos adotou o TPM ao longo da sua área produtiva, ou seja, nave 2, 3 e 5 respetivamente. Contudo este projeto irá incidir nas naves 2 e 3 para mostrar todo o trabalho realizado neste âmbito, pelo facto da autora deste projeto ter sido responsável pela implementação do TPM nestas mesmas naves. De realçar que as naves 2 e 3 possuem 31 das 47 máquinas existentes na organização.

⁵ Semáforo – Ferramenta de controlo visual que através de sinais luminosos mostra informações referentes ao que não está a correr bem, a quem precisa de ajuda, à falta de matéria-prima, etc.

É importante referir também que, os resultados apresentados fazem referência ao período de tempo de estágio e, portanto, o projeto de implementação do TPM na Simoldes Plásticos ainda não estará finalizado, pois o projeto iniciou-se em Março de 2011 e tem previsto como data de conclusão Dezembro de 2012, (Anexo I).

Para se implementar o TPM, segundo a teoria exposta, são necessárias quatro fases. Contudo, no que diz respeito a este caso de estudo, as fases 1 e 2 (preparação e planeamento da implementação do TPM respetivamente) já estão assumidas, pois aquando do início do estágio a decisão de implementar o TPM já se encontrava tomada, difundida e já a gestão de topo se encontrava com formação neste âmbito. Assim sendo, este caso de estudo começa com a fase 3, a fase da implementação do TPM no seu cerne, e faz referência à fase 4 (estabilização) tendo por base o implementado até à data de fim de estágio.

3.4.1 Implementação do TPM

Para se proceder à implementação do TPM foi adotado um processo subdividido em sete etapas:

Etapa 1: Definição do equipamento e equipa

Antes de se dar início a qualquer processo de implementação, torna-se importante primeiro saber onde se vai atuar e quem vai atuar. Neste sentido, esta fase serve para selecionar o(s) equipamento(s) a intervir e definir a equipa de apoio ao longo da implementação TPM.

Para se selecionar o equipamento o critério utilizado foi o da eficiência do equipamento, ou seja, deu-se prioridade aos equipamentos que revelaram a eficiência mais baixa no ano anterior ao da implementação, o ano 2010. Os valores considerados para o cálculo são dados internos da empresa referentes a 2010 e o intuito deste cálculo foi atuar nos maiores desperdícios existentes.

A eficiência foi calculada tendo por base as paragens dos equipamentos sobre as quais as ações TPM exercem influência, direta e indiretamente. Neste caso considerou-se as paragens sobre o setor da produção (afinação, afinação de periféricos, limpeza de molde, afinação de robot) e sobre o sector da manutenção (avarias nos moldes, avarias das máquinas, avarias dos robots e avarias dos periféricos). O cálculo desta eficiência será demonstrado na seção 3.4.4 Indicador, visto que se trata do indicador utilizado para demonstrar a eficiência de implementação.

Para a escolha e definição da equipa responsável pela implementação do TPM, a empresa teve o cuidado de selecionar pessoas com conhecimentos na área e, para além disso, deu formação neste âmbito aos elementos selecionados.

Etapa 2: Informar as pessoas, dar a conhecer a ferramenta

Obter sucesso com a implementação do TPM e alcançar os objetivos que lhe estão intrínsecos implica o envolvimento de todos, desde a gestão de topo até aos operários. Esta fase tem como finalidade dar início ao processo de informar, cativar, sensibilizar, dar a conhecer a ferramenta e envolver os elementos, até então, alheios ao TPM, ou seja os operadores.

Para se concretizar esta fase, realizou-se uma reunião em sala, para a qual era realizado uma convocatória a todos os operários (dos três turnos), à equipa de manutenção, aos eletricitas, juntamente com os responsáveis pelo módulo onde o grupo de máquinas em questão se localizava, assim como os responsáveis pela produção e manutenção. Garantir a presença das entidades mencionadas, foi uma das estratégias adotadas para assegurar o acompanhamento e participação ativos por parte de todos desde o início do processo.

Ao longo da reunião, era dado a conhecer o conceito do TPM, quais os objetivos, o que se pretendia alcançar, a importância do contributo de todos e o funcionamento da ferramenta. Aquando da introdução deste último tema, era dado a conhecer as fases necessárias para se proceder à implementação do TPM, bem como o conceito de manutenção autónoma. Existiu sempre o especial cuidado de dar ênfase à manutenção autónoma e ao seu objetivo, com o intuito de levar à interiorização do conceito, para que a aderência fosse positiva numa etapa posterior.

Para finalizar esta fase, era dado o exemplo da primeira máquina onde se aplicou o TPM para que todos assimilassem a teoria e a prática e, ainda distribuídos panfletos com informação síntese sobre o que foi abordado nesta reunião.

Etapa 3: Elaboração da lista de verificação

Chegado a esta etapa elaborou-se uma lista de verificação. A lista de verificação consiste num ficheiro com determinadas áreas a serem inspecionadas quando se proceder ao levantamento das anomalias (etapa 4). As áreas a examinar são áreas sobre as quais existe probabilidade de ocorrerem anomalias, daí serem alvo de inspeção (Figura 16).

Simoldes		TPM - Manutenção Produtiva Total	
Checklist de Inspeção inicial			
Data:	<input type="text"/>	Sem.:	<input type="text"/>
Participantes:	<input type="text"/>		
Equipamento / Posto a ser Inspeccionado:	<input type="text"/>		
Inspeção do Equipamento		Sim / Não / NA	Nº das Ocorrências
Pintura Degradada / Empenos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fugas / Acessos de Óleo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vibrações Excessivas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ruidos Excessivos / Fora do Normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parafusos Desapertados (Tampas e Protecções)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seguranças Desactivadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sujidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Protecções Mecânicas Danificadas (Portas, Acrílicos, etc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Iluminação / Ventilação/ ar comprimido avariada ou ausente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calor excessivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inspeção do Posto de Trabalho			
Área de Trabalho não Marcada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bancada de Trabalho Desorganizada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Área de Trabalho Suja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Área de Trabalho Desarrumada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falta de Local Para Recepção de Material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falta de Local para Expedição de Material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Total		<input type="text"/>	
Obs: Documentar sempre com Fotografias			

Assinala-se se foram detetadas ou não anomalia para determinada área com um S (sim) ou N (não).

Regista-se o nº das ocorrências detetadas para cada área, caso existam.

Figura 16 - Checklist de inspeção inicial

Esta lista de verificação foi elaborada uma única vez, visto que era aplicável a todas as máquinas da organização. No entanto não era fixa, isto é, caso algum elemento identificasse uma outra área, com potencial para situação anómala, não contemplada na *checklist* inicial era feito a alteração da mesma e adicionava-se o seu contributo. Desta forma, conseguiu-se obter a *checklist* mais completa possível.

O objetivo desta fase é o de proporcionar um documento guia que serve de suporte para o levantamento das anomalias em chão de fábrica (etapa 4). Esta lista de verificação permite também que nenhuma área com potencial de anomalia seja esquecida.

Etapa 4: Verificação/deteção e registo das anomalias

Para se resolver os problemas e atingir os zero desperdícios (situação ideal no TPM e *Lean Manufacturing* mencionadas por Womack e Jones, 2003), torna-se necessário em primeiro lugar saber quais são os problemas do equipamento, isto é, é necessário detetar e identificar o que está mal para numa fase posterior serem analisados e solucionados. É precisamente sobre este tema que esta etapa se debruça, (detetar e identificar das anomalias/problemas).

Esta etapa iniciava-se com uma reunião em chão de fábrica, junto do equipamento e, sempre que possível, com os mesmos intervenientes que participaram da etapa 1 (operadores, equipa TPM, eletricitas, responsáveis de módulo, responsável de manutenção e de produção). A presença destes elementos era importante na medida em que garantia que todos tinham conhecimento integral do teor da reunião, o que se traduzia num maior envolvimento e empenho por parte de todos, logo maior eficiência no processo de implementação TPM.

Nesta reunião, para se proceder ao levantamento das anomalias, era utilizada a lista de verificação e, ponto a ponto, inspecionava-se a máquina e registava-se a anomalia, caso existisse alguma. O registo da anomalia era feito num ficheiro, devidamente estruturado, com a denominação de *checklist* de inspeção inicial. Neste ficheiro e no decorrer da reunião, eram preenchidos os campos correspondentes ao número da anomalia em causa, à descrição da anomalia e documentava-se a ocorrência com uma foto alusiva ao problema (Figura 18).

A fotografia tem três finalidades, a primeira para que a anomalia fique mais explícita aquando da sua descrição, segundo para que esta não caia no esquecimento e terceiro para que se possa fazer mais tarde a comparação entre o antes e o depois da intervenção TPM.

Etapa 5: Discussão da melhor solução

Após a identificação das anomalias o passo seguinte consistiu em encontrar uma solução para estas, sendo esta a essência desta etapa.

Para dar cumprimento a esta etapa, foi realizada uma nova reunião. Nesta, teve-se o cuidado de estarem presentes elementos de diversas áreas (equipa TPM, mecânicos, operadores, eletricitas, responsáveis de módulo e afinadores das máquinas), com o intuito não só da solução encontrada ser a mais rica possível (várias cabeças pensam melhor que uma), como pelo facto de assim se garantir que a solução encontrada era a melhor para todos. Ou seja, não se pretendia correr o risco da solução encontrada, depois de implementada criar algum tipo de obstáculo para qualquer outra área. Esta foi também uma forma de seguir uma das políticas da empresa, “Fazer bem à primeira”.

Para solucionar as anomalias levantadas o método utilizado era o *“brainstorming”*. Os elementos iam dando sugestões e, para definir a solução a implementar, o critério utilizado passava maximizasse o interesse de todos os intervenientes e fosse também a mais plausível. Ou seja optava-se pela solução que resolvesse o problema na raiz, sem criar qualquer tipo de obstáculo para outra área envolvente e, se possível, a que melhorasse o impacto visual da organização.

Ao longo da reunião debatia-se cada uma das ocorrências e definia-se o que fazer, quem o iria realizar e quanto tempo duraria a tarefa a ser realizada. A noção de tempo era importante na medida em que permitia às atividades não se prolongassem no tempo e criar uma certa pressão no cumprimento desta. Assim sendo, para cada ocorrência, eram preenchidos (na *checklist* de

verificação inicial) os campos referentes à ação a realizar para dar resposta à anomalia detetada, à data prevista de conclusão da atividade em questão e o(s) responsável(eis) por concretizar a atividade (Figura 18).

Etapa 6: Resolução/implementação de medidas encontradas

Esta fase tem por objetivo implementar as soluções definidas para cada anomalia na fase anterior (etapa 5).

Para se implementar a solução encontrada existiam duas possibilidades, ou a tarefa era exequível internamente ou recorria-se a serviços externos, isto quando a complexidade da tarefa em causa ultrapassava o conhecimento e/ou capacidade de execução interna. Na primeira opção, mediante a tarefa que estivesse em causa era necessário dar a conhecer a informação do pretendido à pessoa da área correspondente e, se necessário, encomendar material caso não existisse em *stock*. Assim que existisse material e mão-de-obra disponíveis eram realizadas as ações estipuladas. Para a segunda hipótese, a direção encarregava-se de contratar os serviços em causa a uma entidade com competência e credibilidade.

Regra geral, antes de se implementar definitivamente qualquer medida definida era realizado um teste. Caso o teste alcançasse o pretendido e obtivesse um resultado positivo aplicava-se aos restantes equipamentos, caso contrário voltava-se a analisar a anomalia, definia-se nova solução e voltava-se a realizar novo teste, sendo este ciclo repetido até ser aprovado. Por exemplo, um dos problemas identificados prendia-se com a falta de segurança que existia para os operadores acederem à tremonha, esta por sua vez encontrava-se a uma altura considerável e não existiam acessos para realizar as operações necessárias. A solução adotada passou por colocar degraus e corrimões de apoio no equipamento de modo a facilitar a operação e a criar as devidas condições de segurança. Esta situação era comum a todas as máquinas da organização, contudo antes de a ação corretiva se estender às restantes máquinas primeiro fez-se um teste num equipamento, para verificar se os operadores se sentiam confortáveis, seguros e se não existia nenhum tipo de inconvenientes e só depois de o teste ter sido aprovado pelos operadores, responsáveis de módulo e afins é que a ação se estendeu aos restantes equipamentos.

