

**Implementação de Ferramentas *Lean Manufacturing*  
na Otimização do Processo de Formulação de  
Termoplásticos**

**Alexandra Oliveira Carreira**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Química**

Orientador: Prof. João Moura Bordado

Orientador externo: Eng<sup>a</sup> Carla Ventura

**Júri**

Presidente: Prof. Sebastião da Silva Alves

Orientador: Eng<sup>a</sup> Carla Ventura

Vogal: Prof. João Alexandre de Miranda da Silva Reis

**Julho de 2016**



# Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, à Engenheira Rita Meneses, CEO da Cabopol, por me ter proporcionado a oportunidade de desenvolver a minha tese de mestrado nas instalações da sua empresa e por toda a confiança demonstrada.

Ao meu orientador do IST, Professor João Bordado, agradeço toda a ajuda na realização da minha dissertação e agradeço todos os seus sábios conselhos para esta que foi a minha primeira experiência profissional. Agradeço-lhe, ainda, todo o pronto apoio e disponibilidade demonstrados na escrita desta dissertação.

Um agradecimento especial à Professora Mercedes Esquível por todos os conselhos e tempo despendido na correção deste documento, que desde o início se mostrou disponível a ajudar.

Um forte agradecimento à minha orientadora da empresa, Engenheira Carla Ventura, e à Engenheira Eliana Santos, que desde o primeiro dia me acompanharam e ajudaram na realização de todo o meu trabalho, sempre com muito boa disposição e amizade. Obrigada por toda a confiança que depositaram em mim e por todos os conhecimentos que me transmitiram e que me têm moldado enquanto profissional.

Agradeço a todos os profissionais da Cabopol 1 com quem convivi diariamente por toda a ajuda demonstrada e conhecimentos transmitidos. Desde o primeiro dia me receberam de braços abertos e todos os dias me fizeram sentir “em casa”.

Agradeço aos meus amigos e familiares por todo o apoio prestado e por toda a motivação que me deu mais força para continuar a agarrar este desafio. A todos os que me ajudaram na revisão deste documento.

Agradeço especialmente ao meu namorado todo o amor, apoio e paciência durante esta fase.

Agradeço ao meu irmão a constante boa disposição.

Por último, mas não menos importante, expresso a minha enorme gratidão para com os meus pais, que sempre me educaram de uma forma tão modesta e se sacrificaram para me dar a oportunidade de ingressar no ensino superior e estar hoje a terminar o meu título de mestrado.

Todos, de uma forma ou de outra, contribuíram para que a minha primeira experiência profissional fosse algo único e inesquecível. A todos, o meu enorme obrigado, vindo do fundo do coração.

# Resumo

Num período de grave crise económica e numa realidade de mercado cada vez mais competitiva, é de vital importância que as empresas apostem cada vez mais na melhoria dos seus processos produtivos. Por conseguinte, os polímeros têm vindo continuamente a substituir materiais como metais, vidro e papel, devido às suas variadas e interessantes características, bem como ao seu baixo custo.

É nesse contexto que surge a oportunidade de ingressar num projeto de otimização de processo e aumento de produtividade na Cabopol – Polymer Compounds, S.A., uma empresa dedicada à produção de compostos termoplásticos e reticulados, que oferece uma vasta diversidade de produtos. Para o efeito, recorreu-se à implementação de medidas *Lean Manufacturing* nas linhas de produção de compostos de PVC, com o objetivo de melhorar e aumentar os seus níveis de produtividade.

Procurou estudar e analisar-se o processo produtivo, assim como identificar os principais pontos de desperdício. Posteriormente, definiram-se técnicas *Lean* com o intuito de reduzir e/ ou eliminar os mesmos. De entre as principais técnicas *Lean* implementadas destacaram-se a disseminação da filosofia *Kaizen* (melhoria contínua) no chão-de-fábrica; a aplicação da técnica 5S e gestão visual na organização dos espaços de trabalho; o emprego da técnica SMED na redução dos tempos de paragem de produção; o estabelecimento de um programa de manutenção autónoma e a introdução do cálculo de indicadores de eficiência dos processos, nomeadamente o OEE.

