



**IMPLEMENTAÇÃO DA FILOSOFIA *TOTAL*  
*PRODUCTIVE MAINTENANCE* NA INDÚSTRIA  
AERONÁUTICA**

Dissertação para a obtenção do grau de mestre

Mestrado em Gestão e Tecnologia de Manutenção Aeronáutica

Rui Pedro Caseiro Mesquita

Aluno N° 202029445

Barcarena, julho de 2022



**IMPLEMENTAÇÃO DA FILOSOFIA *TOTAL*  
*PRODUCTIVE MAINTENANCE* NA INDÚSTRIA  
AERONÁUTICA**

Dissertação para a obtenção do grau de mestre

Mestrado em Gestão e Tecnologia de Manutenção Aeronáutica

Dissertação orientada pelo Professor Doutor Fernando Romana

Rui Pedro Caseiro Mesquita

Aluno N° 202029445

Barcarena, julho de 2022



*“Com organização e tempo, acha-se o segredo de fazer tudo e bem feito”*

Pitágoras

## **Agradecimentos**

Um provérbio africano diz: “Se quer ir rápido, vá sozinho. Se quer ir longe, vá em grupo.” Tive o imenso privilégio de ser acompanhado ao longo desta dissertação por um “grupo” que mudou mais um pouco a pessoa que sou hoje. Foram estes que permitiram que o produto final acontecesse, que caminhasse até mais longe e superasse os desafios do caminho.

Começo inevitavelmente por agradecer aos meus pais que permitem que todos os caminhos sejam possíveis. A educação é a “enxada” que nos permite cultivar o nosso terreno. Não tenho palavras para agradecer a mais uma ferramenta para o futuro que neste documento se expressa e a mais uma etapa que me fez crescer e voar mais alto proporcionada por vós. Também à restante família que desempenha um papel muitas vezes impercetível, mas que sem a sua presença e por vezes, conselhos tão simples, tornam o caminho mais tranquilo.

À Adriana que torna tudo um bocadinho mais feliz, um apoio que não é material, palpável ou visível até, mas que nos troços mais apertados do caminho, faz com que a força não acabe, e que um abraço dê a força tão necessária para escrever mais duas páginas. Também a todos aqueles a que posso chamar verdadeiramente amigos, mas principalmente aos de sempre, obrigado à Mariana e ao Tomás.

Não posso deixar de agradecer à empresa que me acolheu de braços abertos. Apregoamos numa frase feita que “as empresas são as suas pessoas”, tive a sorte de ter ao meu lado as melhores pessoas. Agradeço eternamente à Hélien pela confiança, liderança e por todo o empenho em nos fazer crescer. Agradeço especialmente ao João, à Rita, ao Rodrigo, à Susana, ao Miguel, ao Marco, ao Gil e ao Moisés.

O que seria da universidade se nos desse apenas conhecimento? A verdade é que seria uma universidade na mesma, mas não seria a mesma coisa. Não seria sem o apoio da Beatriz, uma parceira neste caminho, e uma amiga que levo da universidade para a vida. A todos os professores, mas em particular ao professor Fernando Romana. Inequivocamente decidido como orientador deste projeto desde cedo e que desempenhou o seu papel com um profissionalismo e uma amizade inigualáveis. Em si, deixo o agradecimento a toda a academia.

## Resumo

A presente dissertação é o resultado de um projeto de estágio curricular numa empresa de referência no ramo da aviação em Portugal, no departamento de estratégia e melhoria contínua. O intuito do projeto foi a implementação da filosofia *Total Productive Maintenance* (TPM) a nível corporativo. O equipamento piloto da implementação está inserido numa unidade de produção de estruturas para aeronaves e realiza a maquinação inicial de peças simples em metal.

TPM é uma filosofia desenvolvida na segunda metade do século passado na cultura de melhoria contínua “Lean” no Japão. Esta filosofia agrega em si um conjunto de atividades que seguem uma linha de evolução do paradigma de manutenção industrial e agregação de valor, tendo o seu foco na manutenção autónoma por parte da operação.

Para a implementação da filosofia foram integrados os indicadores de acompanhamento do processo produtivo no equipamento bem como a gestão dos entregáveis necessários à capacitação da operação na filosofia de manutenção autónoma.

Por último, é analisado o decorrer de todo processo, sugeridas melhorias para os equipamentos seguintes e identificados os ganhos na produção.

**Palavras-chave:** Gestão Lean; Melhoria Contínua; Manutenção Industrial; TPM; Aviação; OEE

## **Abstract**

The present dissertation is the result of a curricular internship project in a reference company in the aviation sector in Portugal in its department of strategy and continuous improvement. The aim of the project was the implementation of the Total Productive Maintenance (TPM) philosophy at a corporate level. The pilot equipment for the implementation is in an aircraft structures production unit and performs the initial machining of simple metal parts.

TPM is a philosophy developed in the second half of the last century in the “Lean” continuous improvement culture in Japan. This philosophy brings together a set of activities that follow a line of evolution of the industrial maintenance and value aggregation paradigm, focusing on autonomous maintenance by the operation.

For the implementation of the philosophy, indicators for monitoring the production process were integrated into the equipment, as well as the management of all the deliverables necessary for the operation in the philosophy of autonomous maintenance.

Finally, the course of the entire process is analysed, improvements are suggested for the following equipment and the gains in production are identified.

**Keywords:** Lean Management; Continuous Improvement; Industrial Maintenance; TPM; Aviation; OEE

## Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Metodologia .....	2
1.4. Estrutura do documento .....	3
1.5. Estudo de caso.....	4
2. Enquadramento Teórico .....	5
2.1. Princípios Lean.....	7
2.2. Fontes de Desperdício .....	9
2.3. Ferramentas lean .....	11
2.3.1. Hoshin Kanri .....	11
2.3.2. 5S.....	12
2.3.3. Análise da causa raiz .....	12
2.3.3.1. 5 Porquês.....	13
2.3.3.2. Diagrama Causa Efeito .....	13
2.3.3.3. Diagrama de Pareto.....	14
2.3.4. Mapeamento do Fluxo de Valor - VSM.....	14
2.3.5. Trabalho padronizado .....	15
2.4. Filosofia TPM .....	17
2.4.1. Evolução no conceito de manutenção industrial .....	17
2.4.2. Fundamentos / Elementos Básicos TPM.....	19
2.4.3. Seis grandes perdas.....	23
2.4.4. Indicadores do processo produtivo.....	24
2.4.4.1. OEE.....	24

2.4.4.1.1.	Formula de cálculo e indicadores derivados.....	25
2.4.4.2.	MTTR e MTBF.....	27
2.4.5.	TPM como estratégia reconhecida na aviação .....	28
3.	Processo de implementação TPM.....	30
3.1.	Introdução .....	30
3.2	Metodologia de implementação segundo JIPM .....	31
3.2.1	Os 12 passos para a implementação segundo a JIPM .....	32
3.3	Metodologia de implementação por Haroldo Ribeiro.....	35
4.	Caso de estudo .....	37
4.1.	Enquadramento .....	37
4.2.	Problemática.....	37
4.3.	Objetivos .....	38
4.4.	Método .....	38
4.4.1.	Da estratégia corporativa ao início dos trabalhos.....	38
4.4.2.	Definições iniciais .....	40
4.4.3.	Lançamento do programa .....	41
4.4.4.	Trabalhos da equipa de coordenação.....	41
4.4.4.1.	Participação da liderança .....	42
4.4.4.2.	Definição de metas e indicadores .....	42
4.4.4.3.	Medição de indicadores de produção.....	43
4.4.4.4.	Definir datas para a paragem do equipamento.....	47
4.4.4.5.	Disponibilização de equipamentos de proteção e limpeza .....	47
4.4.4.6.	Limpeza inicial .....	48
4.4.4.7.	Quadro de gestão à vista .....	51
4.4.4.8.	Padrões e rotinas .....	51

4.4.5.	Sustentabilidade do processo implementado .....	53
4.4.6.	8º - Avaliação mensal .....	55
5.	Resultados .....	56
6.	Conclusões .....	58
	Referências.....	59

## Índice de figuras

Figura 1 - Exemplo de matriz de planeamento Hoshin Kanri (Milliet, 2021).....	11
Figura 2 – Diagrama causa efeito (Ben-Daya et al., 2009).....	13
Figura 3 - Exemplo de gráfico de Pareto - Distribuição de falhas num equipamento (Ben-Daya et al., 2009).....	14
Figura 4 - Exemplo de mapeamento de fluxo de valor (Sampaio et al., 2019). ....	15
Figura 5 - Casa do TPM. Adaptado de: (Ben-Daya et al., 2009).....	20
Figura 6 - Estratificação de tempos no cálculo do OEE. Adaptado de (Nakajima, 1988). .....	24
Figura 7 - Esquema de interpretação dos conceitos de MTBF e MTTR. Adaptado de (Ben-Daya et al., 2009).....	27
Figura 8 - Implementação segundo Haroldo Ribeiro.....	35
Figura 9 - Cronograma de implementação TPM .....	39
Figura 11 - Excerto da folha de calculo adaptada (visibilidade dos indicadores) .....	44
Figura 10 - Excerto da folha de calculo adaptada (painel de inserção de tempos).....	44
Figura 12 - Folha para registo do processo de produção .....	44
Figura 13 - Ecrã de seleção de eventos de produção .....	45
Figura 14 - Localização do tablet .....	46
Figura 15 - Etiquetas de anomalia (modelo fornecido pelo acionista) .....	48
Figura 16 - Briefing de início de dia de trabalho na limpeza do equipamento.....	50
Figura 17 - Pontos forte e pontos a melhorar no fim do primeiro dia de limpeza.....	50
Figura 18 - Excerto da rotina de limpeza do equipamento .....	52
Figura 19 - Excerto da rotina de inspeção do equipamento.....	52
Figura 20 - Distribuição do total de eventos ao longo da produção .....	53
Figura 21 - Distribuição dos tempos associados a paragens não programadas .....	54
Figura 22 - Elementos fundamentais da gestão lean (Romana, 2014).....	56
Figura 23 - Quadro valores obtidos por indicador .....	57

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Metodologia para a elaboração da dissertação .....	2
Tabela 2 - Estrutura da dissertação .....	3
Tabela 3 - Comparação das fases propostas para a implementação TPM segundo a literatura .....	30

## Lista de abreviaturas

JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
MTBF	Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)
MTTR	Mean Time To Repair
OEE	Overall Equipment Effectiveness
TEU	Total Equipment Utilization
TPM	Total Productive Maintenance
OOE	Overall Operations Effectiveness
TEEP	Total Equipment Effective Performance

## **1. Introdução**

### **1.1. Enquadramento**

No contexto económico atual, observamos um período de mudanças profundas na indústria. O foco é dado ao cliente, às suas necessidades e sobretudo àqueles com maior valor, e que assim, se revelem estratégicos para o negócio. Em todos os setores de atividade é aprimorada a competitividade e eficiência operacional nos seus processos produtivos (Carvalho, 2019). A indústria da aviação é por excelência um exemplo de foco no trabalho padronizado e pela procura da melhoria continua desde o projeto até à operação da aeronave.

De forma a assegurar a competitividade no mercado, as empresas vêm-se na necessidade de implementar estratégias internas de melhoria, estas que visam a maior agregação de valor e redução de desperdícios associados aos seus processos. É assim fulcral garantir a identificação e eliminação das causas raízes das falhas dos equipamentos nas unidades industriais (Carvalho, 2019).

A ferramenta TPM (*Total Productive Maintenance*) ou em português (Manutenção Produtiva Total) é uma metodologia que luta pela eliminação de perdas, redução de paragens e diminuição de custos dos ativos industriais.

### **1.2. Objetivos**

Com esta dissertação pretende-se dar a conhecer a ferramenta TPM na sua total dimensão com superior foco no processo de implementação e nos seus indicadores de acompanhamento. Iniciando-se pela revisão da literatura e posterior análise de um caso de estudo, pretende se dar a conhecer na prática como esta ferramenta é introduzida no processo de produção de estruturas para aeronaves numa empresa nacional de referência no setor.

### 1.3. Metodologia

A tabela 1 tem por objetivo descrever as diferentes fases da metodologia utilizadas na realização desta dissertação.

Tabela 1 - Metodologia para a elaboração da dissertação

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
Pesquisa Bibliográfica	Aquisição de conhecimento na filosofia TPM com foco no processo de implementação
Análise do contexto da empresa (diagnostico)	Compreensão do plano estratégico da empresa e enquadramento da filosofia TPM neste
Alinhamento da definição de indicadores	Definição dos <i>Key Performance Indicator's</i> (KPI's) a serem medidos ao longo da implementação da filosofia TPM
Otimização da medição de indicadores	Criação de ferramentas de aumento automação e confiabilidade nos indicadores associados à produção
Implementação dos pilares TPM	Implementação dos procedimentos e entregáveis respetivos a cada pilar da casa do TPM
Garantia do envolvimento dos players internos na organização	Assegurar o compromisso da liderança de topo aos operadores na implementação. O maior desafio no TPM é a mudança de cultura que tem de começar na liderança
Limpeza inicial (Reposição das condições iniciais do equipamento)	Assegurar a estabilidade do processo e despertar o senso de propriedade pelo equipamento
Avaliação do processo	Análise crítica identificando pontos a melhorar e desenvolve as linhas condutoras para os equipamentos futuros

## 1.4. Estrutura do documento

Tabela 2 - Estrutura da dissertação

<b>Capítulo</b>	<b>Designação</b>	<b>Descrição</b>
1	Introdução	Enquadramento teórico da dissertação, identificados os objetivos a atingir e metodologia seguida
2	Enquadramento Teórico	Revisão da literatura existente sobre a produção <i>Lean</i> com foco progressivo para filosofia TPM
3	Processo de Implementação da ferramenta pela literatura	Aproximação às metodologias de implementação TPM da JIPM e por Haroldo Ribeiro.
4	Estudo de caso	Descrição do processo de implementação na indústria
5	Resultados	Análise ao processo de implementação do estudo de caso
6	Conclusões	Conclusões mais relevantes sobre o trabalho realizado e possibilidades de trabalho futuro

## 1.5. Estudo de caso

O estudo de caso pode ser definido como uma estratégia de investigação que utiliza, geralmente, dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, com o objetivo de explicar, explorar ou descrever fenómenos atuais e inseridos num contexto. Esta é utilizada nos mais diversos campos científicos, da ciência política à gestão. Autores como Yin já em 1984, definem que esta estratégia deve ter como questões centrais o “como” e/ou o “porque”, tendo o investigador um pequeno controlo sobre os eventos e estes inseridos num contexto de vida real (Pedron, 2008).

O estudo de caso apresentado nesta dissertação foi realizado durante um estágio curricular de seis meses. O estágio ocorreu numa empresa de referência a nível nacional no ramo da aviação, no qual foi considerado adequado não referir o nome, com o intuito de minimizar a divulgação de aspetos organizacionais mais sensíveis.

A empresa referida conta com mais de um século de história desde a sua criação, hoje detém um papel de relevo a nível mundial nos negócios de manutenção e fabricação aeronáuticas. No âmbito da manutenção, a empresa fornece uma vasta gama de serviços, desde ações mais simples de manutenção até à gestão de aeronavegabilidade total de frota. Estas ações são realizadas a aeronaves militares, civis, motores, componentes e ainda a processos de engenharia.

No negócio da fabricação, a empresa afirma-se atualmente como um grande fornecedor de soluções integradas para fabricantes de aeronaves civis e militares e ainda a fornecedores de primeira linha. Tem hoje capacidade para fornecer conjuntos e subconjuntos de estruturas aeronáuticas, em material compósito ou metálico.

A implementação da ferramenta TPM que esta dissertação pretende demonstrar decorreu nesta última unidade de negócio referida. Uma unidade de produção de aeroestruturas metálicas que contacta principalmente com o aço e alumínio como matéria-prima.

## 2. Enquadramento Teórico

A história da revolução industrial conta-nos que os processos de produção em massa eram os mais comuns no período que antecedeu a Segunda Guerra Mundial. Após este período transformador a tantos níveis, a produção tende a focar-se em sistemas orientados para o resultado e focados na produção. Na prática, o desenvolvimento industrial tem um papel de extrema importância no crescimento económico em países emergentes, nestes onde desenvolvimento do processo industrial assume um papel preponderante para o objetivo de reduzir o índice de pobreza (Goshime, Kitaw, & Jilcha, 2018).

No final da década de 80 do século XX, fruto de um projeto de investigação do MIT (Massachusetts Institute Of Technology) designado *Motor Vehicle Programme*, debruçado na indústria automóvel mundial é revelado um novo paradigma de gestão aplicado no Japão pela Toyota (Romana, 2014). Este programa estava focado na análise da significativa diferença de desempenho entre os países ocidentais e o Japão na indústria automóvel. Na passagem pela empresa, os investigadores conhecem o TPS (Toyota Production System), desenvolvido por Taiichi Ohno, engenheiro chefe de produção da Toyota no período posterior à Segunda Guerra Mundial (Jaiprakash & Sangwan, 2014). Este sistema desenvolvido ao longo das décadas de 1950 e 1960 procura a maior qualidade no menor espaço de tempo associado ao menor custo por meio da eliminação do desperdício (Goshime, Kitaw, & Jilcha, 2018).

