U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO
M 2021

IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO TPM NUMA EMPRESA DO SETOR CERÂMICO

TIAGO FIGUEIREDO TELES LOPES
AUTOR

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
JULHO 2021

PROFESSOR LUÍS GUIMARÃES
ORIENTADOR NA FEUP

ENGENHEIRO HUGO CARNEIRO
ORIENTADOR NO KAIZEN INSTITUTE

05-07-2021

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

CANDIDATO		*Código*
TÍTULO		
DATA	__ de _____ de _____	
LOCAL	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Sala _____ - __:__h	
JÚRI	*Presidente*	DEMM/FEUP
	Arguente	DEM/FEUP
	Orientador	DEMM/FEUP

Resumo

A manutenção tem um papel crucial para a eficiência e durabilidade dos equipamentos. A implementação de um programa de manutenção que permita apoiar e reduzir a existência de paragens e avarias que causem atrasos ou falhas de nível de serviço é essencial para garantir fluxos produtivos e estabilidade. Desta necessidade surge o modelo *Total Productive Maintenance*, implementando a melhoria contínua na manutenção, garantindo melhoria das condições dos equipamentos e redução de avarias/paragens. Este trabalho tem como objetivo a aplicação do modelo *Total Productive Maintenance* num grupo da indústria de processo do setor cerâmico, incidindo especificamente numa das unidades industriais do grupo, acompanhando o projeto ao longo do cronograma de intervenção do *Kaizen Institute*. Os processos desta indústria causam elevado desgaste aos equipamentos, o que se traduz em elevado número de avarias e paragens. Estas paragens têm um efeito negativo no cumprimento de entregas, nomeadamente quando a procura se encontra elevada como no ano de 2021 e os stocks são relativamente diminutos. O projeto permitiu diminuir o número e os tempos de intervenção do equipamento piloto, aumentando assim o OEE em 10% e a faturação da unidade industrial em 3%, demonstrando a importância de dar continuidade ao *Total Productive Maintenance* nos restantes equipamentos da unidade industrial.

Palavras Chave: TPM, manutenção, OEE, produtividade, melhoria contínua

Abstract

Maintenance plays a crucial role in the efficiency and durability of equipment. The implementation of a maintenance program that supports and reduces stoppages and damages that cause delays or failures in the level of service is essential to guarantee production flows and stability. From this need arises the *Total Productive Maintenance* model, implementing continuous improvement in maintenance, ensuring improved equipment conditions and reduced breakdowns/downtime. This work aims to apply the *Total Productive Maintenance* model in a process industry group in the ceramic sector, specifically focusing on one of the group's industrial units, following the project throughout the intervention schedule of the *Kaizen Institute* . The processes in this industry cause high wear to equipment, which translates into a high number of breakdowns and stoppages. These stops have a negative effect on the fulfillment of deliveries, namely when demand is high as in 2021 and stocks are relatively low. The project allowed to reduce the number and intervention times of the pilot equipment, thus increasing its OEE by 10% and the industrial unit's turnover by 3%, demonstrating the importance of continuing the *Total Productive Maintenance* in the other equipment of the industrial unit.

Keywords: TPM, maintenance, OEE, productivity, continuous improvement

Agradecimentos

À minha família, pela constante ajuda e motivação, em especial aos meus avós, pais e irmãos, essenciais no meu percurso e que sempre me ajudaram a traçar o meu caminho, à minha maneira.

Aos meus amigos, que sempre me acompanharam nos bons e maus momentos, e cuja capacidade de me fazer aperceber e de corrigir o que estava a necessitar de ser melhorado, sempre foi uma extrema mais-valia.

Aos meus Professores e colegas do MIEMM, especialmente o meu orientador de Dissertação, o Professor Luís Guimarães, pelo apoio e ajuda nos momentos mais difíceis.

Aos meus colegas do *Kaizen Institute*, em especial ao Hugo Carneiro e à equipa Arroz de Tomate, que me permitiram crescer não só profissional mas também pessoalmente.

A todos os que se cruzaram, de alguma maneira ou de outra, na minha vida, e me permitiram, através de boas e más experiências, aprender sempre mais e tomar todas as interações como uma lição.

Obrigado a todos.

"Variety is the very spice of life, that gives it all its flavor."

William Cowper

Conteúdo

1 Introdução **1**
1.1 Enquadramento do projeto e motivação . . . 1
1.2 Kaizen Institute . . . 1
1.3 Objetivos do projeto e Metodologia . . . 2
1.4 Estrutura da dissertação . . . 4

2 Revisão de literatura **5**
2.1 Princípios *Kaizen* . . . 5
2.1.1 Criar valor para o cliente . . . 6
2.1.2 Criar eficiência de fluxo . . . 6
2.1.3 Ser orientado para o *Gemba* . . . 9
2.1.4 Capacitar pessoas . . . 9
2.1.5 Ser científico e transparente . . . 10
2.2 Ferramentas *Kaizen* . . . 10
2.2.1 Ciclos *Plan Do Check Act/Standardize Do Check Act* . . . 11
2.2.2 Gestão visual . . . 12
2.2.3 Normalização . . . 13
2.2.4 Metodologia dos 3C . . . 13
2.2.5 Metodologia dos 5S . . . 14
2.2.6 *Value Stream Mapping* . . . 15
2.2.7 Diagrama de *Spaghetti* . . . 16
2.2.8 Diagrama de espinha de peixe . . . 16
2.3 *Kaizen Business System* . . . 17
2.3.1 *Total Flow Management* . . . 18
2.3.2 *Total Productive Maintenance* . . . 25

3 Descrição do problema e análise da situação atual **31**
3.1 A indústria de extração em Portugal . . . 31
3.2 A empresa . . . 31
3.2.1 A unidade industrial . . . 32
3.3 *Baselines* de valores calculados na fase de diagnóstico . . . 36
3.4 Oportunidades de melhoria . . . 38

4 Implementação das ações de melhoria **40**
4.1 Análise de dados através de indicadores . . . 40
4.1.1 Recolha de dados da produção . . . 40

4.1.2 Recolha de dados da manutenção 42
4.2 *Kaizen* Diário de nível 1 para a gestão de equipas naturais 43
4.2.1 Planeamento 43
4.2.2 Implementação 44
4.3 Requisições de manutenção 46
4.4 Implementação do *Total Productive Maintenance* 47
4.4.1 Escolha de equipamento piloto 47
4.4.2 Identificação de componentes 48
4.4.3 Re-estabelecimento das condições iniciais do equipamento 49
4.4.4 Definição de um plano de intervenções periódicas 49
4.4.5 Reorganização da oficina de manutenção através da metodologia 5S . . 50
4.4.6 Reorganização das *spare parts* 52

5 Resultados das ações de melhoria 53
5.1 Sistema de *report* e análise de dados 53
5.1.1 Registo de produção 53
5.1.2 Requisições de manutenção 54
5.1.3 Registo de intervenções de manutenção 55
5.2 *Kaizen* Diário 55
5.3 *Total Productive Maintenance* 57

6 Conclusões 59

A Cronograma de implementação do projeto TPM na empresa 66

B Plano de intervenções periódicas anual definido para a FP-A 67

Acrónimos e Símbolos

CM - Corrective Maintenance
FIFO – First In, First Out
IDM – Innovation and Development Management
JIT – Just-in-Time
KCM – Kaizen Change Management
KI- Kaizen Institute
KMS – Kaizen Management System
KPI - Key Performance Indicator
MTBF - Mean Time Between Failure
MTTR - Mean Time To Repair
OEE- Overall Equipment Effectiveness
OTIF - On Time In Full
PDCA – Plan, Do, Check, Act
PDSA – Plan, Do, Study, Act
QCD – Quality, Cost and Delivery
QCDMS – Quality, Cost, Delivery, Morale and Safety
SDCA- Standardize, Do, Check, Act
SMED- Single Minute Exchange of Die
TBM - Time Based Maintenance
TFM – Total Flow Management
TPM – Total Productive Maintenance
TPS – Toyota Production System
TQC – Total Quality Control
TQM – Total Quality Management
TSM – Total Service Management
UI - Unidade Industrial
VA- Value Analysis
VSA- Value Stream Analysis
WIP – Work in process

Lista de Figuras

2.1 Os cinco Princípios *Kaizen* para melhoria contínua [35] 6
2.2 Valor para o cliente 6
2.3 Representação dos 3M [48] 7
2.4 *Kaizen Flag* [35] 10
2.5 As quatro etapas de um ciclo *Plan Do Check Act* 11
2.6 Melhoria Contínua através de ciclos *Standardize Do Check Act* e *Plan Do Check Act* [38] 12
2.7 Representação visual de um ciclo 3C 14
2.8 Exemplo de *Value Stream Mapping* de estado futuro [42] 16
2.9 Representação do *Kaizen Business System* [32] 17
2.10 Fluxo no *Total Flow Management* 18
2.11 Fluxo Unitário em Célula [35] 20
2.12 Fórmula de cálculo do tempo de ciclo 20
2.13 Fórmula de cálculo do tempo de *takt* 20
2.14 Etapas de implementação de *Single Minute Exchange of Die* [35] 22
2.15 Os cinco pilares do modelo *Total Productive Maintenance* [35] 25
2.16 Fórmula de cálculo do OEE 26
2.17 Visão da manutenção segundo o modelo *Kaizen* [32] 28

3.1 Fluxo de materiais na unidade industrial 33
3.2 Layout da unidade industrial 34

4.1 Ficheiro de registo de produção e paragens para uma filtroprensa 41
4.2 Norma de registo de paragens 42
4.3 Requisição de manutenção para o equipamento secador 46
4.4 Equação de cálculo da criticidade 47
4.5 Comparação estado inicial e final da FP-A, após conter as contaminações da centralina 49
4.6 Plano de intervenções periódicas definido para o equipamento FP-A 50
4.7 Resultado da implementação da metodologia 5S nas ferramentas elétricas da oficina de manutenção 51
4.8 Ficheiro de registo de inventário de *spare parts* 52

5.1 Diagrama de Pareto obtido através das requisições de manutenção 54
5.2 Gráfico de registo de requisições recebidas e resolvidas 55
5.3 Auditoria de *Kaizen* Diário 56

5.4 Redução das horas de avaria semanais na intervenção da FP-A 57
5.5 Evolução do OEE semanal na FP-A 58

A.1 Cronograma de implementação do TPM na empresa 66

Lista de Tabelas

3.1 Nível de serviço no ano de 2020 36
3.2 OEE por filtroprensa no ano de 2020 37
3.3 Produção mensal da unidade industrial por tipologia de produto 37
3.4 Oportunidades detetadas no âmbito do *Total Flow Management* 39

4.1 Criticidade de avaria de equipamentos na unidade industrial 48
4.2 Identificação de Componentes e frequência de intervenção 48

Capítulo 1

Introdução

No âmbito da Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, e inserido na empresa de consultoria *Kaizen Institute*, foi desenvolvido um projeto numa empresa da indústria de processo no setor cerâmico, com várias unidades industriais e de extração em Portugal.

A iniciativa decorreu ao longo de cinco meses, em três fases distintas: diagnóstico, desenho e implementação de melhorias e apresentação de resultados. Após o final, foram observadas novas oportunidades de melhoria possíveis de serem aplicadas no futuro.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O projeto tem como principal foco a melhoria da performance de equipamentos e máquinas de extração e processamento de matéria-prima cerâmica em várias unidades industriais e extrativas de uma empresa portuguesa do setor, através de uma abordagem *Kaizen*, envolvendo as diferentes equipas e procurando melhorar processos.

Com o aumento de disponibilidade dos equipamentos (através da diminuição de paragens e avarias e, quando estas ocorrem, tempos de paragem), pretende-se aumentar a produtividade e reduzir custos, aumentando a performance e assegurando maior retorno financeiro.

O presente documento descreve o projeto numa unidade industrial do grupo, tendo em conta as limitações de tempo, recursos e resultados no *deployment* do programa.

1.2 Kaizen Institute

Fundado em 1985, na Suíça, por Masaaki Imai, o *Kaizen Institute* (KI) é uma empresa de consultoria operacional especializada na melhoria contínua. Com atividade em mais de 60

países e 45 setores diferentes, desenvolve projetos nas mais variadas áreas graças à metodologia *Kaizen*, baseada num extenso conhecimento do *Gemba* e em métodos que transformam as organizações através do envolvimento de todos os colaboradores, criando valor para os seus clientes.

Através de uma abordagem holística centrada na redução de desperdícios (*muda*), o *Kaizen Institute* desenha e implementa soluções nos seus clientes com vista a aperfeiçoar cadeias de valor através da melhoria de processos, otimizando os recursos disponíveis (materiais e não materiais), criando assim valor para o cliente.

Com uma vasta carteira de clientes em Portugal desde 1999, o *Kaizen Institute* está presente nas mais variadas áreas e setores de atividade, desde serviços e informática, até produção industrial e saúde.

1.3 Objetivos do projeto e Metodologia

A intervenção no cliente pela parte do Kaizen Institute tem como principal objetivo aumentar a capacidade de resposta à procura elevada registada no momento através da intervenção nos equipamentos existentes, aumentando o seu OEE através do aumento de disponibilidade (projeto no âmbito do *Total Productive Maintenance*) e do aumento de rendimento (projeto no âmbito do *Total Flow Management*). Com esta intervenção, pretende-se aumentar o indicador de nível de serviço do cliente, aumentando o *Mean Time Between Failure* (MTBF) e reduzindo o *Mean Time To Repair* (MTTR) dos equipamentos.

O presente documento tem ênfase na implementação do *Total Productive Maintenance* através do seu desenrolar e dos seus resultados no equipamento piloto.

O OEE é um indicador que permite calcular o desempenho real de um equipamento/linha, através da comparação com o desempenho ideal, tomando em conta a disponibilidade, eficiência e qualidade.

O MTBF é o tempo médio entre avarias. Através da manutenção autónoma do *Kobetsu Kaizen* e da manutenção planeada, procura-se obter um MTBF o maior possível, o que se traduz num menor número de avarias do equipamento e, consequentemente, maior tempo de abertura.

O MTTR é o tempo médio até reparação. No caso de ocorrer uma avaria que necessite de reparação, pretende-se que a reparação seja o mais rápida e eficiente possível através da implementação de uma cultura de Manutenção Planeada. Assim, visa-se um MTTR o mais reduzido possível.

Estes três conceitos serão abordados detalhadamente no capítulo *Revisão de Literatura*.

Numa primeira fase, realiza-se o planeamento e o *Value Stream Mapping* (VSM) de modo a definir as unidades industriais e os equipamentos a melhorar, bem como as melhorias a realizar através das oportunidades detetadas.

Paralelamente ao projeto de manutenção, é abordado também o planeamento e a qualidade de modo a aumentar a produtividade e a eficiência de processos. Assim, através de outras ferramentas como o *Kaizen* Diário (no âmbito de mudança de cultura) e iniciativas de *Hoshin* e *Breakthrough Kaizen* (no âmbito da melhoria de fluxos, planeamento e produtividade), pretende-se correlacionar todas as diferentes áreas e equipas naturais de modo a cimentar uma solução que aborde todas as equipas naturais da empresa.

O objetivo para o ganho no projeto TPM, em termos de disponibilidade, eficiência e qualidade, é o aumento de OEE em todos os equipamentos da unidade industrial em 5,7 pontos percentuais e a criação de um registo de MTBF e de MTTR que permita o acompanhamento de ambos estes indicadores.

O objetivo para o projeto na área do TFM, na Produção, é um aumento de 18,6 % da capacidade produtiva da unidade industrial de modo a garantir o nível de serviço e responder às oscilações de procura.

A sinergia entre os programas TPM e TFM, através do aumento de OEE e da capacidade produtiva, é o aumento do nível de serviço, medido através do indicador OTIF, em 22,4 %, cimentando também uma cultura de melhoria contínua que garantisse a apropriação do projeto por todos os colaboradores. Os diferentes objetivos apresentados, definidos na fase de planeamento com o recurso a análises e a equipas multidisciplinares e ao conselho de administração, servem como referência para a melhoria.

A metodologia utilizada nos projetos *Kaizen* é desdobrada em 4 etapas, sequenciais:

1. Fase de diagnóstico, com análise e mapeamento da situação "atual" com recurso a gestão visual;

2. Fase de identificação de oportunidades de melhoria, através da análise da situação atual e com recurso a análise e tratamento de dados - situação "ideal";

3. Fase de desenho e implementação de oportunidades, através das oportunidades identificadas na fase anterior e da implementação da visão futura;

4. Resultados obtidos e desdobramento de novas ações em áreas possíveis de melhoria.

A metodologia é, em todas as fases, acompanhada de um cronograma de projeto que detalha a data de implementação das diferentes resoluções acordadas, presente no anexo 1. Este cronograma serve de base para a implementação dos diferentes níveis de complexidade do modelo TPM, assegurando sempre que a estabilidade básica e a recolha de dados estão presentes de modo a obter resultados tangíveis e visíveis.

1.4 Estrutura da dissertação

O presente documento encontra-se estrutura em seis capítulos sequenciais. O primeiro capítulo terá como abordagem uma contextualização e enquadramento das motivações, objetivos propostos e metodologia utilizada no âmbito do projeto.

O capítulo 2 irá apresentar e descrever, em profundidade, os conceitos e as ferramentas de melhoria contínua utilizadas na Dissertação de mestrado, nomeadamente o TPM, o OEE, o TFM e os modelos teóricos de *Kaizen Change Management* (KCM). Estes conceitos e ferramentas foram aprendidos ao longo do estágio, através de formações semanais com forte componente teórica e prática, com capital importância para a aprendisagem obtida.

O capítulo 3 irá apresentar a fase de VSM do projeto, apresentando a "situação atual" de pré-implementação da melhoria no que diz respeito às operações de manutenção e de produção, descrevendo o problema. Este capítulo expõe então o início de projeto, desde a fase de mapeamento até ao desenho e teste de soluções a serem implementadas depois, na fase de implementação.

O capítulo 4 acompanha a implementação das ações de melhoria contínua, desenhadas na fase de implementação, e demonstra a importância de conceitos como o *Kaizen* Diário de nível 1 e a automatização de recolha de dados de modo a obter indicadores de produção e manutenção.

O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos através da implementação das diversas metodologias, demonstrados sob a forma de evolução dos indicadores e de imagens.

O sexto, e último capítulo, apresenta as conclusões do projeto do ponto de vista do *Kaizen Institute* e da empresa, demonstrando também desafios futuros e futuras oportunidades de melhoria como seguimento do projeto neste documento apresentado. Uma pequena reflexão sobre o projeto, do ponto de visto da Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais é também apresentada, concluindo o presente documento.

Capítulo 2

Revisão de literatura

Este capítulo irá abordar os diferentes conceitos e ferramentas aprendidos ao longo do estágio em ambiente empresarial no *Kaizen Institute*. O conceito de aprendizagem no *Kaizen Institute* era baseado em formações teóricas, semanais, cujo conteúdo era abrangente e permitia aprender os conceitos e ferramentas cruciais para o desenvolvimento dos projetos.

Assim, este capítulo irá abordar os diferentes conceitos e ferramentas aprendidos nas formações, e permite compreender o alcance do modelo *Kaizen* e os conhecimentos adquiridos ao longo do estágio em ambiente empresarial.

Alguns destes conceitos e ferramentas serão abordados de forma prática, ao longo do projeto na empresa, nos capítulos que se seguem.

2.1 Princípios *Kaizen*

A filosofia *Kaizen* baseia-se em 5 princípios fundamentais cujo objetivo é reduzir os desperdícios e aumentar a eficiência dos processos, levando a um aumento de valor para o cliente. A sua principal característica é de criar fluxos e valor para o cliente, recorrendo à eliminação de desperdícios [31; 35]. Os cinco princípios, sequenciais, são os seguintes: criar valor para o cliente; criar eficiência de fluxo; ser orientado para o *Gemba*; capacitar pessoas; ser científico e transparente.

A Figura 2.1 demonstra os cinco princípios esquematicamente, destacando a sua importância para a melhoria contínua, destacando a atitude determinada e a vontade de ganhar conhecimento numa filosofia LEAN.



Figura 2.1: Os cinco Princípios *Kaizen* para melhoria contínua [35]

Cada um dos princípios será abordado, na sua respetiva ordem no processo, de modo a entender o raciocínio "Toda a gente, em todo o lado, todos os dias" e a base das ferramentas, posteriormente abordadas no sub-capítulo seguinte.

2.1.1 Criar valor para o cliente

A criação de valor para o cliente é feita através de 3 pontos-chave: capturar a voz do cliente; qualidade em primeiro lugar; melhorar a experiência do cliente.

O valor para o cliente é traduzido através da seguinte fórmula, presente na Figura 2.2:

$$\text{Valor} = \text{utilidade} - \text{preço}$$

Figura 2.2: Valor para o cliente

Deste modo, pretende-se maximizar a utilidade (qualidade e uso), minimizando custos, mas indo sempre ao encontro das necessidades do cliente. A redução de custos só é possível de ser efetuada através de uma melhoria de processos, quer estejam em contacto direto com o cliente final ou não. Para tal, trata-se o processo seguinte como cliente, maximizando fluxos e qualidade, aumentando consequentemente a utilidade [31; 49; 44].