Os indicadores de performance, monitorizados mensalmente, demonstraram que a abordagem e metodologias implementadas foram eficazes, na medida em que foram observadas melhorias nos resultados industriais. Assim sendo, também na Cabopol, as ferramentas *Lean* se demonstraram como uma mais valia.

Neste sentido, e tendo em conta a política de melhoria contínua da Cabopol, recomenda-se a estandardização do trabalho, feita a todas as linhas produtivas da empresa.

**Palavras-chave:** *Lean Manufacturing*, desperdícios, compostos termoplásticos, melhoria contínua.

# Abstract

In a period of severe economic crisis and an increasingly competitive market reality, it is vital that companies increasingly bet on improving its production processes. Therefore, the polymers have been continuously replacing materials such as metals, glasses and paper because of their varied and interesting characteristics, as well as their low cost.

In this context, there is an opportunity to optimize the process and increase overall productivity in Cabopol – Polymer Compounds, S.A., a enterprise dedicated to the production of thermoplastic and crosslinked compounds, which offers a wide range of products. To this purpose, it resorted to the introduction of Lean Manufacturing measures in the formulation lines of PVC compounds, in order to improve and increase their productivity levels.

Consequently, it was tried to study and analyze the production process and to identify the main wastes points. Subsequently, were defined Lean techniques in order to reduce and / or eliminate them. Among the main Lean techniques implemented were highlighted the spread of Kaizen philosophy (continuous improvement) in-floor factory; the application of 5S technique and visual management in the organization of workspaces; the use of SMED technique in reducing production downtime; establishing an autonomous maintenance program and the introduction of key performance indicators, namely OEE.

The key performance indicators, monthly monitored, showed that the approach and methods implemented were effective, according as the improvements observed in the industrial results. Thus, also in Cabopol, Lean techniques are shown as an asset.

In this sense, and taking into account the continuous improvement policy of Cabopol, it is recommended the standardization of this work for all the production lines of the company.

**Key-Words:** Lean Manufacturing, wastes, plastic compounds, continuous improvement.

# Índice

Agradecimentos .....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice .....	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas .....	xii
Abreviaturas e Siglas .....	xiii
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento, Motivação e Objetivos .....	1
2. A Cabopol - Polymer Compounds, S.A.....	3
3. Estrutura do Documento.....	5
4. Revisão Bibliográfica.....	6
4.1. A Evolução Dos Sistemas De Produção.....	6
4.2. O <i>Lean Manufacturing</i> .....	7
4.3. <i>Kaizen</i> : O Modelo de Melhoria Contínua .....	10
4.3.1. Ciclo PDCA .....	11
4.4. Técnicas <i>Lean</i> .....	12
4.4.1. 5S .....	12
4.4.2. Gestão Visual.....	13
4.4.3. TPM – Manutenção Produtiva Total .....	13
4.4.4. SMED – Troca Rápida de Ferramentas .....	18
5. Análise da Unidade Produtiva Cabopol 1 .....	20
5.1. Descrição Do Processo Produtivo .....	20
5.2. Limitações Do Processo Produtivo.....	26

5.3.	Diagnóstico Da Situação Inicial na Fábrica .....	27
5.4.	Estudo às Causas de Tempos Não Produtivos .....	28
5.5.	Identificação dos Sete Desperdícios .....	33
6.	Implementação do Projeto Vitamina M .....	34
6.1.	Boas Práticas Industriais – GMP .....	35
6.2.	Encontros Diários no Chão-de-fábrica.....	35
6.3.	Organização dos espaços de trabalho - 5S's e Gestão Visual .....	38
6.4.	TPM – Manutenção Autónoma.....	42
6.5.	Aplicação da metodologia SMED .....	46
6.5.1.	Troca dos Filtros de Extrusão.....	47
6.5.2.	Troca de Lâminas .....	51
6.5.3.	Limpeza das Linhas de Produção .....	53
6.6.	Aplicação do cálculo do OEE .....	58
6.6.1.	Metodologia de Análise .....	59
6.6.2.	Índice de Disponibilidade .....	60
6.6.3.	Índice de Performance .....	60
6.6.4.	Índice de Qualidade .....	61
7.	Verificação de Resultados.....	63
7.1.	Encontros Diários e Plano de Ações Kaizen .....	63
7.2.	Manutenção Autónoma .....	64
7.3.	Troca de Lâminas de Corte.....	65
7.4.	Limpeza das Linhas de Produção .....	66
7.5.	OEE .....	67
8.	Conclusões .....	70
9.	Recomendações de Trabalhos Futuros.....	73
	Referências Bibliográficas .....	74