O termo “Gestão Lean” nasce oficialmente no livro *The Machine that Changed the World*. Este que resultou do trabalho desenvolvido pelos investigadores do MIT, publicado no ano de 1990, onde estes consideram o TPS como a estratégias de gestão mais eficiente e sem desperdícios que conduz ao desempenho sem par da Toyota. No início da década de 90 do século passado o conceito de “Gestão Lean” começou por ser visto como um modelo contraintuitivo ao tradicional modelo de produção de Henry Ford (Jaiprakash & Sangwan, 2014).

À data da investigação desenvolvida pelo MIT a Toyota não ocupava sequer um dos dez primeiros lugares entre os maiores fabricantes de automóveis do mundo. Em 2009, a empresa japonesa afirma-se como o maior fabricante mundial em volume de

vendas e não conquista apenas o primeiro lugar no pódio, mas também é tornado reconhecido mundialmente o seu modelo de gestão (Goshime, Kitaw, & Jilcha, 2018).

A “Gestão Lean” constrói-se inicialmente sobre dois grandes pilares, o sistema de produção *Just In Time* (JIT) e o sistema *respect-for-human*. O foco destes sistemas é a participação ativa dos colaboradores e a eliminação de movimentos sem agregação de valor realizados por estes. No ano de 1983 numa conferência nos Estados Unidos da América, Yasuiro Monten, investigador e escritor debruçado sobre o pensamento “Lean” introduz o conceito JIT. Nesta conferência é enfatizada a importância dos tamanhos de lote pequenos, modelos de produção mistos, trabalhadores multifacetados, o conceito de manutenção preventiva e a gestão de pequenos lotes entregues pelos fornecedores (Jaiprakash & Sangwan, 2014).

O pensamento e conjunto de estratégias “Lean” proliferou pela Europa e Estado Unidos durante a década de noventa e o início do novo milénio. Atualmente, mais robusto e disseminado, continua a mostrar-se ao tecido empresarial como um sistema capaz de criar melhorias significativas no que diz respeito à qualidade e produtividade. Nascida na indústria automóvel a “Gestão Lean” encontra-se hoje aplicada em todos os segmentos de negócio. Da passada década de cinquenta aos dias de hoje, a filosofia “Lean” evoluiu substancialmente graças aos seus precursores e às empresas que se tornaram uma referência na sua adoção. Por estes criadores de melhoria continua o próprio sistema fortaleceu-se como uma referência cada vez mais robusta incorporando os contributos individuais de empresas nos quatro cantos do mundo (Farinha, 2015).

Segundo (Farinha, 2015) a “Gestão Lean” pode ser dividida em três ramos:

- *Lean Thinking*
- *Lean Manufacturing*
- *Lean Production*

*Lean Thinking* caracteriza-se como uma filosofia de gestão pelo qual as organizações adquirem competências no sentido a eliminação do desperdício e criação de valor. *Lean Manufacturing* é uma filosofia que confere a uma organização de atividade produtiva ou industrial uma eliminação do desperdício ligado a um conceito de

compromisso com a melhoria contínua (Kaizen) e de demais processos operacionais por parte dos colaboradores. *Lean Production* relaciona-se com a produção de uma grande variedade de produtos em pequenos lotes com a redução dos tempos de fabrico (Farinha, 2015).

Nesta dissertação é conferido especial foco ao *Lean Manufacturing* dado o âmbito da mesma o setor de atividade que se encontra aplicada.

*Lean* não deve ser entendido apenas como um conjunto de práticas que podemos encontrar no chão de fábrica. Devemos sim entender este como uma mudança cultural profunda na forma como os colaboradores em particular, e a organização num todo, pensam e se comportam. Os resultados positivos são conseguidos por meio de práticas sustentadas e por um conjunto de convicções e princípios que são postos em prática por todos dentro da organização (Farinha, 2015).

Podemos resumir o *Lean* assim como uma procura constante pela eliminação de desperdícios de cada processo de trabalho com o objetivo de promoção da excelência na qualidade, serviços e prazos, sempre focado na eficiência. Por outras palavras, o *Lean* não é uma finalidade, mas é sim uma estratégia, isto é, um caminho a seguir. As suas ferramentas são as estratégias para operacionalizar um pensamento de forma a torná-lo exequível no terreno (Farinha, 2015).

## **2.1. Princípios Lean**

Os autores que na década de noventa apelidaram pela primeira vez a “Gestão Lean” no livro *The Machine that Changed the World*, identificaram através de entrevistas e discussões os cinco princípios que constituem o cerne do *Lean* (Pereira, 2011):

- Criação de valor: Apenas o cliente define o que quer e aquilo a que está disposto a pagar. A organização deve de focar-se em solucionar os problemas dos clientes, fazer cumprir as suas necessidades a preços acessíveis e nos prazos definidos, sempre com a qualidade garantida e cumprindo com as quantidades requisitadas. Um produto que não cumpra com as necessidades ou requisitos dos clientes constitui um desperdício dado que não há criação de valor.

- Definição da cadeia de valor: Este pode também ser designado como mapeamento da cadeia de valor. Representa o conjunto de tarefas necessárias de executar para cumprir com as necessidades dos clientes. Identificar ou mapear a cadeia de valor significa definir as tarefas que acrescentam valor ao produto e conseqüentemente conduzem à satisfação dos clientes. Para além das tarefas que acrescentam valor, devem ser identificadas as tarefas que não o acrescentam e que, pelo contrário, somam desperdício de forma a serem eliminados.
- Otimizar o fluxo de produção: É pretendido com este princípio a organização do processo de produção de forma a obter um fluxo contínuo e fluido. Assim, quando da requisição de um produto, é desencadeada uma ordem que dá início à produção de forma a que cada etapa do processo se inicie apenas quando o posto de trabalho antecedente termine a sua operação. Este mecanismo conduz à redução do *lead time* dado que não se criam stocks intermédios. Também este princípio tem por objetivo a redução dos desperdícios do processo produtivo.
- Implementação de um sistema puxado: Significa produzir apenas quando o cliente encomenda um produto, isto é, os clientes é que puxam os produtos através da cadeia de valor. Com esta metodologia não há acumulação de stocks. Este é o princípio que está subjacente ao conceito JIT (*Just In Time*), produzir só quando é tempo.
- Procura pela perfeição: Esta procura busca a melhoria contínua nos processos individuais e em consequência, do sistema no seu todo. A melhoria tem uma vez mais, por objetivo, a eliminação do desperdício criando-se valor sempre que o mesmo é eliminado.

Recentes publicações identificam outros dois princípios que se somam aos cinco fundamentais. De acordo com estes, os princípios definidos na década de noventa apresentam falhas tais como o não privilégio às atividades de inovação de produto e processos e ainda que o sucesso não se pode basear na satisfação dos clientes, mas também na satisfação de todas as partes interessadas (*stakeholders*). Assim, nesta abordagem mais inovadora, soma-se o princípio “conhecer os *stakeholders*” e o princípio “inovar sempre” (Pereira, 2011).

## 2.2. Fontes de Desperdício

Como mencionado anteriormente, a “Gestão Lean” foca-se na redução do desperdício, estes que representam todas as atividades que não acrescentam valor ao produto, mas que consomem recursos materiais, humanos e financeiros no processo de produção são comumente designados na literatura *Lean* como *Muda's*. Para os criadores do TPS os desperdícios devem ser organizados em sete categorias (Pereira, 2011):

- **Sobreprodução:** Num posto de trabalho geram-se desperdícios de produção excessiva quando se produz mais do que a procura do posto de trabalho sucessor. Desta forma criam-se stocks intermédios.
- **Esperas:** Caracterizam-se por perdas de eficiência no sistema de produção tanto pelos recursos humanos como pelos equipamentos desde que estes estejam à espera de algo. Pode ser um funcionário esperar por um equipamento, um funcionário que espera por outro, um equipamento que espera pelo funcionário ou outros casos que possam originar uma paragem de um processo ao aguardar que outro termine.
- **Transporte:** As perdas relacionadas com o transporte dizem respeito à distância a percorrer pelos materiais, que por sua vez, está relacionada com a disposição dos postos de trabalho, isto é, o layout da empresa. Em suma, quanto maior forem as distâncias a percorrer, maiores serão os desperdícios em transporte e movimentações.
- **Processamento incorreto:** Estes são todos os processos que não são necessários ou que não são eficazes. São exemplos os métodos e procedimentos de trabalho não adequados, execuções por ordem errada ou utilização incorreta de equipamentos ou ferramentas.
- **Stock excessivo:** Representam a acumulação de matéria-prima, produtos ou componentes ao longo da cadeia de valor. Refletem problemas como desequilíbrios de capacidade e a disponibilidade dos equipamentos a montante ou jusante. Pode ainda ser indicador de elevados tempo de *setup*, falhas de qualidade, estrangulamentos do processo produtivo, incumprimento de prazos dos fornecedores, entre outros.

- **Produção defeituosa:** Resulta da não conformidade de produtos, nestes foram consumidos recursos materiais, humanos, financeiros, de energia, bem como a perda de tempo e o desgaste dos equipamentos. Esta produção defeituosa não se refere apenas aos defeitos que não passam na inspeção final, mas todos os defeitos que derivam de erros de programação, produção, comunicação, interpretação de requisitos do projeto, falta de formação, acondicionamento, entre outros.
- **Trabalho desnecessário:** Este desperdício diz respeito aos movimentos dos operários ou equipamentos que não resultem em valor acrescentado ao processo. São exemplos: procura da chefia para tirar dúvidas, procura de ferramentas ou deslocação para suprimir falhas na produção. Este resulta de layouts desapropriados, uma errada organização do posto de trabalho e de métodos desajustados.

## 2.3. Ferramentas lean

Neste capítulo foram selecionadas, entre as demais ferramentas lean, o *Hoshin Kanri*, 5S, 5 porquês, diagrama de causa-efeito, diagrama de Pareto, mapeamento do fluxo de valor e o trabalho padronizado. Dentro da diversidade de ferramentas, estas foram as utilizadas no decorrer do caso de estudo e as mais importantes na relação com a filosofia TPM, configurando assim a necessidade de desenvolvimento nesta dissertação.

### 2.3.1. Hoshin Kanri

Segundo (Priolo, 2020), o *hoshin kanri* é um processo de gestão que alinha de forma vertical e horizontal na organização, as funções e atividades com os seus objetivos estratégicos. Esta ferramenta pode também ser designada por desdobramento da estratégia. Caracteriza-se como um plano específico, geralmente anual e desenvolvido por meio de objetivos, ações, metas temporais, responsabilidades e medidas precisas que conduzem os objetivos estratégicos de alto nível da organização até ao chão de fábrica.

Um dos principais objetivos do hoshin kanri é identificar os projetos necessários e realizáveis. Isto é, aqueles que envolverão toda a unidade de negócio ou até mesmo a organização como um todo numa política baseada na qualidade e com o foco constante no cliente (Priolo, 2020).

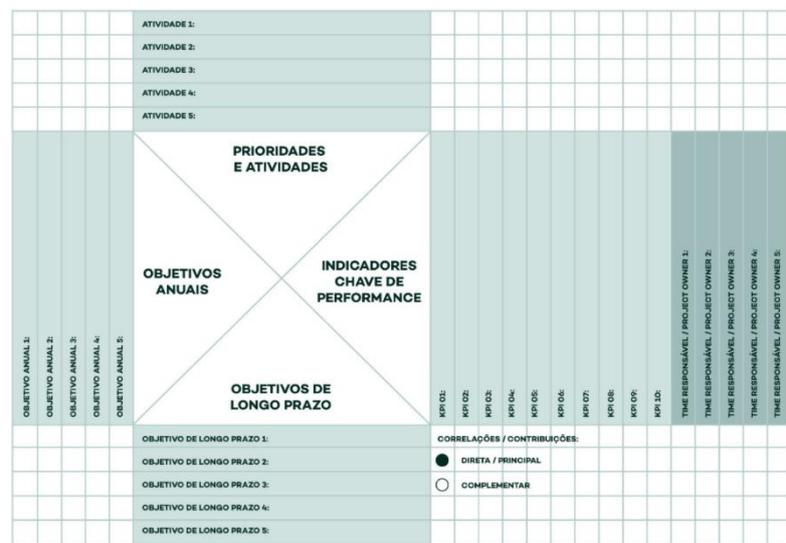


Figura 1 - Exemplo de matriz de planeamento Hoshin Kanri (Milliet, 2021).

De forma a dar visibilidade a este processo, é desenvolvida a matriz de planeamento Hoshin Kanri, a figura 1 demonstra um exemplo de como esta pode ser constituída.

### 2.3.2. 5S

A ferramenta 5S visa obter um espaço de trabalho limpo e organizado de forma a manter um ambiente organizacional de excelência. Os 5S trazem diversos benefícios à organização sendo o mais impactante de todos, a diminuição do desperdício de tempo e espaço. O método consiste em acompanhar cinco conceitos fundamentais (Oliveira, Sá, & Fernandes, 2017):

- *Seiri* – Utilização: Consistem na remoção do que não é considerado necessário. No local de trabalho deve ter apenas o necessário para realizar as atividades
- *Seiton* – Ordenação: Deve de ser atribuído um local a cada elemento do posto de trabalho e cada elemento deve de estar nesse lugar. É assim conseguida a identificação rápida de ferramentas, equipamentos, matéria-prima, etc, agilizando o processo.
- *Seizo* – Limpeza: A limpeza do espaço é essencial. É desta forma reduzido o risco de acidentes, preservação das instalações, e permite ainda mais facilmente identificar os sete desperdícios fundamentais.
- *Seiketsu* – Padronização: De forma a otimizar os três primeiros “S’s”, os padrões internos da organização devem de ser conhecidos e cumpridos por todos.
- *Shitsuke* – Autodisciplina: Esta última etapa garante que é desenvolvida uma metodologia organizacional de forma a garantir que a técnica dos 5S é seguida. São implementadas estratégias como auditorias e reuniões de acompanhamento.

### 2.3.3. Análise da causa raiz

Encontrar a causa real de um problema que tende a acontecer repetitivamente e enfrentá-lo, em vez de continuar a lidar com a sua consequência, é denominado por análise de causa raiz. Denominado comumente por “RCA” do inglês *Root Cause Analysis*, é um método passo a passo para analisar falhas e problemas até à última causa que o origina. Cada equipamento falha porque ocorrem uma série de eventos que culminam nessa mesma falha, isto é, há uma progressão de causas com devidas

consequências ao longo do tempo. Com a análise de causa raiz, busca-se a causa primeira que conduziu à falha, com a primeira causa ou causa raiz determinada é possível determinar ações para que a falha não ocorra novamente (Ben-Daya et al., 2009).

### 2.3.3.1. 5 Porquês

Formulada por Sakichi Toyoda, a análise dos “5 porquês” promove um pensamento profundo questionando permanentemente o porquê da causa apontada para o efeito. Consiste assim em anumerar possíveis causas (inputs) para uma determinada consequência (output) e a cada uma das causas apresentadas, questionar sequencialmente cinco vezes o porquê, desta forma, encontrar a fonte que deu origem ao problema.

### 2.3.3.2. Diagrama Causa Efeito

O diagrama de causa-efeito (figura 2) foi pensado inicialmente por Kaoru Ishikawa, pioneiro na gestão de processos de qualidade e que se veio a tornar um dos principais fundadores da gestão moderna. Hoje este diagrama pode também ser designado por diagrama de espinha de peixe, dado o seu formato, ou ainda por diagrama de Ishikawa, o seu fundador. semelhante ao esqueleto de um peixe. É uma ferramenta utilizada para explorar as potenciais causas (inputs) que resultam num determinado efeito (output). As causas

são distribuídas de acordo com o nível de relevância de ocupam resultando na hierarquização dos eventos. Desta forma é possível identificar as causas raiz dos problemas, identificando as áreas onde ocorrem

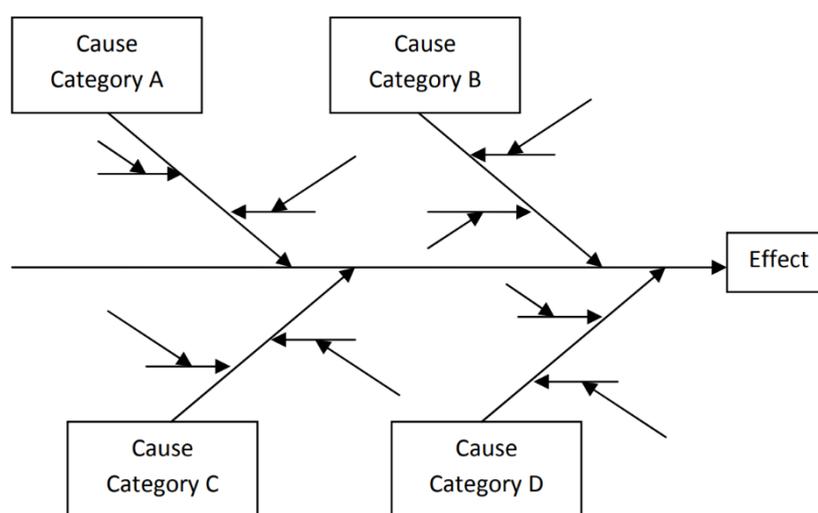


Figura 2 – Diagrama causa efeito (Ben-Daya et al., 2009).

e comparar a sua relativa importância (Romana, 2014).