2.1.2 Criar eficiência de fluxo

Pretende-se reduzir os 3M (*Muda*-desperdício, *Mura*-variação, *Muri*-sobrecarga) e implementar cadeias *pull*, que melhorem o fluxo de produção do produto/serviço [44; 39].

Procura-se implementar uma estratégia LEAN, juntamente com uma cultura de Melhoria Contínua, que reduza o custo para a organização e aumente a utilidade para o cliente. Assim, surge o conceito dos 3M, que procura eliminar o desperdício na cadeia de valor. Na Figura 2.3, é possível observar um exemplo do conceito adaptado ao transporte de mercadorias.

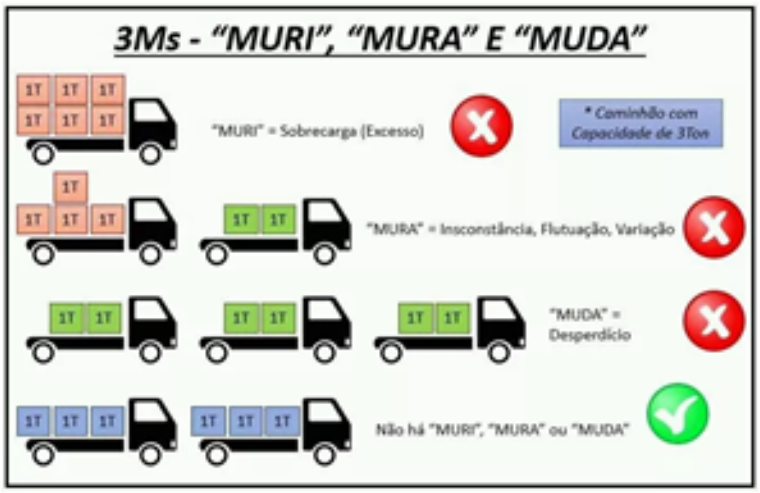


Figura 2.3: Representação dos 3M [48]

O trabalho é definido como uma série de processos e passos que através de vários inputs e materiais permite fornecer um produto ou serviço final. Em cada processo, é adicionado valor ao produto/serviço, sendo os recursos gastos classificados como valor acrescentado e valor não acrescentado. *Muda* refere-se a uma atividade que não adicione valor (*non value adding*). Cada desperdício tem uma causa, sendo crucial para a sua eliminação os diferentes tipos e a forma comum em que surgem, e de que maneira estão interligados. A implementação de um fluxo eficiente passa por identificar e eliminar os 7 *muda*, definidos por Taiichi Ohno, e abaixo identificados:

1. **Produção em excesso:** Principal desperdício. Visto que a sobreprodução origina todos os outros tipos de *Muda*, a sua existência é altamente perniciosa. Resulta do favorecimento de uma situação de uso de máquinas/pessoal eficaz, não tomando em conta a procura. A produção em excesso dá uma falsa segurança na gestão e esconde informação e problemas importantes do *Gemba*.

2. **Transporte:** O transporte é um processo essencial à produção de produtos, no entanto é um processo que pode originar problemas de qualidade e que não adiciona valor ao produto, sendo então necessário reduzi-lo ao mínimo possível. Sendo uma das formas mais visíveis de *Muda*, está interligado com o conceito de *Less Engineering* de Tomoo Sugiyama, diretor da *Yamaha Engine Company*.

3. **Materiais/Informação em espera:** Refere-se a material/informação que não estejam a ser trabalhados (*WIP*). Consequência da sobreprodução, este apresenta-se como um consumo de recursos sem resultados, visto que não é possível entregar ao cliente o que pretende.

4. **Pessoas em espera:** Ocorre quando as mãos dos operadores estão em espera devido a problemas na linha de produção por defeito ou incorreto planeamento. Surge também quando o operador se encontra a olhar para a máquina, enquanto esta cria valor, mas o facto de estar a olhar não traz valor para o produto. Por vezes, as organizações tendem a visar o recurso máquina em detrimento do recurso homem, sendo este binómio um foco deste muda. Como nos restantes *muda*, é relativamente fácil detetar se o operador se encontra inativo, mas difícil de perceber se o seu tempo está a ser vantajoso quando se encontra à espera de um componente do posto anterior para montar na peça ou se está a tirar bom proveito do tempo que tem em mãos. Ohno dizia aos seus trabalhadores: "Peço-vos que trabalhem de facto pelo menos uma hora por dia".

5. **Sobre processamento:** Geralmente causado por tecnologia inadequada, excesso de qualidade ou design mal-executado, este tipo de *muda* contempla todos os processos que sejam em demasia (acabamentos muitos superiores ao exigido pelo cliente) ou que sejam desnecessários (combinar certos processos para reduzir custos de embalagem e transporte dentro da fábrica, por exemplo). Todas estas operações "a mais", não irão gerar valor para o cliente, e serão, portanto, um desperdício.

6. **Erros e Defeitos:** Os defeitos produzem desperdício sob duas formas: retrabalho e sucata. Quando as peças não estão conforme as especificações do cliente e apresentam falhas de qualidade, para além de serem descartadas poderão causar interrupções da linha e causar defeito nas máquinas que as produzem. Mecanismos *Jidoka* ou com *Poka-Yoke* são eficazes a apresentar erros de modo a poderem ser corrigidos o quanto antes.Os erros e defeitos podem também ser consequência de falha de design, sendo importante aplicar *Kaizen* nos projetos de engenharia tal como na produção [44; 45].

7. **Movimento:** Todo e qualquer movimento de uma pessoa que não esteja a criar valor não é produtivo. Assim, andar de um local para outro para ir buscar uma peça, carregar objetos ou mesmo falar com o trabalhador da secção anterior é um desperdício. Para além desse desperdício, há o perigo de lesão no caso de serem objetos pesados ou perigosos. Desta maneira, surge uma necessidade de reorganizar o *Gemba*, facilitando os operadores a escolherem e pegarem na peça/componente que necessitam em poucos segundos, sem riscos de lesão. Juntamente com a reorganização, podem ser criados canais de distribuição que entreguem os componentes em filosofia *JIT*.

Ohno definiu os diferentes *muda* nestas 7 categorias, no entanto, sendo a definição de *muda* "qualquer atividade ou processo que não acrescente valor", a lista é, na realidade, infinita. É também importante destacar que o *muda* de tempo pode ser observado diariamente, apesar de não esta incluído na lista de Ohno. O *muda* de tempo toma a forma de inventário no *Gemba* das fábricas, e de um documento à espera de assinatura ou aprovação. Assim, segundo Imai, as sete categorias de *muda* definidas por Ohno levam inevitavelmente ao *muda* de tempo. Sempre que há uma estagnação, ocorre desperdício [31; 56; 55].

2.1.3 Ser orientado para o *Gemba*

O *Gemba* é o local onde se acrescenta valor. Ser orientado para o *Gemba* é ir ao *Gemba* para resolver as causas dos problemas, e não as suas consequências. Todos os processos que ocorrem no *Gemba* devem ser normalizados, com registos, parâmetros e passiveis de observação direta [31; 33].

Os problemas são oportunidades de melhoria, e devem ser encarados através de dados reais e de análises ao local onde acontecem, e não através de relatórios. Quanto mais perto de um problema, melhor se percebe a sua dimensão e resolução [31; 35; 6].

O principal foco de melhoria contínua em chão de fábrica é o lugar onde o valor é acrescentado à peça, o *Gemba*. Processos consistentes levam a resultados consistentes.

2.1.4 Capacitar pessoas

A filosofia *Kaizen* potencia o envolvimento de todas as pessoas, do trabalhador não qualificado ao administrador. Assim, pretende-se melhorar as formas de comunicação e criar um ambiente seguro, confortável e que dê prioridade ao bom funcionamento da organização num ambiente seguro e de crescimento [26; 31; 45; 20].

Diferentes colaboradores terão diferentes responsabilidades:

- A Gestão tem como função motivar e transmitir objetivos estratégicos às equipas, cedendo recursos para tal. Pretende desenvolver equipas de elevado desempenho, que cumpram os objetivos traçados e que se alinhem pela estratégia da empresa. Objetivos claros terão de ser definidos para todos os níveis, com *coaching* e *workshops* de modo a educar os colaboradores [37; 68];
- As equipas, a partir desses recursos, adoptam elas próprias as metodologias *Kaizen* e procuram melhorar ativamente o *Gemba*, sentindo-se parte da solução e contribuindo para a resolução de problemas;

Comum a todos os níveis, a filosofia de "Não culpar, não julgar" deve ser implementada para permitir desenvolvimento de líderes de equipa e de equipas naturais, que procurem ativamente melhorar as suas condições e criar valor. Todos deverão ser capazes de gerir conflitos de modo a evitar a criação de mais problemas e evitar repressão [35]. Sistemas de comunicação deverão ser postos em funcionamento de modo a que a cooperação seja garantida e haja eficácia entre a transmissão de conhecimentos e informação entre os diferentes setores e níveis. Assim, gerar-se-á um compromisso para a melhoria contínua, havendo confiança, transparência e reciprocidade entre ambas as partes. Deste conceito surge a *Kaizen Flag*, representada na Figura 2.4 [31].



Figura 2.4: *Kaizen Flag* [35]

2.1.5 Ser científico e transparente

Este princípio baseia-se na importância da tangibilidade do aumento de performance e de melhoria. Assim, a melhoria contínua deve apresentar resultados concretos e visíveis. Para além da importância do *Gemba*, os dados e relatórios serão cruciais para entender a relação causa-efeito entre a melhoria de um processo e o seu *output* [31; 35; 44]. Os ciclos *Plan, Do, Check, Act* (PDCA) e *Standardize, Do, Check, ,Act* (SDCA), abordados na secção *Ferramentas Kaizen*, apresentam-se como pilares deste princípio.

2.2 Ferramentas *Kaizen*

O modelo *Kaizen* é constituído por várias ferramentas básicas de melhoria contínua. Estas ferramentas apoiam-se nos princípios, e servem de base aos fundamentos abordados no capítulo seguinte deste trabalho [31; 35]. As principais ferramentas são: ciclos PDCA/SDCA; metodologia dos 5S; gestão visual; normalização; metodologia dos 3C; *Value Stream Mapping* (VSM), *Poka Yoke/Andon*; diagramas de *Spaghetti* e de *Ishikawa*; *Kaizen Change Management*.

2.2.1 Ciclos *Plan Do Check Act/Standardize Do Check Act*

De modo a assegurar a continuidade da Melhoria Contínua, o primeiro passo é implementar ciclos PDCA (Plan, Do, Check, Act). Inicialmente proposto por Deming, este ciclo é composto por quatro etapas sequenciais que permitem manter e melhorar os standards de qualquer processo:

- **Plan:** Nesta primeira fase, define-se um alvo a melhorar e planos de modo a atingir os objetivos;
- **Do:** Na segunda fase, implementa-se o plano;
- **Check:** Na terceira fase, controla-se os indicadores e analisa-se os resultados de modo a saber se a implementação da melhoria apresentou resultados mensuráveis superiores. Verifica-se também se a implementação se mantém válida;
- **Act:** Para finalizar, implementa-se e normaliza-se os novos processos para prever a recorrência do problema original (abordado pelo ciclo PDCA), definindo objetivos e áreas para uma nova iteração e consequente melhoria.

As quatro etapas podem ser observadas na Figura 2.5, com um breve resumo dos tópicos a abordar.



Figura 2.5: As quatro etapas de um ciclo *Plan Do Check Act*

No entanto, o início de um novo processo é instável. Assim, não é possível começar diretamente a trabalhar com um ciclo PDCA, visto que não estão implementados *standards* para estabilizar o processo e poder ter dados concretos relativos à melhoria. Desta maneira, o ciclo SDCA é utilizado para garantir normalizações e estabilidade pré-melhoria, reduzindo variabilidade e pondo a descoberto dados concretos que poderão ser analisados, trabalhados e comparados com os dados futuramente recolhidos da melhoria a implantar [31; 20; 27].

O ciclo SDCA permite também inferir se os erros que ocorrem são devidos à falta de *standards*, à falta de cumprimento de *standards*, ou a *standards* desadequados para o processo. Ao

permitir normalizar e estabilizar os processos atuais, o ciclo PDCA, seguinte na cadeia, permitirá efetuar melhorias [31; 27].

Na Figura 2.6, pode-se observar a relação entre os ciclos SDCA e PDCA, num processo de melhoria contínua. Note-se que o ciclo SDCA permite estabilizar (normalizar) as melhorias, e o ciclo PDCA permite o crescimento (melhoria).

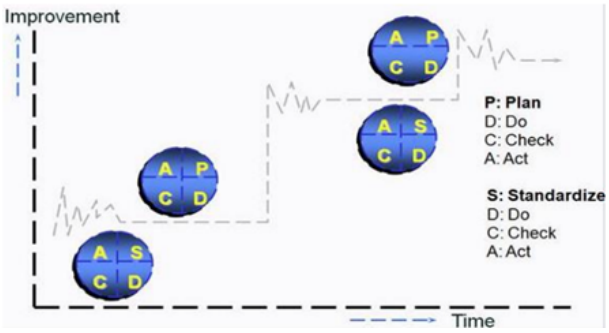


Figura 2.6: Melhoria Contínua através de ciclos *Standardize Do Check Act* e *Plan Do Check Act* [38]

Os ciclos SDCA/PDCA são iterativos e, idealmente, levam sempre a melhorias novas e à descoberta de novos problemas (oportunidades), sendo fulcrais para desafiar o *status quo* [31].

2.2.2 Gestão visual

A gestão visual é uma ferramenta que apesar de simples, é extremamente eficaz. Permite a transmissão de informação visual (sentido responsável por 83 % da informação recolhida pelo ser humano), pôr a descoberto rápida e eficazmente problemas e anomalias no *Gemba* e ainda prevenir riscos [20].

Ajuda ainda a detetar padrões, marcar pontos de referência, indicar e controlar processos e representar dados de maneira a que todos os trabalhadores possam visualizar [33].

Através de cores, sinais e representações gráficas, etiquetas e imagens, ajuda à uniformização e à simplicidade do *Gemba*, incentivando os operadores a cumprirem corretamente os objetivos propostos e a detetar anomalias o mais rapidamente possível [31; 53].

A gestão visual pode ser implementada de diversas formas e em diversos ambientes, tendo ênfase nos dados positivos e nos dados negativos. Através dos dados positivos, procura motivar e aumentar a confiança, transparecendo então um *feedback* positivo. Através dos dados negativos, procura provocar e criar constrangimento para dar início a medidas que obriguem à mudança. Existem vários tipos de gestão visual que fornecem indicações simples e importantes no chão de fábrica, tanto de localização (*foot-printing*) como de constrangimento (etiquetas vermelhas na *production control board*, que sinalizam erros e defeitos).

2.2.3 Normalização

O processo de normalização tem como objetivo uniformizar e criar procedimentos sem variação (*standards*) que permitam realizar uma determinada tarefa da maneira mais simples, segura e fácil com os conhecimentos adquiridos até ao momento em que são implementados os mesmos *standards* [31; 33; 4]. O processo de normalização passa por 7 parâmetros: identificar as atividades; definir prioridades; planear desenvolvimento; observar a situação atual do *Gemba*; desenvolver o documento, em formato visual, e testar no *Gemba*; treinar colaboradores segundo as novas normas; realizar follow-up e melhorar.

No *Gemba*, todas as normas deverão ter pontos de consulta de modo a facilitar o acesso por parte dos colaboradores. Pretende-se assim aumentar a qualidade dos processos, evitando erros de produção e não-conformidades indesejadas [33; 27; 4; 58; 54].

Deste modo, todos os *standards* terão de ser simples, únicos, visuais e acessíveis [33].

As normas, tais como os restantes processos do *Gemba*, estão sujeitas a melhoria contínua, e o esforço dos colaboradores para as manter atualizadas e melhorar é crucial para que a gestão tome conhecimento de novas oportunidades de melhoria contínua [4; 58; 54].

2.2.4 Metodologia dos 3C

Um problema é a diferença entre a situação atual e a expetativa. A metodologia dos 3C permite percecionar onde podem ocorrer as melhorias, sendo então uma ferramenta simples de resolução de problemas [31; 33]. Consiste em 4 etapas, sequenciais e de fácil procedimento, representadas na Figura 2.7.

1. **Caso (Problemas):** Através da ida ao *Gemba* visualiza-se o problema pessoalmente, procurando objetivamente *muda* e *muri* e analisando os dados. Nesta etapa procura-se identificar os problemas, e não as possíveis soluções. Assim, questões como "Qual é o problema?", "Porque é que há um problema?", "Quais são as consequências?" e "Onde é que está o ênfase do problema?" são fundamentais para levar a cabo uma análise diferencial.

2. **Causa (dos Problemas):** Com os problemas identificados na primeira etapa, utilizam-se ferramentas de análise tais como o diagrama de *Ishikawa* (espinha de peixe) e os *5 Porquês* (procura descobrir a causa de um problema através de uma metodologia simples que envolve perguntar cinco vezes *"Porquê?"*, chegando assim à principal causa do problema e permitindo voltar atras na cadeia de eventos) de modo a analisar, com provas técnicas, as possíveis causas dos problemas no *Gemba*.

3. **Contramedidas (Melhorias):** Identificados os problemas e as suas causas, define-se uma estratégia que permita melhorar o *Gemba*. Esta estratégia tem obrigatoriamente 3 pontos-chave, como todo e qualquer plano de ação: uma solução, que aborde e tente resolver de maneira não perfeita o problema atual; um prazo para a ação e a monitorização ativa do progresso que permita através de dados quantificar a melhoria.

4. **Confirmação (Verificação de soluções):** Com os indicadores de progresso, verifica-se se as ações implementadas nos passos anteriores estão a apresentar resultados de acordo com o esperado. A reunião de equipa, nesta etapa, assume uma importância crucial para que haja troca de dados e para que se compare a situação inicial com a atual.

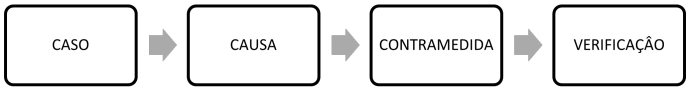


Figura 2.7: Representação visual de um ciclo 3C

2.2.5 Metodologia dos 5S

A metodologia dos 5S é um método para organizar os espaços de trabalho e aumentar a eficiência. A sua implementação é feita de modo a reduzir acidentes de trabalho, garantir menor desperdício, ter um *Gemba* corretamente organizado e visualmente mais atrativo, garantindo assim colaboradores mais empenhados [64; 25; 72; 14; 15; 29; 59].

Como o nome indica, baseia-se em cinco passos cuja nomenclatura começa por S, na língua japonesa. Os cinco passos são:

1. ***Seiri* (Triagem):** Começa-se por remover todos e quaisquer itens que sejam desnecessários no *Gemba*, através de etiquetas de cor (códigos visuais). Itens que nunca são usados são descartados, itens pouco usados (por exemplo, uma ou duas vezes ao ano) são deslocados para arrumos fora do *Gemba*, de modo a perceber se estão avariados, obsoletos ou que já não necessários (como por exemplo, moldes antigos ou peças de substituição de equipamentos já descartados). Deste modo, utilizando as etiquetas, pode-se decidir o destino e triar em função das necessidades reais do espaço de trabalho.

2. ***Seiton* (Arrumação):** *"Um sítio para cada objeto, cada objeto no seu sítio."*. Esta etapa prende-se na necessidade de arrumar e dedicar um espaço a cada item no *Gemba*. Para arrumar de maneira útil e de modo a garantir que todos os colaboradores sabem e respeitam, utiliza-se etiquetas, códigos de cor, nomes e números em todos os componentes e garante-se que itens semelhantes são arrumados no mesmo sítio.

3. ***Seiso* (Limpeza):** Um *Gemba* confortável e seguro é garantido através do terceiro passo de 5S. Pretende-se aumentar a qualidade do trabalho através do aumento de motivação dos colaboradores pela limpeza do *Gemba*, garantindo que esta é um hábito diário e não forçado pela gestão. Para tal, nomeia-se responsáveis de zona que garantam o bom funcionamento e limpeza, seguindo os *standards* estabelecidos. A limpeza permite também, no caso da manutenção, detetar problemas e avarias o mais rapidamente possível, possibilitando gestão visual e facilitando as tarefas de manutenção.

4. ***Seiketsu* (Normalizar):** Os *standards* estabelecidos através da normalização são, como todas as restantes ferramentas *Kaizen*/LEAN, essenciais para a boa manutenção do *Gemba*. Para desenvolver *standards*, é necessário ter em conta os colaboradores e garantir que estes estão empenhados. As melhores práticas de trabalho são então desenvolvidas e standards são utilizados para garantir que não há desvio dos padrões.

5. ***Shitsuke* (Disciplina):** A disciplina é o passo mais complexo de implementar e manter, visto que é difícil suster as atividades de 5S durante longos períodos. De modo a encorajar os colaboradores, sistemas de pontos e recompensas (certificados, prémios monetários) podem ser utilizados para assegurar motivação.