Anexos .....	77
Anexo 1 – Codificação e Categorização das Paragens das Linhas.....	77
Anexo 2 – Procedimento da Aplicação das Boas Práticas de Fabrico (GMP) .....	80
Anexo 3 – Plano de Inspeção da Linha de PVC 1.....	84
Anexo 4 – OPL: Colocação das Lâminas na Câmara de Corte das Linhas de PVC.....	85



# Índice de Figuras

Figura 2.1 – Empresas pertencentes ao Grupo Meneses.....	3
Figura 2.2 – Instalações da Cabopol 1. ....	4
Figura 4.1 - Evolução dos sistemas de produção (adaptado de Rodrigues, 2014). ....	7
Figura 4.2 – Os sete tipos de desperdício identificáveis num processo produtivo.....	9
Figura 4.3 – O ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA).....	11
Figura 4.4 - Atividades que sustentam o modelo TPM.....	14
Figura 4.5 – Relação entre a composição dos tempos de um equipamento e os indicadores do OEE. ....	16
Figura 4.6 – Estágios conceituais da prática do SMED. ....	19
Figura 5.1 – Diagrama de blocos simplificado das Linhas de PVC da Cabopol 1. ....	21
Figura 5.2 - Perfil de velocidade e de temperatura durante o processo de mistura no misturador. ....	23
Figura 5.3 – Esquema de uma extrusora, fazendo alusão aos principais constituintes.....	24
Figura 5.4 – Crivo e filtros de extrusão característico das extrusoras de PVC.....	24
Figura 5.5 - Pormenor da unidade de extrusão de uma das linhas da Cabopol 1. Da direita para a esquerda: cabeça da extrusora, câmbio de filtros e câmara de granulação.....	25
Figura 5.6 – Grão de PVC formulado com coloração azul. ....	25
Figura 5.7 - Tipos de paragens das Linhas de PVC da Cabopol 1 e respetivo peso percentual em tempo e em frequência durante os meses de Janeiro, Fevereiro e Março (consultar o Anexo 1 para corresponder a codificação à classificação da paragem). ....	31
Figura 6.1 – Logotipo do projeto Vitamina M. ....	34
Figura 6.2 – Constituição da equipa dos encontros diários no chão-de-fábrica. ....	36
Figura 6.3 – Quadro Kaizen com o plano de ações. ....	37

Figura 6.4 – Detalhe da alocação dos indicadores de desempenho no quadro Kaizen. ....	37
Figura 6.5 – Implementação dos 5S à bancada de produção (1 – antes da implementação; 2 – após a implementação). ....	39
Figura 6.6 - Implementação dos 5S a uma das secretárias das Linhas de PVC (1 – antes da implementação; 2 – após a implementação). ....	40
Figura 6.7 – Cartão Kanban de reposição do stock de consumíveis.....	41
Figura 6.8 – Posicionamento do cartão Kanban de gestão dos consumíveis. ....	41
Figura 6.9 – Painel de Gestão de Stocks Kanban. ....	42
Figura 6.10 – Fases de implementação do programa de manutenção autónoma na Cabopol1.....	43
Figura 6.11 – Aplicação de gestão visual a indicadores de uma extrusora. ....	44
Figura 6.12 - Aplicação de gestão visual a indicadores de uma extrusora com indicação do número do ponto de inspeção correspondente.....	44
Figura 6.13 – Quadro TPM da Cabopol 1.....	45
Figura 6.14 – Cartões vermelhos de não-conformidade. ....	46
Figura 6.15 – Aspeto de uma rede de extrusão após removida de uma extrusora de PVC. .	47
Figura 6.16 - Pormenor de uma extrusora de PVC com a cabeça da extrusora exposta, dotada de um sistema hidráulico de câmbio de filtros. ....	48
Figura 6.17 - Amostra de grão de PVC com rebarba devido ao desgaste das lâminas de corte.....	51
Figura 6.18 – Lâminas de corte das Linhas de PVC.....	52
Figura 6.19 – Face plana (a da esquerda) e face afiada (a da direita) de uma lâmina de corte.....	53
Figura 7.1 – Evolução mensal do tempo médio de duração das lâminas de corte de PVC...65	65
Figura 7.2 – Evolução mensal do tempo médio de limpeza das linhas de PVC.....	66