### 2.3.3.3. Diagrama de Pareto

Vilfredo Pareto, economista italiano estudou no final do século XIX a distribuição de riqueza na população do seu país. A conclusão do seu trabalho mostra que 80% da riqueza deste estava concentrada em 20% da população. Anos mais tarde, Joseph Juran, pioneiro em diversos estudos no âmbito da qualidade, encontrou um padrão semelhante na distribuição de defeitos numa gama de produtos. Neste trabalho é demonstrado que a maioria das rejeições (cerca de 80%) por não qualidade eram causados por

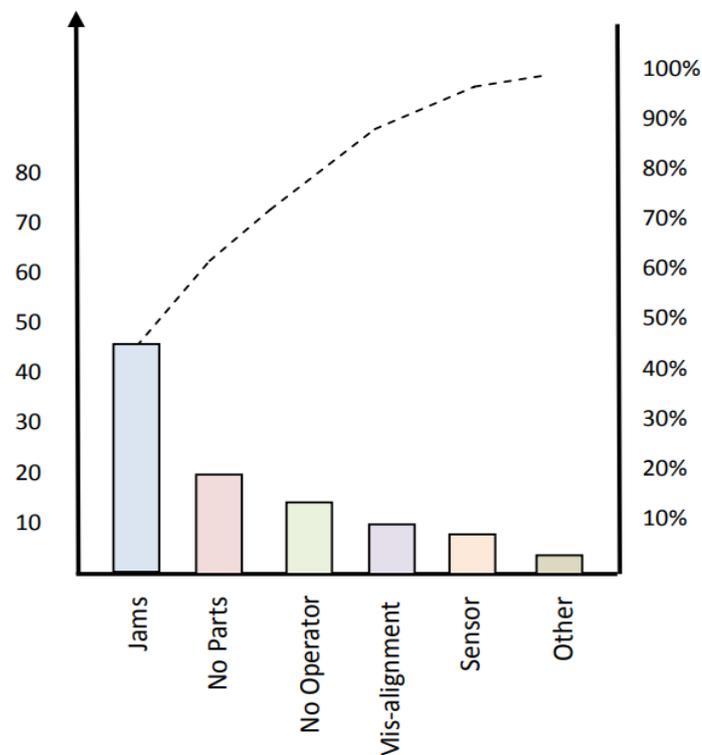


Figura 3 - Exemplo de gráfico de Pareto - Distribuição de falhas num equipamento (*Ben-Daya et al., 2009*).

20% de causas (tipos de defeito). Um gráfico de Pareto é um gráfico de barras compostos por uma série de barras verticais cuja altura reflete a frequência de problemas ou causas. Estas barras estão dispostas em ordem decrescente de altura da esquerda para a direita. Assim, os fatores à esquerda são mais significativos do que os da direita (Ben-Daya et al., 2009). Na figura 3 é demonstrado um exemplo de um gráfico de Pareto ao serem identificadas as falhas ocorridas num equipamento num determinado tempo.

### 2.3.4. Mapeamento do Fluxo de Valor - VSM

O Mapeamento do Fluxo de Valor é um método de diagnóstico que propõe o desenho de um diagrama representativo de todas as atividades de valor acrescentado e desperdícios envolvidos no fluxo de material e informação necessários à produção. Esta

ferramenta tem por objetivo obter uma visão global da cadeia de valor, identificar atividades que agregam ou que não agregam valor, bem como as demais fontes de desperdício, desenvolvendo posteriormente ações de melhoria (Vargas, 2015). Na figura 4 é apresentado a título de exemplo de um mapeamento de fluxo de valor associado ao processo de distribuição de bebidas numa empresa brasileira. Tem por objetivo mostrar o processo interno desde a compra, armazenamento, até à expedição da mercadoria ao cliente. Na região inferior da imagem, encontra-se evidenciado o tempo de agregação de valor (1503 minutos) e o tempo total do processo/*lead time* (1,04 dias) (Sampaio et al., 2019).

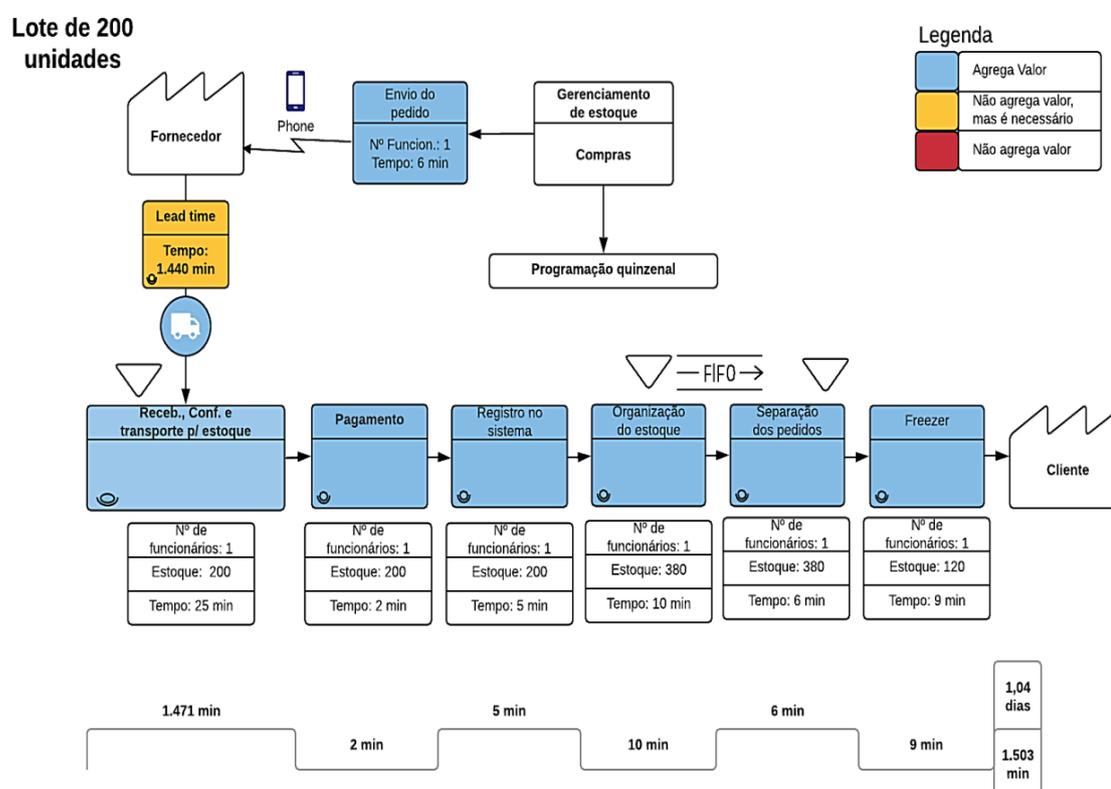


Figura 4 - Exemplo de mapeamento de fluxo de valor (Sampaio et al., 2019).

### 2.3.5. Trabalho padronizado

O trabalho padronizado visa estabelecer procedimentos estandardizados de forma a obter métodos e sequencias para cada processo ou tarefa, de modo que todos os colaboradores executem essa mesma tarefa ou processo da mesma forma. Pretende-se

minimizar assim, a variação, aumentando a repetibilidade, e potenciando a deteção de desvios maximizando os outputs. Para que seja possível este trabalho padronizado deve ser tido em conta o *Takt Time*, sequencia de trabalho, materiais e ferramentas necessárias (Vargas, 2015).

O termo *Takt Time* refere-se ao ritmo a que um produto, serviço ou processo deve ser produzido de modo a cumprir com a procura por parte do cliente. Este tempo calculado deve ser a meta para a estabilização do processo produtivo e é de extrema importância dado que deve de estar alinhado permanentemente com as necessidades do cliente e minimizando o *stock*. Também a sequência de trabalho é fundamental, este estabelece-se pela ordem ou sequencia pela qual as tarefas devem ser executadas. Esta padronização leva ao operador a repetir o ciclo de forma consistente ao longo do tempo. Ao estabelecer a sequencia, devem ser integradas metodologias que eliminem operações perigosas e que aumentem a eficiência do processo eliminando ou minimizando os desperdícios, tais como, as movimentações ou a espera (Vargas, 2015).

## **2.4. Filosofia TPM**

### **2.4.1. Evolução no conceito de manutenção industrial**

Segundo (Ben-Daya et al., 2009), no decorrer das últimas décadas o conceito de como manter e gerir os equipamentos industriais passou por significativas mudanças. Com base nestes autores, é dado a conhecer a evolução desde metade do século passado até ao conceito TPM:

1. Manutenção após a falha – A reparação ou restauro é iniciado quando ocorre a falha ou quando a performance do equipamento é significativamente comprometida. Esta estratégia estava disseminada antes da década de 1950. As paragens não programadas eram de longa duração dada a extensão do dano que era apenas identificado quando já tinha uma grande dimensão, associadas a um custo e tempo de espera excessivos.
2. Manutenção Preventiva – Conceito introduzido em 1951, consiste num exame físico ao equipamento de forma a prevenir a falha e prolongar o seu ciclo de vida. Compreende a realização de tarefas de manutenção periódicas de forma controlar a deterioração através de tarefas como lubrificação, limpeza, substituições, entre outras.
3. Manutenção Preditiva – Muitas vezes designada como Manutenção Baseada na Condição, é uma estratégia que é iniciada de forma a dar resposta à deterioração de condição ou performance. São implementadas técnicas de forma a medir a condição do equipamento como a avaliação de parâmetros: temperatura, ruído, vibração, lubrificação ou corrosão. Balizados os intervalos de operação para cada um dos indicadores, ao serem ultrapassados, é despoletada uma ação de manutenção.
4. Manutenção Corretiva – Introduzida em 1957, foca-se em evitar falhas melhorando a condição do equipamento por meio reposição do elemento degradado por um novo. O objetivo é melhorar a fiabilidade do equipamento, manutenibilidade, segurança e deficiências do projeto. Esta

estratégia defende a substituição do elemento antes que este seja necessária manutenção. Para saber quando se deve substituir, são utilizados os parâmetros do controlo da condição como identificado na estratégia anterior.

5. Prevenção de Manutenção – Introduzida na década de 1960, é mais uma filosofia de construção e melhoria do equipamento do que estratégia de manutenção. Na fase de design, o equipamento é concebido de forma que os seus elementos sejam livres de manutenção. Este utiliza a experiência de equipamentos já em utilização para o feedback à equipa de design de forma a melhorar continuamente o projeto.
6. Manutenção Centrada na Fiabilidade – Também na década de 60, uma filosofia que nasce na cultura da manutenção de aeronaves, utilizada pelos seus principais fabricantes. É um processo utilizado para determinar os requisitos de manutenção em contexto operacional identificando as funções do equipamento e consequentes modos e efeitos das falhas. Tem por base a deterioração constante da sua fiabilidade e a garantia que esta está controlada através de ações de manutenção. Neste conceito estão incluídas ferramentas como FMEA, FMECA, análise de risco, árvore de falhas, entre outras.
7. Manutenção Produtiva – Foi à data o conceito de manutenção que se voltou para a produtividade do equipamento em particular como meio de alcance na produtividade da organização num todo. Tinha por objetivo a redução do custo gradual do ciclo de vida do equipamento por meio de análise de fiabilidade e manutenibilidade, começa aqui o envolvimento de demais funcionários na busca da melhoria.
8. Sistemas Informáticos de Gestão de Manutenção – A inclusão destes sistemas permite o planeamento de programação de trabalhos e pedidos de forma a agilizar a resposta e gerir a carga de trabalho da equipa. O sistema permite também melhorar as capacidades de comunicação e tomada de decisão associas à manutenção preventiva e preditiva.

9. Manutenção Produtiva Total (TPM) – Nasce na filosofia japonesa desenvolvida na base da Manutenção Produtiva, isto é, na ideologia de procura de produtividade organizacional por meio do ativo industrial. Este conceito foi inicialmente introduzido pela *M/s Nippon Denso Co. Ltd*, empresa japonesa, fornecedora da *Toyota Motor Company* no ano de 1971. O TPM é à data uma abordagem inovadora da manutenção que otimiza a eficiência do equipamento por meio da eliminação de perdas e promovendo a manutenção autónoma por parte dos operadores através de atividades diárias.

#### **2.4.2. Fundamentos / Elementos Básicos TPM**

O foco do TPM é a maximização da eficiência do equipamento durante toda a sua vida útil, promovendo a manutenção dos equipamentos na sua ideal condição de operação, de forma e evitar paragens não programadas, perdas de velocidade ou defeitos associados ao processo produtivo. Com este conceito de eficiência do equipamento industrial nascem também a definição das “*Six Big Losses*” – as seis grandes perdas do processo produtivo. Com o TPM existem, em suma, três grandes objetivos: zero defeitos, zero acidentes e zero avarias (Ben-Daya et al., 2009).

Nakajima (1988) descreve o TPM como uma operação a 100% da capacidade, 100% do tempo. Os benefícios do TPM podem ser classificados em seis categorias: produtividade, qualidade, custo, entrega, segurança e moral. A procura pelas melhores práticas nestes seis domínios bem como na conquista de um valor de OEE de classe mundial só é conseguido através de equipas multidisciplinares. O foco destas equipas constituídas por elementos de diversas áreas é de eliminar barreiras à disponibilidade do equipamento, adequar e disseminar programas de manutenção preventiva rigorosos, treino, eficiência na gestão do equipamento e o aumento progressivo na fiabilidade.

À semelhança do conceito *Total Quality Management* (TQM), o TPM foca-se na melhoria de todos os indicadores do processo produtivo. A sua implementação requer um compromisso de longo prazo para alcançar essa melhoria. O indicador de excelência do

processo produtivo e que só por si, representa a evolução e sucesso do TPM é o OEE (Ben-Daya et al., 2009).

Os princípios básicos do TPM são frequentemente designados por pilares ou elementos da casa TPM. A figura 5 representa esta casa/edifício do TPM. Como todos os edifícios, este tem uma base, pilares e por fim uma cobertura. A base deste edifício, isto é, a base da filosofia TPM é o 5S, são os estes cinco sentidos que sustentam a manutenção continua dos oito pilares desta ferramenta.

Os pilares são assim representados pois sustentam a filosofia por detrás do conceito, representam ainda a importância da ligação entre equipas, e sobretudo, o trabalho contínuo em várias frentes para que este programa seja robusto e eficaz na organização (Nakajima, 1988).