2.2.6 *Value Stream Mapping*

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta que permite a visualização sob a forma de esquema dos fluxos de informação e material de uma cadeia de valor, permitindo saber não só a situação atual, mas também prever um estado futuro. Tem como finalidade assegurar a melhoria do processo, sendo para tal necessário ajustá-lo de processo em processo e garantir que satisfaz as exigências não só da organização, como dos clientes desta [2; 40; 30; 34; 73].

Através da sua utilização, identifica-se os locais onde se gera valor e onde está a ocorrer desperdício (desenhando um correto mapeamento, consegue-se capturar os sete *muda*). Deste modo, todas as atividades que não acrescentem valor destacam-se e melhora-se a cadeia de valor [42; 19; 13].

O VSM é implementado em 4 etapas, sequenciais: decidir o fluxo a mapear;estudar e entender o fluxo;desenhar o estado futuro (ideal); implementar o estado futuro (ideal).

De modo a iniciar a sua implantação, deve-se primeiro acompanhar a trajetória do produto/informação desde o início até ao fim do processo (1ª etapa), fazendo uma representação visual dos fluxos de informação e material e identificando os desperdícios que estão a ocorrer no presente (2ª etapa). De seguida, idealiza-se o estado futuro (ideal), prevendo as alterações e o impacto destas em ambos os fluxos (3ª etapa). Os dados recolhidos na 2ª etapa são cruciais

para realizar as melhorias e criar o estado ideal. Através das oportunidades detetadas, é possível desenhar soluções e processos para eliminar os desperdícios. Para finalizar, e de modo a transitar entre o estado atual (com desperdícios) e o estado futuro, implementa-se um plano de melhorias, com ações e tempo definidos [31; 2; 30; 34].

O VSM exige cuidados na sua utilização como ferramenta *Kaizen*/LEAN devido à análise superficial que realiza aos processos e à sua dispersão que dificulta a concentração nos problemas específicos. Assim, devemos usar o VSM como um gestor da cadeia de valor, mas tendo sempre em conta que este é um resumo visual [42].

Na Figura 2.8 é possível observar o mapeamento futuro de um fluxo de VSM de um consultor comercial. Note-se o *takt time* e tempo de adição de valor na parte inferior da figura.

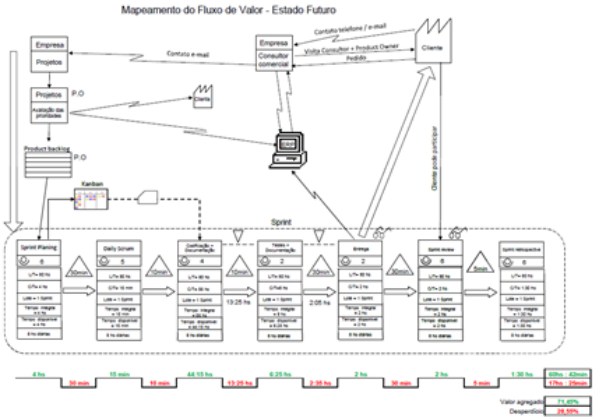


Figura 2.8: Exemplo de *Value Stream Mapping* de estado futuro [42]

2.2.7 Diagrama de *Spaghetti*

O diagrama de *Spaghetti* é uma ferramenta que permite analisar os fluxos de analise e informação do *Gemba*. Permite entender os fluxos atuais e as distâncias percorridas, servindo como uma ferramenta para detetar desperdícios de transporte e deslocações. A sua utilização é crucial para detetar *muda* de transporte e deslocações numa determinada atividade [26; 53; 23; 41; 62].

Extremamente utilizado na fase de diagnóstico, permite compreender onde um colaborador está a desperdiçar tempo em deslocações.

2.2.8 Diagrama de espinha de peixe

O diagrama de Espinha de Peixe, também chamado de diagrama de *Ishikawa* ou diagrama de causa-efeito é uma ferramenta que permite identificar possíveis causas para um efeito/problema. Permite estruturar uma sessão de *brainstorming* e categorizar ideias de modo simples e efetivo [26; 53; 41; 50; 75].

Identificando um problema, as diversas "espinhas" permitem compartimentar as possíveis causas e aprofundar. Causas genéricas como métodos, maquinas, materiais, operadores, medições e ambiente são bons começos para começar a aprofundar. Cada causa terá sempre uma sub-causa, até que se atinja o problema. Note-se que deve ser dada especial atenção a áreas que estejam pouco desenvolvidas no diagnóstico, visto que estas poderão ter problemas dissimulados [31; 49; 50; 75].

2.3 *Kaizen Business System*

O *Kaizen Business System* (KBS) é um modelo desenvolvido pelo *Kaizen Institute* de modo a introduzir a melhoria contínua nas diferentes organizações através de diversas ferramentas e metodologias, melhorando consequentemente a sua performance [31; 47; 17; 18].

O KBS encontra-se apoiado pelos fundamentos *Kaizen*, anteriormente falados, e tem cinco pilares, posteriormente abordados, que permitem a aproximação dos fornecedores aos clientes, melhorando processos, envolvendo pessoas, providenciando valor ao cliente e criando sucesso financeiro para todos os envolvidos [31; 2; 9].

Os cinco pilares que o constituem são o *Total Flow Management* (TFM), o *Total Productive Maintenance* (TPM), o *Total Quality Manangement*(TQM), o *Total Service Management* (TSM) e o *Innovation and Development Management* (IDM). A Figura 2.9 representa o modelo de conhecimento do KBS e os seus modelos de excelência para as operações e para o crescimento.

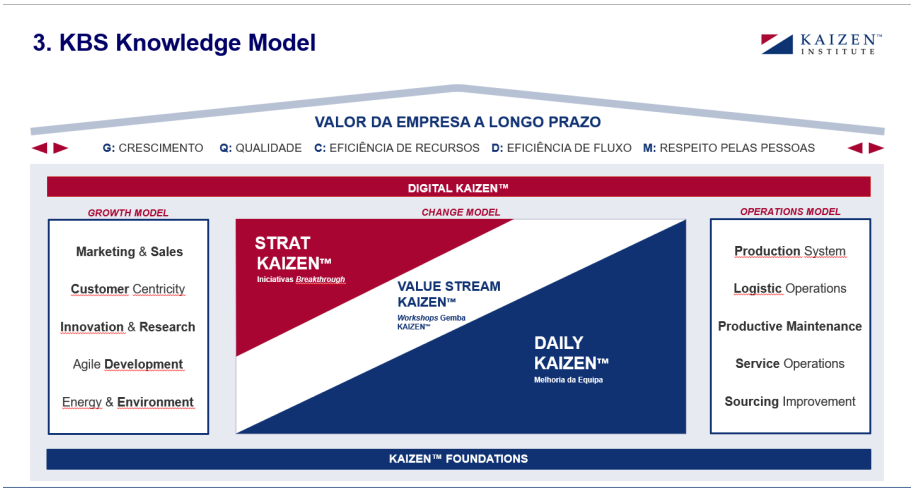


Figura 2.9: Representação do *Kaizen Business System* [32]

Os pilares TFM e TPM, parte do modelo para as operações do KBS, serão agora abordados em detalhe no âmbito da corrente Dissertação de Mestrado.

2.3.1 *Total Flow Management*

O TFM é uma ferramenta do KBS cuja metodologia é direcionada para criar fluxos de informação e material eficientes e que permite estudar a previsibilidade e comportamento do mercado [35; 37; 34; 47; 9].

Ao longo da cadeia de valor, garante a eliminação de desperdícios (*muda*), criando valor acrescentado e desenvolvendo os fluxos de informação e material de maneira a encurtar o *lead time*.

O TFM tem como objetivo otimizar os fluxos nas 3 áreas cruciais, assegurando as condições chave dos 5M. Deste modo, pretende-se mão de obra com competências necessárias e boas práticas (assiduidade, segurança, pontualidade), matéria prima facilmente acessível e sem roturas ou quebras de stock, máquinas sem avarias e paragens não planeadas, processos normalizados e correta gestão e manutenção e baixa variabilidade no *Gemba*, mantida através de *standards* [31; 9].

As três áreas cruciais visadas pelo TFM são: a produção, a logística interna e a logística externa. Para além das três áreas cruciais, há mais dois pilares essenciais para o modelo de gestão de fluxo total para a cadeia de fornecimento: a fiabilidade básica, relacionada com o conceito de estabilidade, foca-se na importância de estabilidade de modo a criar um fluxo eficiente, enquanto o projeto da cadeia de fornecimento utiliza ferramentas como o VSM e o diagrama de *Spaghetti* para representar fluxos de material e informação.

Pretende-se deste modo desenhar um fluxo puxado com todas as ferramentas *Kaizen*/LEAN para encontrar a melhor solução para a cadeia de fornecimento da empresa.

Na Figura 2.10 está representado o fluxo de TFM através das três áreas.

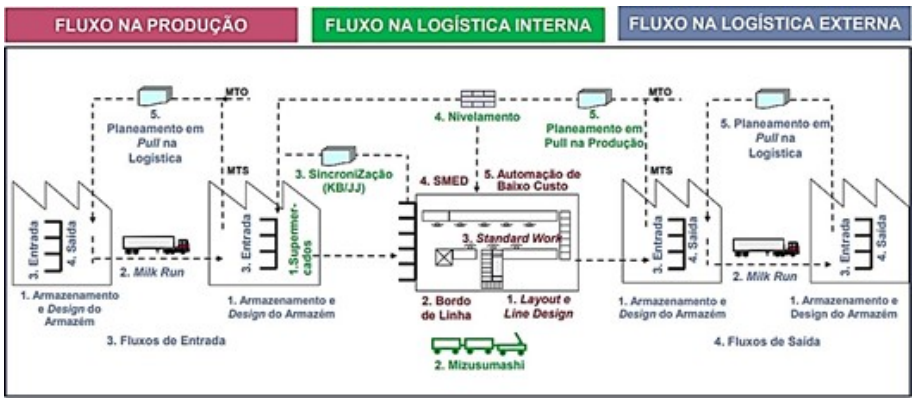


Figura 2.10: Fluxo no *Total Flow Management*

Serão agora abordados os três fluxos, iniciando na produção.

2.3.1.1 Fluxo na produção

Este fluxo aborda a otimização da linha de produção através do *layout* da linha de produção, do bordo de linha, da normalização do trabalho, *Single Minute Exchange of Die* e automação de baixo custo. Permite implementar um fluxo unitário (peça a peça), com flexibilidade na mudança de máquina e na disponibilidade de peças, elevando a eficiência no trabalho dos operadores [35; 9].

1. **Layout e desenho de linhas:** De modo a implementar corretamente o TFM, deve ser desenhada a sequência de operação de modo a compreender a relação entre as atividades e a maneira como estão encadeadas. Assim, pretende-se entender qual o tempo das atividades que acrescentam valor e relacioná-lo com o tempo total das operações.

   O principal objetivo de estabelecer um *layout* das linhas é organizar o espaço do *Gemba* de modo a otimizar o espaço, melhorando consequentemente o *lead time* e o stock excessivo. Deste modo, obtém-se um fluxo peça a peça.

   O *Bullwhip Effect*, fenómeno em que pequenas alterações na procura pelo cliente final influenciam aumentos da procura em toda a cadeia de abastecimento, surge num *layout* tradicional, em que as várias operações estão separadas fisicamente. Diferentes divisões (zonas de montagem de componentes/produtos, acabamento, controlo de qualidade) geram lotes de material para a seguinte, havendo transporte de lotes de uma divisão para outra. O *Bullwhip Effect* apresenta-se assim como a principal causa de excesso de *stock* e de produção em excesso [33; 2; 27; 34; 18; 8]. Assim, esta configuração leva a maior *lead time*, maior *stock* de produtos, maior *muda* de transporte (de uma etapa para a seguinte), menor visibilidade de cadeia e, consequentemente, numa gestão mais fastidiosa e complicada.

   Procura-se então reduzir os problemas deste tipo de *layout* tradicional, recorrendo-se a linhas de fluxo unitário em linha ou em célula (vulgarmente apelidado em U). Como é possível observar na Figura 2.14, este fluxo permite que não haja formação de lotes de uma etapa para a seguinte, havendo consequentemente otimização de tempo e espaço. Este *layout* de fluxo unitário permite reduzir *stock*, o *muda* de transporte, o *lead time*, o espaço utilizado e a complexidade da cadeia, permitindo então uma gestão mais simples e visual.

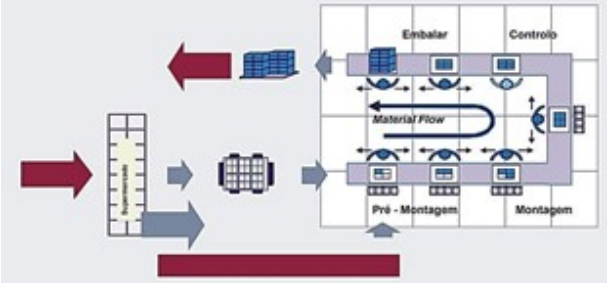


Figura 2.11: Fluxo Unitário em Célula [35]

De modo a controlar a linha de produção, recorre-se ao *takt time* e ao tempo de ciclo. O *takt time* mede a procura do cliente, o tempo de ciclo mede o trabalho efetuado [22; 1]. Assim, pretende-se que o tempo de ciclo de uma determinada linha seja inferior ao *takt time*, de modo a assimilar perdas e erros sem prejuízo. A equação apresentada na Figura 2.15 apresenta o método de cálculo do tempo de ciclo, e o método de cálculo do tempo de *takt* está presente na Figura 2.16.

$$\boxed{\textit{Cycle Time} = \frac{\text{Tempo disponível para a produção}}{\text{Número de unidades produzidas}}}$$

Figura 2.12: Fórmula de cálculo do tempo de ciclo

$$\boxed{\textit{Takt Time} = \frac{\text{Tempo disponível para a produção}}{\text{Procura de clientes}}}$$

Figura 2.13: Fórmula de cálculo do tempo de *takt*

2. **Bordo de Linha:** O bordo de linha é o local onde os materiais e componentes que irão ser utilizados na linha de montagem são armazenados. De modo a garantir flexibilidade e eficácia na disponibilidade de peças, este deve ser concebido para minimizar movimento de pessoas [35; 34].

   Abastecimentos grandes deverão ser distribuídos pelo bordo de linha, ao alcance dos operadores (preferencialmente frontal), evitando deslocações para reposições e acumulação de WIP. Um bordo de linha eficazmente implantado permite um melhor controlo de stock e um tempo de ciclo mais reduzido.

3. ***Standard Work* (Trabalho Padronizado):** De modo a implementar corretamente o TFM, deve ser desenhada a sequência de trabalho e garantir que esta é aplicada por todos os colaboradores. A implementação do trabalho padronizado segue cinco passos [35]:

   (a) Definir Objetivos: Utilizando ferramentas como o *SMART (specific, measurable, achievable, relevant, time-bound)* define-se um objetivo para a melhoria [67];

   (b) Estudar as condições atuais: Através de dados concretos e observação, identifica-se onde e como está a ocorrer desperdício de modo a implementar as melhorias;

   (c) Implementar a melhoria: Apresentando soluções aos problemas anteriormente identificados, implementa-se uma melhoria de modo a aumentar o valor acrescentado;

   (d) Normalização: Através de normas, ocorre criação de novas maneiras de trabalhar e de padronizar o trabalho;

   (e) Manutenção: Treinando os colaboradores, garante-se o sucesso a longo prazo da melhoria e o cumprimento das normas previamente estabelecidas;

   O trabalho padronizado, corretamente implementado, permite envolver todos os colaboradores do *Gemba* e garantir que as normas não só serão cumpridas como serão uma boa base para melhorias futuras [31; 49; 58; 47; 12; 70].

4. ***Single Minute Exchange of Die* (SMED):** O *Single Minute Exchange of Die* (SMED) é o processo de mudança de ferramenta em tempos inferiores a 10 minutos. As mudanças de séries ocorrem quando surge a necessidade de trocar de ferramentas para começar o fabrico de um novo componente/produto. Estas apresentam-se como um desperdício visto que a máquina não está a produzir, sendo então um momento *non-value adding* (NVA). O NVA é um tempo em que não ocorre produção e em que a capacidade das máquinas é nula [35; 31]. Através da análise e melhoria do tempo despendido em mudanças de *setup*, o SMED permite reduzir o tempo total perdido, não produtivo, em paragem e subsequente arranque da máquina, paragens de manutenção (substituição programada de componentes de modo a que não ocorra falha crítica) e limpeza (permite observar erros mais cedo e garante o bom funcionamento) [69; 3]. Assim, através de uma correta aplicação, reduz os tempos improdutivos e aumenta a capacidade de produção das máquinas nas quais é aplicado, garantindo uma redução de *stock*, de investimento em equipamento (e consequente redução dos custos de produção) e melhorando o serviço prestado ao cliente [46; 10; 63]. O SMED separa o *setup* em dois componentes: trabalho interno e trabalho externo. O trabalho interno é todo e qualquer trabalho que obrigue à paragem da máquina para ser executado. O trabalho externo, por sua vez, refere-se às tarefas que não necessitam da paragem da máquina para que possam ser realizadas. De modo a implementar o SMED, são necessárias cinco etapas, presentes na Figura 2.14:

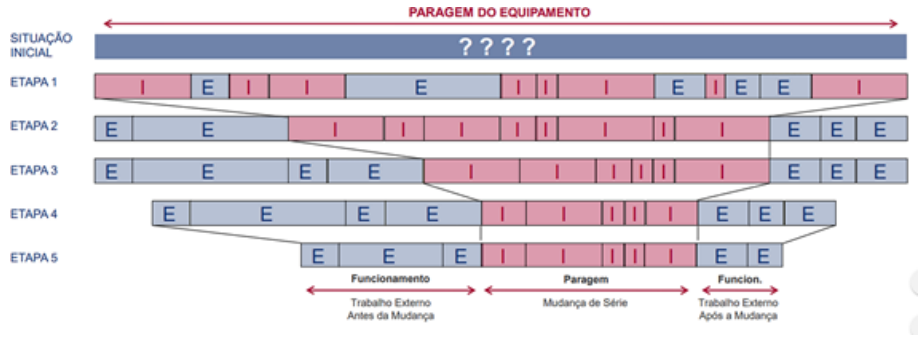


Figura 2.14: Etapas de implementação de *Single Minute Exchange of Die* [35]

As cinco etapas, sequenciais, são: estudo da situação atual; separação de trabalho interno e externo de modo a estabelecer a sequência de trabalho mais eficaz; transformação de trabalho interno em trabalho externo, alterando os equipamentos e os métodos de trabalho; redução de trabalho interno através de ferramentas como normas visuais e componentes já previamente montados; redução de trabalho externo através da melhoria da manutenção e da logística ao redor.

Com uma correta aplicação desta metodologia, espera-se a eliminação/redução de atividades que não geram valor recorrendo a normas e a externalização de trabalho interno. Reduzindo o tempo de *setup* e transformando as atividades internas em externas, obtém-se um claro aumento de produtividade e de eficiência de equipamento [10; 57].

5. **Automação de baixo custo:** A automação de baixo custo tem como principal objetivo automatizar o maior numero possível de projetos, com o menor investimento necessário. Isto é possível graças a mecanismos que permitem reduzir tempos de produção e aumentar a fiabilidade (reduzindo erros e normalizando processos) [35; 47; 43; 52]. *Checklists* de automação permitem traçar objetivos e fazer uma correta implementação. Mecanismos que recorram à gravidade, a tamanho e a movimentos simples tal como o *karakuri* (que recorre às leis da natureza e a um sistema de contrapesos, alavancas, rodas e polias) permitem reduzir desperdícios de movimentação por parte dos colaboradores. Com uma correta implementação, poder-se-á reduzir o inventário e o tempo de ciclo de maneira rápida, eficaz e não dispendiosa.

2.3.1.2 Fluxo na logística interna

Inclui toda a criação física do fluxo em pequenos contentores dentro da unidade de produção e a criação do fluxo de informação através do tratamento da encomenda *pull* (puxada) pelo cliente. Assim, trata de todo o trabalho de planeamento e programação da produção, minimizando custos e aumentando a qualidade [31; 34].

As melhorias passíveis de serem realizadas neste fluxo podem ser agrupadas em cinco diferentes categorias:

1. **Supermercados:** Na logística interna, os supermercados apresentam-se como o elemento base. São áreas de armazenamento para picking que recorrem a gestão visual e a FIFO, ocorrendo reposição de componentes/peças de acordo com o consumo [37; 34; 47; 8].

   Os supermercados possibilitam, a montante, atenuar a variabilidade e manter uma procura constante, de modo a que não ocorra variabilidade ao longo da cadeia de valor. Permitem simplificar e aumentar a eficiência do *picking* das peças para produção, utilizando um fluxo em *pull* [34; 8].

   Assim, o consumo de uma determinada peça/componente com referência específica irá conduzir à reposição dessa mesma referência, permitindo o planeamento de todo a cadeia de valor a partir de um único lugar.