É de notar que ao implementar as ações teve-se o cuidado de atuar, não só sobre o efeito da anomalia, mas principalmente sobre a causa. Por exemplo, uma das anomalias que se verificou sempre em todas as máquinas onde se implementou o TPM, prendia-se com o facto de existirem diversas fugas de óleo. Trata-se de uma anomalia grave, na medida em que este aspeto possuía sérias repercussões ao nível de desperdícios, eficiência dos equipamentos, como era o caso das paragens por falta de óleo, dos custos inerentes ao óleo desperdiçado, avarias provocadas pela falta de óleo, do aumento da probabilidade de acontecerem acidentes (piso escorregadio), entre outros.

Neste campo de ação, para se proceder à eliminação das fugas, começou-se por fazer uma limpeza interna e externa ao equipamento, para ser mais fácil a identificação do local da fuga de óleo. Posteriormente, no da fuga fez-se um estudo pormenorizado ao interior da máquina para se

detetar a origem da anomalia. Após o estudo, verificou-se que os derrames observados derivavam de um acumular de situações e, portanto, possuíam diversas causas (Figura 17).

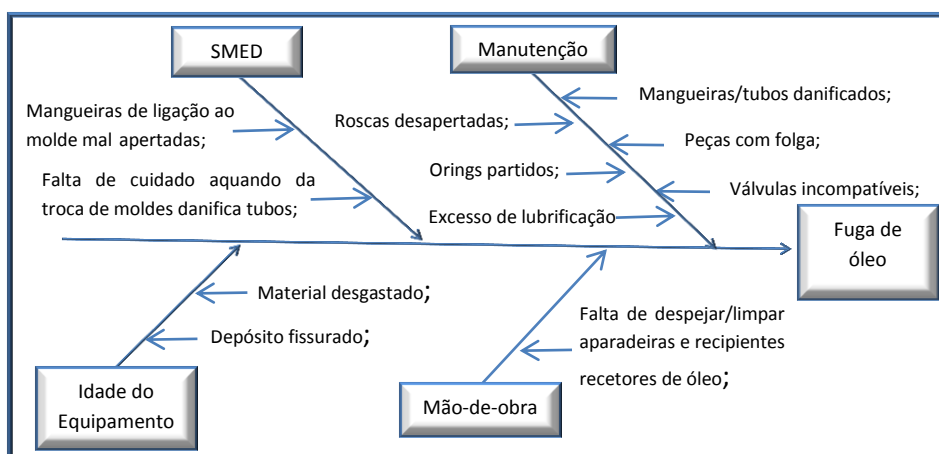


Figura 17 - Diagrama espinha de peixe das fugas de óleo

O facto de os SMED (equipa SMED respetivamente) poderem estar na causa das fugas de óleo deriva de, por vezes, estes ao trocarem o molde poderem não estabelecer a correta ligação ao molde, ou porque as ligações não ficaram bem apertadas ou por incompatibilidade de válvulas, originando folgas e consequentemente fugas de óleo. Existe também outro aspeto que influencia na existência de fugas de óleo que se prende com a falta de cuidado que possa existir para com o equipamento, nomeadamente mangueiras de ligações, acabando por danificar os tubos e/ou mangueiras, o que por sua vez leva a fugas de óleo. Estas situações acontecem porque o seu objetivo é realizar a troca do molde o mais rápido possível, fazendo-os descuidarem-se deste género de cuidados que carecem de tempo.

Mediante a causa da anomalia criavam-se ações para erradicar o problema. São exemplos destas ações, o aperto das roscas de aperto, a substituição de orings, a troca de válvulas, a solda de depósitos com fissuras, a substituição de peças desgastadas, etc. Deste modo conseguia-se evitar ou, pelo menos, diminuir a probabilidade da anomalia voltar a surgir pelos mesmos motivos.

Após a tarefa se encontrar finalizada, era necessário atualizar a *checklist* mais precisamente os campos correspondentes à data de conclusão e à foto alusiva ao depois, isto para se poder efetuar uma comparação entre o antes e depois e ter a perceção da evolução do estado do equipamento (Figura 18).

TPM - Manutenção Produtiva Total
Checklist de Inspeção inicial

Ocorrência Nº: 1

Descrição: Pinturas degradadas

Ação: Pintar máquinas

Antes: [Foto]

Data: Sem. 14

Depois: [Foto]

Resp: Eq. Man.+ Operadores

Concluído: Sem. 10

Ocorrência Nº: 2

Descrição: Equipamento empenado

Ação: Restaurar equipamento

Antes: [Foto]

Data: Sem. 12

Depois: [Foto]

Resp: Eq. Man.

Concluído: Sem. 11

Ocorrência Nº: 3

Descrição: Bomba de vácuo solta, causando empenhos e degradação da pintura

Ação: Recolocar e fixar bomba

Antes: [Foto]

Data: Sem. 10

Depois: [Foto]

Resp: Eq. Man.

Concluído: Sem. 10

Campos a preencher na fase 4, para cada ocorrência.

Campos a preencher na fase 5, para cada ocorrência.

Campos a preencher na fase 6, para cada ocorrência.

Figura 18 - Continuação da checklist de inspeção inicial

Etapa 7: Estabelecer padrões de limpeza/manutenção

Na etapa 7 estabeleciam-se padrões de limpeza e de manutenção que assegurassem a boa condição em que se deixou o equipamento, bem como um sistema de manutenção por parte dos operadores.

A etapa 7 possuía como principais objetivos dar poder e responsabilidade aos operadores para cuidarem dos seus equipamentos e mante-los em bom estado, dar continuidade ao processo de redução dos desperdícios e ainda criar rotinas de inspeção, para se poder também detetar precocemente possíveis avarias. Para tal, implementou-se um Plano de Manutenção Autónoma (MA) (Anexo II).

O Plano de MA varia de máquina para máquina e consiste numa folha A3, com um conjunto de atividades, que podem ser variáveis consoante o tipo de equipamento, distribuídas pelos dias da semana, para não sobrecarregar os operadores. Estas atividades incidem sobre áreas onde existe uma elevada probabilidade de acontecerem anomalias que interfiram com a eficiência do equipamento. Essas anomalias prendem-se com aspetos como nível do óleo insuficiente, fugas de óleo e de água, nível de lubrificação, temperatura do óleo, entre outras.

Para se identificar as atividades colocou-se uma foto alusiva à descrição da atividade e teve-se também o cuidado de identificar cada atividade com um número. Por sua vez este

número encontra-se no local do *layout* a assinalar a área onde os colaboradores deveriam dirigir-se para realizar a tarefa e também no próprio equipamento.

Este plano destina-se a ser preenchido pelos operadores, pois trata-se de um sistema interno que assegura rotinas semanais com vista a atingir os objetivos da manutenção autónoma. Os operadores são também as pessoas mais indicadas para preencher este plano pelo facto de serem eles quem melhor conhecem o equipamento e quem passam mais tempo junto do equipamento, permitindo-lhes ter uma maior facilidade em detetar as anomalias.

Para o preenchimento do plano foi dada aos operadores uma formação prévia que tem como principal objetivo abordar a razão de ser, a essência do plano e o seu funcionamento. Ao longo da formação foram abordados conceitos como a lubrificação, limpeza, procedimentos de manutenção, assim como a importância da realização do Plano.

Dada a formação, os operários preenchiam o Plano. Para tal, estes só tinham de ir ao dia em questão, ver qual a atividade correspondente, executá-la e por fim assinalar no Plano com uma cruz se estava ok ou NOK (Não ok). Quando não está OK, foi pedido aos operários que assim que pudessem comunicassem ao responsável de módulo a anomalia, para que este fizesse o pedido de intervenção (PI) e a informação entrasse no sistema. Assim que a informação dava entrada no sistema a manutenção tinha acesso a ela e, cabia à pessoa responsável por aquela tarefa, ir de imediato resolvê-la ou assim que pudesse.

Cabia ao responsável de módulo também, no final de cada semana, preencher um ficheiro dedicado ao registo do plano de MA (Anexo III). Este ficheiro servia como comprovativo de que o responsável de módulo acompanhou o plano diariamente e fez os PI's despoletados pelos operadores. No final do registo este encarregava-se de limpar o plano para voltar a ser preenchido na próxima segunda-feira, dando origem a um ciclo contínuo de verificação e resolução das anomalias.

Este sistema visa, através do Plano de MA, intervir numa fase inicial sobre a anomalia, e assim minimizar os desperdícios associados a estas, sejam em termos de custos agregados às perdas que se tem, de qualidade, de tempo perdido, entre outros. O Plano de MA permite também implementar um sistema de manutenção preventiva através da criação de rotinas, e dos procedimentos de manutenção incutidos. Por este motivo a MA revela-se num dos aspetos principais do TPM, pois possibilita atingir os zero desperdícios, embora que de forma gradual.

Esta foi a fase mais controversa de todas, pois para ser concluída com sucesso era necessário que os operadores cooperassem. Tal facto requeria que estes fossem envolvidos desde a fase inicial, para que percebessem o porquê deste plano, quais os benefícios e qual o valor do seu contributo, só assim era possível sensibilizá-los, cativá-los, e incutir-lhes rotinas em prol da MA.

Fazendo um paralelismo entre o que, teoricamente deveria ser abordado na implementação do TPM e o que se implementou na prática pode-se constatar que o implementado na SP vai de encontro ao sugerido pela teoria:

Tabela 1 - Comparação entre implementação na teoria com o executado na prática

Fase 3 – Implementação do TPM	
Teoria	Prática
1. Estabelecer um sistema para a melhoria da eficiência do sistema produtivo;	Implementação de ações corretivas, preventivas, juntamente com o Plano de MA;
2. Desenvolver um programa de manutenção autónoma. Incorpora atividades como diagnósticos, certificação da qualificação, estabelecer prioridades e resolução dos problemas;	Criação do Plano de MA e cumprimento do ciclo PDCA do Plano MA (abordado em 3.4.2 Formas de acompanhamento);
3. Desenvolver um programa de manutenção planeada, para cada departamento. Neste caso, as atividades envolvidas prendem-se com melhoria da manutenção, manutenção periódica, entre outras;	(Neste caso o departamento restringe-se à produção) Aplicação da manutenção corretiva (eliminação de todas as anomalias levantadas), manutenção preventiva (através da criação de rotinas intrínsecas ao cumprimento do Plano de MA) e melhoria da manutenção (através do ciclo PDCA associado ao Plano de MA);
4. Treinar para a melhoria das capacidades para as operações e manutenções. Para tal, é necessário educar uma equipa de líderes e treinar os membros;	Formações dadas na fase introdutória ao nível de TPM e na introdução do Plano de MA;
5. Desenvolver o nível de gestão inicial do equipamento. Passa por desenvolver uma fabricação fácil dos produtos e fácil, também, para operar com o próprio equipamento.	Em algumas das ações corretivas implementadas foram criadas e/ou alterados alguns sistemas produtivos com o intuito de otimizar o processo produtivo. Alguns destes exemplos serão possíveis de serem observados nos resultados apresentados no capítulo 3.4.3 Resultados.