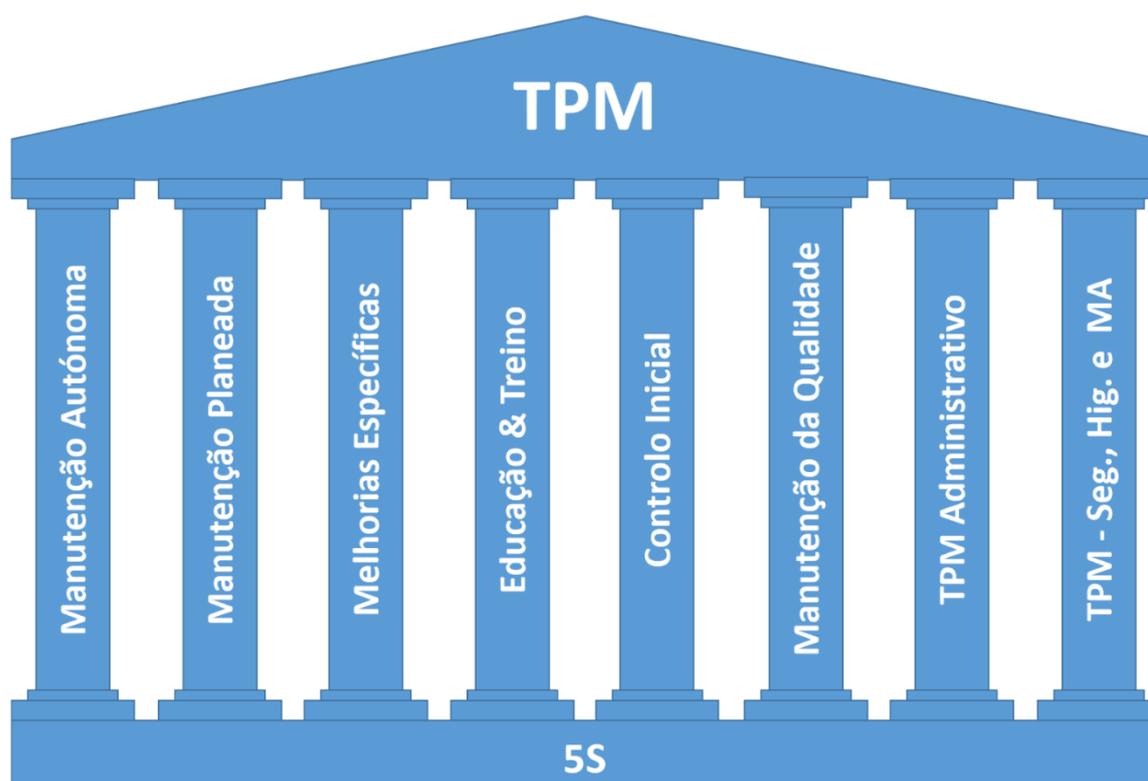


Figura 5 - Casa do TPM. Adaptado de: (Ben-Daya et al., 2009)

Nos pontos seguintes são identificados os elementos principais por cada um destes pilares segundo Haroldo Ribeiro (Ribeiro, 2016):

- Manutenção autónoma: Desenvolvimento de capacidade dos operadores para a execução de atividades de inspeção, limpeza, lubrificação e pequenas reparações para as quais tenham recursos, conhecimento e autonomia para a sua concretização. Estas tarefas devem de seguir os padrões estabelecidos antecipando a resolução de potenciais problemas.
- Manutenção planeada: Detecção de anomalias previamente a estas criarem uma perda ou dano severo no equipamento. O objetivo deste pilar é o desenvolvimento de um sistema que promova a eliminação de atividades não programadas ou seja a falha zero.
- Melhorias específicas: Atividades com objetivo de eliminação das perdas que reduzem a eficiência do equipamento.
- Educação e treino: Desenvolver transversalmente os conhecimentos e habilidades na condução das atividades da filosofia TPM.
- Controlo inicial: Processo robusto para a melhoria existente com a aquisição de novos elementos ou melhoria dos processos de forma a garantir o conceito de falha zero na operação diária do equipamento.
- Manutenção da qualidade: Definir condições do equipamento que conduzam à eliminação de defeitos de qualidade, mantendo-o em perfeitas condições, irá produzir sem defeitos.
- TPM administrativo: Eliminar perdas criadas pelo trabalho em escritório, é necessário que todas as funções em torno do equipamento sejam eficientes para que em resultado final, este também seja eficiente.
- Segurança, higiene e meio ambiente: Procura permanente do acidente zero através da segurança, saúde e bem-estar do colaborador. Ainda procura atingir um processo produtivo que não afete ou com mínimo impacto ambiental.

A implementação da filosofia TPM gera a médio prazo retornos significativos à organização dado que visa alcançar uma maior segurança, maior utilização dos ativos, maior capacidade de produção sem investimento de novos equipamentos ou recursos humanos e ainda a redução dos custos de manutenção. Estes objetivos são conseguidos quando a organização promove o TPM não apenas como mais uma ferramenta no

combate ao desperdício, mas sim como uma nova filosofia de trabalho e por meio de uma envolvimento a 100% por parte de todos os colaboradores. Esta ligação dos elementos da manutenção à produção, da engenharia à gestão de topo, leva a que a interdisciplinaridade conduza a novas abordagens a desafios do cotidiano e que mais esforços se juntem para que foco seja a produção e a criação de receita (Ben-Daya et al., 2009).

A sigla TPM pode ser traduzida para português como Manutenção Produtiva Total. Após a introdução à ferramenta e clarificação de conceitos, faz sentido olhar para cada uma das palavras que compõem a sigla desta abordagem à manutenção dos ativos industriais. (Ben-Daya et al., 2009)

- **Manutenção:** Cultura de propriedade do equipamento por parte do operador. Será dele a responsabilidade de manter de forma autónoma a sua fonte de rendimento. Manter significa cuidar, significa reparar quando avariar, limpar é identificar danos, lubrificar é impedir o dano e de certo que manter implica investir tempo.
- **Produtiva:** Deve ser dada a ênfase a que a melhoria do equipamento a manutenção autónoma sejam conduzidos o mais possível enquanto a produção continua a minimizar os desperdícios associados ao processo produtivo tais como redução do tempo de *setup* ou melhoria do layout do espaço de trabalho de forma a reduzir os desperdícios pelo operador.
- **Total:** Dada a integração de todos os elementos na organização de forma vertical. Para o sucesso da implementação do TPM, desde a liderança ao operador, os conceitos têm de fazer parte do seu dia-a-dia. Só com o esforço e compromisso de todos é possível construir uma base sólida e com raízes culturais transversais.

### 2.4.3. Seis grandes perdas

A ligação entre as perdas de eficiência do equipamento no contexto TPM está altamente relacionada com o seu principal indicador, o OEE. Tal como este, as perdas encontram-se agrupadas tanto a nível da qualidade do produto final, disponibilidade do equipamento e performance (Almeanazel, 2010):

- Perdas de disponibilidade – Quando o equipamento não se encontra a agregar valor, isto é, quando não está a produzir:
  - Paragens não programadas: interrupção repentina por falha do equipamento no período definido para operar.
  - Paragens programadas: Tempo de abastecimento e ajustes no equipamento.
- Perdas performance – Quando o tempo de produção de um produto é superior ao tempo previsto ou planeado:
  - Pequenas paragens: A produção é interrompida momentaneamente por ação do operador de forma evitar uma paragem por avaria. Exemplo: evitar encravamentos, ou acumulações de produto numa região do equipamento.
  - Diminuição de velocidade: O equipamento está a operar a uma velocidade mais baixa que a original ou teórica. Podem ser várias as causas, tais como fugas ainda não visíveis, encravamentos, etc.
- Perdas de qualidade – O produto produzido não cumpre com as especificações de qualidade.
  - Defeitos de Produção: Erros originados durante o processo de produção que se expressão no produto final. Após a identificação destes, podem ser realizados trabalhos de reparação ou correção do erro (retrabalho) ou pode até mesmo ser conduzido à sucata se não tiver reparação possível.
  - Perdas de rendimento de material: Desperdício de matéria-prima, podem estar associadas ao projeto ou método de fabricação ou por outro lado, podem estar associados a ensaios iniciais na entrada no processo produtivo, designados por “*tryout*”.

## 2.4.4. Indicadores do processo produtivo

### 2.4.4.1. OEE

O TPM utiliza o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) como a sua principal métrica quantitativa para medir o desempenho de um sistema produtivo. O papel do OEE vai muito além da simples tarefa de monitorizar e controlar um determinado equipamento, este deve ser encarado como o indicador central para o acompanhamento da evolução estratégica do TPM. Dada a sua metodologia de construção, devemos de olhar para este indicador como um método sistemático para estabelecer metas de produção dado que incorpora dados que permitem dar visibilidade à disponibilidade, desempenho e qualidade do processo de produção (Ben-Daya et al., 2009)

Na figura 6 é demonstrada a relação entre os tempos associados ao processo produtivo e as seis grandes perdas. No tempo total de calendário, é utilizado o tempo total de um ano, ou mês, ou semana, dependente da análise que queiramos efetuar. Este tempo representa ao máximo de tempo teórico que o equipamento poderia estar em operação se não houvesse nenhuma condição que o impedisse. O tempo programado bruto é aquele que está alocado à produção, pode ser interpretado como o horário de funcionamento da unidade industrial (fins de semana, feriados e o turno da noite são exemplos de períodos ociosos, isto é, em que não há possibilidade de produção) (Fonseca, 2017).

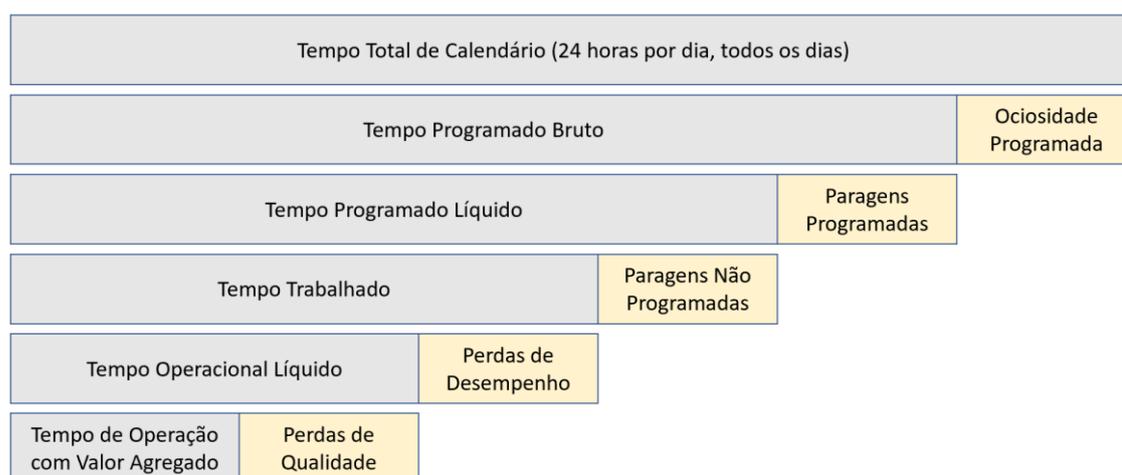


Figura 6 - Estratificação de tempos no cálculo do OEE. Adaptado de (Nakajima, 1988).

A procura pela melhoria do OEE, sobretudo numa fase inicial de implementação do TPM, é essencial para uma produção mais “lean” (Ben-Daya et al., 2009). Logo após a decisão que leva ao início da medição deste indicador, deve de estar bem presente em todos, a sua fórmula de cálculo, mas sobretudo, a importância no registo metuculoso de cada uma das perdas já mencionadas. O objetivo de medir este, ou qualquer outro indicador, não é de ter bons números, mas sim os valores reais que melhor descrevem o processo (Nakajima, 1988).

Antes de aprofundar a metodologia de cálculo, faz sentido interpretar o que o nome do indicador significa. OEE é uma sigla que deriva de três palavras em inglês: *Overall Equipment Effectiveness*. Porém, na tradução para a língua portuguesa, são comumente confundidos dois conceitos: o de eficiência e o de eficácia. A eficiência mede um rácio entre um *input* consumido, face a um determinado *output* produzido. Quando se diz que uma ação foi realizada de forma eficiente, significa que consumiu o mínimo de recursos na obtenção de um determinado resultado. Já a eficácia refere-se aos eventos concluídos com sucesso face aos iniciados. Isto é, avalia até que ponto um resultado foi atingido independentemente da forma como foi obtido. Assim clarificados os conceitos, podemos dizer que o OEE, pode ser traduzido como a Eficiência Global do Equipamento (Fonseca, 2017).

#### 2.4.4.1.1. Formula de cálculo e indicadores derivados

O cálculo do OEE consiste na determinação de três índices consequente multiplicação entre si: índice de disponibilidade, de desempenho ou *performance* e o índice de qualidade (Iannone & Maria, 2015). Como descreve a seguinte equação:

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidade(\%)} \times \text{Desempenho (\%)} \times \text{Qualidade (\%)}$$

O primeiro índice do indicador, índice de disponibilidade, mostra o percentual de tempo efetivo de trabalho em relação ao tempo programado para a produção (Iannone & Maria, 2015):

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo Programado} - \text{Paragens Não Programadas}}{\text{Tempo programado}} \cdot 100$$

Com os mesmos três índices, disponibilidade, performance e qualidade é possível extrair outros dois indicadores. O TEU (Total Equipment Utilization) ou também conhecido como OOE (Overall Operations Effectiveness) e ainda o TEEP (Total Equipment Effective Performance). Para o cálculo destes dois indicadores em comparação com o OEE, o que se altera é a forma em que a disponibilidade é medida (Iannone & Maria, 2015).

Enquanto no OEE são apenas consideradas as paragens que não estão previstas durante o processo tais como avarias ou *setups*. Embora entre estes três indicadores o OOE seja o menos comum, permite a visibilidade sob as paragens programadas e não programadas tais como formação ou refeições (Iannone & Maria, 2015). Para isso, a disponibilidade é calculada da seguinte forma para o cálculo do OOE:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo do turno} - \text{Paragens}}{\text{Tempo do turno}} \cdot 100$$

O TEEP, a par do OEE, tem uma importância estratégica extrema. Este indicador tem por objetivo dar a conhecer o quanto é utilizado do equipamento dada a sua máxima disponibilidade, isto é, durante as 24 horas de todos os dias do ano (Iannone & Maria, 2015). A importância estratégica deste indicador prende-se com a sua ligação direta à competitividade da organização através da sua estrutura de custos, uma vez que o limite dos custos fixos está indexado às horas da capacidade total instalada.

Para obter este indicador a disponibilidade é calculada da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo do turno} - \text{Paragens}}{24 \text{ Horas}} \cdot 100$$

Já na performance o cálculo igual para cada um dos indicadores, é comparada a velocidade teórica ideal de produção do equipamento com a velocidade efetiva a que a produção está a ocorrer (Iannone & Maria, 2015):

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Tempo teórico de ciclo} \cdot \text{Quantidade processada}}{\text{Tempo de operação}} \cdot 100$$

O último índice, é relativo ao conceito de fazer bem à primeira. O índice de qualidade relaciona o número de peças produzidas com as peças produzidas sem defeitos (Iannone & Maria, 2015):

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Quantidade produzida} \cdot \text{Quantidade rejeitada}}{\text{Quantidade produzida}} \cdot 100$$

#### 2.4.4.2. MTTR e MTBF

O MTTR e o MTBF são dois indicadores associados à manutenção muito relevantes na gestão dos ativos industriais. Do inglês *Mean Time To Repair* (MTTR) é o tempo média de reparação. Representa o tempo necessário para reparar avarias no equipamento restaurando a sua condição ideal de funcionamento. Este tempo inicia-se quando é detetada a avaria e o equipamento interrompe a produção e termina quando a mesma é retomada.

O MTBF significa *Mean Time Between Failures* ou em português, tempo médio entre avarias. Este indicador, muitas vezes utilizado para a métrica da disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos, contabiliza entre o momento em que a uma avaria ocorre até à quebra seguinte. A figura 7 representa de uma forma gráfica estes dois conceitos. No eixo das abcissas temos uma representação binária entre o equipamento se encontrar disponível ou indisponível, já no eixo das ordenadas, é representado o tempo em que o equipamento se encontra a operar (Ben-Daya et al., 2009).



Figura 7 - Esquema de interpretação dos conceitos de MTBF e MTTR. Adaptado de (Ben-Daya et al., 2009)

#### **2.4.5. TPM como estratégia reconhecida na aviação**

O processo de fabricação de elementos, subconjuntos para aeronaves é considerado como bastante diferenciado em relação a outros setores na indústria da maquinação e produção de estruturas metálicas no que se refere à capacidade tecnológica, mão-de-obra e sobretudo a nível regulamentar. O nível tecnológico exigido para a produção aeronáutica é seriamente elevado dada a exigência nos padrões de qualidade, fiabilidade e desempenho a que estes produtos são requeridos no mercado (Rodrigues, 2013).

Os produtos produzidos com destino à aviação possuem um elevado valor unitário e um alto valor agregado e são fabricados em séries relativamente pequenas. Os principais avanços tecnológicos prendem-se na automação da montagem das estruturas, mas sobretudo na qualidade de elementos básicos estruturais com uma garantia de qualidade constante e a um ritmo mais elevado. O uso de processos automáticos nas indústrias aeronáuticas é crescente, porém a produção de muitas estruturas está assente em equipamentos antigos e com uma degradação natural (Rodrigues, 2013).

Como na filosofia da fórmula 1, pequenas paragens durante a corrida permitem prolongar a capacidade do veículo e garantir a performance deste durante toda a prova. Foi com esta filosofia que a Boeing aplicou o TPM nas suas unidades, onde os operadores e técnicos de manutenção trabalham em conjunto para que equipamento pare de forma rápida e controlada, identificando problemas e efetuando pequenas reparações de forma a prolongar a disponibilidade para a produção (Seil, 2010).

Gerry Patterson, foi até à pouco tempo responsável pelo TPM na unidade Wichita, na revista Boeing Frontiers, afirma que pela sua experiência, o TPM combina a experiência do pessoal de manutenção com os operadores, e essa combinação promove a cultura de previsão/antecipação da falha e por consequência uma melhoria significativa da disponibilidade dos equipamentos (Seil, 2010).

Vince Tappel, diretor de programas Lean para as operações, assume que a experiência dos operadores do equipamento revela um papel de enorme importância na manutenção de um equipamento. “Quando as pessoas conhecem bem o seu equipamento,

são eles que detetam que algo não está certo. São eles que identificam que uma alavanca está mais difícil de empurrar e que isso significa que algo não está bem” (Seil, 2010).