2. ***Mizusumashi:*** O *Mizusumashi* é o operador logístico que coordena os supermercados. Tem como base um comboio logístico que garante o abastecimento de componentes/peças para a linha de produção e recolhe o produto final, transportando também as ordens de produção. O seu trabalho é cíclico e normalizado, com um circuito constante, definido em termos de espaço e tempo através das necessidades da linha de produção. Deste modo, os colaboradores na linha de produção podem focar-se nas atividades que geram valor, e ocorre uma redução de WIP no bordo de linha [8; 74; 21; 51; 66].

   O *Mizusumashi* simplifica e aumenta a eficiência do transporte das peças para os pontos de utilização, aumentando a qualidade e a flexibilidade da produção. Deste modo, apresenta-se como um operador que aumenta a produtividade, estando representado sob a forma de comboio, empilhado ou carrinho de distribuíção logística.

3. **Sincronização:** A sincronização simplifica a coordenação do fornecimento de peças e da produção entre as diferentes ligações do fluxo de produção através de ferramentas como o *Kanban* e o *Junjo*. Ao controlar a quantidade de peças WIP, em *stock* e produzidas garante-se a otimização do fluxo e a melhoria da gestão das operações [9; 51; 7; 28].

   O *Kanban*, também apelidado de abastecimento contínuo, garante que os componentes estão disponíveis para entrega ao cliente e que há reabastecimento de stock quando este atinge o nível de segurança.

   O *Junjo* é uma ferramenta que permite fornecer produtos de forma sequencial através de cartões de identificação que contêm as informações necessárias ao cliente e ao fornecedor [9].

4. **Nivelamento:** Permite uma programação eficaz das linhas e das máquinas, diminuindo o efeito chicote (*whiplash*) na cadeia de fornecimento. Como a procura pela parte do cliente não é constante, as variações desta levam a variações de procura em toda a cadeia de abastecimento, reduzindo a produtividade. Assim, de modo a reduzir as repercussões nos *stocks* e a evitar a sobreprodução, utiliza-se os *Kanban*, reduzindo o consumo de materiais e garantindo estabilidade desde o inicio da produção até à logística [8; 7].

5. **Planeamento em *Pull* da Produção:** Cálculo das ordens de produção de acordo com as regras de consumo puxado pelo consumidor. Atualmente, as organizações utilizam o modelo *push* que se foca no agrupamento de encomendas e em "empurrar" o produto para o cliente. Isto leva a desperdícios devido a lotes de produção grandes, a um excessivo *stock* e a fluxos reduzidos [35; 7].

   Com a utilização de um modelo *pull*, baseado na procura real do cliente, apenas são produzidos os produtos cuja referência é necessária, e na quantidade necessária. Assim, as operações ao longo da cadeia de valor estão sincronizadas, o que permite pequenos lotes, baixo *stock* e *lead time*.

2.3.1.3 Fluxo na logística externa

Responsável pela receção e entrega de materiais, tem como objetivo otimizar a logística externa [9]. Os seus cinco princípios base são:

1. **Desenho de Armazém e Arrumação:** Permite conceber as mais eficientes infraestruturas físicas de armazéns, gerindo os espaços de modo a obter o melhor funcionamento do armazém. Deve ter em atenção diversos critérios como distâncias, tempos, acessibilidade, gestão visual, controlo de defeitos e locais de preparação e expedição.

   Em combinação com um inventário reduzido, eliminação de desperdícios e fluxo de material, obtém-se uma operação otimizada e redução de espaço necessário.

2. ***Milk Run:*** Operador logístico que se baseia na recolha programada de peças num intervalo de tempo fixo, estipulando rotas para minimizar o custo de transporte e o *stock*. Trata do fluxo nas operações de transporte externas e permite reduzir inventários e aumentar a fiabilidade das reposições [5].

3. ***Source Flows:*** Cria um fluxo físico de paletes/pequenos contentores nas operações *inbound* (entrada e arrumação) de armazéns. É utilizado não só em distribuição como também em *stock*. É gerido pelo VSM, detalhado anteriormente [7].

4. ***Deliver Flows:*** Permite criar um fluxo físico de paletes e de pequenos contentores nas operações *outbound* (*picking* e envio) de armazéns, de *stock* e distribuição. Tal como os *Source Flows*, é analisado pelo VSM.

5. **Planeamento em *Pull* da Logística:** Semelhante ao planeamento em *pull* da Produção, permite calcular as ordens de *picking* de acordo com o consumo do cliente, neste caso final. Assim, o consumidor irá ditar a quantidade a entrar no picking. Permite reduzir excesso de *stock* [8].

2.3.2 *Total Productive Maintenance*

O *Total Productive Maintenance* (TPM) visa fomentar a manutenção preventiva e autónoma, reduzindo a necessidade de manutenção corretiva. Deste modo, pretende melhorar o rendimento, a capacidade, a eficiência e a qualidade dos equipamentos através da redução de erros e falhas, aumentando consequentemente a produtividade e a segurança de determinada máquina, reduzindo os custo de operação [35; 61; 71].

A visão da cultura abordada no TPM é de fomentar uma interdependência saudável entre a produção e a manutenção, de modo a que cada equipa esteja em sintonia e com objetivos partilhados, situação incomum em fábricas ditas tradicionais.

O TPM é baseado em cinco pilares, representados na Figura 2.15. Estes cinco pilares (*Kobetsu Kaizen*, Manutenção Autónoma, Manutenção Planeada, Educação e Treino, Segurança e Saúde) são sequenciais na sua implementação e abordam todos os objetivos de eliminar *muda* na manutenção, reduzir perdas por paragens de equipamentos, aumentar o indicador *Mean Time Between Failure* (MTBF), diminuir o indicador *Mean Time To Repair* (MTTR) e garantir a segurança através da inviabilidade de acidentes [35].

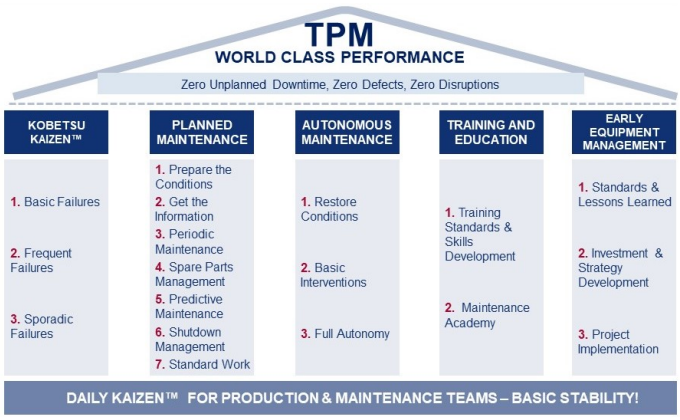


Figura 2.15: Os cinco pilares do modelo *Total Productive Maintenance* [35]

O MTTR é um indicador que permite saber o tempo que, em determinado equipamento, demora uma intervenção de modo a voltar à produção. É calculado através do tempo médio de intervenção no equipamento sobre o número de intervenções efetuadas. Este indicador assume que o erro detetado é capaz de ser reparado e que o equipamento não requer substituição. O seu resultado é apresentado normalmente em horas, ou minutos [60; 11].

O MTBF é um indicador que permite medir o tempo médio entre ocorrência de avarias de um determinado equipamento. É calculado pelo do tempo de abertura do equipamento (ou seja, desconsiderando o tempo de intervenção após paragem) sobre o número de paragens que o equipamento sofreu. Como o MTTR, é um indicador temporal, medido em horas ou minutos [60; 11].

Para além dos cinco pilares do TPM, é importante destacar que o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador percentual que permite medir a eficiência de determinada máquina/equipamento, indicando o seu tempo produtivo através de três indicadores [24]:

- Disponibilidade

  Calculada através do tempo de abertura do equipamento, permite analisar as perdas por paragem do equipamento, tempos em que o equipamento deveria estar disponível mas parou;

- Performance

  Permite calcular o tempo perdido em velocidades de produção mais lentas que a velocidade teórica do equipamento;

- Qualidade

  Calculada através do número de produtos produzidos em conformidade com as especificações, permite compreender o tempo de produção perdido por qualidade insuficiente, ou seja, por produtos em não conformidade;

A disponibilidade indica as perdas por paragem da máquina, a performance indica as perdas de velocidade e a qualidade as perdas por defeitos. Assim, procura-se ter um equipamento sem avarias (máxima disponibilidade), sem paragens (máxima performance) e sem defeitos (máxima qualidade) [24]. O OEE permite converter a perda de produtividade em perda de tempo e, consequentemente, perda de produção em quantidade de produto.

Através da fórmula seguinte, visível na Figura 2.16, calcula-se o OEE:

OEE = Disponibilidade x Performance x Qualidade

Figura 2.16: Fórmula de cálculo do OEE

2.3.2.1 *Kobetsu Kaizen*

Kobetsu Kaizen, "melhoria focada", é o primeiro pilar do TPM cujo objetivo é, como a tradução indica, abordar um problema específico passo-a-passo, com uma metodologia estruturada e definida por nove passos[35]:

1. Definir âmbito da intervenção e Objetivo

   O primeiro passo de um *Kobetsu* tem como objetivo definir o *scope* (âmbito) de um projeto e estabelecer o problema que irá ser abordado;

2. Compreender o estado inicial

   O segundo passo permite definir problema abordado, utilizando ferramentas como gráficos de *Pareto* e *5 Porquês*. É essencial recolher dados no terreno e compreender o problema de forma profunda e detalhada;

3. Definir o estado ideal

   No terceiro passo, define-se os objetivos a atingir, dentro de uma abordagem *SMART*- Simples, Mensurável, Atingível, Relevante e Temporal;

4. Identificar as causas raíz dos problemas

   Para o quarto passo, ferramentas como o Diagrama de *Ishikawa* e, mais uma vez, os *5 Porquês*, são cruciais para identificar as causas raíz de modo a entender onde se deverá implementar as soluções;

5. Desenho de soluções

   Através de uma matriz de prioridade lista-se as soluções desenhadas de modo a resolver as causas raíz identificadas no passo anterior. Soluções com baixo esforço e elevado impacto *"Quick Wins"*devem ser implementadas com a maior rapidez possível, tendo alta prioridade no desenrolar do projeto;

6. Teste de soluções

   De modo a testar as soluções desenhadas é necessário elaborar um plano de implementação com uma componente temporal (Qual é a data limite para obter um resultado?), um responsável (Quem deve garantir o desenrolar e a implementação?), os recursos necessários (Que equipa/equipamento é necessário?), uma norma de procedimento (Quais são os passos a tomar de modo a obter os resultados pretendidos?) e um indicador que demonstre o sucesso dessa solução (A solução desenhada criou valor?);

7. Desenho de plano de ações

   O plano de ações tem como objetivo listar todas as ações propostas, indicando o responsável para cada uma delas e a data de conclusão. Este passo é de maior importância para compreender se a implementação está a ser bem sucedida;

8. Obtenção de resultados e definição de normas/*standards*

   Através da comparação do momento pré-melhoria e do momento pós-melhoria, através de indicadores, procura-se garantir que os objetivos propostos foram atingidos. Caso não tenham sido, uma nova ação de melhoria é lançada, recomeçando no segundo passo. Caso os objetivos tenham sido concretizados, uma nova norma é estabelecida;

9. *Rollout* para outros equipamentos/áreas

   Garantidos os objetivos, equipamentos/áreas semelhantes são analisados de modo a compreender se a melhoria é passível de ser extendida;

2.3.2.2 Manutenção autónoma

O segundo pilar do TPM tem como fundamento a tomada de responsabilidade do operador do equipamento no que diz respeito à sua limpeza e manutenção básica. Este fundamento permite que a equipa de manutenção seja libertada para realizar tarefas de manutenção preventiva, cuja natureza é mais exigente a nível de conhecimentos e de especificidade. Deste modo, uma relação de simbiose é criada entre as equipas de produção e de manutenção [35].

Pretende-se incutir tarefas como limpeza, lubrificação e inspeção às equipas de produção, libertando então a equipa de manutenção para realizar menos manutenção corretiva (graças às ações que a produção efetua) e garantindo mais disponibilidade para uma melhor gestão das ocorrências e para realizar ações preventivas e preditivas. Assim, é possível garantir que a equipa de manutenção realiza tarefas onde realmente acrescenta valor. A visão da manutenção no modelo *Kaizen* pode ser visualizada na Figura 2.17 [35].

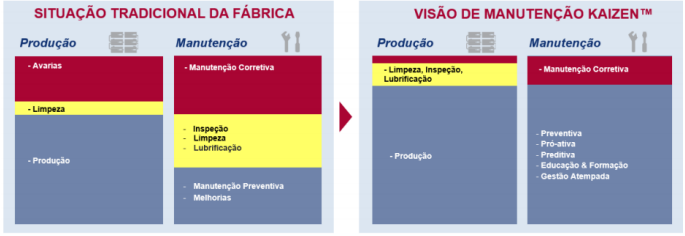


Figura 2.17: Visão da manutenção segundo o modelo *Kaizen* [32]

A manutenção autónoma encontra-se dividida em três níveis: nível de reparação, que consiste em rotinas de lubrificação, limpeza e apertos, com a supervisão de um responsável, se necessário; nível de prevenção, que consiste na identificação de causas possíveis de problemas, tais como ruído e fugas de lubrificantes. Através da prevenção, é possível identificar as causas raíz dos problemas; nível de melhoria: após identificar as causas raíz, procede-se a ações corretivas (em todos os níveis) e, em equipa, propõe-se melhorias de modo a evitar ocorrências frequentes dessas mesmas causas.

2.3.2.3 Manutenção planeada

A manutenção planeada surge de modo a manter as condições ideias de um equipamento quando este é requisitado (disponibilidade) e a aptidão desse mesmo equipamento para cumprir a função requisitada, sem falhas ou quebras de rendimento, durante o período de tempo definido (fiabilidade). Ao assegurar a disponibilidade e fiabilidade pelo maior período de tempo possível, assegura-se um menor custo de operação (elimina-se o tempo dispendido em avarias e erros de produção- *muda*) e manutenção de determinado equipamento, para além de garantir um aumento de qualidade [36].

A manutenção planeada divide-se em quatro diferentes áreas: *Preventive Maintenance* (PM), *Time Based Maintenance* (TBM), *Condition Based Maintenance* (CBM) e *Corrective Maintenance* (CM).

A PM é a área mais crucial de modo a garantir a correta aplicação do TPM. Através de manutenção preventiva, é possível prevenir avarias e garantir que o *Mean Time Between Failure* (MTBF) aumenta, intervindo no equipamento antes deste parar por avaria. Assim, a manutenção preventiva é realizada em intervalos de tempos definidos, com inspeções e lubrificações, ajustes e apertos. Cada equipamento terá o seu plano de manutenção preventiva, consoante as suas necessidades e utilização.

A TBM é toda e qualquer manutenção executada com o critério tempo. Assim, evita-se deterioração de componentes que poderão perecer como borrachas, óleos e juntas.

A CBM, ao contrário da TBM, tem como critério o estado dos componentes. Deste modo, desconsidera-se o tempo em que determinado componente esteve a exercer uma função, priorizando o seu estado e desgaste. Peças que sofrem elevado desgaste e que não se deterioram com o passar do tempo estão sujeitas a este tipo de manutenção planeada.

A CM deve ser ser evitada, visto que ocorre após uma falha/avaria. Assim, o modelo de manutenção planeada é construído à volta do PM, do TBM e do CBM de modo a evitar paragens e consequente manutenção corretiva [35; 36].

De modo a implementar-se corretamente a manutenção planeada, deve-se ter em conta a condição inicial dos equipamentos, os dados técnicos e a situação atual desse mesmo equipamento, assegurar que há um *report* que permita avaliar os resultados das intervenções e que permita controlar a manutenção produtiva.

2.3.2.4 Formação e treino

Este pilar visa promover a partilha de conhecimento entre as equipas de produção e as equipas de manutenção. Esta partilha de conhecimento tem lugar através de formações e *workshops* que permitem a todos os elementos maior facilidade na deteção dos problemas dos equipamentos e, se necessário, maior rapidez na resolução desses mesmos problemas. Deste modo, assegura-se uma melhor condição dos equipamentos e, consequentemente, maior disponibilidade.

2.3.2.5 Segurança e saúde

Este pilar, abordado no final do TPM, tem como objetivo garantir os três zeros: zero acidentes, zero problemas de saúde, zero incêndios [65]. Sendo o *Gemba* o local mais importante, é necessário garatir que este é seguro e não afetado negativamente pelos processos que nele ocorrem.

A segurança e saúde abrage diversas áreas como a localização e número de extintores, os equipamentos de segurança individuais (E.P.I.s) a serem utilizados pelos colaboradores e as saídas de emergência e pontos de encontro exteriores em caso de emergência.

Capítulo 3

Descrição do problema e análise da situação atual

O presente capítulo irá abordar a situação "antes", pré-melhoria, explicando o contexto do problema, o problema e as oportunidades identificadas. Será referida, com a devida confidencialidade, a empresa na qual se desenrolou o projeto e quais os valores de base dos indicadores que foram analisados no arranque, definindo também novos indicadores que deveriam ser acompanhados pelas equipas da unidade industrial.

3.1 A indústria de extração em Portugal

A Indústria de Extração em Portugal, no ano de 2019, registou um valor de produção de 1039 milhões de euros, e de 1021 milhões de euros, no mesmo período, em exportações. O subsetor dos minerais industriais, no qual a empresa se situa, representa 5,2% deste valor [16].

A empresa opera no setor dos minerais industriais, com a UI estudada no presente documento a extrair caulino como principal matéria prima. No ano de 2019, em Portugal, foram extraídas 328 354 toneladas deste minério [16].

Nos minerais industriais, o caulino representa 13% da produção em 2019, demonstrando a sua importância.

A indústria de extração de caulino, em 2019, apresentava 85 estabelecimentos em atividade e 699 colaboradores ao serviço [16].

3.2 A empresa

A empresa opera no setor cerâmico e tem uma gama de 110 produtos, extraídos e produzidos em várias regiões do território nacional, sendo comercializados a mais de 100 clientes de

diferentes setores e regiões, nacionais e internacionais.

Os 110 produtos estão divididos por tipologia, e podem sofrer vários processos de transformação (tais como alteração de composição e alteração de granulometria) antes de serem comercializados.

O tipo de indústria na qual a empresa opera é de elevado desgaste e ineficiência, apresentando também uma elevada taxa de avarias e consequente paragem de equipamentos. Será agora analizada a UI na qual o projeto TPM foi iniciado.

3.2.1 A unidade industrial

A UI em questão situa-se no norte do país e engloba minas de extração de matéria prima e um site de tratamento dessa mesma matéria prima. Com clientes externos e clientes internos (dentro do mesmo grupo-empresa), esta UI produz barro vermelho, areias (subproduto) mas tem como principal produto três diferentes categorias de caulino que variam na sua composição química e cor, sendo doravante referidos como caulino A, caulino B e caulino C.

O problema com o qual o *Kaizen Institute* foi confrontado à chegada foi a falta de capacidade produtiva para o número de encomendas colocadas. Deste modo, foi realizado um diagnóstico de modo a compreender as ferramentas a aplicar e as áreas a trabalhar de modo a garantir o cumprimento das encomendas, aumentando consequentemente a faturação.

3.2.1.1 Fluxo de materiais na unidade industrial

A UI analisada tem um processo dividido em cinco etapas de processo: extração (mina), lavagem, decantação, prensagem e extrusão/secador.

O foco do projeto TPM foi de aumentar a eficiência dos equipamentos que compõem a lavagem, a filtroprensagem (*bottleneck* do processo) e extrusão/secador.

O processo inicia-se na extração, através de duas giratórias, que realizam a extração e o carregamento dos camiões na mina. De seguida, o camião descarrega a matéria prima extraída num *stock* onde irá depois ser transferida para uma tremonha de 20 toneladas, através de uma pá carregadora. A tremonha alimenta um tapete que transporta a matéria prima até ao primeiro processo, a lavagem, onde ocorre separação dos diferentes mineirais presentes. A UI tem dois equipamentos de lavagem, de modo a rentabilizar a extração. Nesta etapa são extraídas areias com diferentes granulometrias, sub-produtos do processo. A principal fonte de rendimento da UI e, como tal, o processo mais importante, é a produção de caulino.

Extraído o caulino da matéria prima, este passa em tubagens para um decantador de modo a controlar a sua densidade e resíduos, sendo de seguida colocado em seis tanques de 100 toneladas como *stock*, e depois em dois tanques de 10 toneladas de *stock* pulmão. Estes tanques pulmão irão reduzir a distância para alimentar o processo seguinte no fluxo, as filtroprensas.

Estas irão prensar o caulino e retirar água, reduzindo a sua humidade. As descargas das cinco filtroprensas são realizadas de forma manual, por dois colaboradores.