Figura 7.3 - Evolução mensal dos índices de performance, qualidade e disponibilidade e respetivo OEE das Linhas de PVC.....	67
Figura 7.4 - Evolução mensal do percentual de paragens de produção face ao tempo de produção programado nas Linhas de PVC.....	68
Figura 7.6 – Evolução mensal do valor do OEE e da quantidade de produto acabado expedida. ....	69

# Índice de Tabelas

Tabela 5.1 – Peso percentual de paragens previstas e de paragens não previstas em termos de tempo (face ao tempo total de paragens) e de frequência de ocorrência.....	29
Tabela 5.2 – Top cinco das causas de paragens responsáveis pelos tempos não produtivos das Linhas de PVC.....	32
Tabela 5.3 – Os sete desperdícios definidos por Ohno (1997) identificados no processo em estudo. ....	33
Tabela 6.1 – Ferramentas Lean adotadas no chão-de-fábrica na otimização do processo produtivo. ....	34
Tabela 6.2 – Tempo médio de paragem de produção para troca dos filtros das extrusoras. ....	47
Tabela 6.4 – Orçamento apresentado pela Periplast para a instalação de um sistema de câmbio de filtros na Linha de PVC 2.....	50
Tabela 6.5 – Tempo de retorno de investimento (ROI) relativo a cada solução apresentada pela Periplast para a instalação de um sistema de câmbio de filtros na Linha de PVC 2.....	51
Tabela 6.7 – Dados relativos ao número de lotes, de referências e de passagens e tempo médio de passagem em cada linha de PVC, produzidos no 1º trimestre de 2016. ....	54
Tabela 6.8 – Procedimento para passagem de referência com vista à máxima otimização da disponibilidade das máquinas.....	55
Tabela 6.9 – Matriz de limpeza de linha de produção.....	56
Tabela 6.11 – Seis grandes perdas aplicadas ao contexto do processo de fabrico em estudo. ....	59
Tabela 7.1 – Balanço mensal aos planos de ações Kaizen. ....	63
Tabela 7.2 – Balanço mensal às etiquetas de não-conformidade ativadas no âmbito da manutenção autónoma.....	64

# Abreviaturas e Siglas

<b>5S</b>	Seiton, Seiri, Seiso, Seiketsu e Shitsuke
<b>GMP</b>	Boas Práticas de Fabrico (Good Manufacturing Practices)
<b>KPI</b>	Indicadores de Performance (Key Performance Indicator)
<b>MP</b>	Matérias-Prima
<b>OEE</b>	Eficiência Global do Equipamento (Overall Equipment Efficiency)
<b>OPL</b>	Lição Ponto a Ponto ( <i>One Point Lesson</i> )
<b>PDCA</b>	Plan-Do-Check-Act
<b>PE</b>	Polietileno
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>PVC</b>	Policloreto de vinil
<b>SBS</b>	Poli(estireno-b-butadieno-b-estireno)
<b>SEBS</b>	Poli(estireno-b-etileno-butileno-b-estireno)
<b>SMED</b>	Troca rápida de Ferramentas (Single Minute Exchange of Die)
<b>TPE</b>	Elastómero termoplástico (thermoplastic elastomer)
<b>TPM</b>	Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance)
<b>TPS</b>	Sistema de Produção da Toyota (Toyota Production System)
<b>TR</b>	Borracha termoplástica (Thermoplastic Rubber)

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento, Motivação e Objetivos

O atual panorama mundial económico tem despoletado uma forte concorrência entre as organizações em todos os mercados. As mudanças relativas às tendências dos mercados de consumo ocorrem a um ritmo estonteante. As empresas sentem-se cada vez mais pressionadas em satisfazer as expectativas dos clientes, que têm vindo a crescer muito rapidamente. Face à instabilidade cada vez maior, a capacidade de reagir à mudança deve ser rápida e certa. Atualmente, as exigências do mercado passam por obter entregas rápidas e fiáveis, produtos e serviços mais personalizados, melhor qualidade e a baixos preços.