A correta implementação das fases descritas permite dar solidez aos pilares que dão suporte ao TPM e assim cumprir os objetivos do TPM de forma eficiente. Assim sendo, torna-se pertinente ver o que foi feito ao longo da implementação para dar consistência aos pilares:

- Pilar 5'S - A SP dispõe de uma equipa especializada dedicada a este grande pilar e, portanto, não se interferiu diretamente neste campo;
- Pilar da MA - Deu-se formação sobre os procedimentos básicos de manutenção e tentou-se consciencializar e cativar os operadores a zelarem pelo próprio equipamento (sentimento de posse). Implementou-se o Plano de MA, de forma a criar rotinas de inspeção e de manutenção. Este pilar permitiu libertar técnicos de manutenção para outras ações necessárias, dar continuidade à eliminação de desperdícios (que possam surgir após a implementação), bem como identificar precocemente anomalias e fazer o respetivo diagnóstico;
- Manutenção centrada - Foram realizadas reuniões em chão de fábrica, com todos os envolvidos (operadores, elementos da manutenção, elementos da

direção, etc.) para se proceder à identificação das anomalias existentes, à discussão de soluções bem como à implementação das mesmas, tendo sempre em vista eliminá-las permanentemente. É de salientar que se atuou sempre na causa e não somente no efeito da anomalia. A eliminação destas anomalias possibilitou reduzir-se o número de paragens não programadas e melhorar todo o sistema produtivo, que se traduz num aumento do desempenho total dos equipamentos (resultados expostos no capítulo 3.4.3 Resultados);

- Pilar da manutenção planeada - Tal como já foi mencionado, a este nível planeou-se e implementou-se a manutenção corretiva, preventiva e ainda manutenção preditiva. Também aqui o Plano de MA exerce o papel de manutenção planeada, uma vez que as atividades incidem sobre os pontos fracos do equipamento, servindo como sistema que permite a correção, prevenção e o diagnóstico de possíveis anomalias em prol da melhoria das diversas manutenções;
- Pilar da manutenção da qualidade - Realizaram-se algumas ações no sentido de garantir qualidade do produto, contudo como a SP apresenta uma elevada eficiência na qualidade (99,8 %), pouco havia a fazer a este nível;
- Pilar Formação e treino - Foram dadas formações, pela pessoa responsável da implementação do TPM, ao nível da manutenção de primeiro nível (lubrificação, inspeção, limpeza e procedimentos de manutenção) de forma a aprofundar os conhecimentos dos operadores e de modo a ficarem autónomos em determinadas atividades. As formações eram dadas em diferentes horizontes temporais e possuíam conteúdos e objetivos diferentes, mediante a etapa onde se estivesse a atuar, sendo que cada formação possuía, em média, cerca de 1 hora;
- Pilar segurança, saúde e meio ambiente - Foram diversas as ações realizadas neste âmbito, porém serão alvo de exposição e descrição no capítulo 3.4.3 Resultados;
- Pilar TPM administrativo - Não se aplica a este projeto de estudo, uma vez que se está a atuar na área produtiva;
- Pilar Manutenção da melhoria - Este pilar é assegurado através do sistema de realização do Plano de MA e consequente ciclo de PDCA (a abordar em 3.4.2 Formas de acompanhamento). Ou seja, é assegurado através dos PI'S e respetiva resposta (*feedback*) por parte das entidades competentes, regra geral elementos da manutenção. O facto de o pedido entrar dentro do sistema informático interno assegura que a anomalia em causa não entra em esquecimento e que a informação chega à entidade competente em tempo real. Através deste sistema consegue-se reagir atempadamente e criar as devidas condições em prol da melhoria contínua.

A concretização com êxito do processo de implementação TPM, implica também que se faça um acompanhamento constante em todas as fases. Este acompanhamento, na SP, manifestou-se através de cartazes, reuniões, divulgação de informação em formato A3, acompanhamento diário em chão de fábrica, bem como atualização do dossier correspondente ao TPM.

3.4.2 Formas de acompanhamento da implementação TPM

Cartaz

Quando se dava abertura do processo de implementação TPM nas máquinas tinha-se o cuidado de colocar um cartaz junto dos equipamentos em questão. Este cartaz tinha três finalidades, a primeira para dar visibilidade à ferramenta na empresa, a segunda para que qualquer pessoa da organização (principalmente as envolvidas no processo de implementação) pudesse acompanhar o processo de evolução e a terceira, para que as pessoas que ainda não estivessem envolvidas no processo fossem adquirindo familiaridade com a ferramenta.

O cartaz possuía a dimensão A1 e na parte superior continha uma breve definição do TPM e respetivos objetivos, de forma a disponibilizar a informação base acerca da ferramenta. O restante espaço foi dedicado à apresentação da *checklist* de verificação inicial (Figura 19).



Figura 19 - Cartaz TPM

O cartaz era atualizado semanalmente, a fim de manter disponível a informação sempre atualizada e proporcionando também, a todos os envolvidos, o acompanhamento da evolução do processo, bem como demonstrar que as ações estipuladas não caíam no esquecimento.

Reuniões ponto de situação

Consistia numa reunião, efetuada a meio da etapa 6, com os elementos da equipa TPM, para se fazer um ponto de situação relativamente às ações definidas. Aqui fazia-se uma análise às ações feitas até à data corrente, verificava-se se o implementado correspondia às expectativas, se de facto a solução agradava a todos (ou se depois de implementado se descobriu algum inconveniente) e se todos estavam a colaborar devidamente. Fazia-se também uma análise às atividades que estavam em atraso, com vista a apurar-se as causas e tentar solucioná-las e/ou contorná-las.

Caso alguma atividade estivesse em atraso, mediante o previsto, apuravam-se as causas (contratempos, falta de condições, falta de material, esquecimento, etc.) para se atuar e corrigir o atraso. Por exemplo, em Fevereiro, numa das reuniões de ponto de situação realizadas, verificou-se o atraso de uma das atividades previstas. A anomalia identificada derivou da dificuldade sentida em aceder ao interior da máquina para uma eventual intervenção por parte da manutenção, pois os corredores de acesso estavam preenchidos por moldes (Figura 20).

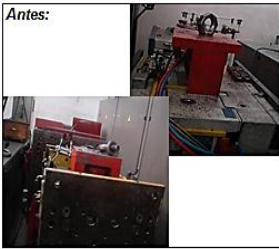

Ocorrência Nº: 28	
Descrição: Dificil acesso ao interior da máquina e consequente manutenção	
Acção: Recolocação dos moldes para libertar espaço	
Antes:	Depois:
	
Data	Sem. 12
Resp	Eq. Man.
Concluído	Sem. 15

Figura 20 - Anomalia detetada (Fonte: Simoldes Plásticos, 2012)

Após se apurarem as causas, verificou-se que a atividade já tinha sido iniciada mas entretanto surgiram alguns contratempos. Esta foi uma das ações bastante trabalhosas pois, para se recolocarem os moldes que ocupavam indevidamente os corredores, teve-se que reorganizar o espaço que é dedicado especificamente aos moldes. Ou seja, existe uma área específica para colocar moldes, contudo esta já se encontrava lotada, daí existirem moldes nos corredores. Para além deste espaço a empresa possuía estantes para moldes (que não se encontravam totalmente preenchidas), mas que não tinham capacidade para armazenar os moldes que se encontravam nos corredores, pelo seu peso e dimensão.

Dados estes entraves, esta atividade demorou mais tempo que o previsto, pois foi necessário retirar os moldes obsoletos da área destinada a estes (desloca-los para um armazém pertencente ao grupo) e otimizar o espaço que restou. Esta otimização passou por recolocar também os moldes em utilização de pequena dimensão para a estante de moldes e ordenar os que ficaram (com restrição em altura), libertando assim mais espaço na área dos moldes.

Desta forma, depois de apuradas as causas fez-se os possíveis para disponibilizar as devidas condições o mais rápido possível para a realização da atividade, neste caso garantir transporte especial para os moldes e mão-de-obra disponível. Como resultado destes contratempas a atividade atrasou 3 semanas, em relação à data prevista, mas após se ter auxiliado a atividade conseguiu-se terminar a tempo do encerramento oficial do TPM das máquinas em questão.

Documento A3

Trata-se de um documento em formato A3, elaborado por quem implementa a ferramenta, disponibilizado à direção, para garantir que esta tinha conhecimento dos aspetos TPM mais importantes (Figura 21). Este documento continha informação relativa a:

- Calendarização - Informação visual que permitia acompanhar a evolução da implementação a nível temporal, nomeadamente a situação prevista e a posição real. Eram utilizadas diferentes cores para melhor identificar o implementado, o que estava a ser implementado e o que estava programado;
- *Layout* - Imagem referente ao layout da produção, mas com a particularidade de permitir acompanhar a evolução da implementação do TPM na área de produção. À semelhança da calendarização possuía cores diferentes para identificar o implementado (cor verde) e o que se encontrava a ser implementado questão (cor laranja). À medida que se ia implementando o TPM, o layout ia ficando preenchido com a cor verde. É um aspeto importante pois realça visualmente o percurso da evolução do TPM;
- Equipa TPM - Imagem com a foto dos elementos TPM;
- Plano de Manutenção Autónoma - Dos aspetos mais importante do TPM, pois serve diversos pilares, nomeadamente manutenção autónoma, manutenção planeada e melhoria da manutenção. Este plano permite dar continuidade ao processo de eliminação dos desperdícios (até atingir os zero desperdícios) depois de o TPM ser dado oficialmente como concluído e, assim assegurar o processo de melhoria contínua e os interesses do *Lean Manufacturing*;
- Indicador de eficiência - Indicador que traduz a eficiência das ações TPM implantados. Permite acompanhar e avaliar o cumprimento dos objetivos e metas inerentes ao processo, permitindo também ver o grau de influência das ações TPM na performance total da organização.

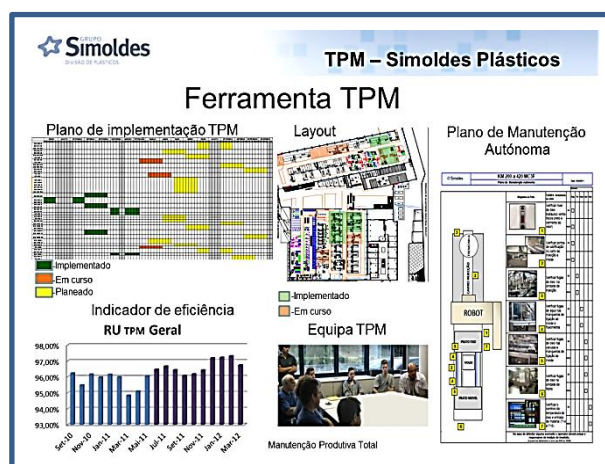


Figura 21 - Documento A3 (Fonte: Simoldes Plásticos, 2012)

É de frisar que, o A3 era atualizado mensalmente pelo fato de ser no final de cada mês que os dados utilizados no indicador eram lançados. Era este o principal documento de apoio TPM, visto que reunia a informação síntese de todo o processo.

Acompanhamento no terreno

Este acompanhamento era feito diariamente, no chão de fábrica. Tinha como propósito verificar se as ações estavam a ser cumpridas consoante o combinado, se existia alguma necessidade extra para a execução da atividade, se era necessário contratar e/ou comunicar alguém para efetuar alguma atividade em especial e se alguma atividade tinha sido concluída. Mediante os resultados atualizava-se a *checklist* interna correspondente, que era publicada semanalmente no cartaz de acompanhamento mencionado anteriormente.

Existia também um acompanhamento diário em relação ao cumprimento do Plano de Manutenção Autônoma. Todos os dias, na véspera do turno da manhã terminar, era verificado o estado da ação estabelecida para o dia em questão. Mediante o resultado, OK ou NOK, preenchido pelo operador, existia um ficheiro interno de controlo que era preenchido (Anexo IV). O intuito deste registo era controlar e certificar se o Plano de MA estava a ser cumprido por todos, desde a identificação das anomalias pelos operadores, o PI (Pedido de Intervenção) realizado pelos responsáveis de módulo, até à resolução dos problemas por parte da manutenção. Caso houvesse falha neste processo, graças a este controlo diário seria possível identificar de imediato quem não cumpria com o acordado e podia-se falar com as pessoas em causa, por forma a reforçar o conceito, a importância de todos se envolverem no processo, mostrar o quão importante era o contributo deles ao longo do procedimento e de que forma todos beneficiavam com a MA. Assim sendo, seria possível consciencializá-los, inculcá-los rotinas e incentivá-los a fazer o possível para que este processo funcionasse positivamente.