Após o processo de descarga das filtroprensas, o caulino apresenta-se sob a forma de placa, com peso a rondar os 100 kg. Estas placas podem sofrer três destinos: venda direta para cliente externo, venda para cliente interno (dentro do grupo) ou continuidade no processo e extrusão/-secador, para o produto final ser vendido sob a forma de *pellets*, com humidade reduzida.

Deste modo, o produto pode sofrer uma etapa (extração/lavagem), duas etapas (extração/-lavagem e prensagem) ou três etapas (extração/lavagem, prensagem e extrusão/secador) até ser expedido.

O fluxo do processo pode ser observado, em detalhe, na Figura 3.1.

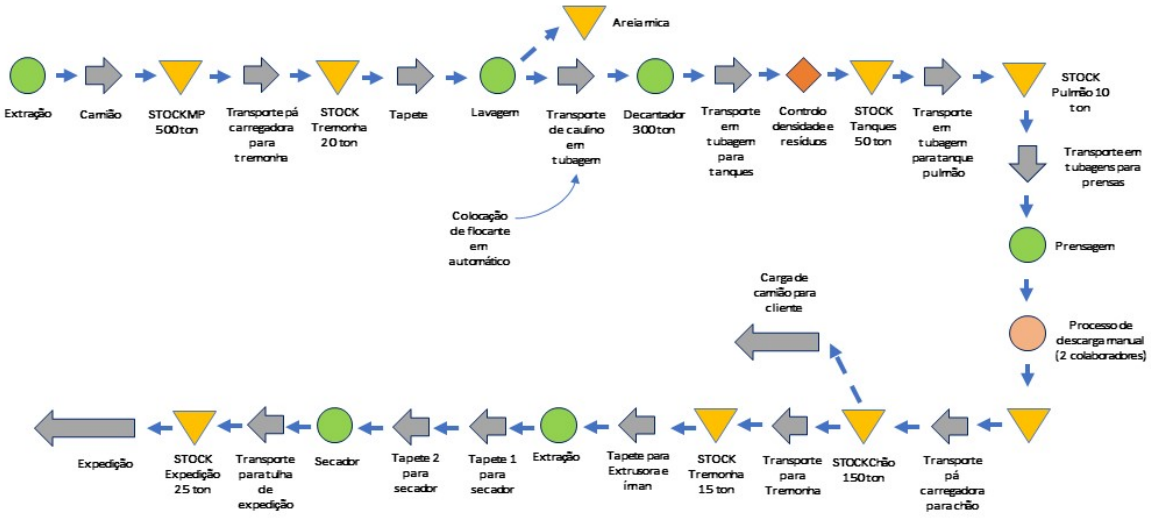


Figura 3.1: Fluxo de materiais na unidade industrial

A Figura 3.2 demonstra o esquema da UI, com as zonas de lavagem, prensagem e secador representadas visualmente com as suas siglas. Note-se a oficina de manutenção representada na cor laranja, entre a extrusora/secador e as filtroprensas.

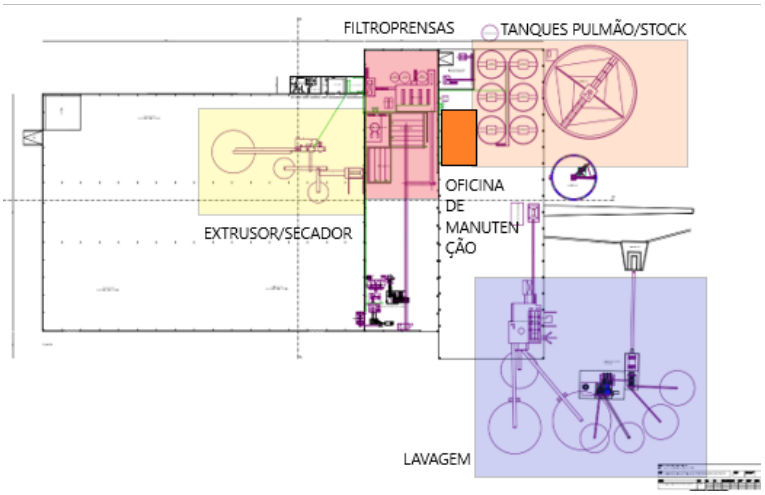


Figura 3.2: Layout da unidade industrial

3.2.1.2 Fluxo de informação na unidade industrial

A UI, aquando do diagnóstico do *Kaizen Institute*, não apresentava um fluxo de encomendas concretamente definido, nem normas de modo a cumprir um *standard*. Assim, a encomenda de cliente (tanto externo como interno) podia-se processar através de vários canais (e-mail, telefone, presencial) e podia entrar a partir de vários colaboradores: devido à inexistência de um comercial, toda a gente que recebesse uma encomenda, qualquer que fosse o canal de receção, iria aceitá-la e entregar ao responsável de produção as quantidades, produto a produzir e local/data de entrega acordada, sendo que em determinados pedidos o responsável de produção poderia tratar da logística.

Após a produção, o responsável de laboratório retirava amostras de diferentes lotes (caso a encomenda fosse substancial) e conduzia análises de composição química de modo a garantir a qualidade final. Após o *check* final, as encomendas eram carregadas em camiões ou contentores, de acordo com o pedido do cliente, e expedidas.

Esta organização resultava em constantes atrasos de produção, que se traduziam em atrasos de entrega, prejudicando o nível de serviço. Estes atrasos, juntamente com a elevada procura de produto, levantavam um problema de capacidade de resposta à procura pela parte da UI.

Relativamente à informação dentro da UI, o processo de requisição de manutenção foi também mapeada de modo a compreender o fluxo de informação aquado de uma paragem/avaria. Tal como o processo de receção de encomendas, as requisições de manutenção não seguiam um *standard*, processando-se por vários canais distintos tais como e-mail, mensagem de texto, telefonema e, nalguns casos, deslocação do colaborador até à oficina de manutenção.

O responsável de manutenção da UI, depois de receber a informação de avaria, deslocava-se ao local e distribuia o trabalho a um dos colaboradores da equipa de manutenção, caso o

trabalho fosse prioritário e houvesse peças de substituição disponíveis (após diagnóstico). Caso não o fosse, era protelado para o dia seguinte, resultando em paragens prolongadas de alguns equipamentos.

De destacar também a inexistência de um registo de intervenções efetuadas (tipologia, equipamento, colaborador e data) que permitisse analisar as principais causas e frequência das avarias, nem o sucesso das intervenções efetuadas. Deste modo, não foi possível calcular o MTTR e o MTBF na fase de diagnóstico, sendo impreterível criar um registo destes indicadores na fase de implementação.

Assim, surgiu como oportunidade de melhoria a criação de um ficheiro de requisição de manutenção, informático, que permitisse depois registar o tipo de intervenção efetuada de modo a obter maior visibilidade no que diz respeito à manutenção dos equipamentos.

3.2.1.3 Manutenção na unidade industrial

A equipa de manutenção da UI é constituída por quatro elementos, três a *full time* e um colaborador com horário parcial. Liderados pelo responsável de manutenção, todos os colaboradores trabalham num só turno e dedicam os seus esforços a manutenções corretivas de caráter urgente, com paragem do equipamento envolvido (*firefighting*), devido ao estado dos equipamentos e à inexistência de um plano de intervenção preventiva.

Aquando da chegada do *Kaizen Institute*, um registo de intervenções não era realizado no que diz respeito a tipo de intervenção, tempo de paragem para intervenção e componentes substituídos nessa mesma intervenção, sendo apenas realizado em papel para o tempo em que os diferentes equipamentos estavam parados por avaria. Existia falta de estabilidade básica, devido à falta de organização da equipa e de planeamento, com os recursos a serem geridos pelo encarregado de produção e não pelo responsável da equipa de manutenção.

Para além da falta de dados no que diz respeito às intervenções e à falta de organização da equipa natural, o inventário de peças de substituição era inexistente e o armazém encontrava-se cheio de componentes destinados à reciclagem, sem organização.

3.2.1.4 Vendas e nível de serviço

O nível de serviço, na empresa, é medido através de um indicador OTIF (*On Time, In Full*. O indicador OTIF é calculado através do número de encomendas completas entregues a tempo sobre o número de encomendas total. Deste modo, tem em conta quatro fatores: a entrega do produto correto encomendado pelo cliente, a entrega da quantidade correta encomendada pelo cliente, o correto local de entrega e a data de entrega. Tomando como *baseline* o ano de 2020, o OTIF foi de 67%. A Tabela 3.1 representa o OTIF do ano de 2020 com as flutuações observadas

causa de paragens nos equipamentos e de atrasos na produção, levando ao incumprimento de encomendas.

Tabela 3.1: Nível de serviço no ano de 2020

Mês	OTIF
janeiro	62%
fevereiro	65%
março	70%
abril	68%
maio	66%
junho	68%
julho	63%
agosto	67%
setembro	52%
outubro	79%
novembro	76%
dezembro	71%
Anual 2020	67%

3.3 *Baselines* de valores calculados na fase de diagnóstico

Partindo da base de dados da UI do ano de 2020, foi calculado o OEE relativo ao ano de 2020, apresentando um resultado de 61,6%. Os valores de OEE relativos ao ano de 2020, por mês (linha) e por filtroprensa (coluna), podem ser observados na Tabela 3.2. Note-se o valor do OEE para a FP-A que é substancialmente menor aos outros equipamentos de prensagem, devido às paragens por avaria, comprovado por um Pareto de Paragens. Deste modo, a filtroprensa FP-A foi percetida como o equipamento mais crítico nas filtroprensas.

Tabela 3.2: OEE por filtroprensa no ano de 2020

Mês	FP-A	FP-B	FP-C	FP-D	FP-E	Total OEE/mês
janeiro	57,40%	54,07%	65,08%	66,71%	58,23%	60,30%
fevereiro	59,86%	59,07%	63,71%	64,56%	62,61%	61,96%
março	57,60%	60,29%	62,81%	62,26%	59,91%	60,57%
abril	54,31%	65,33%	63,44%	63,44%	63,80%	62,06%
maio	55,80%	67,38%	47,40%	62,71%	65,84%	59,83%
junho	58,20%	63,80%	65,26%	64,53%	62,27%	62,81%
julho	62,08%	59,18%	52,62%	62,67%	59,59%	59,23%
agosto	61,76%	59,21%	56,88%	59,43%	58,70%	59,20%
setembro	59,03%	63,91%	60,55%	61,50%	61,69%	61,34%
outubro	67,10%	65,75%	63,37%	60,48%	63,95%	64,13%
novembro	42,70%	62,88%	60,96%	60,08%	56,76%	56,68%
dezembro	57,10%	61,02%	61,35%	61,35%	66,08%	61,38%
Total OEE/FP	57,75%	61,82%	60,29%	62,48%	61,62%	**60,79%**

A Produção por produto e por mês relativa ao ano de 2020 está representada na Tabela 3.3. O caulino A e o caulino B são o os produtos mais produzidos e são responsáveis por grande parte da produção mensal da UI. Todas as filtroprensas produzem os três diferentes tipos de produto.

Tabela 3.3: Produção mensal da unidade industrial por tipologia de produto

Mês	caulino A	caulino B	caulino C	Total mês
janeiro	4162,35	3356,29	/	7518,64
fevereiro	3387,9	3968,49	/	7356,39
março	3739,35	3641,88	/	7381,23
abril	3246,45	2627,94	/	5874,39
maio	2447,1	3240,76	/	5687,86
junho	1169,25	4453,03	260,55	5882,83
julho	4089,36	2466,66	145,23	6701,25
agosto	2464,39	3019,45	/	5483,84
setembro	3267,24	3229,78	/	6497,02
outubro	3627,47	2478,18	558,9	6664,55
novembro	3526,08	3226,22	193,8	6946,10
dezembro	2934,24	2683,71	276,26	5894,21
Total Produto	38061,18	38392,39	1434,74	77888,31

Definidos os *Baselines* de OEE para as filtroprensas e os valores de produção de cada tipologia de produto, foram detetadas oportunidades de melhoria, de seguida apresentadas.

3.4 Oportunidades de melhoria

O projeto *Kaizen* na empresa focou-se em duas áreas: planeamento e produção (TFM) e manutenção (TPM). As duas áreas, apesar de distintas, têm um forte componente de simbiose e inter-dependência. Estes dois projetos são analisados numa sala de controlo, a *Mission Control Room* (MCR), através de indicadores que apresentem os objetivos comuns e específicos a cada uma das áreas. A presente secção irá relatar as oportunidades de melhoria nas duas áreas, apesar do foco da Dissertação de Mestrado ser no âmbito do TPM.

No âmbito do planeamento e produção, o principal objetivo é responder à elevada procura registada no presente sem investimento em novos equipamentos, melhorando fluxos e processos, aumentando as encomendas entregues na totalidade e sem atrasos ao cliente, medido através do indicador *On Time, In Full* (OTIF) . Para tal, cruzado com o programa TPM, é necessário restabelecer as condições iniciais aos equipamentos e garantir que estes se mantêm em condições ótimas, sem sofrer desgaste, aumentando o tempo de abertura dos equipamentos e, consequentemente, a capacidade produtiva. Utilizando a ferramenta *Kaizen Diário*, pretende-se garantir a visibilidade dos indicadores e objetivos de produção, e da produtividade dos diferentes turnos, melhorando a motivação e o espírito de equipa. Por fim, através de um registo informático com base de dados geral, compreender a produção e tempos de paragem de modo a assegurar a eficiência dos fluxos.

No âmbito do TFM, o objetivo é de obter um ganho líquido de 18,6% de produção, passando das 77 888 toneladas registadas em 2020 para 92 451 toneladas anuais através da redução de tempos de paragem e de *quick wins* observados na fase de diagnóstico, visíveis na Tabela 3.4:

No âmbito da Manutenção (TPM), o principal objetivo foi garantir a inexistência de paragens e a organização de *stocks* de *spare parts* e de ferramentas. Para tal, um plano de manutenção preventiva é essencial, visando aumentar o planeamento da equipa de manutenção. Como na produção, o registo informático de tempos de paragem e a implementação de um ficheiro de requisição de manutenções permite priorizar as emergências e, em combinação com o planeamento obtido através da manutenção preventiva, reduzir o número de intervenções *firefighting*, impossíveis de prever e planear. Estes ficheiros têm também um papel importante na criação de um histórico de paragens e intervenções que permite obter dados como o MTTR e o MTBF de modo a melhorar o planeamento e as manutenções realisadas.

Comum às três áreas, são realizadas as reuniões na MCR e a melhoria da comunicação entre os diferentes departamentos, com forte impacto nos fluxos de informação, e a criação de *standards* que permita uniformizar os processos e os seus resultados.

Tabela 3.4: Oportunidades detetadas no âmbito do *Total Flow Management*

Área	Oportunidade
Lavagem	Implementar alarme de encravamento
Lavagem	Tornar visível histórico de velocidade de tapetes
Tanques Decantadores	Criar registo de Floculante e Densidade
Tanques Decantadores	Criar sistema de deteção de fugas
Filtroprensas	Redução e normalização do tempo de descarga
Filtroprensas	Gestão da colocação e troca de panos
Filtroprensas	Criar processo de lavagem das prensas
Filtroprensas	Automatização do processo de descarga
Filtroprensas	Controlo de humidade à saída das prensas
Filtroprensas	Controlo de tempo de prensagem
Filtroprensas	Desfasamento de ciclos de descarga
Extrusora	Instalação de sensores para identificar rotura de stock na tremonha
Extrusora	Melhoria de processo de desagregação de produto
Secador	Standardização do processo para minimizar consumo de gás

Capítulo 4

Implementação das ações de melhoria

O presente capítulo apresentará as soluções desenhadas na fase de diagnóstico, apresentada no capítulo anterior, e a sua implementação até ao final do mês de Junho do ano de 2021. Através da apresentação de diferentes métodos de recolha e análise de dados, permitirá compreender como foram medidos os resultados obtidos e quais as principais áreas de intervenção do *Kaizen Institute*

4.1 Análise de dados através de indicadores

De modo a garantir estabilidade básica é necessário ter visibilidade sobre os dados de produção, manutenção e de planeamento através de indicadores que permitam observar a *performance*. Deste modo, é necessário estabelecer *standards* que garantam avaliações rotineiras e que permitam compreender a situação real e corrigir problemas.

4.1.1 Recolha de dados da produção

A empresa utilizava um sistema de registo manual em folhas no que dizia respeito ao controlo dos tempos de produção e paragem em alguns equipamentos, preenchido pelos colaboradores e apresentando um grau de incerteza elevado e variabilidade no registo. Após o registo, este era, semanalmente, preenchido em excel pela responsável de laboratório.

Assim, foi criado um ficheiro Excel de registo de paragens em todos os equipamentos da UI, e através da instalação de computadores, os colaboradores alimentam uma base de dados que apresenta as paragens e quantidades produzidas das diversas áreas da UI, apresentando os dados através de indicadores, num *dashboard* diário enviado para as diferentes equipas naturais e para a equipa de gestão de projeto, de modo a permitir um acompanhamento de todos os processos da UI. Este acompanhamento diário permite reagir aos desvios do plano de produção de uma maneira mais rápida e eficaz.

Os Indicadores apresentados são: cálculo do OEE por turno (calculado através da disponibilidade, rendimento e qualidade), as toneladas produzidas por equipamento/turno e o número de avarias por turno. Para o cálculo do OEE, foram analisadas as velocidades nominais máximas de cada equipamento para cada produto diferente (velocidade teórica de produção).

De modo a registar as quantidades produzidas foi contabilizada a produção, na fase de diagnóstico, da seguinte forma para cada um dos equipamentos. Para as lavagens, foi definida a produção horária de caulino para os tanques de decantação. Foi definida através do peso de cinco minutos de produção e extrapolação para produção horária, retirando o maior número de amostras possível de modo a obter um resultado preciso. Para as filtroprensas, foi definida a produção por filtroprensa, por unidade. Para cada um das filtroprensas foi pesada uma placa e, mais uma vez, através de extrapolação para a produção horária, calculado o peso por prensagem. Como para as lavagens, foram analisadas várias placas em cada filtroprensa, garantindo o menor erro possível. Para o secador, foi calculada a produção horária através da pesagem da quantidade produzida ao longo de cinco minutos e de extrapolação como para os processos anteriores. No entanto, de modo a calcular o *output* correto, foi necessário remover o retorno de produto inserido no processo que facilita a diminuição de humidade ("secos").

Para o cálculo da disponibilidade, utiliza-se o ficheiro de registo de produção no qual são registadas as paragens. Este cálculo é feito automaticamente pelo *report*, após o registo das paragens pela parte dos colaboradores. Para o cálculo da qualidade assume-se sempre um valor de qualidade de 100%, visto que não há produtos que sofram rejeição pela natureza do processo. Deste modo, o OEE é calculado pelo produto da disponibilidade e do rendimento dos equipamentos analisados.

Para o registo das paragens, foram definidas todas as tipologias de paragem e implementado um *drop down menu* de modo a que o registo fosse obrigatório de modo a submeter o ficheiro, visível na Figura 4.1, seja em final de produção, seja em caso de paragem.

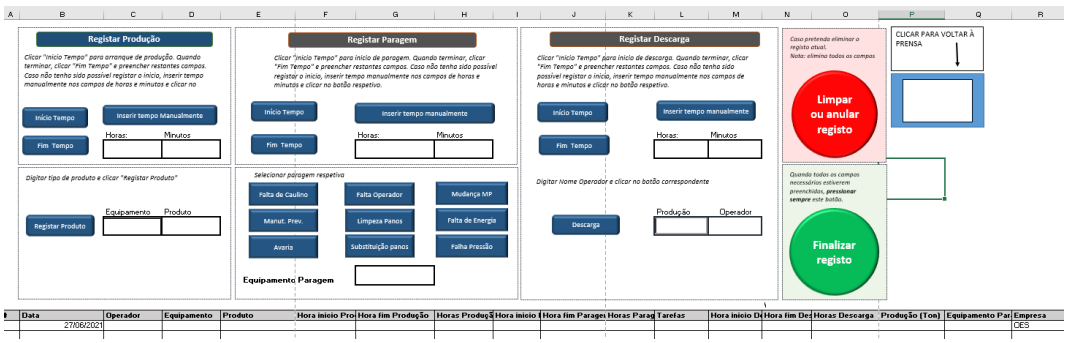


Figura 4.1: Ficheiro de registo de produção e paragens para uma filtroprensa

De modo a garantir o correto preenchimento, foi necessário formar e educar os colaboradores, assegurando que não ocorriam erros e falhas no registo. Após a formação de todos os colaboradores, foram criadas duas normas, visuais e simples, uma de registo de paragens e outra de registo de produção, colocadas junto a cada computador de registo. A norma de registo de paragens está visível na Figura 4.2 . O registo em papel foi, após uma semana de transição, retirado.