Todos estes requisitos aliados à evolução da tecnologia pressionam as empresas a reavaliarem os seus processos produtivos de modo a aumentarem a sua produtividade e competitividade. Na verdade, as empresas que mantiverem os antigos modelos de produção, muito provavelmente não conseguirão fazer face às exigências dos mercados. Assim sendo, para assumir uma posição de destaque nos mercados em que competem e tendo em conta a atual conjuntura económica, as empresas devem procurar implementar medidas e soluções eficientes no aumento da produtividade, sem necessidade de aplicar grande investimento. (Pinto, 2005)

De entre essas medidas e soluções destacam-se os princípios *Lean Manufacturing*, largamente reconhecidos como estratégias muito eficientes no diagnóstico dos processos produtivos, na identificação dos desperdícios presentes e no estabelecimento de soluções que visem à sua otimização e redução ou eliminação, fomentando uma cultura de adaptação à mudança. Em suma, a filosofia *Lean* implica a constante procura da perfeição dos processos de produção, sustentada numa atitude de melhoria contínua permanente.

A presente dissertação foi realizada no âmbito de um estágio de 7 meses (de Outubro a Maio) numa empresa de formulação de compostos termoplásticos – a Cabopol Polymer Compounds, S.A., sediada em Porto de Mós, Leiria, constituída por dois complexos industriais: Cabopol 1 e Cabopol 2.

Até 2020, prevê-se que o mercado mundial dos polímeros cresça a uma taxa anual de 3.9%. Este aumento no consumo é impulsionado pela crescente procura das indústrias automóvel, telecomunicações, construção civil e de embalagem. Os polímeros têm vindo continuamente a substituir materiais como metais, vidro e papel, tal é o seu baixo custo aliado às suas interessantes características: leveza, resistência e versatilidade. (Global Polymer Industry 2015-2020: Trends, Profits and Forecast Analysis, 2015). O seu manuseamento é relativamente fácil, assim como os processos de transformação de polímeros, o que permite baixar o custo de fabrico.

Face ao exposto, é de total interesse para a Cabopol introduzir o *Lean Manufacturing* como modelo de produção, com o objetivo claro e focado na melhoria contínua e sustentada da empresa. Com a adoção do *Lean*, pretende-se elevar a competitividade da Cabopol através do aumento da

produtividade e eficiência dos processos, otimizando as linhas produtivas e eliminando os desperdícios. Sendo a oferta de melhores produtos e serviços uma constante preocupação da empresa, a implementação do *Lean* representa um grande passo no caminho para a sua diferenciação no mercado em que atua.

O objetivo do presente estudo centrou-se na implementação da metodologia *Lean Manufacturing* nas linhas de PVC da unidade fabril 1, que representam cerca de 90% da capacidade produtiva da Cabopol 1, com especial foco na identificação e redução de desperdícios.

## 2. A Cabopol - Polymer Compounds, S.A.

Localizada em Porto de Mós, Leiria, a Cabopol - *Polymer Compounds*, S.A., faz parte do Grupo Meneses, uma multinacional de capital nacional. O grupo é detentor de várias empresas com interesses em várias áreas de negócio desde a indústria química, a indústria da metalomecânica e a engenharia, nos quais tem vindo a crescer consideravelmente, muito devido à diversificação de produtos e serviços e à sua capacidade de oferecer um serviço integrado e completo, sustentado em soluções arrojadas e diferenciadoras. O Grupo Meneses tem já uma vertente internacional bastante vincada, contando com filiais em Espanha, Marrocos, França e Argélia. (Grupo Meneses, 2016)