Com o seu foco sempre no cliente, a Boeing conta com este programa de manutenção autónoma e capacitação de conhecimento na operação para garantir o prazo e orçamento definidos garantindo que os equipamentos críticos à produção se encontram sempre disponíveis. Este programa levou à atribuição da máxima avaliação pelo Lean Manufacturing Assessments com uma garantia de melhor serviço a um custo mais baixo (Seil, 2010).

### 3. Processo de implementação TPM

#### 3.1. Introdução

Com base na literatura consultada, uma das estratégias mais disseminadas para a implementação do TPM é a desenvolvida pela JIPM (Japan Institute for Plan Management). Um modelo que prevê doze etapas, desde a sensibilização e motivação da liderança até à estabilização do programa e aperfeiçoamento.

Esta estratégia inspirou Haroldo Ribeiro, autor brasileiro e consultor Lean. Nas suas diversas obras sobre o tema, desenvolve uma visão renovada da implementação da ferramenta. Baseando esta implementação numa forma inicial em seis etapas comuns à JIPM. Na tabela 1 é apresentada a comparação entre os dois modelos.

Tabela 3 - Comparação das fases propostas para a implementação TPM segundo a literatura

Etapa	JIPM	Haroldo Ribeiro
1	Anúncio oficial da implementação	Decisão e declaração da alta direção
2	Lançamento de um programa de formação e divulgação	Formação Inicial
3	Criação de um grupo de trabalho	Grupo local de implementação
4	Estabelecimento de políticas e metas	Diretrizes e metas globais
5	Criação de um plano de implementação	Plano de implementação
6	Pontapé de Partida “ <i>Kick-off</i> ”	Lançamento do TPM
7	Melhorias locais do equipamento	Pilar melhorias específicas
8	Desenvolvimento do programa de manutenção autónoma	Pilar educação e treino
9	Desenvolvimento do plano de manutenção preventiva	Pilar manutenção autónoma
10	Formação contínua em manutenção	Pilar segurança e saúde
11	Melhoria da gestão do equipamento	Pilar manutenção planeada
12	Melhoria contínua do TPM	Pilar meio ambiente
13		Pilar melhorias no projeto
14		Pilar TPM em áreas de apoio
15		Pilar manutenção da qualidade

Embora as diferenças, ambas as estratégias adotam uma linha condutora muito próxima. Por ser a metodologia inicial e que serviu de base à metodologia de Haroldo Ribeiro, é no ponto 3.2 dar a conhecer a metodologia utilizada pela JIPM. No ponto seguinte (3.3) a adaptação de Haroldo Ribeiro.

### **3.2 Metodologia de implementação segundo JIPM**

Como abordado anteriormente, a filosofia TPM nasce na década de 70 no século passado pelos engenheiros da JIPM. Um dos mais célebres engenheiros associados ao TPM, que veio mais tarde a criar os “TPM Awards” e por muitos, considerado o pai do TPM foi Seiichi Nakajima. Em 1984 escreve o livro “Introduction to TPM”. Ainda hoje é uma bíblia que contém os fundamentos originais desta metodologia e que serve de referência à implementação nas mais diversas áreas do vasto mundo industrial.

Segundo (Nakajima, 1988), demora pelo menos três anos desde a implementação do TPM na organização até ao reconhecimento pleno por parte dos “TPM Awards”. O que significa que a implementação da ferramenta na organização tem de ser compreendida pela liderança de topo, até ao chão de fábrica que a mudança cultural associada ao TPM demora o seu tempo e consome recursos e sobretudo paciência.

O grande objetivo do TPM é a otimização global dos seus dois grandes recursos produtivos: os equipamentos e os operadores. Este feito é conseguido ao eliminar as seis grandes perdas associadas ao processo produtivo. Não é possível iniciar esta eliminação sem começar pela mudança no comportamento dos operadores e capacitando-os para a nova forma de trabalhar que o TPM requer. Ao aumentar a sua motivação e competência é por consequência maximizada a eficiência do equipamento e da operação no global. O terceiro fator imprescindível para esta alteração é o ambiente de trabalho. Este deve suportar a implementação sistemática do programa. Ao referir o ambiente de trabalho, não deve ser apenas entendido como o espaço físico que rodeia o operador, mas principalmente aqueles que o rodeiam. É à liderança que tem de ser inculcada a necessidade de transformação do operador para que a implementação do programa seja um sucesso, é certo que está transição de comportamento não ocorrerá de forma linear e suave, porém

o papel da liderança consiste na motivação, esclarecimento, formação e encorajamento (Nakajima, 1988).

Como demonstrado na **Tabela 1**, a abordagem da JIPM prevê a passagem por doze passos no processo de implementação. Estes doze podem ser agrupados em 4 grandes fases. A primeira fase é a de preparação onde um ambiente de transformação é fomentado criando um plano para a introdução do TPM na organização. Esta é análoga à primeira fase de design de um produto. É aqui que se detalham, mapeiam e preparam todos os elementos necessários ao arranque da produção. A fase preliminar de implementação, a segunda grande fase, é onde ocorre o Kick-off, é o momento em que o TPM começa a acontecer junto do equipamento. Reflete um passo decisivo, tal como o pontapé de saída de um jogo de futebol, é a partir desse momento que ação tem início. A terceira fase, ocupará entre dois e três anos, a fase de implementação procura incorporar na organização a mudança cultural a que o programa tem propósito. Por fim, na quarta e última fase, a fase de estabilização, a organização deve de comparar os resultados atingidos face ao compromisso inicial no acordo de políticas e metas. A organização pode aqui, caso seja sua intenção, concorrer através dos “TPM Awards” juntos das grandes empresas em todo o mundo que utilizam a filosofia TPM e lutam pela sua melhoria contínua. (Nakajima, 1988).

### **3.2.1 Os 12 passos para a implementação segundo a JIPM**

Os 12 passos apresentados, são resumidos neste capítulo por referência a (Nakajima, 1988):

- 1º Passo: Anúncio oficial da implementação - Esta mensagem de compromisso é transmitida através de uma apresentação formal que apresenta o conceito, as metas e as expectativas do programa por parte da liderança. O compromisso deve estar centrado na criação de um ambiente de trabalho favorável, e é neste momento que a liderança expressa essa vontade em que o contexto adequado se forme e seja promovido por todos
- 2º Passo: Lançamento de um programa de formação e divulgação - A intenção da formação não é apenas a desmistificação e esclarecimento dos conceitos

TPM, mas sobretudo o aumento do entusiasmo e desconstrução da resistência natural à mudança. A formação inicial deve de desconstruir ideias pré-estabelecidas e conferir confiança aos operadores e técnicos de manutenção. Em paralelo com a formação juntos dos operadores, técnicos do equipamento e liderança intermédia é geralmente iniciada uma campanha de promoção interna. No Japão, as organizações optam por divulgar através de placards, bandeiras, faixas, entre outros, de forma a criar uma atmosfera de entusiasmo e motivação.

- 3º Passo: Criação de um grupo de trabalho - À medida que a formação do quadro de liderança intermédia é concluída, é possível agrupar estes elementos em conjunto com os operadores e os técnicos em grupos de trabalho. Estes aqui constituídos permanecem ao longo de todo o processo capacitando-se continuamente. Com a presença de vários níveis hierárquicos em cada grupo, é promovida a comunicação e partilha de dificuldades com o objetivo do trabalho focado nos objetivos gerais do programa. Esta estrutura deve ser ajustada à organização, tendo por base a sua estrutura hierárquica.

- 4º Passo: Estabelecimento de políticas e metas – Tendo por base a condição inicial do equipamento, o grupo de trabalho deve de definir metas SMART (específicas, mensuráveis, atingíveis, realistas e com prazo definido), de forma a dar um trabalho em prol de um objetivo. Devem de ter em conta objetivos tais como a melhoria do OEE, redução de perdas específicas, melhoria dos indicadores de manutenção, melhoria na qualidade, entre outras.

- 5º Passo: Criação de um plano de implementação – Este plano tem por objetivo identificar os recursos que serão necessários e quando. Desde a formação complementar, reparações do equipamento, melhorias, ferramentas de gestão da manutenção e incorporação de novas tecnologias. Este plano coloca na linha do tempo e confere uma estruturação do que são as políticas e metas acordadas anteriormente.

- 6º Passo: Pontapé de Partida “*Kick-off*” – A implementação começa neste momento, é o pontapé de partida na eliminação das seis grandes perdas. Até este ponto, a liderança e a chefia intermédia tiveram um papel preponderante na capacitação individual dos operadores. A partir daqui, compete a estes operadores o trabalho diário de rotinas de inspeção e manutenção de forma a restabelecer a condição inicial do

equipamento e eliminação das perdas no processo produtivo. A máquina agora é dos operadores

- 7º Passo: Melhorias locais do equipamento – A equipa de gestão do TPM irá analisar cada elemento constituinte da máquina em TPM e propor melhorias. Ao passar pelos elementos da máquina, a equipa constituída por elementos não ligados à manutenção, vai adquirir conhecimento sobre o equipamento ao longo do tempo. Este conhecimento profundo do equipamento e o olhar crítico sobre este, tem por objetivo capacitar a equipa na procura pela manutenção autónoma.

- 8º Passo: Desenvolvimento do programa de manutenção autónoma – Programa direcionado aos operadores, estes devem de ter presente na sua rotina diária um ritual de inspeção e limpeza do equipamento. Com estes rituais é promovida a estabilização da condição do equipamento e a constante procura pela maximização do OEE. Nakajima define **sete passos** para assegurar a manutenção autónoma por parte da operação:

- Limpeza inicial
- Ações na causa raiz dos problemas
- Rotinas / “*cheklists*” de lubrificação e limpeza
- Inspeções gerais pela equipa
- Inspeção autónoma
- Organização e arrumação (5S)
- Manutenção autónoma – Medição e acompanhamento dos indicadores de manutenção tais como MTBF e MTTR, procura pelas metas estabelecidas no acordo e melhoria continua pela atividade de manutenção.

- 9º Passo: Desenvolvimento do plano de manutenção preventiva – Deve ser criado um plano que contemple tarefas de manutenção que gradualmente sejam transferidas da manutenção industrial para os operadores.

- 10º Passo: Formação continua em manutenção – Capacitar continuamente os operadores sobre tarefas de manutenção que podem gradualmente ser feitas por estes. A manutenção industrial é responsável por esta passagem de conhecimento, este é um

caminho longo que leva à manutenção autónoma por parte do operador e é mantida através dos rituais de manutenção periódicos.

- 11º Passo: Programa de melhoria da gestão do equipamento – Deve ser incentivado o princípio da manutenção preventiva. À medida que elementos são substituídos ou reconicionados, é melhorado o seu projeto inicial. À medida que se melhora individualmente a operação de elementos singulares, estamos a promover a melhoria do projeto global do equipamento.

- 12º Passo: Melhoria contínua – Como para qualquer ferramenta ou filosofia Lean, a organização deve de incentivar a cultura da melhoria continua. No TPM não é exceção, mesmo após a conclusão das onze etapas, deve ser promovida a procura por metas mais ambiciosas, e continua formação dos operadores.

### 3.3 Metodologia de implementação por Haroldo Ribeiro

O autor do livro “TPM Guia de Implantação: A metodologia para o sucesso do TPM”, Haroldo Ribeiro, é um dos mais reconhecidos consultores Lean no Brasil. Consultor especializado nesta metodologia que, desde 1987, aprofunda conhecimentos na ferramenta 5S e na filosofia TPM por base dos trabalhos de Seiichi Nakajima e da literatura do JIPM. Neste livro, o autor apresenta uma metodologia de implementação renovada e tendo por base a sua experiência de implementação em diversas indústrias. As atividades desenvolvidas para a implementação do TPM compreendem atividades de preparação, o lançamento e a execução dos pilares que suportam o programa (Ribeiro, 2016). Estes pilares são os apresentados na figura 5 onde é representado o TPM como uma casa, tendo por base a



Figura 8 - Implementação segundo Haroldo Ribeiro

ferramenta 5S e os pilares são aquilo que representa a construção desta filosofia na organização. A figura 8 é um excerto deste livro. Com este esquema o autor pretende representar o caminho sequencial desde a decisão da organização até ao lançamento oficial do programa. Após o lançamento, os pilares são implementados de forma paralela tendo sempre por base a ferramenta 5S. Os nove pilares, encontram-se divididos em pilares técnicos e pilares complementares (Ribeiro, 2016). Os pilares técnicos são:

- Melhorias específicas: Incorporação de melhorias individualizadas nos na máquina nos seus processos;
- Manutenção autónoma: Estruturação para a condução da manutenção por parte dos operadores;
- Manutenção planeada: Estruturação da função da manutenção industrial;
- Melhorias no projeto: Estruturação para a gestão do ciclo de vida do equipamento desde o projeto até à sua desativação;
- Manutenção da qualidade: Gestão do equipamento de forma a garantir a qualidade no produto e reduzir custos com retrabalho ou sucata.

Os restantes pilares, denominados por complementares têm o objetivo de apoiar os pilares técnicos a maximizar a eficiência do processo produtivo e dos processos de apoio. Estes processos sempre em consonância com a segurança, saúde e meio ambiente:

- Educação e treino: Capacitação da técnica e da habilidade por parte dos operadores;
- Segurança e saúde: Abordagem do impacto do processo produtivo na segurança e saúde;
- Meio ambiente: Impactos da atividade laboral no meio ambiente;
- TPM em áreas de apoio: Combate às perdas em processos não produtivos.

Embora nesta metodologia estejam previstas quinze etapas, comparando com as doze originais da JIPM, é possível concluir que os entregáveis são idênticos, por isso, independentemente da metodologia utilizada, é garantido o sucesso de igual forma. Cabe à organização a adoção de um caminho que se adeque à estratégia interna e à sua estrutura corporativa.

## 4. Caso de estudo

### 4.1. Enquadramento

Com integração na indústria decorrente do estágio curricular, foi proposto pela empresa acolhedora a implementação interna da filosofia TPM. Sendo a empresa detida maioritariamente por um relevante *player* mundial na fabricação de aeronaves, conhecedor de longo prazo da filosofia e metodologia de implementação, a mesma foi acompanhada pelo especialista corporativo responsável e por uma equipa de coordenação interna.

Após o primeiro contacto com a equipa de gestão a nível corporativo do TPM, é notória que a estratégia seguida por estes é a estratégia defendida por Haroldo Ribeiro. Embora alguns ajustes tenham sido efetuados ao longo do plano, a linha condutora dos trabalhos permaneceu fiel à metodologia do consultor brasileiro.

### 4.2. Problemática

Os desafios inerentes à produção de estruturas aeronáuticas, associado à crescente competitividade do setor, conduziu a que os principais fabricantes mundiais de aeronaves implementassem uma gestão Lean, e associada a ela, a implementação da filosofia TPM. Como anteriormente abordado no capítulo 2.4.5, a implementação desta filosofia é uma aposta reconhecida, como tal, o **acionista maioritário da empresa** onde decorreu este estudo de caso, consta no seu plano de maturidade lean, a aplicação do TPM em todas as suas unidades.

O desafio internamente começa, como na generalidade das implementações, naquilo que será a desejada estabilidade do processo. Ponto este que permitirá a segurança da implementação e que estejam presentes os recursos necessários à continuidade e evolução do mesmo. O estudo de caso foca-se assim em dar a conhecer o caminho até esta estabilidade e com todos os entregáveis associados à implementação da filosofia.

### 4.3. Objetivos

Tendo por base a proposta lançada pelo acionista e pela manifestação de interesse interna na organização, cabe à equipa de coordenação assegurar os recursos e preparações necessárias à implementação. Este estudo de caso tem por objetivo primordial reconhecer num caso real a estratégia defendida pela literatura do processo de implementação do TPM naquilo que foram as fases/etapas internas conduzidas ao longo de seis meses.

O TPM é indissociável de um acompanhamento permanente dos indicadores de eficiência associados à produção. A correta medição e apontamento do OEE e seus derivados, é fundamental para assegurar uma avaliação permanente da filosofia na organização e da monitorização do processo produtivo. Deste modo, o objetivo secundário é demonstrar como, associada à implementação, foi desenvolvido um trabalho de formação, medição e acompanhamento dos referidos indicadores.