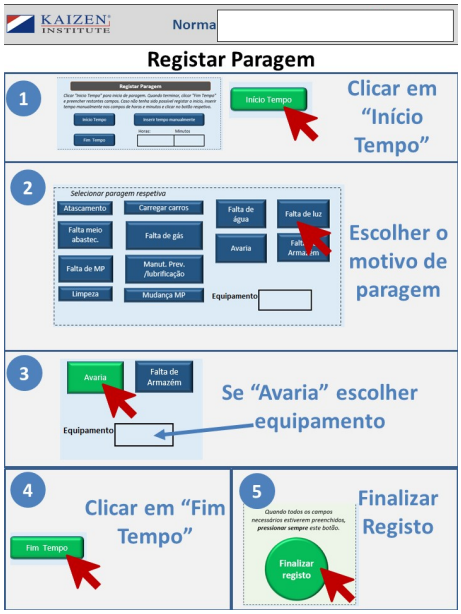


Figura 4.2: Norma de registo de paragens

4.1.2 Recolha de dados da manutenção

No que diz respeito ao processo de manutenção, não existia qualquer tipo de recolha de dados (tipos, tempos e frequências de intervenções realizadas). Como tal, foi necessário implementar uma recolha de dados eficiente e normalizada de modo a obter indicadores relevantes e que apresentem a situação real.

Uma requisição informática, criada em *Microsoft Forms*, foi implementada nos computadores nos quais os colaboradores registam as paragens de Produção. Tal como os restantes ficheiros, foi criado um *standard* de preenchimento e os colaboradores receberam formação de modo a garantir conformidade e eficiência no processo de recolha de pedidos de manutenção.

Deste modo, o fluxo de informação em caso de requisição de manutenção processa-se da seguinte forma: o colaborador regista no formulário de requisição o tipo de avaria, o equipamento e a urgência da intervenção, determinada por ele próprio no que diz respeito à paragem do equipamento. De seguida, o formulário é recebido pelo responsável de manutenção via *smartphone*.

O responsável de manutenção regista a receção de pedido e analisa-o, decidindo se o deve resolver no mesmo dia ou colocá-lo no plano de trabalho para os dias seguintes, caso não seja urgente.

Após a reparação, os colaboradores da manutenção registam a data de reparação, duração, componentes reparados ou substituídos e resolução temporária ou final. Este registo deve ser realizado em Excel, num ficheiro da equipa, após a validação do responsável de manutenção. Este ficheiro irá registar os tipos de manutenção realizadas e permitirá calcular o MTBF e o MTTR, indicadores cruciais para esta equipa.

4.2 *Kaizen* Diário de nível 1 para a gestão de equipas naturais

Uma equipa natural é uma equipa que trabalha para um mesmo objetivo e no mesmo nível organizacional, sendo constituída por um líder e restantes membros. Várias equipas naturais trabalham em conjunto em funções diferentes, como o caso da equipa de produção e da equipa de manutenção. Todas as equipas naturais devem estar organizadas e garantir a boa comunicação entre os seus membros. A visibilidade no seio das equipas é crucial para a correta realização do trabalho. Deste modo, foi implementado o *Kaizen* Diário, começando pelo nível 1.

Inicialmente, a equipa de manutenção não realizava reuniões, nem analisava indicadores e evolução dos trabalhos. Este trabalho estava mal distribuído e recaía inteiramente no responsável de manutenção. Com a introdução de reuniões de *Kaizen* Diário, pretendeu-se garantir que havia um acompanhamento e partilha de informação, assegurando a sustentabilidade a longo prazo e a obtenção de resultados. Assim, é possível ganhar visibilidade das tarefas de manutenção e obter um planeamento de equipa, indispensável para assegurar a manutenção planeada.

A equipa de produção, tal como a equipa de manutenção, não realizava reuniões de acompanhamento de indicadores de *performance*, e com uma distribuição de três turnos diários, era impreterível haver troca de informação e acompanhamento da produção.

4.2.1 Planeamento

As reuniões foram introduzidas em quatro etapas, sequenciais, de modo a garantir o seu correto funcionamento. Numa primeira fase, foi feita uma formação teórica em sala com os responsáveis da produção e da manutenção, abordando os conceitos do *Kaizen* Diário e a sua utilidade, definindo os objetivos específicos para cada uma das equipas naturais através da identificação dos seus problemas.

Numa segunda fase, foram definidos os indicadores para cada uma das reuniões (todas as reuniões de produção seguiriam os mesmos indicadores) e os restantes elementos do quadro tais como o horário da reunião diária, os colaboradores que participam e o tempo que cada

elemento do quadro demorará a ser acompanhado todos os dias, definindo consequentemente a duração das reuniões. O planeamento visual das atividades diárias (plano de trabalho) foi também efetuado de modo a garantir visibilidade para todos os membros da equipa.

Numa terceira etapa, foram simuladas as reuniões de produção e de manutenção no *Gemba*, montando os quadros físicos com os colaboradores e explicando as diferentes secções do quadro a cada uma das equipas. Após a simulação, os quadros ficaram finalizados com os componentes afixados por ímanes, de modo a permitir a melhoria.

Para finalizar, após a simulação das primeira reuniões, foi realizado um acompanhamento de modo a evoluir o processo e a garantir reuniões mais curtas, fluídas e com melhor troca de informação. Assim, os líderes são formados para garantir que implementam a melhoria contínua em cada um dos colaboradores, desafiando-os a descobrir oportunidades e a levantar ações que permitam melhorar processos, equipamentos e pessoas.

4.2.2 Implementação

A importância e utilidade das reuniões foi compreendida nas simulações destas, o que motivou as equipas a envolverem-se e a garantir a estabilidade do *Kaizen* Diário. Assim, nas segundas reuniões, foram completados os indicadores com os dados disponíveis no momento, tendo em conta a falta de dados anteriormente referida.

No que diz respeito apenas à reunião de *Kaizen* Diário, no final da primeira semana foram feitas duas alterações: em termos de horários, alterou-se a reunião do final para o início do turno, permitindo um melhor acompanhamento do plano de trabalho e dos indicadores. Em termos de indicadores, foi observada dificuldade em passar a informação de paragens dos equipamentos ao líder da equipa, sendo então proposto que o líder (o responsável de manutenção) tivesse acesso aos ficheiros de produção da UI de modo a poder obter a informação sem passar pelo laboratório, aumentando a eficiência do processo.

Os seguintes elementos, apresentados de seguida pela ordem na qual são seguidos na reunião diária da equipa de manutenção, estão presentes no quadro de reunião:

1. **Agenda**

   Apresenta a frequência (diária), horário (8h da manhã), duração (10') e tópicos a abordar na reunião: atualizar presenças, analisar indicadores, definir plano de trabalho para dia atual, gerir as encomendas, rever PDCA, abordar outros temas pendentes.

2. **Presenças**

   Permite compreender a assiduidade de cada membro;

3. **Cruz de Segurança**

Permite visualizar quantos dias decorreram desde o último acidente de trabalho, seja grave (hospitalização) ou ligeiro (necessidade de primeiros-socorros).

4. **Indicadores**

   Permitem monitorizar a performance da equipa e dos equipamentos/processos que estão sob a sua responsabilidade. Foram definidos nove indicadores para a reunião da manutenção: Tempo de paragem de oito equipamentos distintos e cumprimento do plano de trabalho do dia anterior. Estes indicadores permitem compreender quais os equipamentos a necessitar de manutenção e a quantidade de *firefighting* que foi/irá ser realizada.

5. **Plano de Trabalho**

   Tem como objetivo organizar o dia dos colaboradores. Se uma ação não for terminada no dia para o qual está marcada, é avançada para o dia de conclusão. Deste modo, permite organizar a equipa para que evolua naturalmente para um planeamento de manutenção planeada.

6. **Gestão de Encomendas**

   Permite compreender a requisição de componentes e ferramenta, dando visibilidade a todos.

7. **PDCA de Melhoria**

   Um ciclo PDCA que incorpora *post-its* que contenham uma ação de melhoria. Estes deverão ter também uma data limite de conclusão e um responsável, sendo analisadas todos os dias de modo a compreender a sua evolução.

8. **Comunicações**

   Apresenta como objetivo permitir a visualização de ocorrências e eventos importantes, tais como férias de colaboradores.

Para as reuniões de *Kaizen* Diário da produção, os indicadores selecionados, por turno, foram os seguintes: número de filtroprensas descarregadas, minutos de paragem e número de panos rotos. Somando os números dos três turnos diários, foi possível contabilizar o número de filtroprensas descarregadas diário e os minutos de paragem diários.

Através da implementação do *Kaizen* Diário é possível capacitar os responsáveis de produção e manutenção a gerirem as suas equipas naturais com facilidade e com objetivos bem definidos e sempre em vista. Para a equipa de produção, os objetivos por turno de descarga de filtroprensas estão visíveis e permitem acompanhar melhor o processo. Para a equipa de manutenção, a carga diária de cada um dos colaboradores está visível para todos, no plano de

trabalho do quadro, e as áreas mais importantes em termos de afetação de meios estão visualmente identificadas pelos indicadores, permitindo compreender quais as situações mais urgentes de resolver e quais poderão ser planeadas para mais tarde. No que diz respeito ao ciclo PDCA, este permite propor melhorias, implementá-las e acompanhá-las, tendo uma data limite e um responsável, impactando positivamente todas as oportunidades detetas e melhorias que delas surjam.

4.3 Requisições de manutenção

Na fase de diagnóstico foi detetado que o fluxo de requisição de manutenção era inexistente, com a informação de requisição de manutenção a ser transmitida de pessoa em pessoa, via telefonema ou pessoalmente, o que causava um atraso na informação e desorganização no seio da equipa.

Assim, foi definido que após a implementação de computadores nos equipamentos da UI de modo a registar a produção, esses mesmos computadores iriam ter formulários de requisição de manutenção, preenchidos pelos colaboradores da produção, e reportando ao líder da equipa de manutenção. Após receber o formulário via telemóvel, este distribui o trabalho de acordo com o grau de criticidade por ele definido. Este sistema permite não só uma maior facilidade na troca de informação, mas também garantir o registo das avarias que ocorrem ao longo do tempo. Um exemplo de umas das requisições de manutenção, para o equipamento secador, está presente na Figura 4.3.

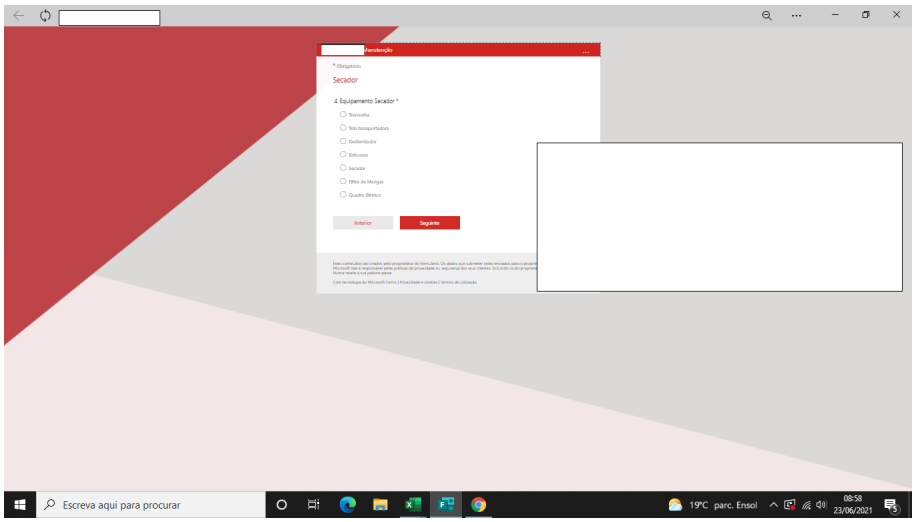


Figura 4.3: Requisição de manutenção para o equipamento secador

4.4 Implementação do *Total Productive Maintenance*

Garantida a estabilidade básica através da recolha de dados e da apresentação dos indicadores diáriamente, foi implementado o TPM como ferramenta de redução de avarias, diminuição de intervenções corretivas e urgentes (*firefighting*), aumento de manutenção planeada e realização de manutenção autónoma pela parte das equipas de produção. Deste modo, foi possível garantir resultados no que diz respeito à redução de tempos de avaria da filtroprensa FP-A.

Este capítulo irá então relatar a implementação do modelo TPM no projeto piloto, ao longo de dois meses. Os restantes equipamentos irão ser intervencionadas no cronograma traçado e serão abordados futuramente.

4.4.1 Escolha de equipamento piloto

Realizando uma análise aos equipamentos da UI, foi definido um critério de modo a garantir que o equipamento com maior criticidade fosse o projeto piloto na implementação do TPM. A criticidade foi definida com base em três parâmetros, numa escala de 1 a 5: impacto na produção, probabilidade de avaria/paragem e capacidade de deteção. Assim, definiu-se a seguinte equação, apresentada na Figura 4.4, de modo a definir o equipamento piloto:

$$\boxed{Criticidade = \text{impacto x probabilidade x capacidade de deteção}}$$

Figura 4.4: Equação de cálculo da criticidade

Devido à falta de dados disponível, foi realizada uma reunião em MCR com o objetivo de juntar as equipas de produção e manutenção e proceder à atribuição de critérios de criticidade de todos os equipamentos da UI.

Após a análise, apresentada na Tabela 4.1, foi determinado que os equipamentos mais críticos eram as filtroprensas devido ao elevado impacto e elevada probabilidade de ocorrência. De todas as filtroprensas, foi selecionada a que será doravante referida como FP-A devido à sua maior capacidade de produção, capacidade de deteção de avarias e superior ocorrência das mesmas avarias, fator comprovado pelo OEE. A Tabela 4.1 para a criticidade dos equipamentos da UI servirá mais tarde para implementar o projeto nos restantes equipamentos, traçando futuramente um micro-cronograma de intervenção.

Tabela 4.1: Criticidade de avaria de equipamentos na unidade industrial

Equipamento	Impacto	Probabilidade	Capacidade de Deteção	Criticidade
Lavagem 2	3	4	3	36
Lavagem 3	2	4	3	24
FP-A	5	5	4	100
FP-B	5	5	3	75
FP-C	4	5	3	60
FP-D	4	5	3	60
FP-E	4	3	5	60
Secador	4	3	4	48

4.4.2 Identificação de componentes

Após a decisão de atuar na FP-A numa primeira abordagem, como equipamento piloto do projeto, surgiu a necessidade de compreender quais os seus componentes e realizar uma análise de criticidade para definir um cronograma de intervenção periódica.

Com o surgimento do problema comum a todas as áreas deste projeto, a falta de dados históricos, a criticidade dos componentes foi definida pelas equipas de produção e de manutenção, dando origem a uma frequência de intervenção planeada inicial, mais tarde alterável com a utilização do *report* de indicadores e dos registos de manutenção.

A Tabela 4.2 detalha os componentes da FP-A na sua extenção, a frequência de manutenção planeada e o tempo de intervenção necessário, estimados pela equipa de manutenção. Após a definição da frequência, foram elaboradas normas para cada um dos trabalhos de manutenção a ser efetuado em cada componente. Deste modo garante-se o cumprimento de *standards* nas operações e a existência de ferramentas, peças de substituição e componentes para a correta realização do trabalho.

Tabela 4.2: Identificação de Componentes e frequência de intervenção

Componente	Grupo	Tempo para manutenção em horas	Frequência
Panos	Prensagem	1	Mensal
Subtelas	Prensagem	1	Mensal
Placas	Prensagem	120	Anual
Topos	Prensagem	10	Mensal
Bomba Enchimento	Unidade Hidráulica	4	Quinzenal
Arrastador e corrente	Unidade Hidráulica	8	Mensal
Bomba de Enchimento 2	Hidraúlico-Prensagem	8	Mensal
Centralina	Hidráulico-Comando	5	Mensal
Válvulas de retenção e controloecho	Hidráulico	2	Anual

4.4.3 Re-estabelecimento das condições iniciais do equipamento

Após a calendarização das intervenções foi necessário regressar às condições iniciais da filtroprensa FP-A. Assim, durante duas semanas, tentando reduzir na medida do possível as paragens de produção, foram trocados todos os panos, lubrificados todos os rolamentos, limpa a estrutura e intervencionados os grupos hidráulicos.

Um dos aspetos críticos na área das filtroprensas era a diversidade de fontes de contaminação presentes perto dos equipamentos. Desse modo, optou-se por calendarizar limpezas diárias por parte da produção e pela colocação de proteções para matéria-prima e óleo hidráulico. A Figura 4.5 demonstra uma comparação entre o estado inicial da FP-A e o estado final, após intervenção. A limpeza do equipamento permite uma deteção de fugas e avarias mais precoce e impede a contaminação da matéria prima.

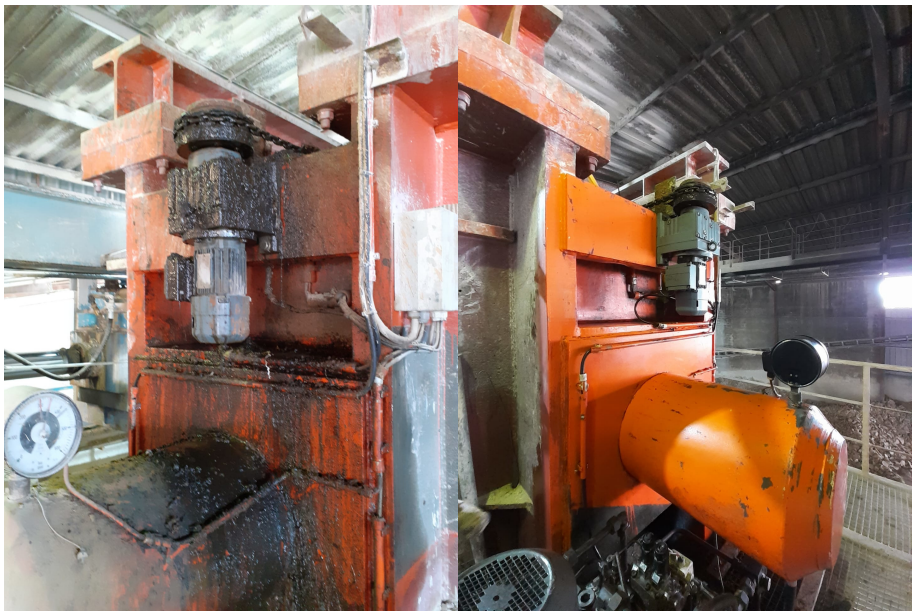


Figura 4.5: Comparação estado inicial e final da FP-A, após conter as contaminações da centralina

4.4.4 Definição de um plano de intervenções periódicas

Após o re-estabelecimento das condições iniciais da FP-A, foi possível definir a periodicidade e o tipo das intervenções, procedendo de seguida à sua calendarização. A calendarização foi definida através das necessidades dos equipamentos pela equipa de projeto, e teve em conta fatores como os meses como menor produtividade e a manutenção de equilíbrio durante o ano. O calendário anual definido para o equipamento piloto até à semana 27 está representado na Figura 4.6, e em maior ampliação no Anexo A.

Macro-Equipa	Freq (mes	Equipamento	Sub-Equipamento	Ação Manutenção	Tempo Previsto (h	Máquina Parada?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - Bomba	Pistão cerâmica - Vedante	Verificação do aperto d	0,30	Não																											
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - Bomba	Motor	Inspeção Visual - Verific	0,30	Não																											
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - Bomba	Válvulas de Controlo	Verificar atuação da vál	0,30	Não																											
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - Bomba	Pistão hidráulico	Verificar se existem fuga	0,30	Não																											
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - FP	Motor	Inspeção Visual - Verific	0,17	Não																											
FP-A	0,5	Tapete	Motor	Inspeção Visual - Verific	0,17	Não																											
FP-A	1	Unidade Hidráulica - FP	Arrastador + corrente do arrastador	Verificar estado limpeza	0,33	Não																											
FP-A	1	Unidade Hidráulica - Bomba	Bomba	Verificar nível de óleo (A	0,25	Não																											
FP-A	1	Tapete	Tambor Mandado	Verificar estado de tamb	0,17	Não																											
FP-A	1	Tapete	Tambor Mandante	Verificar estado de tamb	0,17	Não																											
FP-A	1	Tapete	Tapete	Verificar estado de tape	0,17	Não																											
FP-A	2	Unidade Hidráulica - Bomba	Válvulas retenção Bomba	Abrir válvulas e verificar	3,00	Sim																											
FP-A	2	Unidade Hidráulica - Bomba	Pistão cerâmica - enchimento	Inspeção das bolas e oc	0,25	Sim																											
FP-A	12	Unidade Hidráulica - FP	Bomba	Verificação	0,17	Sim																											
FP-A	12	Unidade Hidráulica - FP	Válvulas retenção Bomba	Verificação	0,17	Sim																											
FP-A	12	Unidade Hidráulica - FP	Válvulas de Controlo	Verificação	0,17	Sim																											
FP-A	12	Unidade Hidráulica - FP	Pistão hidráulico	Verificação	0,17	Sim																											

Figura 4.6: Plano de intervenções periódicas definido para o equipamento FP-A

Definida a semana para cada intervenção, a seguinte dificuldade foi garantir o alinhamento da manutenção com a produção de modo a que as intervenções calendarizadas fossem sempre cumpridas e se garantisse a realização dos trabalhos no tempo planeado sem prejudicar o nível de serviço. Deste modo, foi definido que ocorreria uma reunião de planeamento no início do mês, com os responsáveis de produção, manutenção, laboratório e da UI, de modo a que as datas exatas (dias, turnos e horas) de intervenção fossem definidas para cada mês através de um *Gantt chart*.