Existia o cuidado de verificar diariamente o correto preenchimento do Plano, isto para em caso de mau preenchimento apurar-se a causa e retirar a dúvida ao colaborador, ou reforçar a consciencialização dos operadores (caso a origem fosse a resistência à mudança).

A execução deste acompanhamento diário em chão de fábrica, permitiu ainda obter outra grande vantagem, pois ao garantir o êxito do Plano de MA conseguiu-se dar um contributo à filosofia PDCA implementada na empresa, ao nível de melhoria contínua, TPM e consequentemente *Lean Manufacturing*. Aplicando o ciclo de Deming ao Plano de MA temos (Figura 22):

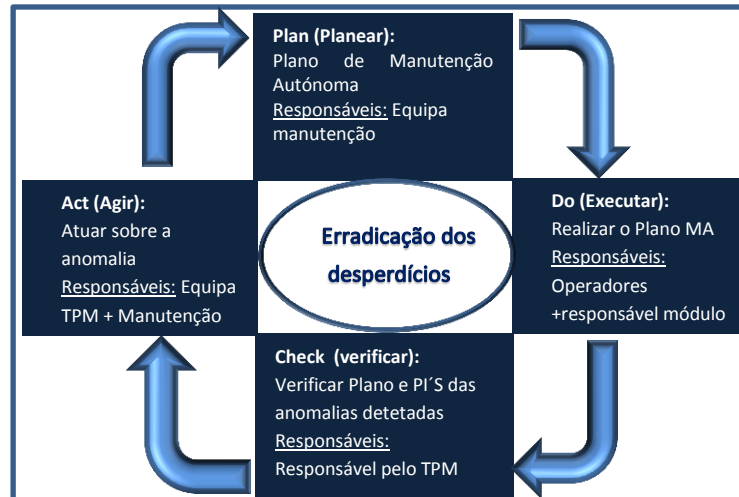


Figura 22 - Ciclo PDCA

Dossier

Todas estas formas de acompanhar e controlar a implementação do TPM eram arquivadas num dossier dedicado ao TPM. Este dossier era composto por cinco divisões:

1. Registo do Plano de MA - Controlo diário interno da execução do Plano de MA;
2. Registo das formações - Lista com todas as pessoas que operavam nas naves 2 e 3. Sempre que se dava início à implementação do Plano MA (Etapa 7) e se dava a formação às pessoas que operavam nas máquinas, era assinalado na lista as pessoas que tiveram formação. Para formalizar a formação dada estes preenchiam uma folha de presença, (Anexo V);
3. Máquinas de Implementação TPM - À medida que se dava o fecho oficial das ações TPM nos equipamentos, imprimiam-se as *checklists* na sua versão mais completa das máquinas em questão. Desta forma a qualquer momento se podia ter acesso às máquinas onde o TPM fora implementado, as anomalias levantadas, as ações realizadas, quando se fez e por quem;
4. Parte teórica - Continha conceitos teóricos respeitantes ao TPM, para em caso de dúvida no decorrer da implementação, ser possível esclarecer.

3.4.3 Resultados

Finalizado o processo de implementação, são esperados resultados que traduzam todo o esforço realizado.

Dado que objetivo primordial do TPM é eliminar os desperdícios, por forma a maximizar o desempenho dos equipamentos, serão agora apresentados alguns exemplos de ações executadas na SP no sentido de os combater.

Sabe-se que um dos grandes desperdícios prende-se com **as quebras esporádicas ou crónicas**, isto é, com as avarias das máquinas. Estas avarias surgem por questões como falta de controlo da temperatura do óleo, fugas de óleo, entre muitas outras. A este nível foram diversas as anomalias detetadas e diversas também as ações realizadas para as combater (Tabela 2).

Tabela 2 - Perdas, soluções e melhorias nas quebras esporádicas/crónicas

	Perdas	Soluções	Melhorias
Quebras crónicas	Fugas de óleo	Limpar, detetar e corrigir fugas (substituir orings, soldar fissuras, troca de peças desgastadas, etc.);	Diminuição das paragens por falta de óleo, diminuição dos custos com o óleo desperdiçado e diminuição do número de acidentes (piso escorregadio);
Quebras esporádicas	Fugas de água	Limpar, detetar e corrigir fugas (colocar teflon e malha nas ligações, substituição de material danificado, etc.);	Diminuição das avarias/falhas provocadas pela possível falta de água no circuito de arrefecimento e diminuição dos custos com a água desperdiçada;
	Temperaturas de óleo fora do normal	Detetar anomalia e corrigir;	Diminuição das paragens provenientes do alcance das temperaturas máximas aceitáveis;
	Bomba de vácuo solta	Recolocar e fixar bomba;	Diminuição do número de avarias da bomba (não cai, não estorva, não ganha folgas)

A anomalia que mais se destaca, pela frequência e importância que assume no processo de injeção, trata-se das fugas de óleo. Esta anomalia encontra-se na categoria de crónica pelo facto de nunca se conseguir elimina-las a 100 % pela idade do equipamento e consequente desgaste. Quando a máquina pára por questões como estas provoca, desnecessariamente, tempo de produção inativo, peças defeituosas, desperdício de material, entre outros. Como exemplo dos resultados obtidos depois da intervenção do TPM nesta área segue-se o exemplo de uma das máquinas onde se atuou.

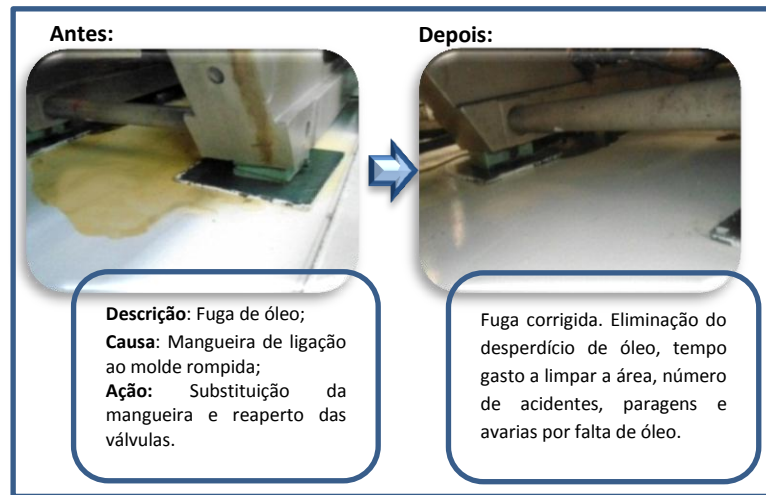


Figura 23 - Situação de uma fuga de óleo e sua solução

É de realçar que a este nível, serve de grande ajuda ao combate dos desperdícios o Plano de MA, que ajuda a prevenir este género de paragens, pois as atividades a realizar pelos operadores incidem precisamente sobre o nível de óleo, a temperatura do mesmo, fugas de óleo e água, etc. Se existir o cuidado e simultaneamente a rotina de verificar o nível do óleo, a temperatura, as fugas de óleo e água, pelo menos uma vez por semana e se a correção se realizar de imediato, consegue-se diminuir o número de paragens.

Outra das grandes perdas mencionadas pela literatura prende-se com a **mudança de produto**. A este nível também se registaram algumas anomalias para as quais o TPM deu resposta, tendo como propósito facilitar/otimizar todo o processo de troca de produto e consequentemente eliminação do desperdício (Tabela 3).

Tabela 3 – Perdas, soluções e melhorias na mudança de produto

Perdas	Soluções	Melhorias
Localização do quadro dos robots inadequada	Recolocação do quadro dos robots para local mais protegido e mais próximo dos robots e sensores;	Diminuição do tempo a programar os robots e sensores de leitura dos incompletos aquando da troca do produto, diminuição da degradação do quadro;
Estrutura de iluminação inadequada	Alteração do sistema de iluminação, por um mais adequado;	Eliminação do tempo gasto a recolocar a estrutura na posição certa sempre na troca de produto;
Falta de acesso a zonas de intervenção no molde	Criação de plataforma adequada para dar acesso direto e seguro às zonas de moldes;	Maior facilidade de troca de produto (molde), diminuição do tempo de troca de molde e do número de acidentes;
Falta de visibilidade da matéria-prima na tremonha	Alteração do sistema visual da matéria-prima de metal para acrílico;	Diminuição do desperdício de material excedente na tremonha e conseqüente perda de tempo a retirar material excessivo quando se troca produtos com cores diferentes;
Dificuldade em retirar matéria-prima excedente do fuso de injeção	Criação de tabuleiros apropriados para o excedente de matéria-prima do fuso;	Diminuição do tempo em trocar a matéria-prima e eliminação da danificação do equipamento.

Para ilustrar visualmente o que foi feito a este nível, segue-se um dos exemplos de atuação, neste caso, para o problema levantado, a Fevereiro de 2012, referente à estrutura luminária que se encontrava inadequada ao posto de trabalho (Figura 24).

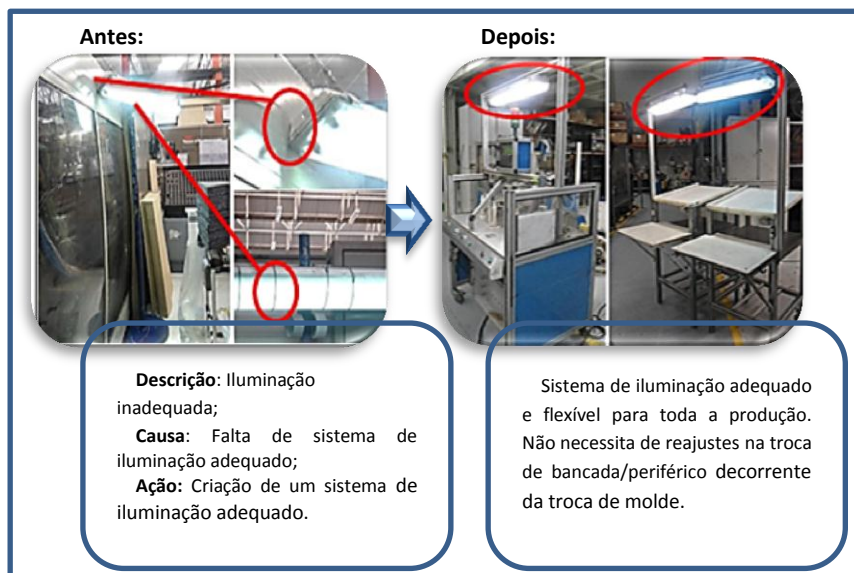


Figura 24 - Sistema de iluminação inadequado

O que acontecia era que aquele posto de trabalho trabalhava essencialmente com três moldes diferentes e, mediante a peça que estava a sair, os periféricos ou bancada utilizados para a receção destes também eram diferentes, sendo que todos necessitavam de luminárias. O sistema que se utilizava para satisfazer estas necessidades era uma estrutura móvel, em ferro, com uma luminária, mas este apresentava inconvenientes como o tempo que era perdido a recolocá-la para a posição mais correta e, dado que não existia um sítio fixo para ela, por vezes, acabava por cair e danificar-se. Para resolver esta situação acrescentou-se um sistema de iluminação ao periférico e às bancadas utilizadas, para que satisfizessem todas as necessidades dos operadores e fossem flexíveis ao tipo de produto que estivesse a ser produzido. Desta forma, conseguiu-se assegurar a condição física da máquina e minimizou-se as perdas de tempo a recolocar a estrutura no devido lugar, que por sua vez se reflete também na velocidade do equipamento, pois aumenta a eficiência do operador.