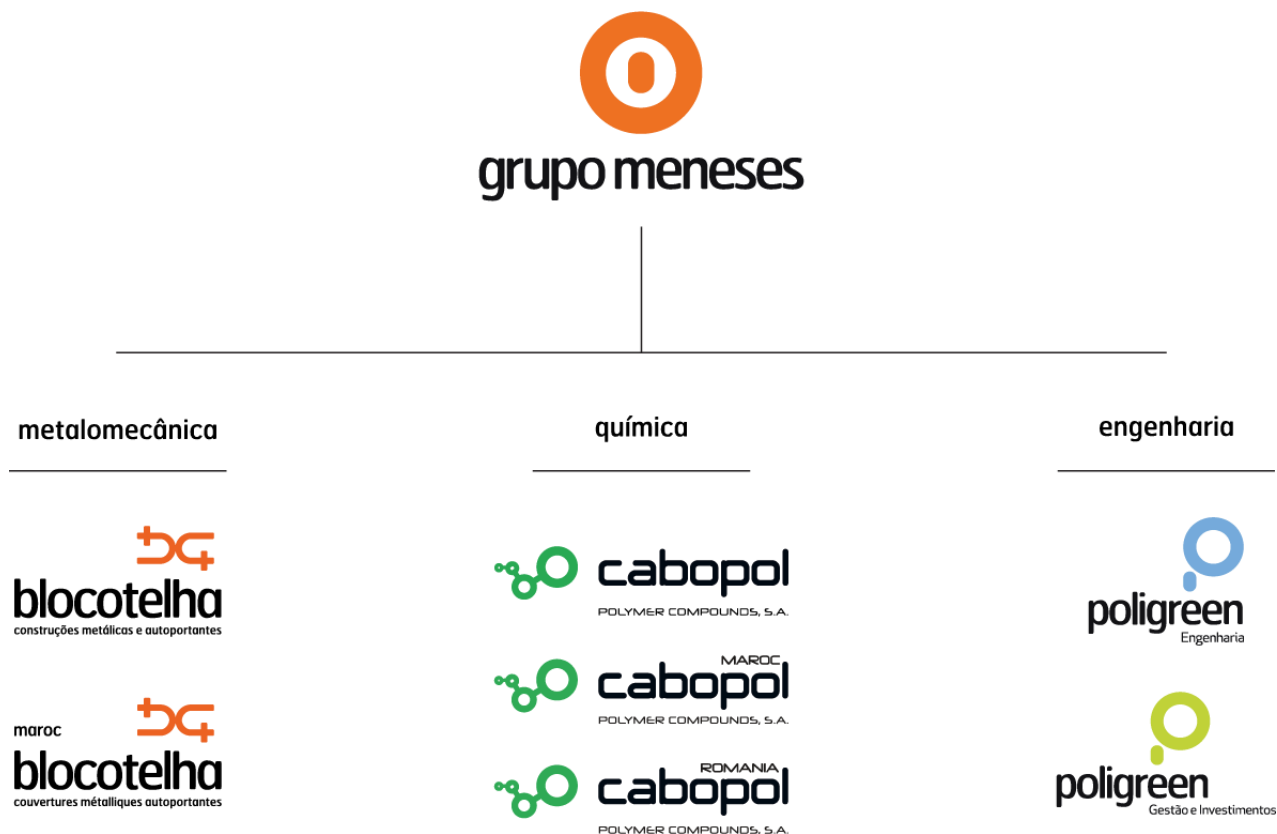


Figura 2.1 – Empresas pertencentes ao Grupo Meneses.

A Cabopol atua no setor dos compostos há 50 anos, apostando no mercado internacional em larga escala e atualmente exporta para mais de 70 países de todo o mundo, sendo um dos principais *players* europeus na sua atividade.