### 4.4. Método

#### 4.4.1. Da estratégia corporativa ao início dos trabalhos

Com base no plano estratégico da organização e conseqüente desdobramento da estratégia através das unidades de negócio constituintes da organização, a necessidade de implementação da filosofia TPM é identificada na matriz de planeamento ou também designada **matriz x para** o ano de 2021. Esta necessidade é claramente identificada pelo **VSM** da área que justificam a importância da filosofia para a otimização do lead time dos produtos produzidos e redução do desperdício no processo. **A matriz x e o VSM mencionados, não constam neste documento por proteção dos dados estratégicos da organização.**

Após o estabelecimento dos contactos corporativos, nasce o plano de implementação da ferramenta acordado entre o acionista maioritário e a empresa. Com a experiência destes, é elaborado um *road map* que terá como ponto de partida o kick off do programa até ao momento da limpeza inicial. A limpeza inicial marca a mudança no equipamento, é nesta semana que todos os elementos que contactam com a máquina se juntam para restabelecer as condições iniciais de instalação e operação. A par do objetivo

óbvio de limpeza, é primordial enfatizar que limpar é inspecionar, e ao inspecionar estou a cuidar do equipamento. Indiretamente, ao limpar, inspecionar e cuidar, todos os envolvidos conhecem a fundo o equipamento. Este empenho de longos dias de trabalho leva a uma sensação de trabalho conquistado e que não pode ser perdido. Como se deixa a máquina no fim da limpeza é o padrão que deve ser assegurado desde aí. Em suma, limpar não é apenas inspecionar, lubrificar, ou conhecer, mas é sobretudo criar em todos os envolvidos o principal mote do TPM, a manutenção autónoma e o senso de propriedade sobre os equipamentos. Na base da filosofia *Lean*, a limpeza inicial assegura assim o ponto fundamental para a implementação de qualquer ferramenta ou filosofia: a estabilidade do processo.

A figura 9 contém o *roadmap* ou cronograma de implementação utilizado. O primeiro momento oficial será a apresentação por parte da liderança até à manutenção das avaliações periódicas.

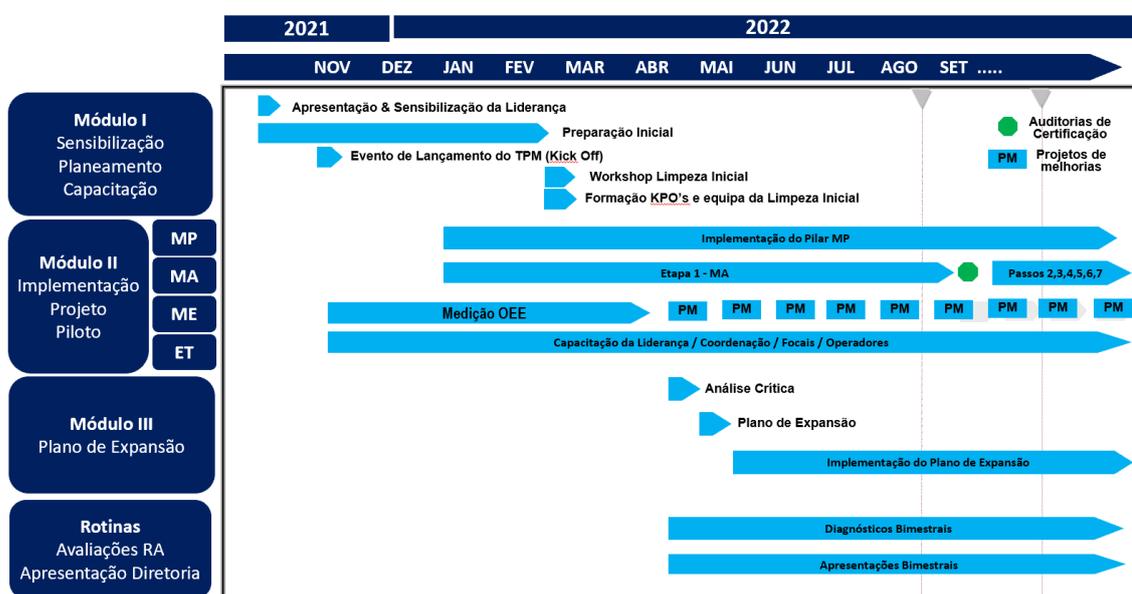


Figura 9 - Cronograma de implementação TPM

#### 4.4.2. Definições iniciais

Para que os trabalhos sejam conduzidos em uníssono entre equipa de melhoria continua, que coordena a implementação, a equipa de manutenção industrial, a produção e o acionista, foi criada uma equipa de coordenação entre todos estes elementos de forma a conduzir os trabalhos e basear as linhas condutoras do processo. Esta equipa é composta pelos seguintes elementos: Supervisor de produção da área onde o equipamento se insere, engenharia de produção da área, engenharia de manutenção industrial, técnicos de higiene e segurança no trabalho, agentes de melhoria continua e o representante do acionista.

Assim, previamente ao lançamento do programa, cabe à equipa de coordenação a escolha do equipamento piloto a implementar TPM. A escolha deste deve ser bastante bem ponderada. A primeira máquina a integrar o processo TPM, é o laboratório da filosofia na organização. É nela que os procedimentos transversais serão implementados e testados.

A máquina Jobs Jomach 145 de 5 eixos foi a escolhida como máquina piloto pelos seguintes motivos apresentados pela direção da unidade da fabricação:

- Equipamento de classe A para a manutenção industrial: Significa um equipamento que possui a mais elevada prioridade de manutenção. Nestes equipamentos devem ser apostados todos os recursos para impedir que a falha ocorra. Devem assim contemplar conceitos de manutenção preventiva, preventiva, análise de falhas, grupos de melhoria, entre outros (Ben-Daya et al., 2009).
- Ser esta um gargalo da produção: Um gargalo de um processo é uma etapa ou equipamento (no caso), que recebe mais pedidos do que os que consegue processar na sua capacidade máxima. Assim, é gerada uma interrupção no fluxo de trabalho e atrasos consequente no processo de produção (Ben-Daya et al., 2009).
- A máquina não tem *backup*: Muitos elementos maquinados neste centro não são possíveis de ser transferidos para outro centro de maquinação. Significa que ao interromper o funcionamento por uma avaria, impede a produção dado que não há outro equipamento que o substitua.

#### 4.4.3. Lançamento do programa

Após o estabelecimento da equipa de coordenação e da definição da máquina piloto, compete à liderança de topo da organização dar o pontapé de saída (*kickoff*) do lançamento da filosofia TPM na organização e partilhando-a com os acionistas.

No evento de *kickoff*, a gestão de topo evidencia a importância estratégica desta filosofia para o crescimento e melhoria contínua do processo produtivo na organização. Nesta apresentação é evidenciada pelos gestores as vantagens que o TPM já demonstrou no grupo e também pelo conhecimento de causa que estes elementos já possuem através da sua experiência. Não menos importante é o enquadramento da filosofia TPM na progressão Lean da organização.

Após o enquadramento, é apresentada a equipa de coordenação TPM e apresentadas também as suas responsabilidades e compromisso com a organização. Por último, é dado a conhecer o cronograma da implementação (figura 9) que conduzirá os trabalhos ao longo dos próximos meses.

#### 4.4.4. Trabalhos da equipa de coordenação

A formação dos conceitos básicos e compreensão da estratégia organizacional à equipa de coordenação é o passo que se segue. Por parte do acionista, o especialista corporativo no TPM conduz a formação inicial de modo a tirar as dúvidas sobre o plano de implementação. Nesta formação a ter início na semana seguinte ao *kickoff* tem início com a clarificação dos pilares a implementar na organização. Embora na casa do TPM, figura 5, estejam previstos a implementação de 8 pilares, a empresa é livre de implementar uma partes destes apenas. Na prática foi esta a decisão da empresa, a implementação do TPM irá ser suportada pelos cinco pilares iniciais (manutenção autónoma, planeada, melhorias específicas, educação e treino e ainda o pilar do controlo inicial). A formação tem por objetivo maior o esclarecimento dos participantes sobre todos os entregáveis e quem terá a responsabilidade por eles até ao momento da limpeza inicial. Esta estratégia interna da equipa permite preparar os trabalhos de limpeza, a requerida estabilidade do processo e a transferência de competências da manutenção para a operação, isto é, a manutenção autónoma. Os elementos a serem preparados pela equipa são os seguintes:

#### **4.4.4.1. Participação da liderança**

Para o sucesso da implementação é fundamental todos os envolvidos nos trabalhos sentirem que a direção de alto nível reconhece o seu esforço e valoriza esta filosofia para a organização. Desde a demonstração de compromisso no *kick off*, a liderança deve de assumir um papel presente nas fases mais relevantes da implementação tais como nos momentos de formação, no começo e término da limpeza inicial, bem como ao longo das evoluções graduais do processo. Este compromisso garante também a motivação na produção ao longo do tempo, esta que tem tendência a diminuir ao longo que o desafio cresce e que as rotinas de manutenção autónoma se tornam mais desafiantes aos operadores. Compete assim à equipa de coordenação a constante partilha dos desenvolvimentos do programa de implementação e convites à participação dos gestores de topo.

#### **4.4.4.2. Definição de metas e indicadores**

Com base na metodologia apresentada na formação inicial da equipa de coordenação por parte do acionista, os indicadores a medir no equipamento são os seguintes:

- OEE, TEU/OOE e TEEP: Indicadores de acompanhamento da produção
- MTTR e MTBF: Indicadores de acompanhamento do processo de manutenção

A equipa de coordenação ao tomar conhecimento dos indicadores necessários avalia internamente a sua fórmula de cálculo e respetiva acuracidade. Nesta avaliação foi identificado que a manutenção industrial já se encontrava a medir o MTTR e o MTBF para cada um dos ativos do parque industrial. Quanto aos indicadores de acompanhamento da produção, os mesmos não eram devidamente obtidos, sendo necessário robustecer o processo bem como clarificar perante os elementos da produção a sua forma de calculo e acuracidade. Assim, torna-se prioritário para a equipa, o foco na obtenção destes indicadores dado que é recomendável o seu registo três meses antes da limpeza inicial. O processo 4.4.4.3 descreve como estes trabalhos se desenvolveram.

#### 4.4.4.3. Medição de indicadores de produção

Para um ponto de partida na medição do OEE, o acionista disponibilizou um documento em Excel de forma a dar início ao registo dos tempos ocorridos na produção.

A este documento foi necessário a customização à realidade da organização. Esta customização foi incidida na categorização dos tempos associados a paragens não programadas tais como avarias, acidentes ou outra qualquer interrupção inesperada; as paragens programadas, sobretudo paragens previstas na lei como a pausa para almoço e jantar e ainda os lanches, mas também pausas de formação, limpeza, entre outras.

Atribuída a classificação de programada ou não programadas à correspondente paragem, era necessário atribuir o tempo definido para a produção de cada um dos produtos maquinados.

Para cada item, é correspondido o tempo standard atribuído pela engenharia que consta no software de maquinação, este designado como tempo teórico ou standard. Com base neste tempo, é possível calcular a performance do equipamento quando comparado o tempo teórico / standard de produção com o tempo que a máquina realmente demorou a maquinar.

Após o cadastro dos tempos de cada item, definidas as paragens, criando um espaço para a colocação de tempos associados à não qualidade e garantido que as fórmulas de calculo estão corretas, a folha de calculo é colocada em teste. O objetivo deste teste é garantir a robustez da folha e garantir que os parâmetros foram inicialmente bem definidos com o intuito final de se apurar diariamente o OEE e a distribuição das perdas ao dia.

A figura 10 mostra o painel onde são colocados os tempos da produção e a sua categorização, a figura 11 apresenta os tempos associados a cada uma das componentes de calculo do indicador e o valor obtido no final. É relevante recordar, TEU é a nomenclatura utilizada pelo acionista para descrever o OOE

Mestrado em Gestão e Tecnologia de Manutenção Aeronáutica  
Implementação da ferramenta *Total Productive Maintenance* na indústria aeronáutica

Dia Inicial	Hora Inicial	Dia Final	Hora Final	TEMPO	Evento	Quantidade	PERFORMANCE	Categoria
4/jan	6:30	4/jan	6:50	0:20:00	Setup			Paragem Não Programada
4/jan	6:50	4/jan	8:15	1:25:00	Produção	6	0:31:00	Produção
4/jan	8:15	4/jan	8:25	0:10:00	Café			Paragem Programada
4/jan	8:25	4/jan	8:35	0:10:00	Setup			Paragem Não Programada
4/jan	8:35	4/jan	9:45	1:10:00	Produção	6	0:20:00	Produção
4/jan	9:45	4/jan	10:20	0:35:00	Setup			Paragem Não Programada
4/jan	10:20	4/jan	11:30	1:10:00	Produção	6	0:20:00	Produção
4/jan	11:30	4/jan	12:10	0:40:00	Almoço / Jantar			Paragem Programada
4/jan	12:10	4/jan	12:30	0:20:00	Setup			Paragem Não Programada
4/jan	12:30	4/jan	13:45	1:15:00	Produção	3	0:48:00	Produção
4/jan	13:45	4/jan	14:30	0:45:00	Setup			Paragem Não Programada
4/jan	14:30	4/jan	22:30	8:00:00	Capacidade Livre			Paragem Programada
5/jan	6:30	5/jan	7:15	0:45:00	Setup			Paragem Não Programada
5/jan	7:15	5/jan	8:45	1:30:00	Produção	6	0:30:00	Produção
5/jan	8:45	5/jan	9:30	0:45:00	Setup			Paragem Não Programada
5/jan	9:30	5/jan	11:00	1:30:00	Produção	6	0:30:00	Produção
5/jan	11:00	5/jan	11:30	0:30:00	Setup			Paragem Não Programada
5/jan	11:30	5/jan	12:10	0:40:00	Almoço / Jantar			Paragem Programada
5/jan	12:10	5/jan	12:38	0:28:00	Produção	1	0:02:00	Produção
5/jan	12:38	5/jan	13:06	0:28:00	Produção	1	0:02:00	Produção
5/jan	13:06	5/jan	13:34	0:28:00	Produção	1	0:02:00	Produção
5/jan	13:34	5/jan	13:38	0:04:00	Setup			Paragem Não Programada
5/jan	13:38	5/jan	14:30	0:52:00	Produção	3	0:25:00	Produção
5/jan	14:30	5/jan	22:30	8:00:00	Capacidade Livre			Paragem Programada

Figura 11 - Excerto da folha de calculo adaptada (painel de inserção de tempos)

DATA	TOTAL PROGRAMADO BRUTO	PARADAS PROGRAMADAS	TEMPO PROGRAMADO LIQUIDO	PARADA SAO PROGR AMADA	TEMPO TRABALHADO	PERDAS NO DESEMP ENHO	TEMPO OPERACIONAL LIQUIDO	TEMPO PARA PRODUZIR PECAS BOAS	TEMPO PARA REJEITA DIAS	% DISPONIBILIDADE	% PERFORMANCE	% QUALIDADE	% OEE	% TEU
04/01/22	960	530	430	130	300	21	279	0	279	69.77%	92.94%	100.00%	64.84%	29.05%
05/01/22	960	520	440	124	316	8	308	0	308	71.82%	97.36%	100.00%	69.92%	32.05%

Figura 10 - Excerto da folha de calculo adaptada (visibilidade dos indicadores)

Após o teste com sucesso num período de um mês, a inserção de dados na folha de calculo teria de ser automatizada de forma a reduzir o retrabalho e garantir a mínima interferência possível de outro colaborador no processo. Durante este mês, o colaborador preenchia uma folha (figura 12) onde indicava o tempo em que esteve a produzir e as respetivas ordens de fabricação que ia completando. Neste formato não era possível ter visibilidade sobre as perdas do processo nem se encontrava estabelecida uma disciplina.

Figura 12 - Folha para registo do processo de produção

Foi lançada a **posposta** à direção da área para que através de **um tablet** o operador inserir a ação que está a realizar e assim, automaticamente é inserida uma entrada na folha de calculo automatizando o cálculo automático do OEE.

A equipa de coordenação identificou as principais paragens sofridas pelo equipamento, bem como a sequência de trabalho padrão do operador. Assim foi possível criar uma folha em Excel, através do ecrã tátil do tablet onde o operador apenas necessita de clicar no ecrã quando alguma das ações ocorre (figura 13).

A sequencia começa com o início do dia onde o operador insere o seu número interno da empresa. Na linha azul encontram-se as ações padrão do dia de trabalho do operador. Começa com o aquecimento do equipamento, ação de *setup*, produção onde insere a ordem de fabrico, o *Part Number* e a quantidade produzida, por fim, terminam com a inspeção e limpeza do equipamento. Na linha vermelha da oportunidade ao operador para registar paragens programadas tais como refeições ou reuniões e permite ainda qualquer paragem não programada que não se encontre listada abaixo. As paragens programadas são: Avaria, paragem **pro aguardar** material ou ferramenta, falta de energia e ainda a ocupação do equipamento para elementos da engenharia realizarem tryouts's ou algum outro ensaio não programado. À direita encontram se os botões de fim de interrupção de turno, o de fim de dia pra quando é terminada a produção no fim do período de abertura do dia, a falta de operador e ainda a capacidade livre para quando a produção termina, porém ainda não é hora de fim de turno.