A literatura aponta as **perdas na troca de moldes e ferramentas** como sendo outro grande desperdício. Existe na SP, uma equipa que se dedica inteiramente às questões de trocas de moldes e consequentes ferramentas que lhe estão associados, a qual se denomina por equipa SMED. Neste sentido, a equipa TPM não interveio neste âmbito, visto que já existia alguém responsável por tal, daí não se ter executado nenhuma ação que interferisse diretamente com os moldes e ferramentas.

A quarta grande perda está associada às **pequenas paragens**. As pequenas paragens podem ter uma repercussão bastante influente na performance de um equipamento, principalmente quando são bastantes e possuem um registo frequente, pois acumulando representam uma

percentagem elevada do tempo inativo desperdiçado. A este nível foram detetadas algumas das anomalias, às quais o TPM deu solução (Tabela 4).

Tabela 4 – Perdas, soluções e melhorias nas pequenas paragens

Perdas	Soluções	Melhorias
Localização inadequada do botão de emergência;	Recolocação do botão de emergência;	Diminuição do nº de paragens acidentais;
Localização indevida do quadro elétrico;	Recolocação do quadro elétrico para local protegido e acessível;	Diminuição do nº de paragens acidentais;
Porta de fecho do molde com fecho deteriorado;	Substituir e reforçar fecho da porta;	Diminuição do nº de paragens pela abertura involuntária da porta com o fechar do molde;
Fios demasiado expostos a acidentes e degradação;	Recolocação dos fios para local mais protegido, alteração das fichas de alimentação para perto do local de utilização e acréscimo de fichas monofásicas e trifásicas;	Diminuição das paragens por mau contato nas ligações, eliminação do tempo desperdiçado à procura do erro produtivo proveniente da degradação dos fios, diminuição do nº de acidentes e do impacto visual negativo;

Para se perceber melhor, segue o exemplo de uma das atuações realizadas neste âmbito (Figura 25):

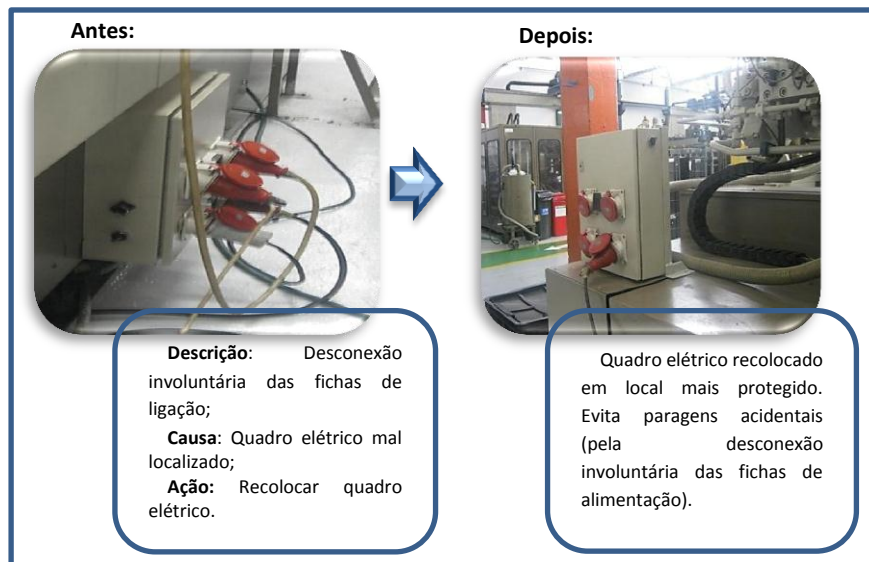


Figura 25 – Situação do quadro elétrico mal localizado

Existe outro grande desperdício que se prende com a **quebra de velocidade de produção** e o conseqüente aumento do tempo de produção. Foram diversas as anomalias registadas neste âmbito, as quais se podem agrupar em material desgastado e precário, ineficiência do operador e ainda ineficiência da manutenção. Parte destas podem ser observadas na Tabela 5.

Implementação do TPM na Simoldes Plásticos

2011/2012

Tabela 5 – Perdas, soluções e melhorias na quebra de velocidade

	Perdas	Soluções	Melhorias
Material desgastado e deteriorado	Filtros de ar danificados ou ausentes;	Substituição dos filtros por novos;	Melhoria da ventilação nos motores e qualidade de ar nos robots, proporcionando condições para a performance do equipamento corresponder à prevista teoricamente;
	Estruturas de apoio à produção frágeis;	Alteração e/ou reforço das diversas estruturas;	Maior facilidade e rapidez na realização da operação e melhoria visual;
	Sinalizadores de alerta luminosos danificados;	Substituição dos sinalizadores por novos;	Diminuição do tempo de reação às anomalias/falhas;
	Vedantes gastos e/ou partidos;	Substituição de vedantes por novos;	Eliminação de fugas provenientes da má vedação nas ligações, proporcionando condições para o bom funcionamento mecânico do equipamento e conseqüente redução de custos;
Ineficiência do operador	Escadas de acesso à máquina em zona de passagem dos operadores;	Recolocação das escadas em locais mais apropriados;	Eliminação de movimentos de contorno aos obstáculos, logo aumento da rapidez de execução da atividade;
	Falta de caixote do lixo próximo do local de onde provem resíduos com elevada frequência criando movimentações excessivas;	Criação de um sistema incorporado no periférico onde os resíduos acumulam em forma de rolo, eliminando a necessidade de caixote do lixo;	Impacto visual melhorado e minimização das movimentações ao caixote do lixo;
	Pistola de leitura de código de barras afastada do local de utilização;	Criação de um sistema incorporado no periférico com suporte adequado para a pistola;	Operação mais simples, prática e rápida de realizar e ainda diminuição das movimentações dos operadores;
	Falta de acessibilidade, traduzida na ausência de segurança para realizar determinadas operações	Colocar degraus, corrimões, plataformas de forma aos operadores acederem a todas as zonas de trabalho com segurança;	Operador com mais segurança, confiança (diminuição do nº de acidentes), mais motivado e diminuição do tempo de executar tarefas e na enfermaria;
Ineficiência da manutenção	Difícil acesso ao abastecimento do óleo;	Criação de uma porta com abertura direta à zona de atesto do óleo;	Eliminação do tempo gasto até chegar ao depósito do óleo;
	Dificuldade em aceder ao interior do equipamento;	Alteração do sistema de abertura, trocando os parafusos do tipo “rosca” por “orelhas”;	Maior facilidade de abertura das chapas laterais e em menor tempo;
	Obstáculos no acesso às zonas de intervenção da manutenção à máquina;	Recolocação dos moldes que se encontravam a criar obstáculos;	Diminuição do tempo de intervenção no equipamento, logo diminuição do tempo de espera da produção;

As anomalias acima descritas foram quase sempre comuns a todas as máquinas onde se deu a implementação do TPM. Ao atuar-se sobre essas anomalias conseguiu-se melhorar a eficiência quer da manutenção como da operação e criar condições para a produção ser executada dentro de um tempo de ciclo mais eficiente. Para uma melhor ilustração, segue-se o resultado de uma das ações efetuadas neste campo de ação (Figura 26).



Figura 26 - Situação de difícil acesso ao depósito do óleo

Existem também desperdícios provenientes de **problemas com a qualidade**, ou seja, com os produtos defeituosos. A SP prima pela qualidade, o que se justifica pela exigência do mercado de trabalho para o qual produz (o mercado automóvel), portanto a este nível as anomalias registadas não são tantas (Tabela 6).

Tabela 6 – Perdas, soluções e melhorias por problemas com a qualidade

Perdas	Soluções	Melhorias
Falta de suporte para caixa de componentes;	Criação de base adequada;	Eliminação do desperdício de material defeituoso por ter caído no chão e ter sido contaminado por substâncias não próprias;
Fios demasiado expostos a degradação e a acidentes;	Recolocação dos cabos para zonas menos expostas, alteração das fichas dos robots para junto dos periféricos e acréscimo de monofásicas trifásicas;	Diminuição da degradação dos cabos e consequente mau contato de robots e afins, diminuindo as falhas na produção e consequentemente peças com defeitos;
Caixas elétricas do leitor de incompletos danificados;	Substituição por novas;	Eliminação do perigo de mau contato nos fios do leitor, diminuindo o tempo gasto a separar manualmente as peças incompletas e diminuição do risco de irem peças com defeito para o cliente;
Ventoinhas de arrefecimento de peças nos periféricos com problemas;	Substituição e/ou restauração de peças danificadas;	Diminuição do nº de defeitos provenientes do mau arrefecimento;

A título de exemplo para este género de desperdício, segue a Figura 27.

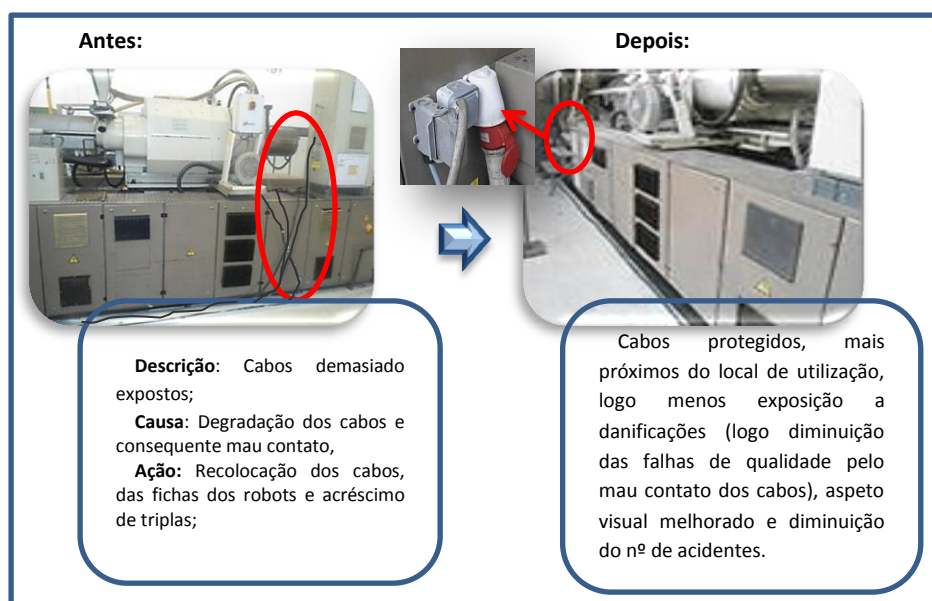


Figura 27 - Situação de excesso de cabos espalhados pelo chão

Em relação ao último grande desperdício, **instabilidade no início da operação**, não se registou nenhuma ação direta contudo, ao atuar sobre anomalias que visam a diminuição das paragens e o aumento da eficiência irá permitir que a máquina tenha o menor número possível de arranques, o que consequentemente se irá refletir na diminuição dos desperdícios inerentes ao arranque da máquina.

Para além das anomalias acima descritas e ilustradas existem outras perdas consideradas às quais se deram solução quando se restituiu a condição inicial do equipamento. São exemplos destas anomalias as pinturas dos equipamentos, desempenos de material do equipamento, substituição de material físico degradado, reforço das proteções de motor e fichas elétricas, sinalização das zonas perigosas (piso escorregadio, perigo de eletrocussão, perigo de queda, zonas quentes), entre outras. Estas ações embora não se enquadrem nas sete grandes perdas promovem também pilares como o da segurança, higiene e meio ambiente, bem como a manutenção centrada e preventiva.

Numa optica mais recente, tem surgido a preocupação com o meio ambiente, nomeadamente com o excesso de consumo de recursos energéticos. Uma das anomalias detetadas prendeu-se precisamente com esta questão do desperdício de energia, isto é, verificou-se que na área envolvente ao fuso existia libertação de calor. Para retificar esta anomalia foram colocadas mantas térmicas a revestir todo o fuso, de forma a canalizar o calor que se estava a dissipar para o meio ambiente, permitindo assim diminuir o consumo energético dos equipamentos e diminuir os custos que lhe estavam associados (Figura 28).