Para tal, o responsável de manutenção terá que preparar um micro-cronograma para cada reunião mensal que contenha o tipo de intervenções a realizar durante o mês, o tempo necessário para as realizar, os materiais/recursos que serão necessários e a necessidade de paragem ou não do equipamento. Com esta informação e após a reunião, as datas são fixadas e a intervenção carregada no plano de trabalho na equipa de manutenção. De modo a garantir o cumprimento dos trabalhos, será realizada uma *check list* que terá de ser verificada por todos os intervenientes, semanalmente.

4.4.5 Reorganização da oficina de manutenção através da metodologia 5S

Através do uso de metodologias como os 5S e ferramentas como a normalização, procedeu-se à reorganização da oficina de manutenção. Ao longo de dois meses, semanalmente, dedicava-se um dia do programa *Kaizen* à reorganização da oficina. Os espaços foram abordados à vez, com o espaço piloto a ser intervencionado pela equipa de manutenção com o *Kaizen Institute*, e os seguintes a serem intervencionados só pela equipa de manutenção.

A metodologia 5S foi explicada em sala, numa formação com a duração de uma manhã, mostrando exemplos práticos de uso a todos os colaboradores da Manutenção e à pivot do projeto TPM na empresa.

De modo a definir o estado ideal, procedeu-se à definição, também em sala, do plano de oficina e dos espaços disponíveis para cada uma das tarefas: oficina de serralharia, oficina elétrica, oficina de pintura, armazém e zona de resíduos.

Após a definição dos espaços, procedeu-se a uma triagem, de modo a compreender os materiais, ferramentas e componentes necessários e os que poderiam ser removidos. Constatou-se, neste momento, que existia uma grande quantidade de componentes obsoletos e que estavam destinados a equipamentos que já não estavam na UI. Deste modo, estes componentes foram rapidamente removidos e foi libertado espaço.

Após a triagem, procedeu-se à arrumação. Os componentes e ferramentas mais frequentemente usados foram arrumados em locais de acesso mais facilitado e, sempre que possível, visíveis.

Após a arrumação, procedeu-se à limpeza. Devido às caraterísticas da indústria, foi necessário definir intervalos de limpeza e responsáveis por esta última. O seguinte passo, a normalização, foi iniciado com a definição de locais, colocando-se etiquetas em todas as prateleiras, armários e caixas de ferramentas, e normas, definindo espaços, arrumação e *standards* de manutenção da oficina.

Para concluir a implementação da metodologia dos 5S na oficina, foram planeadas auditorias mensais, da parte do responsável de manutenção e da pivot do projeto TPM na empresa de modo a garantir a disciplina e a melhoria das ações concluídas.

Na Figura 4.7 é possível observar a implementação da metodologia dos 5S nas ferramentas elétricas da oficina de manutenção.

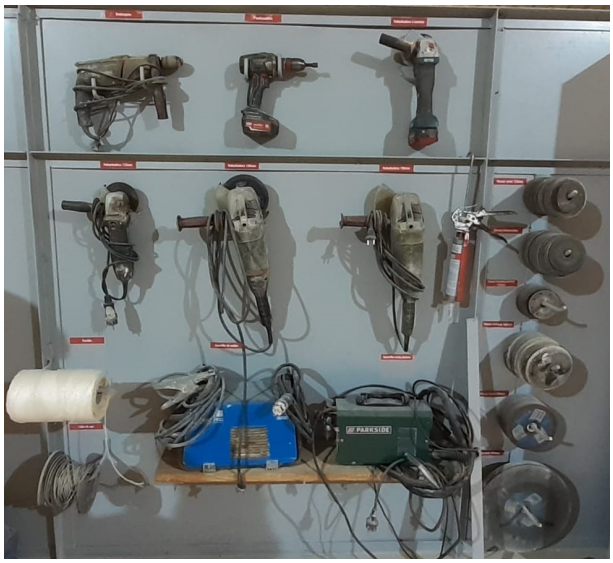


Figura 4.7: Resultado da implementação da metodologia 5S nas ferramentas elétricas da oficina de manutenção

4.4.6 Reorganização das *spare parts*

A organização do armazém de peças de substituição (*Spare Parts*) surge após a calendarização das intervenções periódicas. Isto deve-se à necessidade de saber quais as peças em *stock* e quais as peças que será necessário encomendar (e qual o seu *delay* de entrega) para determinada intervenção.

Após a implementação da metodologia dos 5S na oficina de manutenção, e depois de definido um espaço de armazém, foi necessário iniciar um sistema de inventário, visível em parcialidade na Figura 4.8, informatizado, de modo a registar todas as entradas e saídas de componentes, com o intuito de poder cruzar-se os dados com os registos de manutenção periódica dos equipamentos. O inventário foi baseado em códigos de artigos, separados por famílias e subfamílias. Cada artigo tem um código específico que indica a sua família (F), a sua sub-família (S) e o seu número (0), no formato FFF-SSS-0000.

O inventário, inicializado em Excel, apresenta os seguintes campos: código de artigo, quantidade em *stock*, quantidade para reposição e local de arrumação.

Procedeu-se então ao levantamento de artigos em *stock* e atribuiram-se códigos de modo a garantir a correta contagem de todas as referências. No final, organizadas todas as referências atuais, foi descrita a metodologia através de uma norma de modo a que os colaboradores da manutenção a possam consultar, quando necessário.

Sempre que um colaborador necessita de uma peça de armazém tem de dar saída dessa mesma peça através do preenchimento do inventário, onde refere a peça utilizada. Terá também de preencher o registo de intervenção, onde refere a máquina que sofreu a intervenção e na qual a peça está colocada. Este registo de intervenção será referido com maior detalhe no seguinte capítulo.

Lista de Entradas em Armazém

	Código	Descrição	Unidades	Quantidade	Data	Recebido por:
53	PARZIN0004	Parafusos Zincados M6x20 Sextavado	un	100	06/05/2021	JOSE
54	PARZIN0098	Parafusos zincados M4x20 Auto-roscantes	un	100	06/05/2021	INVENTÁRIO
55	PARZIN0001	Parafusos Zincados M4x40 Sextavado	un	100	06/05/2021	INVENTÁRIO
56	PARZIN0010	Parafusos Zincados M10x40 Sextavado	un	100	06/05/2021	INVENTÁRIO
57	PARZIN0017	Parafusos Zincados M12x35 Sextavado	un	100	06/05/2021	INVENTÁRIO
58	PARZIN0027	Parafusos Zincados M12X70 Sextavado	un	100	06/05/2021	INVENTÁRIO
59	PORZIN0007	Porcas Zincadas M10	un	100	06/05/2021	INVENTÁRIO
60	PORZIN0005	Porcas Zincadas M12	un	100	06/05/2021	INVENTÁRIO
61	PORZIN0004	Porcas Zincadas M5	un	100	06/05/2021	INVENTÁRIO
62	ELEDIJ0029	Eletrica Dijuntor c16 hager	un	1	07/05/2021	INVENTÁRIO
63	ELEREL0014	Eletrica Rele 24VDC 5 Pin	un	4	07/05/2021	INVENTÁRIO
64	ELEINT0001	Eletrica Interruptor 48011 unipolar	un	4	07/05/2021	INVENTÁRIO
65	ELEINT0002	Eletrica Interruptor 48061 bipolar	un	6	07/05/2021	INVENTÁRIO

Figura 4.8: Ficheiro de registo de inventário de *spare parts*

Capítulo 5

Resultados das ações de melhoria

O presente capítulo irá apresentar os resultados das das ações de melhoria implementadas no âmbito da Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, apresentando resultados medidos sob a forma de indicadores e de ganhos objetivos e tangíveis, através de análise de dados de produção e manutenção, com forte ênfase no projeto TPM. Através da implementação de ficheiros de registo de produção e de manutenção e da implementação do TPM no projeto piloto, foi possível obter ganhos que comprovam o potencial financeiro do projeto em toda a UI.

5.1 Sistema de *report* e análise de dados

Através de um ficheiro Excel e recorrendo a *macros*, simplificou-se o *input* de dados de produção para iniciar um registo histórico. Para a manutenção, recorreu-se a um formulário de requisição e um ficheiro excel de registo de manutenções, que permitiu calcular o OEE de forma mais precisa.

5.1.1 Registo de produção

A implementação de um Registo de produção e paragens teve como objetivo aumentar a fiabilidade e automatização dos registos, diminuindo a variabilidade e a falta de dados. Este objetivo foi bem sucedido visto que os colaboradores, após receberem formação, compreenderam o processo e o valor que este trazia em termos de análise de dados. Ao informatizar-se o processo, diminuiu-se também a carga da responsável de laboratório, eliminando a necessidade de transcrever os registos de papel para formato digital, o que ocupava cerca de duas horas semanais,e apresentava normalmente desvios. O ficheiro apresenta os resultados diários, em termos de produção (toneladas por hora) e em termos de paragens (tipologia e tempo) sob a forma de indicadores, enviados diáriamente à equipa de projeto pelo encarregado de produção.

A implementação do registo em formato digital permitiu também facilitar a visibilidade à equipa de projeto, permitindo maior rapidez na resolução de problemas, e o tratamento de dados diários concretos na MCR.

Assim, a implementação de um registo de produção e paragens informatizado foi um sucesso, com ganhos em termos de visibilidade e de rapidez na resolução de problemas, permitindo também controlar a frequência e tempo de paragem por cada tipologia de paragem, permitindo à equipa de manutenção maior controlo e perceção das áreas problemáticas dos equipamentos. A Figura 5.1 demonstra os resultados obtidos no registo de paragens semanal para o equipamento piloto (FP-A) da UI, através de um diagrama de Pareto.

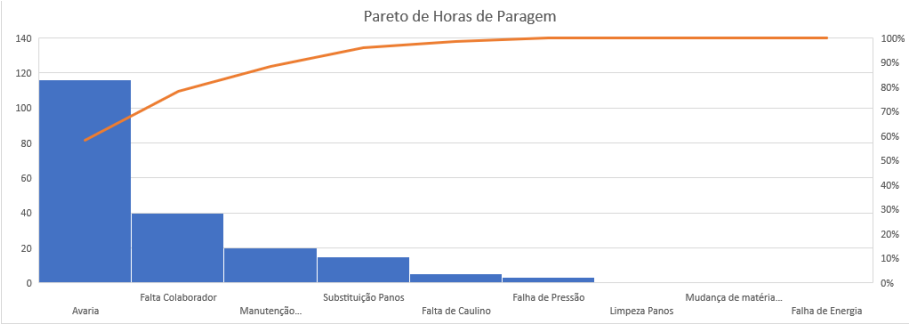


Figura 5.1: Diagrama de Pareto obtido através das requisições de manutenção

5.1.2 Requisições de manutenção

A implementação das requisições de manutenção teve como objetivo melhorar o fluxo de informação que chegava a esta equipa, normalizando-o e garantindo que todas as requisições eram visíveis e seriam carregadas no plano de trabalho, reduzindo os trabalhos pendentes ou "esquecidos".

Desde o iníco do projeto TPM até ao dia 23 de Junho de 2021, a equipa de Manutenção recebeu 236 requisições, sendo que um total de 6 ainda se encontram pendentes. A Figura 5.2 ilustra os pedidos diários, recebidos e resolvidos.

A implementação de um formulário de registo de manutenção por cada equipamento foi bem sucedida e atingiu o objetivo proposto de melhorar o fluxo de informação e permitir melhor visualização do plano de trabalho da equipa de manutenção, sendo agora necessário alimentar o registo de intervenções de modo a melhorar as manutenções preventiva e autónoma.

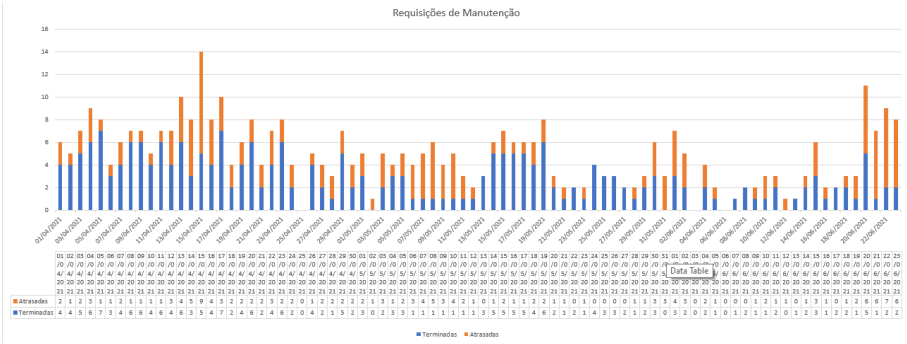


Figura 5.2: Gráfico de registo de requisições recebidas e resolvidas

5.1.3 Registo de intervenções de manutenção

O registo de Intervenção de Manutenção permitiu, em conjunto com o inventário do armazém, compreender quais as *spare parts* necessárias a manter em *stock*, o tempo médio por tipologia de intervenção e o tempo entre reparações. Deste modo, permitiu a construção de um ficheiro de registo de inventário, presente no capítulo 4. Os dados dos registos de manutenção permitirão, num futuro próximo, reduzir variabilidade e incerteza, mas também determinar padrões relativamente a avarias. O cálculo deste tempo entre reparações permitirá construir um indicador de MTBF e MTTR robusto, representativo da condição real dos equipamentos.

O registo de intervenções da manutenção permitiu também observar uma ligeira redução de 2,8 % nas horas de intervenção corretiva no equipamento piloto. Este valor não foi mais alto como seria expectável devido à necessidade de intervenção da equipa de manutenção no âmbito do programa TFM para a melhoria da produtividade do equipamento piloto. No futuro próximo, será expectável uma drástica redução deste valor para o equipamento FP-A.

Através do registo de intervenções será também possível observar a evolução da manutenção autónoma e da manutenção planeada, reduzindo consequentemente o número de avarias e o *firefighting*.

5.2 *Kaizen* Diário

O *Kaizen* Diário foi avaliado semanalmente por auditorias tendo por base dezasseis parâmetros definidos pelo *Kaizen* Institute, apresentados na Figura 5.3:



EFICÁCIA DA REUNIÃO

KAIZEN™ INSTITUTE

Equipa:	
Data: _____/_____/_____	

Critérios	0	1	2	3	Comentários
A reunião começou a horas?	●	○	○	●	
Estava toda a gente presente (ou tinha falta justificada)?	●	○	○	●	
Os elementos do quadro foram atualizados antes do início da reunião?	●	○	○	●	
As ações foram concluídas na íntegra e dentro do tempo previsto?	●	○	○	●	
Discutiu-se o desempenho (KPIs) e identificaram-se os problemas?	●	○	○	●	
O desempenho (KPIs) foi desafiado no sentido de funcionar ainda melhor?	●	○	○	●	
O líder de equipa promoveu ação imediata?	●	○	○	●	
As discussões foram concisas e pertinentes?	●	○	○	●	
O log / plano de ações foi revisto durante a reunião?	●	○	○	●	
Foram abordados todos os pontos da agenda?	●	○	○	●	
Os elementos visuais do quadro foram utilizados de forma eficaz?	●	○	○	●	
A reunião acabou a horas?	●	○	○	●	
Todos deram um contributo valioso à reunião?	●	○	○	●	
O líder de equipa revelou vontade de ganhar?	●	○	○	●	
Os membros da equipa assumiram responsabilidades?	●	○	○	●	
Todos trabalharam em equipa no sentido de se superarem?	●	○	○	●	

Figura 5.3: Auditoria de *Kaizen* Diário

Pretendia-se, até ao final da Dissertação de Mestrado, obter um resultado de auditorias no *Kaizen* Diário da manutenção superior a 80%. No entanto, o objetivo não foi atingido, chegando somente aos 67%, devido aos desvios ocorridos no que diz respeito à duração da reunião, análise de indicadores e gestão de horários, conciliado com a dificuldade de cumprimento do plano de trabalho. Este resultado deve-se à falta de dados iniciais nos reports e a algum *firefighting*, por consequência de alguns equipamentos ainda não terem a sua manutenção planeada definida.

As reuniões cumpriram o seu propósito, melhorando a comunicação e o espírito de equipa e, principalmente, garantiram maior visibilidade de problemas e do plano de trabalho a toda a equipa. Assim, a equipa passou a ter objetivos diários concretos, distribuídos por cada colaborador, e a sua organização e eficácia aumentou.

Relativamente às reuniões de *Kaizen* Diário da produção, estas obtiveram um resultado de auditoria de 87%, graças à sua implementação mais inicial e à facilidade de obtenção de dados através dos computadores situados em cada equipamento. A organização dos turnos de produção aumentou, tal como a moral da equipa, com os colaboradores a compreenderem a importância das reuniões e a proporem ações de melhoria frequentes.

No que diz respeito à implementação da metodologia dos 5S, a sua implementação foi bem sucedida em áreas piloto, garantindo a disciplina dos colaboradores. Esta ferramenta permitiu aos colaboradores uma melhor organização do seu espaço, ajudando também a aumentar o espírito de equipa.

5.3 *Total Productive Maintenance*

Com o início tardio do programa TPM devido à necessidade de implementação de dados, apenas foram obtidos resultados no que diz respeito ao equipamento piloto, a FP-A. Foi possível, através da passagem de tarefas simples como limpeza e lubrificação para operadores da produção, realizar manutenção autónoma e garantir maior libertação de tempo da equipa de manutenção para realizar tarefas planeadas. Assim, garante-se que o equipamento se mantém nas condições ideais e não sofre degradação. O resultado da manutenção planeada no equipamento piloto é observado no Anexo A, através do cronograma de intervenção da FP-A.

Através da introdução da manutenção autónoma, da manutenção planeada e da implementação das requisições de manutenção na FP-A, foi possível reduzir as horas de avaria semanais de uma média de 29 horas para 20 horas, o que corresponde a uma redução de 31%. Esta redução nos tempos de paragem pode também ser justificada pela simplificação do fluxo de informação e da utilização das requisições de manutenção.

Assim, através da utilziação das metodologias TPM apresentadas no capítulo 4, foi possível aumentar o tempo de abertura da filtroprensa FP-A através da redução dos tempos de avaria e, consequentemente, aumentar o seu OEE. Este aumento de OEE traduz-se num aumento de faturação de 3%.

O gráfico das horas de avaria da FP-A está presente na Figura 5.4.

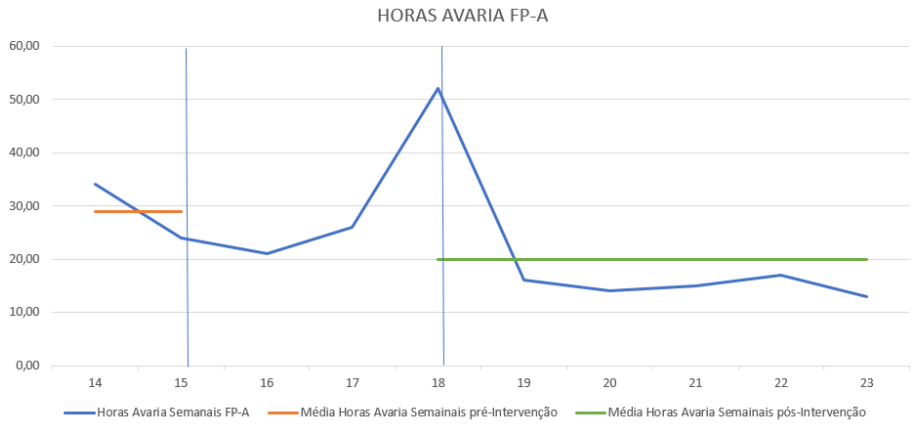


Figura 5.4: Redução das horas de avaria semanais na intervenção da FP-A

A redução das horas de paragem permitiu, consequentemente, aumentar a disponibilidade, o que por sua vez conduziu a um aumento de OEE em 10 pontos percentuais nas primeiras semanas de implementação do projeto. A evolução do OEE da FP-A ao longo do projeto está representada na Figura 5.5.

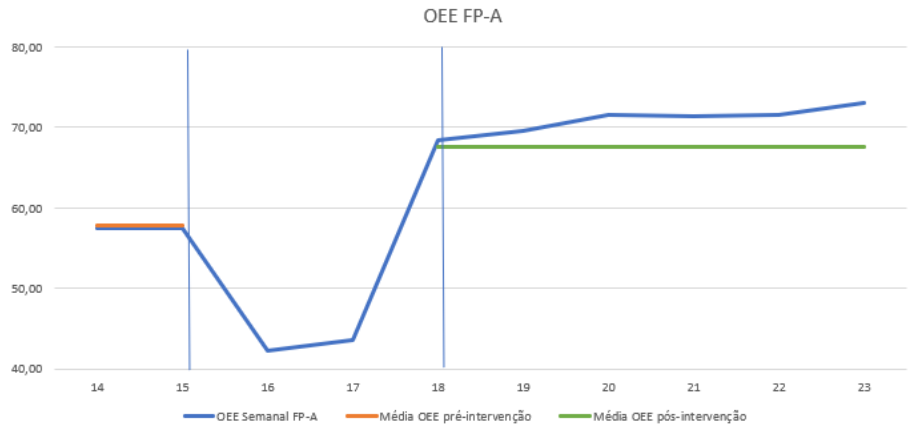


Figura 5.5: Evolução do OEE semanal na FP-A

O aumento do OEE atingido no decorrer do corrente projeto descrito no presente documento deveu-se ao aumento da disponibilidade pela redução das avarias e consequente redução de tempos de paragem em 9 horas semanais, na FP-A. Deste modo, a disponibilidade semanal do equipamento piloto através das metodologias TPM foi aumentada de 88 horas semanais para 97 horas semanais.