Figura 13 - Ecrã de seleção de eventos de produção

Para que o registo destes eventos ao longo do dia de trabalho fosse acessível e prático para o operador, foi acordado entre a equipa de coordenação e os próprios operadores alguns ajustes finais. O objetivo era simples, trazer para a discussão os elementos da produção fará com que se sinta parte integrante do projeto e consequentemente, adiram à mudança de paradigma. O maior desafio na medição de indicadores é que estes servem para avaliar o equipamento e não os operadores. Desmistificada esta barreira inicial, o operador sente que a monitorização do equipamento ajuda a compreender as suas dificuldades e a encontrar soluções para que consiga produzir mais e assim, tornar o seu dia de trabalho mais eficiente.

A figura 14 mostra o local onde este tablet foi colocado, no interior da vedação do equipamento e próximo à bancada de trabalho do operador. Foi necessário garantir energia permanente ao equipamento bem como uma pistola de código de barras onde o operador lê os códigos presentes na ordem de fabrico e automaticamente preenche os dados de produção associados.



Figura 14 - Localização do tablet

#### **4.4.4.4. Definir datas para a paragem do equipamento**

A limpeza inicial do equipamento decorre ao longo de uma semana. Um fator preponderante para o sucesso desta e consequente redução do impacto da inatividade sobre a produção, é a negociação multidisciplinar para o acordo da **data** da interrupção. Esta negociação deve ser conduzida por parte do responsável da produção integrante na equipa de coordenação com o planeamento de produção, a manutenção industrial e a equipa de melhoria continua. É aconselhado a que a data deva ser acordada no mínimo com dois meses de antecedência da interrupção. Esta margem confere ao planeamento e à produção a alocação de trabalho suplementar necessária no equipamento para dar resposta às necessidades dos clientes.

#### **4.4.4.5. Disponibilização de equipamentos de proteção e limpeza**

Compete à manutenção industrial a preparação de todas as ferramentas e equipamentos que possam vir a ser necessários para a correção de pequenas anomalias durante a limpeza inicial. Sendo estas anomalias impossíveis de prever, o material preparado deve ser genérico como caixas de ferramentas, braçadeiras, silicone, entre outros. Sendo que todas as anomalias detetadas são, a partir deste momento identificadas por meio de uma etiqueta, o objetivo da preparação deste material é remover todas as etiquetas enquanto o equipamento se encontra inoperativo e a produção está interrompida.

Os elementos da produção devem garantir os equipamentos e produtos de limpeza necessários. A requisição destes produtos deve de ser articulada com a manutenção industrial e com a equipa de limpeza do edifício. São assim disponibilizados panos, desengordurantes, pinceis, borrifadores, espátulas, vassouras, pás, escadotes, etc. Com estes elementos previamente requisitados e junto ao equipamento piloto antes da limpeza inicial, a limpeza decorrerá mais fluidamente e apenas algumas falhas pontuais serem colmatadas na hora. Compete ainda à produção em articulação com a equipa de higiene, segurança e ambiente a disponibilização de equipamentos de proteção individual tais como óculos, batas ou macacões integrais, proteção auditiva, luvas, mascaras com filtro contra agentes químicos e ainda calçado adequado a todos aqueles que terão um papel ativo na limpeza.

#### 4.4.4.6. Limpeza inicial

A estabilidade necessária do processo produtivo é conduzida por meio da limpeza geral do equipamento. Esta limpeza tem objetivo primordial deixar o equipamento o mais próximo possível da sua condição original de instalação. O trabalho futuro pende-se em manter esta condição ótima do equipamento e garantindo o cumprimento de um dos principais ensinamentos do TPM: “ao limpar estamos a inspecionar”.

É importante clarificar dois conceitos. Anomalia é qualquer condição anormal à operação e que não afeta a função do equipamento. A falha é a interrupção ou redução da função trabalho do equipamento, isto é, a perda de função definida para o recurso. A partir da limpeza inicial, qualquer anomalia encontrada tem de ser identificada por meio de uma etiqueta. Estas etiquetas dividem-se em anomalias que a produção consegue resolver (etiquetas azuis) ou anomalias que só a manutenção industrial consegue resolver (identificadas com etiqueta vermelha). Ao longo da limpeza a equipa de coordenação conduz os trabalhos e incentiva à colocação de etiquetas por parte de todos os participantes.

The image shows two TPM anomaly tags. The left tag is blue and labeled 'TPM MANUTENÇÃO AUTÔNOMA' with the number '4998'. The right tag is red and labeled 'TPM MANUTENÇÃO AUTÔNOMA' with the number '4999'. Both tags have a header with 'ETIQUETA DE ANOMALIAS' and 'Nº'. Below the header, there are fields for 'Etapas' (1-7) and 'Prioridade' (A, B, C). The main body of each tag is titled 'ANOMALIA DETECTADA' and contains fields for 'Equipamento', 'Encontrada por', and 'Data'. Below this is a section for 'DESCRIÇÃO DA ANOMALIA:' with several horizontal lines for text entry. At the bottom, there is a section for 'LOCAL DA ANOMALIA:' with two horizontal lines. A footer at the bottom of each tag reads 'COLOQUE ESTA ETIQUETA NO EQUIPAMENTO' and 'PM. 123-9'.

Figura 15 - Etiquetas de anomalia (modelo fornecido pelo acionista)

Com a maturidade do programa e conseqüente envolvimento dos operadores na manutenção do equipamento, a troca de conhecimento entre as equipas de manutenção industrial e a capacitação dos operadores nas tarefas de manutenção autónoma é fundamental. Este trabalho de passagem de conhecimento e informação é conseguido através de um documento simples, porém com muito impacto. Com base na metodologia de Haroldo Ribeiro, as “lições ponto a ponto” são pequenas instruções de trabalho, limpeza ou inspeção que são utilizadas para esta transferência de conhecimento.

Para a elaboração de uma “lição ponto a ponto” apenas é necessário que o seu criador possua conhecimento/domínio sobre um tema. Sempre que possível, este deve de utilizar desenhos, fotografias ou esquemas ilustrativos. Pode ser um documento manuscrito. As lições devem de ficar guardadas num arquivo físico acessível por todos os elementos com intervenção no equipamento para a passagem da informação por todos.

A resolução ou eliminação destas etiquetas é conseguida através de um critério de priorização. Etiquetas que identifiquem anomalias “A” são aquelas que representam um risco à segurança dos operadores, o equipamento tem de ser desligado até que a anomalia seja corrigida. Prioridade “B” significa que ainda há uma prioridade elevada, porém não há risco de segurança, a sua resolução pode ser agendada entre a produção e a manutenção. Por fim, as de prioridade “C” podem ser feitas nas ações de manutenção preventiva (se forem azuis) e agendadas com o supervisor de produção que as aloca a um período que não impacte na operação.

A limpeza ocorre ao longo de cinco dias uteis, previamente a estes, ocorre uma ação de formação a todos os intervenientes na limpeza explicando todos os objetivos e boas práticas a serem realizados

Quanto à limpeza em si a divisão das tarefas ocorre em duas fases distintas: a de abertura de acessos e limpeza do interior do equipamento (aproximadamente dois dias) e a fase de fecho dos acessos e de correção de anomalias (três dias). Nesta última fase, devem de todos os participantes ter em mentes os princípios 5S. Ao voltar a colocar tudo funcional do equipamento e os respetivos acessórios e ferramentas na área de trabalho, os cinco sentidos devem de orientar os trabalhos.

Ao longo dos dias de trabalho, são realizados *briefings* de alocação dos elementos e acompanhamento das dificuldades no terreno.

Por boa prática é elaborada uma folha em *flipchart* (figura 16) para dar a conhecer a todo os objetivos de limpeza do dia, alocação dos elementos às áreas do equipamento e os horários para pausas.

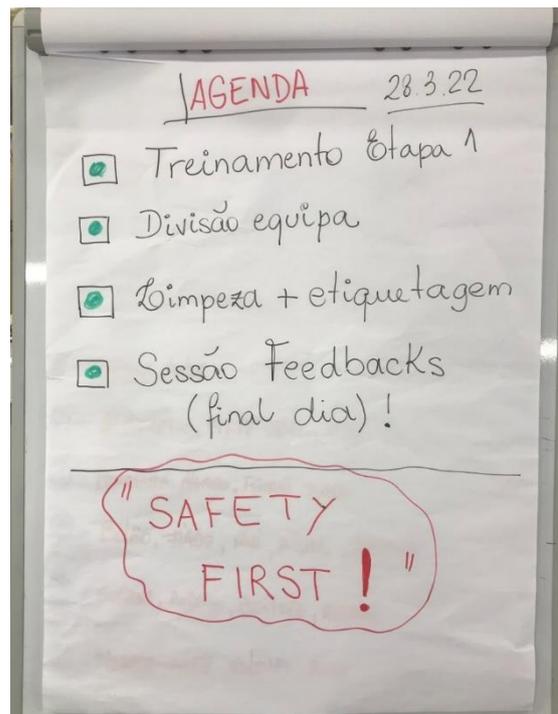


Figura 16 - Briefing de início de dia de trabalho na limpeza do equipamento

No final do dia de limpeza deve ser promovida a participação de todos os elementos na identificação dos pontos fortes e dos pontos a melhorar no processo.

Esta procura continua pela própria melhoria do processo de limpeza promove a coesão entre os elementos e a partilha dos constrangimentos diários. É possível assim melhoria dia a dia o trabalho e garantir uma execução mais ágil e segura.

A figura 17 mostra os pontos fortes e os pontos a melhorar no fim do primeiro dia de limpeza do equipamento.

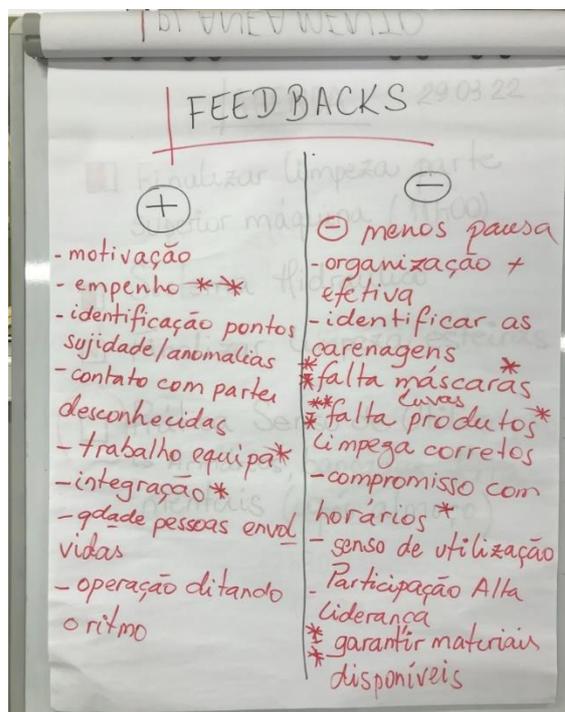


Figura 17 - Pontos forte e pontos a melhorar no fim do primeiro dia de limpeza

#### **4.4.4.7. Quadro de gestão à vista**

O quadro de gestão é um instrumento de trabalho onde são disponibilizadas todas as informações sobre o desenvolvimento do programa num determinado equipamento. Este deve assim de conter os cronogramas de formação, e das tarefas decorrentes dos trabalhos diários; os entregáveis da etapa em curso; gráfico das anomalias: árvore de falhas e distribuição das etiquetas por sistema do equipamento; padrões de limpeza e inspeção; metas e resultados dos indicadores como OEE, MTBF, MTTR e outros considerados relevantes pela equipa e ainda quaisquer outras informações pertinentes para a condução da manutenção autónoma.

No quadro de gestão, todos os elementos são indispensáveis para o acompanhamento da implementação, porém os padrões de limpeza e inspeção são os fulcrais para a implementação da manutenção autónoma.

#### **4.4.4.8. Padrões e rotinas**

Para que o trabalho seja progressivamente mais padronizado e gradualmente atingida a tão desejada manutenção autónoma é necessário o desenvolvimento de dois elementos fundamentais que quebram o paradigma de trabalho anteriormente estabelecido:

- Roteiro de limpeza: Ações a serem realizadas pelos operadores de forma a garantir a limpeza permanente do equipamento tal como terminou a semana de limpeza inicial. O roteiro de limpeza deve incidir as suas ações em zona sensíveis do equipamento, sobretudo onde sejam crítica a acumulação de sujidade no que diz respeito à manutenção das condições de segurança e de preservação dos seus conjuntos/elementos funcionais. Como cultivado durante a semana de limpeza, “limpar é inspecionar”, durante esta limpeza é permanente a procura por fugas ou quaisquer anomalias que impactem na performance e saúde do equipamento (figura 18).

### ROTINA DE LIMPEZA

Revisão: 0  
Última atualização: 01/04/2022  
Atualizado por:

ÁREA: MÁQUINA: JOBS

ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	TEMPO NECESSÁRIO	FREQUÊNCIA	RESPONSÁVEL
	1	Bomba de vácuo	Realizar limpeza utilizando pano / detergente / (Conforme LPP-00001)		5 min	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	2	Limpar o painel da máquina	Realizar limpeza utilizando pano / detergente		3 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	3	Limpar o painel de proteção	Realizar limpeza utilizando pano / detergente		3 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	4	Limpar o guarda corpo	Realizar limpeza utilizando pano / detergente		5 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	5	Limpar o cabeçote da máquina	Realizar limpeza exterior utilizando pano/detergente e interior com álcool isopropílico		5 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades

Figura 18 - Excerto da rotina de limpeza do equipamento

- Roteiro de inspeção: Ações a ser realizadas pelo operador de forma a controlar a condição pormenorizada do equipamento. Nesta rotina é garantida a procura por desvios a indicadores de pressão, temperatura, entre outros. Para a facilidade de leitura, devem de ser implementados elementos facilitadores da gestão visual tais (figura 19).

Área:		Máquina: JOBS		Revisão: 1 Última atualização: 30/03/2022 Atualizado por:		TEMPO NECESSÁRIO	PERIODICIDADE	RESPONSÁVEL
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	PLANO DE CONTINGÊNCIA			
	1	Pressão hidráulica do contrapeso do eixo Y.	Observar a pressão indicada no manómetro localizado na unidade hidráulica. A pressão deve estar entre 55 e 75 kgf/cm <sup>2</sup> ou estar na faixa verde.		<p>OK</p> <p>Tomar as providências 1, 2 e 3.</p> <p>Parar a máquina imediatamente e abrir chamado de manutenção no ramal 2200.</p>	10 s	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	2	Pressão de trabalho da unidade hidráulica principal.	Observar a pressão indicada no manómetro localizado na unidade hidráulica. A pressão deve estar entre 135 e 140 kgf/cm <sup>2</sup> ou estar na faixa verde.		<p>OK</p> <p>Tomar as providências 1 e 2.</p> <p>Parar a máquina imediatamente e abrir chamado de manutenção no ramal 2200.</p>	10 s	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	3	Pressão hidráulica do eixo "M".	Observar a pressão indicada no manómetro localizado na unidade hidráulica. A pressão deve estar entre 135 e 140 kgf/cm <sup>2</sup> ou deve estar na faixa verde.		<p>OK</p> <p>Tomar as providências 1, 2 e 3.</p> <p>Parar a máquina imediatamente e abrir chamado de manutenção no ramal 2200.</p>	10 s	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	4	Temperatura da unidade hidráulica principal.	Observar a temperatura no termómetro existente na unidade hidráulica. A temperatura de trabalho não deve ultrapassar 50 °C ou deve estar na faixa verde.		<p>OK</p> <p>Tomar as providências 1, 2, 3 e 4.</p> <p>Parar a máquina imediatamente e abrir chamado de manutenção no ramal 2200.</p>	10 s	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades

Figura 19 - Excerto da rotina de inspeção do equipamento

#### 4.4.5. Sustentabilidade do processo implementado

Após a limpeza, é fundamental garantir as reuniões e procedimentos de trabalho estabelecidos, garantindo o cumprimento da medição de indicadores e corrigindo anomalias encontradas ao longo do processo.

À equipa formada pelos operadores, supervisor, e outros elementos com contacto indireto como engenharia de produção e de manutenção industrial é designado por “grupo autónomo”. Este grupo definirá uma hora por semana de modo a reunir-se em torno do quadro de gestão à vista para fazer o acompanhamento de todos os indicadores relativos à semana anterior e garantir ações para dar cumprimento ao plano de implementação.

**Deve de ainda** ser estabelecida uma reunião mensal de estratificação do OEE. Esta reunião foca-se em analisar a fundo as perdas associadas a cada um dos elementos de calculo deste indicador (disponibilidade, performance e qualidade). Para isso é analisado o gráfico de perdas do processo produtivo.

Na folha de calculo foram configurados dois gráficos para este seguimento. O primeiro gráfico corresponde à de distribuição de tempos por atividade selecionada pelo operador (ex: produção, **capacidade livre**, tarefas de engenharia, etc) corresponde a todos os *inputs* inseridos no tablet pelo operador (figura 13).