Figura 28 - Excesso de calor

É de salientar que para a implementação de todas as ações estabelecidas para erradicar com os desperdícios acima descritos só foram possíveis de realizar através de um todo trabalho e espírito em equipa entre todos os envolvidos (direção, manutenção, engenharia de processo e produção respetivamente). Tal facto criou uma motivação extra e cativou os envolvidos a empenharem-se na busca de bons resultados.

Por sua vez, o ambiente e sinergia vividos contribuiu para a implementação com sucesso de alterações na forma de trabalhar, pois conseguiu-se inculcar atividades voluntárias, das quais se destaca a manutenção corretiva (operadores ajudaram a manutenção a corrigir algumas situações anómalas), manutenção preventiva e manutenção preditiva, como é o caso da verificação da temperatura do óleo hidráulico e consequente monitorização. Note-se que o controlo da temperatura do óleo hidráulico é importante na medida em que as oscilações desta podem comprometer toda a regulação da velocidade e pressão de injeção, levando a perdas indesejáveis.

3.4.4 Indicador

Outra das formas de se visualizarem resultados que expressem o implementado é sob a forma de indicadores.

Tendo em conta a teoria abordada, sabe-se que o indicador mais utilizado para demonstrar a performance do TPM é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), pois é o indicador mais completo, uma vez que contempla a performance dos equipamentos ao nível das principais temáticas sobre as quais o TPM exerce a sua influência, designadamente disponibilidade, desempenho e qualidade.

Para medir a eficiência Total dos seus equipamentos, a SP adotou o OEE o qual denomina de RO (Rendimento Operacional). Por sua vez o RO é o resultado do produto entre o Rendimento de Utilização (RU), o Rendimento Quantitativo (RQT) e o Rendimento Qualitativo (RQL) (Figura 29).

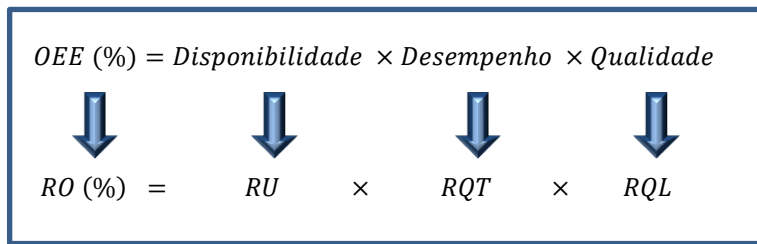


Figura 29 - Medição do OEE na SP

Onde,

- *RU* representa a disponibilidade do equipamento, mais precisamente a percentagem de tempo em que o equipamento esteve disponível para trabalhar, calculando-se da seguinte forma:

$$RU = 1 - \frac{(TPP)}{(TPP + TBP)} \times 100$$

TBP- Tempo Bruto de Produção;
 TPP- Tempo de Paragens Próprias (avarias, mudança de molde, arranque de produção, paragens para refeições e paragens de abastecimento);

- *RQT* traduz a capacidade atual da máquina em cumprir os tempos de ciclo programados para a produção, que pode ser determinado pela seguinte fórmula:

$$RQT = \frac{HT}{HR} \times 100$$

HT- Tempo de Ciclo Teórico;
 HR- Tempo Real;

- *RQL* exprime, em percentagem, a qualidade das peças produzidas:

$$RQL = 100 - \frac{PR}{PP} \times 100$$

PR- Peças rejeitadas;
 PP- Peças Produzidas;

A nível de qualidade, a SP apresenta valores percentuais bastante elevados (em 2010 apresentou uma percentagem de cerca de 99,8%). Ora tendo em conta que o fator qualidade já era muito bom, decidiu-se então atuar preferencialmente nos restantes fatores, disponibilidade e desempenho respetivamente, para influenciar positivamente o Indicador OEE (Simoldes Plásticos, 2012).

Desta forma, para medir as ações TPM implementadas foi criado um indicador específico, o RU_{TPM} que contemplasse as duas dimensões mencionadas. Este indicador mostra a eficiência dos equipamentos e contempla as paragens e/ou aspetos referentes à disponibilidade e desempenho do equipamento onde se atuou, ou seja, onde o TPM exerce influência, sendo calculado da seguinte forma:

$$RU_{TPM} = 1 - \frac{(Paragens\ TPM)}{(Paragens\ TPM + Time\ Versus)} \times 100$$

Onde,

$$Paragens\ TPM = \sum Paragens\ Produção + \sum Paragens\ Manutenção$$

$$= (afinação\ de\ periféricos + limpeza\ de\ molde + afinação\ de\ robots) + (avarias\ de\ molde + avarias\ de\ máquina + avarias\ do\ robot + avarias\ periféricos)$$

Time versus = Tempo realmente trabalhado

Figura 30 – Fórmula geral do RU_{TPM}

Uma das formas de apresentar resultados, será fazendo uma comparação dos rendimentos dos equipamentos antes da implementação TPM e após a implementação TPM, para se perceber se valeu a pena todo esforço e investimento aplicados. Para tal, calculou-se o RU_{TPM} referente ao ano anterior à implementação do TPM e o RU_{TPM} do mesmo período de tempo mas após a implementação TPM.

Horizonte temporal considerado:

- Antes da implementação - Período de Junho de 2010 até Maio de 2011;
- Após a implementação - Período de Junho de 2011 até Maio de 2012;

É de notar que, embora a implementação se tenha iniciado em Março de 2011, só foram contabilizados os dados após o mês de Junho, ou seja, foi assumido como pressuposto um período de estabilização de dados de três meses. O que significa que, só passados três meses da implementação do TPM na primeira máquina é que os valores referentes ao RU_{TPM} entraram no seu cálculo.

Neste caso os dados utilizados são referentes às paragens de produção e manutenção identificados nas Paragens TPM e ao Time Versus acima descritos. Estes parâmetros dizem respeito a todas as máquinas da organização e todo o cálculo pode ser observado na Figura 31. É de realçar ainda que, no final do período após a implementação TPM considerado apenas 16 das 47 máquinas existentes estavam com o TPM oficialmente concluído.

Implementação do TPM na Simoldes Plásticos

2011/2012

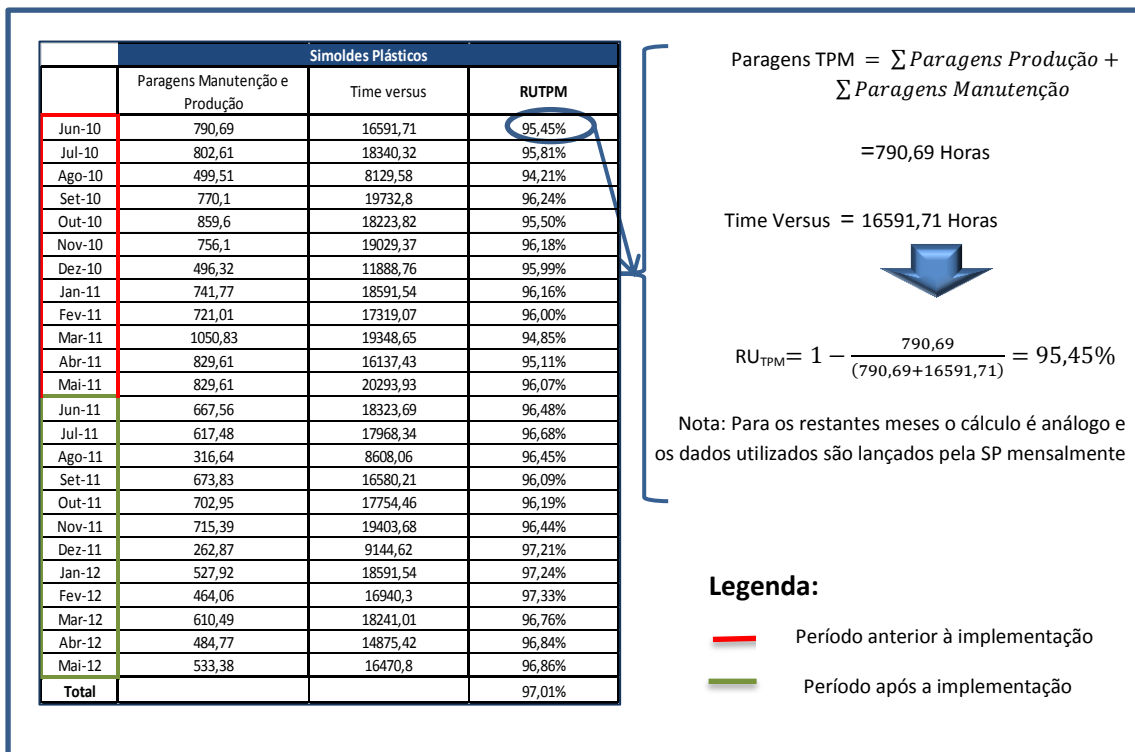


Figura 31 - Cálculo RU_{TPM} mensal (Fonte: Simoldes Plásticos, 2012)

De seguida foram calculados o RU_{TPM} para cada período em análise e efetuou-se o gráfico correspondente ao resultado obtido (Figura 32):

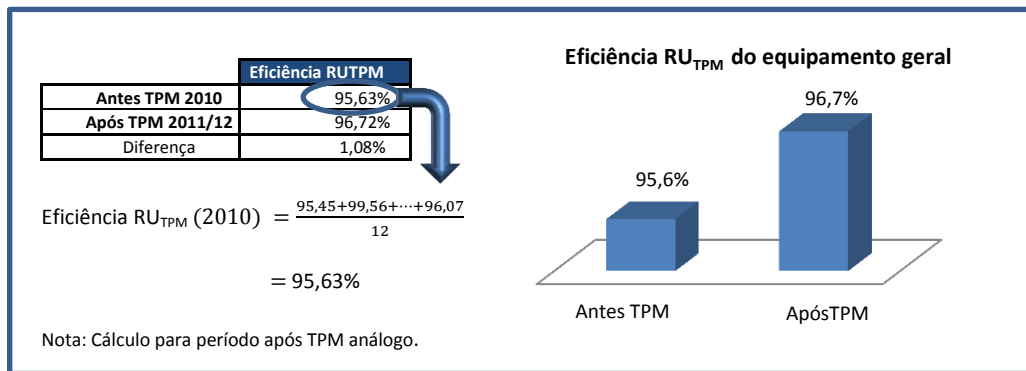


Figura 32 - Gráfico RU_{TPM}

É possível verificar que a implementação do TPM exerceu uma influência positiva na eficiência global das máquinas da organização. Sabendo que os cálculos abordam as Paragens sobre as quais o TPM exerce influência, pode-se deduzir que as ações TPM implementadas ajudaram a dar um contributo, em média, de cerca de 1 % de eficiência aos equipamentos, num período de tempo de doze meses. Pode parecer pouco, mas tendo em conta que estamos a atuar numa indústria com elevados níveis de eficiência, conseguir melhorar algo em que já se é bom num curto prazo de tempo revela uma evolução positiva.