Com um tempo de descarga ainda constante no início do projeto, será de prever o aumento do OEE através do programa TFM quando for implementada a melhoria de processo na redução dos tempos de descarga de 30 para 20 minutos. O rendimento calculado através do OEE também será aumentado graças à redução de tempos de filtroprensagem, aumentando a produção por turno. Será também necessário reduzir as horas de perda por falta de colaborador, a segunda causa de paragens determinada no Diagrama de Pareto da Figura 5.1.

Numa próxima fase, através dos dados recolhidos, é necessário redefinir a calendarização das intervenções para este equipamento piloto e as normas de intervenção para que estas sejam mais rápidas e eficazes. Será também necessário criar normas para a manutenção autónoma através da definição de procedimentos, frequências e ferramentas.

De seguida, será necessário garantir o seguimento do micro cronograma de implementação do TPM e restaurar todos os equipamentos da UI, procedendo depois, como para a FP-A, à calendarização das intervenções de manutenção planeada. À medida que surgirem mais dados, a redefinição das tarefas e das frequências apresentará crucial importância para a obtenção de resultados financeiros ao nível da UI.

Capítulo 6

Conclusões

A presente dissertação teve como objetivo desenhar e implementar o modelo TPM numa Unidade Industrial de um grupo industrial que opera no setor de produção discreta cerâmico, visando como resultado o aumento do OEE e, em combinação com o projeto TFM, o aumento da produtividade e do indicador de serviço OTIF que levassem a um crescimento de 20% na faturação.

Numa primeira abordagem, foi realizada uma fase de planeamento que permitisse definir o equipamento piloto, os ganhos potenciais em termos de paragem e de disponibilidade e os objetivos financeiros a alcançar. Nesta fase foi analisado o processo produtivo da empresa, passando pelas diversas áreas e produtos produzidos, de modo a identificar o *bottleneck* na unidade industrial visada.

Após analisar os processos, foram definidas melhorias a implementar com vista a aumentar ganhos através da redução de anomalias no equipamento, utilizando metodologias TPM. As metodologias TFM foram também implementadas nos *quick wins* que permitiam aumentar a capacidade de resposta da unidade industrial ao aumento da procura verificado no momento, aumentando o retorno financeiro do projeto.

De modo a avaliar a situação inicial, foi necessário construir um modelo de *report* de dados que permitisse avaliar as condições de partida e os ganhos obtidos através da abordagem *Kaizen*. Este modelo foi construido em formato digital, evitando erros associados a registos físicos, em papel. De forma a ter uma correta alimentação de dados, um ficheiro de paragens foi desenvolvido, tal como um ficheiro de requisição de manutenção sob a forma de *Microsoft Forms*. O projeto foi um sucesso no que visa a implementação de soluções TPM e TFM, visto que foi possível montar um *report* que permitisse controlar os tempos de paragem das máquinas e, através de metodologias *Kaizen*, foram reduzidos esses mesmos tempos de paragem no equipamento piloto

Foi então possível reduzir o *firefighting* da parte da equipa de manutenção e aumentar a

manutenção autónoma da parte da produção, garantindo a redução de paragens e avarias. Assim, o OEE da FP-A (equipamento piloto) aumentou em 10 pontos percentuais na implementação do projeto nesse mesmo equipamento, para um valor de 67,7%.

Recorreu-se também a ferramentas como a metodologia dos 5S e o *Kaizen Diário* de modo a reorganizar o local de trabalho e a garantir boa comunicação e uma elevada taxa de cumprimento de ações da parte da equipa natural de manutenção, garantidas através do resultados das auditorias de *Kaizen* Diário. Isto permitiu incitar uma rotina diária de partilha de informação e de garantir a adoção da melhoria contínua no seio da equipa, garantindo o envolvimento de todos os colaboradores e estabelecendo a melhoria contínua no seio da equipa. Esta ferramenta tem crucial importância para os projetos *Kaizen*, visto que permite às equipas naturais apropriarem-se dos projetos e garantir a continuidade após a intervenção do *Kaizen Institute*.

As principais dificuldades do projeto foram a dificuldade do *rollout* do programa para os restantes equipamentos, visto que só foi possível obter resultados no equipamento piloto, e a dificuldade em "ganhar" a equipa no início do projeto, situação algo comum no início da melhoria contínua. No entanto, com o *Kaizen* Diário e a implementação de sistemas de recolha e tratamento de dados, foi possível ultrapassar e garantir o sucesso do projeto piloto, demonstrando o potencial de implementação nos restantes equipamentos.

Em termos de ganhos quantificáveis, o aumento do OEE em 10 pontos percentuais através da redução das horas de avaria da FP-A permitiu uma melhor resposta à variabilidade das encomendas e gerar um aumento de OTIF que, consequentemente, aumentou a faturação em 3 %. De modo a atingir os 20% propostos na fase de diagnóstico, será necessário a continuação do programa e a implementação do TPM em todos os equipamentos, garantindo depois a estabilidade dos ganhos. A melhoria de 2,8% em termos de horas de intervenção corretiva no equipamento piloto ficou aquém do expectável devido à necessidade da intervenção da equipa de manutenção nos restantes equipamentos da unidade industrial e da necessidade de intervenções corretivas para o início da implementação do projeto TFM, que decorreu paralelamente.

Do ponto de vista pessoal, no âmbito da Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, o projeto permitiu ganhar competências das diferentes metodologias *Kaizen*, de capacitar a melhoria contínua através do espírito crítico crucial a um Engenheiro e de aumentar competências como análise de dados e a gestão de equipas. Destaca-se também a enorme evolução a nível pessoal, com o crescimento de capacidade de liderança de equipas, autonomia a nível de realização de projetos e de apuramento de sentido crítico.

Como ações futuras, após o sucesso no equipamento piloto, será desmultiplicado o programa nos outros equipamentos da unidade industrial e, no futuro a médio prazo, nas restantes unidades industriais do grupo. No que diz respeito aos restantes equipamentos, será expectável um ganho de OEE que permita superar o objetivo proposto ao cliente.

Bibliografia

[1] R. d. R. Alvarez and J. A. V. Antunes Jr. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do sistema toyota de produção. *Gestão & Produção*, 8(1):1–18, 2001.

[2] A. Bastos and C. Sharman. *Strat to action: el método Kaizen de llevar la estrategia a la práctica*. McGraw-Hill/Interamericana de España, SL, 2019.

[3] S. J. Benjamin, U. Murugaiah, and M. S. Marathamuthu. The use of smed to eliminate small stops in a manufacturing firm. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2013.

[4] A. Berger. Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated manufacturing systems*, 1997.

[5] G. S. Brar and G. Saini. Milk run logistics: literature review and directions. In *Proceedings of the world congress on engineering*, volume 1, pages 6–8. WCE, 2011.

[6] A. Chiarini, C. Baccarani, and V. Mascherpa. Lean production, toyota production system and kaizen philosophy. *The TQM Journal*, 2018.

[7] E. A. Coimbra. O kms-kaizen management system. *Kaizen Fórum*, 1, 2008.

[8] E. A. Coimbra. *Total management flow: Achieving excellence with Kaizen and Lean supply chains*. Kaizen Institute, 2009.

[9] E. A. Coimbra. *Kaizen in logistics and supply chains*. McGraw-Hill Education New York, NY, 2013.

[10] E. S. M. d. Costa, R. M. Sousa, S. Bragança, and A. C. Alves. An industrial application of the smed methodology and other lean production tools, 2013.

[11] C. M. I. da Silva, C. M. P. Cabrita, and J. C. de Oliveira Matias. Proactive reliability maintenance: a case study concerning maintenance service costs. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2008.

[12] S. S. Daily, 2020.

[13] G. M. de Castro, 2020.

[14] D. R. Delisle and V. Freiberg. Everything is 5s: A simple yet powerful lean improvement approach applied in a preadmission testing center. *Quality Management Journal*, 21(4):10–22, 2014.

[15] S. P. Deshpande, V. V. Damle, M. L. Patel, and A. B. Kholamkar. Implementation of 5s technique in a manufacturing organization: A case study. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(01):136–148, 2015.

[16] DGEG. Informação estatística indústria extração portugal 2019, 2019.

[17] C. S. A. Dinis. A metodologia 5s e kaizen diário, 2016.

[18] T. L. Doolen, E. M. Van Aken, J. A. Farris, J. M. Worley, and J. Huwe. Kaizen events and organizational performance: a field study. *International journal of productivity and performance management*, 2008.

[19] V. F. M. dos Santos, 2020.

[20] G. Ellis. *Project management in product development: leadership skills and management techniques to deliver great products*. Butterworth-Heinemann, 2015.

[21] J. P. P. M. Ferreira. Mizusumashi: abastecimento de spare parts nas linhas de produção. *Repositório UM*, 2016.

[22] A. Frandson, K. Berghede, and I. D. Tommelein. Takt-time planning and the last planner. In *Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction. Group for Lean Const*, pages 23–27, 2014.

[23] B. Gladysz, K. Santarek, and C. Lysiak. Dynamic spaghetti diagrams. a case study of pilot rtls implementation. In *International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance*, pages 238–248. Springer, 2018.

[24] A. K. Gupta and R. Garg. Oee improvement by tpm implementation: a case study. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research*, 1(1):115–124, 2012.

[25] S. Gupta and S. K. Jain. The 5s and kaizen concept for overall improvement of the organisation: a case study. *International Journal of Lean Enterprise Research*, 1(1):22–40, 2014.

[26] C. R. Hallam, J. Muesel, and W. Flannery. Analysis of the toyota production system and the genesis of six sigma programs: An imperative for understanding failures in technology management culture transformation in traditional manufacturing companies. In *PICMET 2010 TECHNOLOGY MANAGEMENT FOR GLOBAL ECONOMIC GROWTH*, pages 1–11. IEEE, 2010.

[27] M. R. Hamel. *Kaizen Event Fieldbook: Foundation, Framework, and Standard Work for Effective Events*. Society of Manufacturing Engineers, 2010.

[28] M. Hammarberg and J. Sunden. *Kanban in action*. Manning Publications Co., 2014.

[29] M. Haslinda, S. Muliati, A. M. Miri, and A. Rahim. Implementation of 5s in manufacturing industry: A case of foreign workers in melaka. *EDP Sciences*, 150:05034, 2018.

[30] P. Hines, N. Rich, and A. Esain. Value stream mapping. *Benchmarking: An International Journal*, 1999.

[31] M. Imai. *Gemba Kaizen. A commonsense, low-cost approach to management*. Springer, 2007.

[32] K. Institute, 2014.

[33] K. Institute. Kaizen lean manufacturing, 2018.

[34] K. Institute. Total flow management, 2018.

[35] K. Institute. *Kaizen foundations*. Kaizen Institute, 2020.

[36] M. Jasiulewicz-Kaczmarek and A. Gola. Maintenance 4.0 technologies for sustainable manufacturing-an overview. *IFAC-PapersOnLine*, 52(10):91–96, 2019.

[37] D. Kiran. Kaizen and continuous improvement. *Total Quality Management*, pages 313–332, 2017.

[38] K. Knop and K. Mielczarek. The improvement on the basis of pdca and sdca cycles. *Zeszyty Naukowe. Quality. Production. Improvement*, 2015.

[39] E. Lander and J. K. Liker. The toyota production system and art: making highly customized and creative products the toyota way. *International journal of production research*, 45:3681–3698, 2007.

[40] I. S. Lasa, C. O. Laburu, and R. de Castro Vila. An evaluation of the value stream mapping tool. *Business process management journal*, 2008.

[41] R. Lawson. Combining lean and six sigma. *Strategic Finance*, 88(12):21, 2007.

[42] LeanTI, 2020.

[43] R. Leitch, 2016.

[44] J. Liker. *The toyota way*. Esensi, 2004.

[45] J. K. Liker and J. M. Morgan. The toyota way in services: the case of lean product development. *Academy of management perspectives*, 20(2):5–20, 2006.

[46] Y. R. Mali and K. Inamdar. Changeover time reduction using smed technique of lean manufacturing. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(3):2441–2445, 2012.

[47] A. Manos. The benefits of kaizen and kaizen events. *Quality Progress*, 40(2):47–48, Feb 2007 2007.

[48] T. Martins. Quais são os desperdícios (3m's)?, 2019.

[49] I. Masaaki. Kaizen: The key to japan's competitive success. *New York, ltd: McGraw-Hill*, 1986.

[50] R. A. Meyer, D. F. Cannon, and W. E. Kent. The fishbone (ishikawa) diagram: a dynamic learning tool. *Hospitality & Tourism Educator*, 8(1):45–47, 1996.

[51] K. Miwa, J. Nomura, and S. Takakuwa. Module-based modeling and analysis of just-in-time production adopting dual-card kanban system and mizusumashi worker, 2017.

[52] B. Modarress, A. Ansari*, and D. Lockwood. Kaizen costing for lean manufacturing: a case study. *International Journal of Production Research*, 43(9):1751–1760, 2005.

[53] R. A. Munro, G. Ramu, and D. J. Zrymiak. *The certified six sigma green belt handbook*. Quality Press, 2015.

[54] M. MÍlkva, V. Prajová, B. Yakimovich, A. Korshunov, and I. Tyurin. Standardization–one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*, 149:329–332, 2016.

[55] T. Ohno. *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press, 1988.

[56] T. Ohno. *Taiichi Ohnos Workplace Management: Special 100th Birthday Edition*. McGraw Hill Professional, 2012.

[57] C. A. Ortiz. *Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line*. CRC Press, 2006.

[58] K. Otsuka, K. Jin, and T. Sonobe. *Applying the Kaizen in Africa: A new avenue for industrial development*. Springer Nature, 2018.

[59] V. C. Patel and H. Thakkar. Review on implementation of 5s in various organization. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4(3):774–779, 2014.

[60] E. Pourjavad, H. Shirouyehzad, and A. Shahin. Analyzing rcm indicators in continuous production lines a case study. *International Business Research*, 4(4):115, 2011.

[61] M. Prabhuswamy, K. Ravikumar, and P. Nagesh. Implementation of kaizen techniques in tpm. *IUP Journal of Mechanical Engineering*, 6(3), 2013.

[62] R. J. Roberts, A. E. Wilson, and Z. Quezado. Using lean six sigma methodology to improve quality of the anesthesia supply chain in a pediatric hospital. *Anesthesia & Analgesia*, 124(3):922–924, 2017.

[63] D. Sabadka, V. Molnar, and G. Fedorko. The use of lean manufacturing techniques–smed analysis to optimization of the production process. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11, 2017.

[64] L. Sensei. 5s, 2020.

[65] R. Singh, A. M. Gohil, D. B. Shah, and S. Desai. Total productive maintenance (tpm) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51:592–599, 2013.

[66] S. Takakuwa and J. Nomura. *Optimization and Analysis of Mizusumashi System as Just-In-Time Manufacturing*. na, 2003.

[67] M. Tech. Lean and smart, 2021.

[68] B. Trebes. *Managing change*. Thomas Telford, 2005.

[69] B. Ulutas. An application of smed methodology. *World academy of science, engineering and technology*, 79:101, 2011.

[70] E. M. Van Aken, J. A. Farris, W. J. Glover, and G. Letens. A framework for designing, managing, and improving kaizen event programs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2010.

[71] J. Venkatesh. An introduction to total productive maintenance (tpm). *The plant maintenance resource center*, pages 3–20, 2007.

[72] C. Veres, L. Marian, S. Moica, and K. Al-Akel. Case study concerning 5s method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22:900–905, 2018.

[73] R. T. Westcott and G. L. Duffy. *The certified quality improvement associate handbook*. Quality Press, 2014.

[74] Wikilean, 2020.

[75] K. Wong. Using an ishikawa diagram as a tool to assist memory and retrieval of relevant medical cases from the medical literature, 2011.

Anexo A

Cronograma de implementação do projeto TPM na empresa

O cronograma definido para a implementação das metodologias TPM foi definido no início do projeto, garantindo o sucesso do projeto e a manutenção de uma cultura de melhoria contínua na empresa.

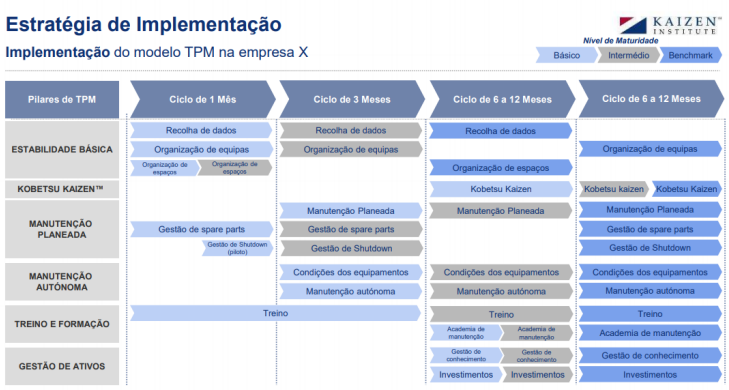


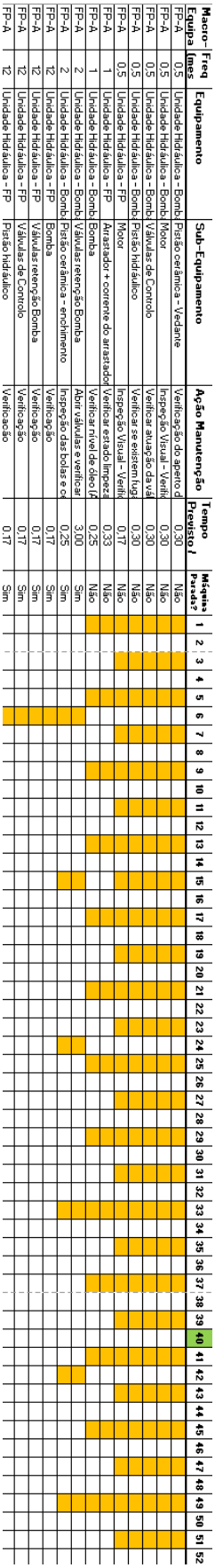
Figura A.1: Cronograma de implementação do TPM na empresa

Anexo B

Plano de intervenções periódicas anual definido para a FP-A

O plano de intervenções periódicas apresentado na seguinte página corresponde ao apresentado no capítulo 4, *Implementação das ações de melhoria*, mas com maior ampliação e detalhe. São visíveis as 52 semanas anuais, com as células a amarelo a sinalizar as semanas nas quais as intervenções descritas nas linhas terão de ser realizadas pela equipa de manutenção.

Para tal, além deste cronograma de intervenções, é necessário coordenar a produção e a manutenção de modo a que a manutenção planeada seja efetivamente realizada.



Macro-Equipa	Freq (anos)	Equipamento	Sub-Equipamento	Ação Manutenção	Tempo Previsto (...	Máquina Parada?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - Bomb	Pistão cerâmica - Vedante	Verificação do aperto d	0,30	Não																																																			
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - Bomb	Motor	Inspeção Visual - Verifi	0,30	Não																																																			
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - Bomb	Válvulas de Controlo	Verificar atuação da vál	0,30	Não																																																			
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - Bomb	Pistão hidráulico	Verificar se existem fug	0,30	Não																																																			
FP-A	0,5	Unidade Hidráulica - FP	Motor	Inspeção Visual - Verifi	0,17	Não																																																			
FP-A	1	Unidade Hidráulica - FP	Arrastador + corrente do arrastador	Verificar estado, limpeza	0,33	Não																																																		
FP-A	1	Unidade Hidráulica - Bomb	Bomba	Verificar nível de óleo (p	0,25	Não																																																		
FP-A	2	Unidade Hidráulica - Bomb	Válvulas retenção Bomba	Abrir válvulas e verificar	3,00	Sim																																																	
FP-A	2	Unidade Hidráulica - Bomb	Pistão cerâmica - enchimento	Inspeção das bolas e ca	0,25	Sim																																																	
FP-A	12	Unidade Hidráulica - FP	Bomba	Verificação	0,17	Sim																																																	
FP-A	12	Unidade Hidráulica - FP	Válvulas retenção Bomba	Verificação	0,17	Sim																																																	
FP-A	12	Unidade Hidráulica - FP	Válvulas de Controlo	Verificação	0,17	Sim																																																	
FP-A	12	Unidade Hidráulica - FP	Pistão hidráulico	Verificação	0,17	Sim																																																	