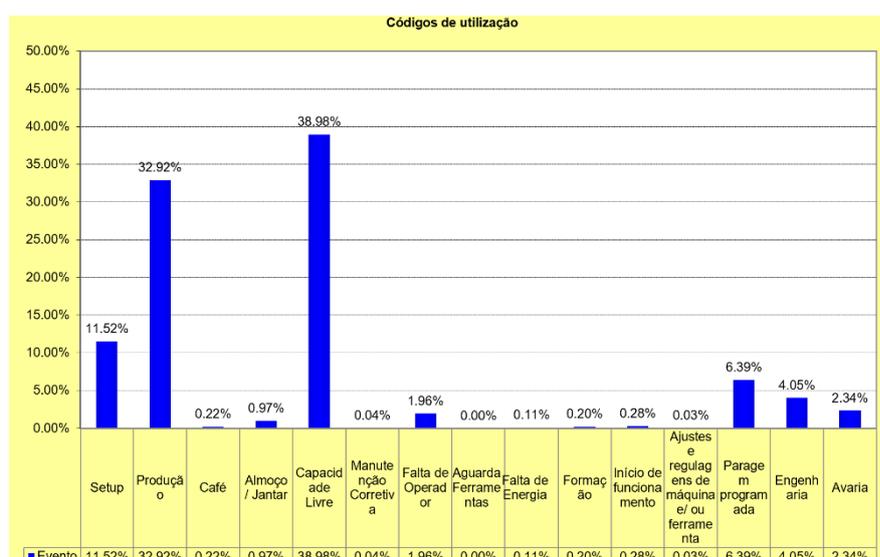


Figura 20 - Distribuição do total de eventos ao longo da produção

O segundo gráfico dá visibilidade às paragens não programadas, isto é, as paragens que apenas reduzem o valor da disponibilidade. Identificados os tempos destas perdas e demonstrado aquela que representa mais impacto é possível agir com ações concretas de forma a alavancar o indicador global. Ações como SMED (*Single Minute Exchange of Die*), projetos Kaizen, melhoria ou adaptação do processo 5S, são exemplos de ferramentas ou estratégias que permitem reduzir as perdas do processo produtivo associadas às paragens não programadas.

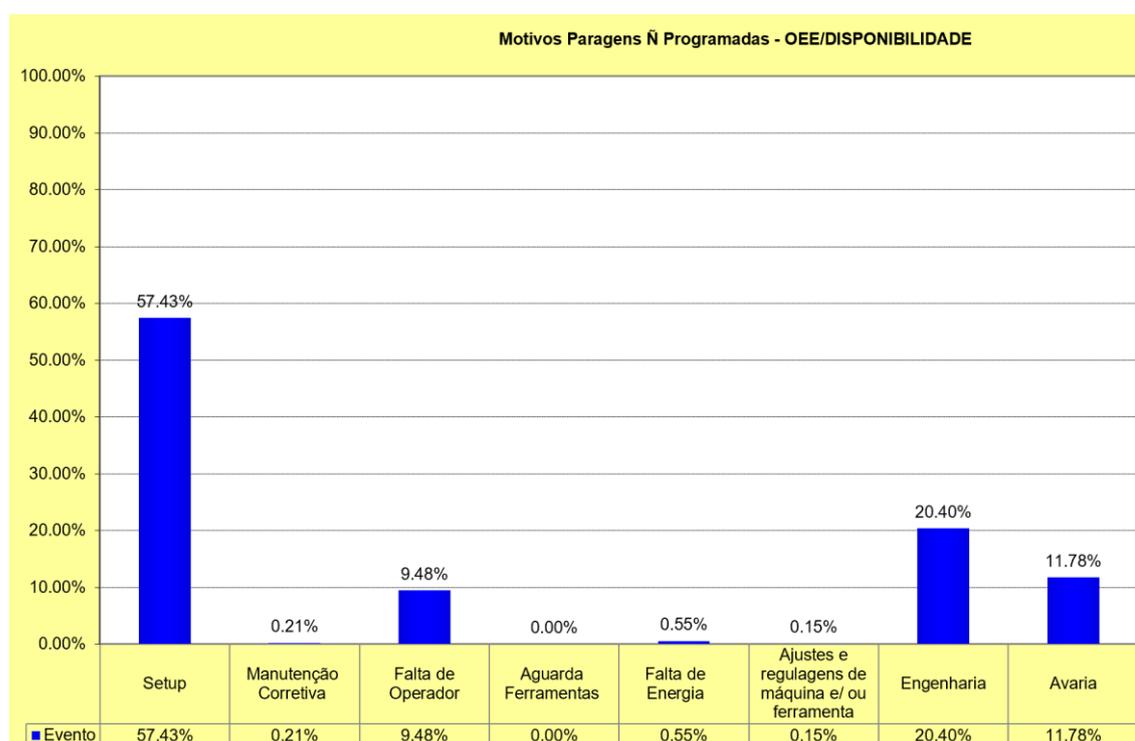


Figura 21 - Distribuição dos tempos associados a paragens não programadas

Na figura 20 e figura 21 os dados apresentados são referentes aos primeiros seis meses de monitorização do equipamento. De modo a acompanhar o desenvolvimento do plano de implementação, deve ser mantida uma reunião entre o acionista, e a equipa de coordenação local. Nesta reunião informal são analisadas as ações da última semana, analisado o progresso nos entregáveis junto do equipamento e promovido o desbloquear de dificuldades na equipa. Ao longo do tempo, mais equipamentos serão incluídos no programa, serve também esta reunião para delinear a estratégia e desdobramento da metodologia para a organização um todo.

#### **4.4.6. 8º - Avaliação mensal**

À equipa de coordenação juntamente com o grupo autónomo e com a liderança da área produtiva, compete a realização de uma reunião mensal de auditoria. Esta tem por objetivo validar o trabalho desenvolvido das semanas anteriores no que diz respeito à etiquetagem, construção de lições ponto a ponto, confirmação da realização das reuniões semanais, avaliação 5S, validação das rotinas de inspeção e limpeza e a possibilidade de desbloquear problemas que o grupo autónomo possua de forma a sustentar o processo.

Para estes problemas identificados, a coordenação e liderança deve de estimular a investigação destes por meio da análise de causa raiz. Através de ferramentas tais como 5 porquês, diagrama de causa-efeito e ainda pela análise de gráficos de pareto, tenta se chegar à causa inicial que está na raiz do problema identificado. Assim, pretende-se que o problema não se repita, atuando o mais rapidamente e evitando que perdas no equipamento não sejam recorrentes.

Nesta reunião é sobretudo dado foco ao equipamento e ao trabalho que é realizado em torno deste de forma a torná-lo mais eficiente. Este trabalho é conseguido através da capacitação da operação de conhecimentos fortes da manutenção industrial e consequentemente a criação do conceito de manutenção autónoma. Para isso, a liderança e a equipa de coordenação deve de promover e garantir os esforços no trabalho padronizado.

Com as rotinas de inspeção e limpeza, com a garantia de reuniões e com a motivação e recursos adequados, é possível cultivar na organização esta cultura. Conceitos como o *Takt Time*, indicadores de produção, indicadores de manutenção ou agregação de valor farão assim parte do dia a dia do operador. A avaliação mensal não deve de ser vista como uma fiscalização, mas como uma demonstração de compromisso da organização em trabalhar com foco na redução do desperdício e aumento contínuo da eficiência do processo produtivo

## 5. Resultados

Os resultados apresentados nesta dissertação alinham-se com os objetivos propostos para a sua realização. Após ter sido dado a conhecer a forma como a literatura estabelece a metodologia de implementação da filosofia TPM, é apresentado um estudo de caso onde se descreve o processo utilizado por uma organização de relevada importância no tecido empresarial da aviação em Portugal. No estudo de caso é apresentada a sequência de etapas de implementação na referida organização. A par da sequência do processo, são apresentadas medidas de colmatação a lacunas encontradas para dar resposta à metodologia proposta pelo acionista. A principal lacuna prendeu-se com a inexistência de indicadores de acompanhamento de produção. Durante este período de implementação é desenvolvido um mecanismo informático de forma a automatizar a medição destes indicadores e a tornar mais efetivo e mais “Lean” a sua obtenção.

A par da implementação da metodologia de registo de indicadores, o desenvolvimento das capacidades dos operadores foi muito significativo. Foram criados mecanismos para a sua capacitação na manutenção autónoma do equipamento tais como ações de formação, rotinas de inspeção e limpeza e ainda formulários de

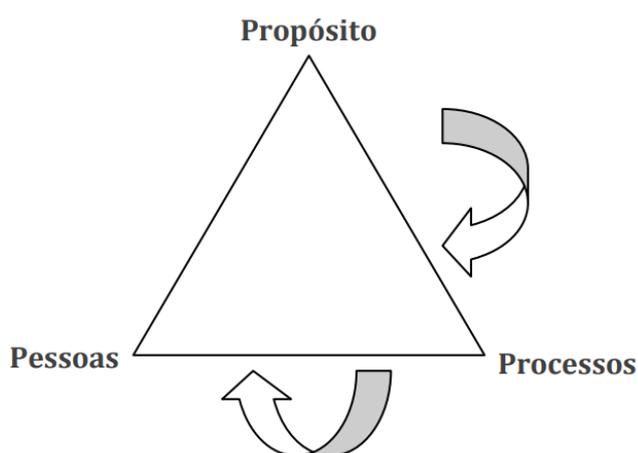


Figura 22 - Elementos fundamentais da gestão Lean (Romana, 2014)

transmissão de conhecimento (lições ponto a ponto). Podemos observar na figura 22 que a gestão Lean se baseia em três grandes princípios interligados: o propósito, os processos e as pessoas (Romana, 2014). Podemos assim em suma, relacionar o processo de implementação nestes três vetores basilares da gestão Lean.

- Propósito – A gestão “Lean” visa fornecer consistentemente valor aos clientes, a custo baixo e qualidade permanente. A filosofia TPM foi mais um passo na organização para que a sua progressão Lean acontecesse.

- Processo – Com base na metodologia e acompanhamento fornecido pelo acionista maioritário, a organização, através da sua equipa de coordenação, ajusta o processo à sua cultura, contexto pandémico atual e à sua estrutura organizacional. Este processo deu resposta às necessidades internas de medição de indicadores e estabelecimento de rotinas de manutenção autónoma.
- Pessoas – A filosofia TPM só acontece quando se transformam as pessoas. A melhoria no equipamento é uma consequência da mudança de paradigma de manutenção e pela gradual adaptação do comportamento do operador à manutenção autónoma. Foi notória ao longo do processo, a resistência por parte da operação, sobretudo dos operadores. A ideia inicial é que apenas estamos a transferir à operação mais trabalho e que por consequência menos tempo para a produção. Com o tempo, o processo torna-se claro e, é evidente para estes, que o equipamento é a sua maior garantia de sustento, desenvolve-se assim o senso de propriedade. Quando conquistado este senso de propriedade, torna-se o operador como a pedra central para o desenvolvimento do programa, ao entender a sua importância na conquista pela melhoria do processo produtivo é capaz de transformar radicalmente a sua forma de trabalhar e na forma como vê a manutenção do equipamento.

A par de toda a transformação cultural, o equipamento piloto já conta hoje com a medição efetiva dos indicadores de produção ao longo de seis meses. **A figura 23 apresenta o quadro de resumo dos valores obtidos e da sua evolução no tempo.**

MÊS	DIPONIBILIDADE	PERFORMANCE	QUALIDADE	OEE	TEU	TEEP
Jan-22	75.10%	93.35%	100.00%	69.19%	33.54%	15%
Feb-22	74.66%	79.36%	96.24%	55.22%	29.30%	12%
Mar-22	42.51%	85.14%	99.65%	32.58%	22.60%	8%
Apr-22	67.23%	73.68%	98.88%	48.76%	32.18%	11%
May-22	70.66%	81.36%	100.00%	56.26%	17.83%	8%
Jun-22	86.45%	95.14%	92.25%	81.14%	87.48%	19%
Jul-22						#VALOR!
Aug-22						#VALOR!
Sep-22						#VALOR!
Oct-22						#VALOR!
Nov-22						#VALOR!
Dec-22						#VALOR!

Figura 23 - Quadro valores obtidos por indicador

## 6. Conclusões

Com a implementação da filosofia TPM, os ganhos obtidos na organização no primeiro semestre foram conforme o esperado. A evolução dos indicadores de produção e de manutenção demoram a refletir o esforço colocado no equipamento, pelo que um semestre não é suficiente para obter uma variação consistente e evidente nestes valores. Porém, quanto ao desenvolvimento dos colaboradores, é inequívoco que o TPM trouxe uma nova rotina de trabalho, uma nova abordagem à forma como é gerido o equipamento e sobretudo no senso de propriedade que todos aqueles que com este, contactam hoje possuem.

A metodologia utilizada aderiu à literatura, tendo-se aproximado em muito à metodologia de Haroldo Ribeiro. Este autor defende a implementação por meio de ações que sustentam pilares na casa do TPM. O estudo de caso demonstra que as ações previstas para a implementação de cada um dos pilares foram conduzidas em paralelo em muitos dos casos, e que no fim, os cinco pilares acordados para a implementação estavam concretizados.

Ao longo do processo, o principal constrangimento da implementação foi a não existência de indicadores de produção, facto colmatado com o desenvolvimento de um mecanismo informático para a obtenção automática dos indicadores e consequente distribuição de perdas do equipamento. As limitações impostas pela pandemia de COVID19 afetaram ligeiramente o seguimento dos trabalhos dado um período de isolamento geral no início do ano de 2022 e isolamentos temporários a que elementos da equipa sofreram ao longo do processo.

Criada assim a implementação oficial na organização desta filosofia de manutenção, o trabalho futuro prende-se com a disseminação por toda a organização tendo por referência ao equipamento piloto e a evolução progressiva da filosofia no equipamento inicial. É ainda aberta a possibilidade de trabalho futuro no campo da melhoria dos indicadores de produção, com projetos de melhoria (kaizen), técnicas como SMED, e ainda a implementação de ferramentas 6 sigma no processo.

## Referências

- Almeanazel, O. T. (2010). Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement. *Jordan Journal Of Mechanical and Industrial engineering*, 517-522.
- Ben-Daya et al. (2009). *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. Londres: Springer.
- Carvalho, C. J. (2019). *Plano Estratégico de Manutenção - Implementação da Metodologia TPM*. Porto: ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Farinha, L. (30 de outubro de 2015). *Lean manufacturing – Uma História de Sucesso em Portugal*. Tomar: Escola Superior de Gestão de Tomar.
- Fonseca, A. C. (2017). *OEE - Aplicação transversal do indicador de gestão a empresa multinacional de componentes automóveis*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Goshime, Y., Kitaw, D., & Jilcha, K. (2018). Lean manufacturing as a vehicle for improving productivity and customer satisfaction. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Iannone, R., & Maria, N. (2015). *Managing OEE to Optimize Factory Performance*. Itália: Universidade de Salerno e Universidade de Napoles Frederico II.
- Jaiprakash, B., & Sangwan, K. S. (2014). "Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 876-940.
- JIPM. (2000). *JIPM - TPM "Sample Formats for the 12 Steps of TPM"*. Japão: Japan Institute of Plant Maintenance .
- Milliet, O. (01 de setembro de 2021). *Hoshin Kanri: Desenvolva uma estratégia alinhada à execução* . Obtido de X.tree: <https://blog.xtree.com/vc/hoshin-kanri/>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM*. Portland: Productivity Press.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (28-30 de junho de 2017). Manufacturing Engineering Society International Conference. *Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company*, pp. 1082 - 1089.

- Pedron, C. D. (outubro de 2008). *O método de investigação ESTUDO DE CASO*. Obtido de Instituto Superior de Economia e Gestão:  
<https://www.iseg.ulisboa.pt/aquila/getFile.do?fileId=16421&method=getFile>
- Pereira, J. (2011). *Reconfiguração do Sistema de Produção de uma Empresa de Camas atendendo aos Princípios de Lean Thinking*. Braga: Universidade do Minho.
- Priolo, R. (30 de janeiro de 2020). *O que é o hoshin kanri*. Obtido de Lean Institute Brasil:  
<https://www.lean.org.br/artigos/651/o-que-e-hoshin-kanri.aspx>
- Ribeiro, H. (2016). *TPM - Guia de Implantação*. São Caetano do Sul: PDCA Editora.
- Rodrigues, M. C. (2013). *Estudo de casos de seleção dos materiais e processos para a fabricação de fuselagens*. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista.
- Romana, F. (2014). *O Gestor Lean*. Lisboa: IPAM Edições.
- Sampaio et al. (2019). Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios no processo de compra e armazenamento de uma distribuidora de bebidas no sudeste do Pará. *IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*. Ponta Grossa, PR, brasil.
- Seil, B. (2010). A Lean+ tool known as Total Productive Maintenance helps keep machinery downtime to a minimum. *Boeing Frontiers*, 42-44.
- Vargas, J. (2015). *Desenvolvimento de um modelo para avaliar o nível lean de uma organização*. Lisboa: ISEL.