Se for realizado um novo estudo ao RU_{TPM} com um horizonte temporal diferente, os resultados mostrados na Figura 32 apresentam comportamentos diferentes. Por exemplo, fazendo agora uma análise ao mesmo indicador mas mensalmente, o resultado é o seguinte:

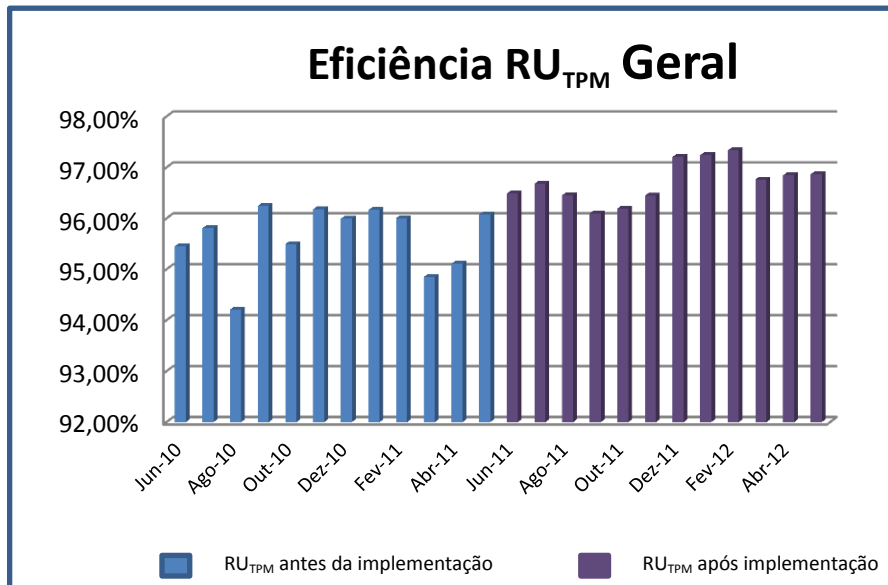


Figura 33 - RU_{TPM} mensal

Os resultados apresentados na Figura 32, por se tratar de uma média camuflam as oscilações mensais do RU_{TPM} . Fazendo uma análise mensal ao indicador, é possível verificar que desde que se implementou o TPM os valores RU_{TPM} são, de um modo geral, superiores, o que denota uma melhoria na eficiência dos equipamentos. A evolução não constante pode ser explicada com fatores externos ao TPM mas que influenciam o TPM, um destes fatores é a falta de carga. Ou seja, quando a carga é total e a máquina não pode parar para a entrega ser expedida dentro do prazo, se decorrer alguma avaria toda a manutenção entra em estado de emergência e “para” tudo para reparar a máquina no mínimo tempo possível. Por sua vez, quando existe falta de carga esta situação já não acontece, pois em caso de avaria não lhe é dada tanta prioridade e a máquina pode ficar parada por algum tempo. Como resultado, estas avarias preenchem um maior tempo inútil que entra no cálculo do RU_{TPM} nas Paragens TPM, e os meses de Agosto, Setembro e Março são exatamente exemplo desses meses.

Outra forma de analisar os dados, para se poder retirar mais conclusões e ter uma melhor percepção da influência do TPM nos resultados de eficiência nos equipamentos, será através do seu comportamento em termos de dispersão. Utilizando o programa estatístico de análise de dados SPSS e considerando o mesmo horizonte temporal do estudo anterior, foi possível obter os seguintes resultados:

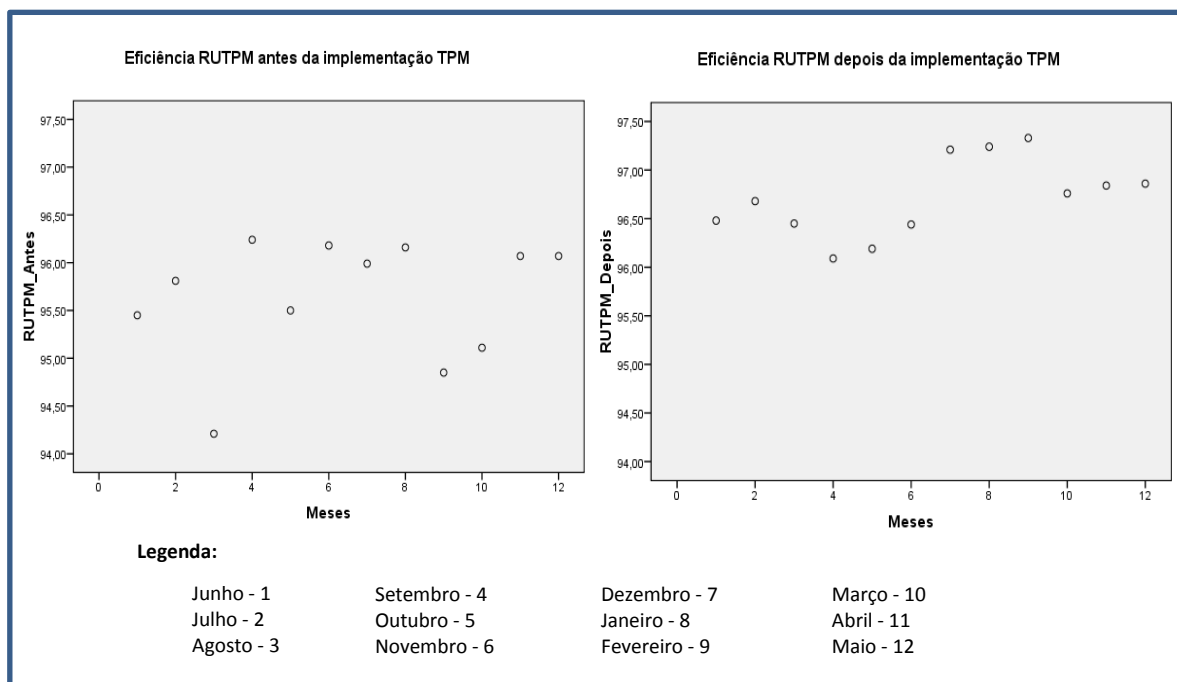


Figura 34 - Comparação da dispersão dos dados RU_{TPM}

Onde,

Tabela 7 - Valores Estatísticos de média e desvio Padrão

Dados estatísticos		RUTPM_Antes	RUTPM_Deois
N	Válido	12	12
	Em falta	0	0
Média		95,64	96,71
Desvio Padrão		,64	,40

A imagem acima revela, no período após a implementação TPM, que os valores do RU_{TPM} são mais elevados, em média, cerca de 1 %, tal como já se tinha constatado nos gráficos anteriores (em resultado da diminuição dos desperdícios intrínsecos ao TPM). É possível verificar também que os dados referentes ao período do após se encontram menos dispersos. A diminuição desta dispersão pode ser justificada pelo facto de, neste período de tempo, se ter tido um cuidado acrescido em prevenir paragens e de as paragens passarem a possuir um comportamento mais previsível, em resultado da aplicação da manutenção planeada. Tal facto, permite à empresa diminuir o número das paragens não planeadas refletindo-se no aumento da eficiência dos equipamentos e na diminuição da amplitude das oscilações correspondentes às paragens.

Um outro aspeto a retirar da Figura 34, será que aparentemente existe uma tendência para os valores do indicador continuarem a evoluir no sentido positivo, o que leva a crer que no final da implementação total do TPM (Dezembro de 2012) todo o esforço e dedicação TPM ajudaram a melhorar o desempenho e disponibilidade dos equipamentos, tal como desejado.

Se o TPM permitiu diminuir a ineficiência do longo do processo produtivo, significa que proporcionou reduções de tempo na conceção dos produtos (pois diminuiu as perdas que levavam à diminuição da velocidade de produção involuntária e diminuiu as paragens indesejadas que levavam ao aumento do ciclo de produção) e no processamento dos pedidos (pelo facto de ter melhorado a sua capacidade produtiva), o que permite deduzir que conferiu à empresa uma maior capacidade de satisfazer as necessidades dos clientes (maior flexibilidade), permitindo atingir desta forma um dos objetivos do TPM mencionados pela literatura, como forma de aumentar o poder competitivo das empresas.

Este facto, aliado aos restantes resultados apresentados permitem deduzir que até ao momento a implementação do TPM tem atingido os seus objetivos e, ao que tudo indica, terá resultados bastante positivos no longo prazo para o aumento do rendimento de eficiência dos equipamentos. Graças a estes resultados quantitativos e qualitativos, pode-se constatar que a SP viu o seu poder de resposta melhorado, em termos de tempo, flexibilidade, qualidade e de custos, deixando-a numa posição mais competitiva perante o mercado automóvel.

Numa perspetiva de desenvolvimento futuro, seria interessante no final da implementação do TPM à área produtiva, verificar se os resultados esperados se concretizaram, ou seja, analisar o comportamento da fase 4 de implementação TPM (estabilização). Neste caso verificar se a tendência crescente da eficiência dos equipamentos se mantém, se com a diminuição das paragens em todos os equipamentos a eficiência aumenta com valores mais acentuados e verificar se a amplitude das oscilações na dispersão de dados de eficiência diminui, em detrimento da diminuição das paragens não programadas e do seu maior controlo. Assim como verificar se, a longo prazo, os colaboradores continuavam com o mesmo entusiasmo e senso de responsabilidade a preencher o Plano de MA, sinal que o conceito de MA ficou captado.

Após o processo de implementação se encontrar estável, seria de igual forma interessante quantificar o alcance dos objetivos TPM em termos ganhos financeiros para a SP, nomeadamente, diminuição das não conformidades, entregas atempadas, aumento do número de clientes, melhoria da eficiência nos processos produtivos, entre outros.

Seria de igual forma interessante, no futuro, criar um dia TPM, ou seja, um dia em que se reunisse todos os envolvidos no processo TPM e todos falassem do tema, por exemplo, do que mais gostaram ou não, do que sentiram mais dificuldade, do que acham que não funcionou tão bem, entre outros. Isto com o objetivo de não só identificar possíveis pontos a melhorar, como forma de continuar a motivar todos os envolvidos, pois assim todos sentem que o tema continua ativo e que todos estão preocupados e empenhados a caminhar no caminho da eliminação do desperdício, proporcionando consequentemente a melhoria contínua do sistema produtivo.

Capítulo 4 - Conclusão

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia que incide sobre a eliminação dos desperdícios, atuando também sobre a erradicação das atividades que não acrescentam valor. Esta filosofia revela-se uma mais-valia para qualquer empresa, pois torna-a mais atrativa e eficiente. Atrativa pelo fato de melhorar a sua imagem exterior e eficiente pelo facto de lhe proporcionar uma maior flexibilidade, rapidez e qualidade com menos recursos, conferindo-lhe assim vantagem competitiva resultante do aumento da capacidade para competir.

Existem diversas formas de serem atingidos os objetivos do *Lean Manufacturing* das quais se salienta a metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total), pelo facto de esta também ter em vista a eliminação dos desperdícios, não fosse a sua filosofia o alcance dos zero desperdícios. A realização deste projeto, implementação do TPM na Simoldes Plásticos, permitiu testar e confirmar os resultados abordados na teoria em torno do TPM, bem como atingir os objetivos inicialmente propostos neste projeto.

O processo de implementação requer que se tenha um cuidado acrescido desde a fase em que se dá a conhecer a ferramenta, pois tendo em conta que estão presentes operários com diversos níveis de escolaridade e com alguns anos de casa, é necessário cativá-los, incentivá-los e consciencializá-los de que o TPM é uma mais-valia para toda a organização. Torna-se imprescindível mostrar-lhes que não se trata de um acréscimo de trabalho, mas sim de uma forma diferente de se realizar o trabalho, para que assim, a ferramenta seja bem recebida e adotada. Caso falhe a integração dos operadores ou de qualquer outra parte dos envolvidos no processo, toda a implementação TPM fica comprometida, pois todos os envolvidos são importantes e necessários.

A implementação do TPM exigiu a integração e cooperação entre a direção, manutenção e produção (espírito de equipa), o que levou a uma motivação extra para estes e cativou-os a empenharem-se na busca de bons resultados. Tal facto, contribuiu para o sucesso de alterações na forma de trabalhar, pois conseguiu-se incutir atividades voluntárias, das quais se destacam atividades ao nível da manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva. Por sua vez, ao serem realizadas estas atividades, os grandes desperdícios referidos pela literatura foram diminuindo na SP. Desta forma, foi possível testar a essência da definição dada pela literatura de TPM, quando os autores afirmavam que o TPM é um conceito moderno de manutenção, na qual todos possuem responsabilidades sobre a utilização e manutenção do equipamento, e na qual se incutem práticas e atividades que tentam reduzir os desperdícios.

Findada a implementação do TPM, foi possível constatar que foram criadas as devidas condições para alicerçar os pilares (adaptados à SP) de suporte TPM, o que permite concluir que se criou uma estrutura sólida e consistente para se atingir os resultados esperados.

Os resultados obtidos com a implementação da manutenção autónoma, foram de encontro ao esperado, na medida em que permitiu criar na produção um sentimento de posse dos seus

equipamentos levando-os a zelarem por estes, aprofundar o envolvimento dos colaboradores, assegurar que os sistemas produtivos operam de forma adequada e eficiente e ainda promover a melhoria contínua. Tal facto, aliado ao contributo da manutenção e direção, torna mais fácil alcançar o estado ideal do TPM, perdas-zero, que intrinsecamente permite atingir os objetivos do *Lean Manufacturing*.

Foi possível observar que os zero desperdícios não são atingidos logo numa fase inicial, o TPM trata-se de um processo contínuo no qual se resolve o máximo de desperdícios possíveis aquando da implementação TPM e que, neste projeto, com a ajuda do Plano de MA e das atividades de manutenção preventiva e preditiva, de forma gradual se vai insistindo na resolução de novas e/ou anomalias existentes que não puderam ser resolvidas, até se atingir os zero desperdícios.

Para além da eliminação/diminuição dos desperdícios (falhas, avarias, produtos defeituosos, arranque das máquinas, quebras na velocidade de produção, pequenas paragens, etc.), a SP usufrui de outras vantagens citadas pela literatura, das quais se destacam a maximização da eficiência global dos equipamentos (maximizou a sua eficiência produtiva para 96,7%), a diminuição dos custos (mão-de-obra, produtos defeituosos, peças retrabalhadas, manutenção corretiva, desperdício de materiais, etc.), o aumento da segurança interna e ainda otimização do processo.

Existem contudo outro género de vantagens para além das materiais, pois ao implementar o TPM a SP viu a sua imagem interna e reputação melhoradas. Imagem interna pois a condição dos equipamentos foi restituída à sua condição inicial e vive-se um ambiente próspero de espírito de equipa (direção, manutenção, engenharia de processo, produção, etc.), em prol da melhoria contínua. Reputação pelo facto de os clientes saberem que a empresa para além de ser mais eficiente ao longo do processo de produção é dotada de um sistema com preocupações energéticas e sociais, pois assegura todas as condições para os seus operadores.

Estes resultados traduziram-se através da aplicação do indicador RU_{TPM} , no qual foi possível observar que a introdução do TPM exerceu uma influência positiva na eficiência global das máquinas de sensivelmente 1 %, em apenas 1 ano. Resultado este obtido com apenas 16 das 47 máquinas com o TPM efetivamente implementado. Tal facto denota o aumento de capacidade para competir, o que tendo em conta a conjuntura de mercados nacional e mundial atuais, pode ser decisivo.

Todavia, no decorrer da implementação houve algumas dificuldades que poderiam ter tornado o processo de implementação mais eficiente. Registaram-se atrasos no cumprimento de alguns prazos estabelecidos, faltou pressão para com os fornecedores para o cumprimento das ações estabelecidas, e assim ter-se-ia cumprido com todos os prazos estabelecidos. Outro aspeto que dificultou a implementação prende-se com o facto de a empresa trabalhar a três turnos, ou seja, logo na primeira fase de dar a conhecer a ferramenta estavam o número máximo possível de pessoas a envolver no processo mas não o máximo desejado, tendo a informação dada nesta

etapa de voltar a ser repetida sempre que surgiram novas pessoas no turno e máquina em questão.


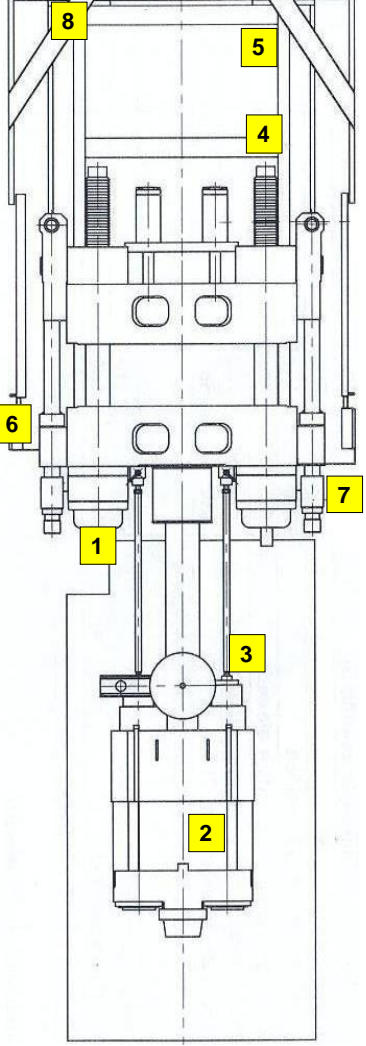

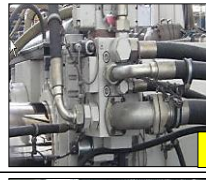

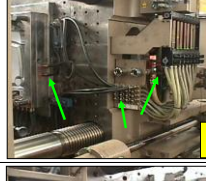
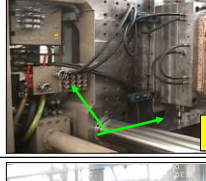

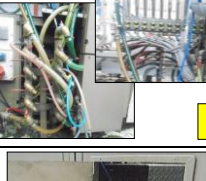

Perante o obtido, pode-se concluir que o sucesso da ferramenta TPM é ditado pelo grau de envolvimento de todos os colaboradores e que embora seja uma ferramenta que careça de algum investimento inicial, a médio prazo, consegue apresentar resultados satisfatórios.

Bibliografia:

- Almeida, R. (2010). *Lean Manufacturing: melhorar o desempenho de linhas de produção*. Unpublished Projeto, Universidade de Aveiro, Aveiro, 208 pp.;
- Buffa, E. (1987). *Modern production/operations management* (8 ed.). New York: John Wiley;
- Cabral, J. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção dos conceitos à prática* (5 ed.). Lisboa: Lidel;
- Carvalho, J. (2010). *Reengenharia de processos na indústria farmacêutica*. Unpublished Dissertação, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 204 pp.;
- Costa, B., Ferreira, C. (2009). TPM e o pilar da Gestão Antecipada: a análise do ciclo de vida dos produtos e equipamentos para o aumento da produtividade. *FATEB*, 1-3 pp.;
- Cruz, L. (2009). *Manutenção Produtiva Total: Implementação numa fundição de alumínio*, Unpublished Projeto, Universidade de Aveiro, Aveiro, 93 pp.;
- Feld, W. (2001). *Lean Manufacturing: tools, techniques, and how use them* (Vol. 1). Boca Raton: CRC Press;
- Galvão, D. (2008). *Manutenção Autónoma e Preventiva- TPM modelo BOSH Empresa: BOSH Termotecnologia SA*. Unpublished Projecto, FEUP- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 123 pp.;
- Globaz. (2007). Grupo Simoldes. from <http://www.simoldes.com/> ;
- Hofer, C., Eroglu, C., Hofer, A. (2012). The effect of Lean Production on financial performance: the mediating role of inventory leanness. *International Journal of Production Economics*, 7-15 pp.;
- Kaizen Institute. Melhoria contínua na prática. Retrieved January, 2012, from <http://kaizen.com/publicacoes-e-eventos/livros-e-artigos.html> ;
- Khamba, J., Ahuja, I. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *Emerald*, 25(7): 710-746 pp. ;
- Lean Enterprise Institute. (2009). A brief history of Lean. Retrieved 17 Janeiro, 2012, from <http://www.lean.org/> ;
- Lobo, B. (2007). *Gestão da Manutenção: TPM- Total Productive Maintenance*. FEUP- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Lourenço, A., Sopas, A. (2003). *A internacionalização do grupo Simoldes: Um estudo de caso de um fornecedor de componentes para a indústria automóvel*. Universidade Católica Portuguesa, Porto. 59 pp. ;


- Lourenço, H. (2008). 4Linhas. Retrieved 12 October, 2011, from <http://www.4linhas.com/2008/07/24/1483.html> ;
- Magalhães, A. (2011). PG Lean Management. *Comunidade Lean Thinking*, 20 pp. ;
- McCarthy, D. (2004). *Lean TPM: A blueprint for chance* (Vol. 1): Elsevier.
- Moraes, P. (2004). *Manutenção Produtiva Total: Estudo de um caso numa empresa automobilística*. Unpublished Dissertação, Taubaté, São Paulo. 90 pp. ;
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system:beyond large-sca production*. New York: Productivity Press;
- Pinto, J. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro*: Comunidade Lean Thinking. 28pp. ;
- Relvas, C. (2010). *Projeto e produção assistidos por computador. Apontamentos da disciplina*. Universidade de Aveiro, Aveiro;
- Rodrigues, A. (2005). Entrevista com António Rodrigues. *Minho*. 179-189 pp.;
- Sharma, A., Shudhanshu, Bhardwaj, A. (2012). Manufacturing performance and evolution of TPM. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4: 855-864 pp.;
- Simoldes Pásticos (2012). Dados diversos. *Simoldes* ;
- Venkatesh, J. (2007). An introduction to Total Productive Maintenance. *Plant Maintenance Resource Center*. 3-16 pp.;
- Wang, Y., Huzzard,T. (2007). The impact of Lean Thinking on organizational learning. *Lund University*. Sweden. 7-9 pp.;
- Ward, A. (2009). *Lean Product and Process Development*: The Lean Enterprise Institute;
- Werkema, C. (2006). Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. In Werkema (Ed.), *Lean Seis Sigma* (1 ed., Vol. 4). Belo Horizonte ;
- Wireman, T. (2004). *Total Productive Maintenance* (2 ed.). New York: Industrial Press ;
- Womack, J., Jones, D., Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. London: Free Press;
- Womack, J., Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* (1 ed.). New York: Free Press ;
- Xambre, A., Ramos, A., Vilarinho, P. (2010). *Gestão de operações. Apontamentos da disciplina*. Universidade De Aveiro, Aveiro ;

Anexo II – Plano de Manutenção Autónoma

		EN 700 I Plano de Manutenção Autónoma		Semana:					1ª Mudança molde
				Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	
		Verificar nível de óleo hidráulico (entre riscos preto e vermelho do visor)	OK	<input type="checkbox"/>					
			NOK	<input type="checkbox"/>					
		Verificar fugas de óleo no bloco de injeção	OK	<input type="checkbox"/>					
			NOK	<input type="checkbox"/>					
		Verificar pontos de lubrificação	OK	<input type="checkbox"/>					
			NOK	<input type="checkbox"/>					
		Verificar fugas de água nas mangueiras de ligação ao molde e fluxómetros	OK	<input type="checkbox"/>					
			NOK	<input type="checkbox"/>					
	Verificar fugas de óleo nas válvulas e mangueiras de ligação ao molde	OK	<input type="checkbox"/>						
		NOK	<input type="checkbox"/>						
	Verificar o controlo da temperatura do óleo	OK	<input type="checkbox"/>						
		NOK	<input type="checkbox"/>						
	Verificar fugas de água no colector geral	OK	<input type="checkbox"/>						
		NOK	<input type="checkbox"/>						
	Despejar aparadeiras e recipientes colectores	OK	<input type="checkbox"/>						
		NOK	<input type="checkbox"/>						

No caso de detectar alguma anomalia o operador deverá avisar o responsável de módulo de imediato. Este plano destina-se a ser preenchido pelo turno das 8:00 H às 16:00 H

Anexo V – Folha de presenças de formação

	<h2 style="margin: 0;">Folha de Presenças</h2>	Direcção de Recursos Humanos Ano: _____ Página: 1/1 Ed. Revisão: _____ Data: _____	
Designação: Plano de Manutenção Autónoma			
Formadores: _____	Horário: _____	Data: _____	
Sumário: Objectivo do Plano de Manutenção Autónoma Realizar Plano de Manutenção Autónoma			
N.º Interno	Formandos:	Assinatura	
Observações / Comentários:			
Assinatura(s) do(s) Formador(es)	Data		
_____ _____ _____	____/____/____		
Elaborado por: Paulo Bastos	Aprovado por: António Queijas	Revisão nº: 1	Data: 04/01/2010