Com uma capacidade produtiva anual de 110 000 toneladas em 14 linhas de produção, a empresa destina-se à pesquisa, desenvolvimento e produção de compostos termoplásticos e reticulados, oferecendo uma vasta diversidade de produtos. A gama de produtos compreende compostos de PVC plastificado, PVC rígido, borracha TR (SBS), borracha TPE (SEBS), PP, PE, compostos especiais livres de halogéneos e compostos biodegradáveis e biocompostáveis. Dentro das principais indústrias de destino destacam-se a indústria automóvel, de cablagem, de calçado, de embalagem, hospitalar e construção civil. (Cabopol - Polymer Compounds, S.A., 2015)





*Figura 2.2 – Instalações da Cabopol 1.*

Em 2005, a Cabopol foi considerada a melhor empresa do seu concelho e ficou muito bem destacada nos principais rankings do distrito de Leiria: 8ª posição das 10 empresas com maiores lucros, 5ª posição das 50 maiores exportadoras e 8ª posição das 250 maiores empresas em termos de volume de negócios (250 Maiores Empresas do Distrito de Leiria, 2015).

### 3. Estrutura do Documento

No seu todo, o presente documento encontra-se organizado por 9 capítulos.

No Capítulo 1 é feita introdução ao tema através da contextualização, motivação e principais objetivos que originaram o presente estudo.

No Capítulo 2 é apresentada a empresa em estudo, a Cabopol, *Polymer Compound*, S.A..

No Capítulo 4 são abordadas as fundamentações teóricas e os recursos técnicos utilizados que sustentaram a implementação do *Lean Manufacturing* na Cabopol.

No Capítulo 5 é descrito todo o processo produtivo das Linhas de PVC, é caracterizado o estado inicial da fábrica e procede-se à identificação dos pontos de melhoria mais evidentes através de uma análise às causas que originam paragens das linhas produtivas.

No Capítulo 6 são selecionadas as técnicas e medidas mais urgentes e adequadas a implementar na fábrica e é descrita a implementação do projeto Vitamina M, que engloba todas as ações tomadas no contexto do *Lean Manufacturing*.

No Capítulo 7, é feita uma avaliação do impacto na produtividade da fábrica de implementações *Lean*, aplicadas no âmbito do projeto Vitamina M.

No Capítulo 8 são expostas as principais conclusões que advêm da implementação do projeto Vitamina M.

Por último, no Capítulo 9, são propostas ações para trabalhos futuros a desenvolver na Cabopol.

## 4. Revisão Bibliográfica

### 4.1. A Evolução Dos Sistemas De Produção

Ao longo das décadas, os sistemas de produção têm sofrido profundas alterações em função da constante modificação das necessidades de mercado, numa realidade cada vez mais consumista. Da evolução dos sistemas de produção, destacam-se o sistema de produção artesanal, o sistema de produção em massa e o *Lean Manufacturing* (Rodrigues, 2014).

Na produção artesanal, o operador (chamado de artesão) é altamente especializado nas tarefas envolvidas na conceção de um produto, por meio de ferramentas e máquinas muito rudimentares. Dada a inexistência de padronização das tarefas, dificilmente se produziam produtos similares, o que se traduzia na produção de peças únicas. Todas estas características aliadas à morosidade dos processos de fabrico, tornavam os custos de produção bastante elevados, o que dificultava o seu acesso pela esmagadora maioria da população (Araujo, 2009).

Fazendo face às limitações da produção artesanal, a revolução industrial veio introduzir o sistema de produção em massa, caracterizado pela produção de lotes de grande dimensão numa gama de variedade de produtos muito limitada, ao mais baixo preço possível (Vilkas et al., 2015). Na produção em massa, profissionais altamente especializados são responsáveis pelo desenvolvimento e projeção dos produtos, enquanto trabalhadores com pouca qualificação realizam tarefas muito repetitivas em máquinas muito especializadas e automatizadas. A baixa flexibilidade dos processos tornava as mudanças de produto bastante dispendiosas, o que resultava na produção de lotes de grandes dimensões. Este sistema permitiu baixar o preço do produto, em detrimento da variedade e qualidade.

O mais recente sistema de produção *Lean* faz uso das vantagens da produção artesanal e da produção em massa, eliminando a inflexibilidade da produção em massa e os elevados custos produtivos da produção artesanal. O sistema de produção *Lean* é caracterizado pela constante procura de desperdícios por equipas de trabalhadores multi-qualificados em todos os níveis da organização. Os processos produtivos são altamente flexíveis, permitindo a produção de uma grande variedade de produtos.

O esquema da Figura 4.1 resume a evolução dos sistemas de produção.

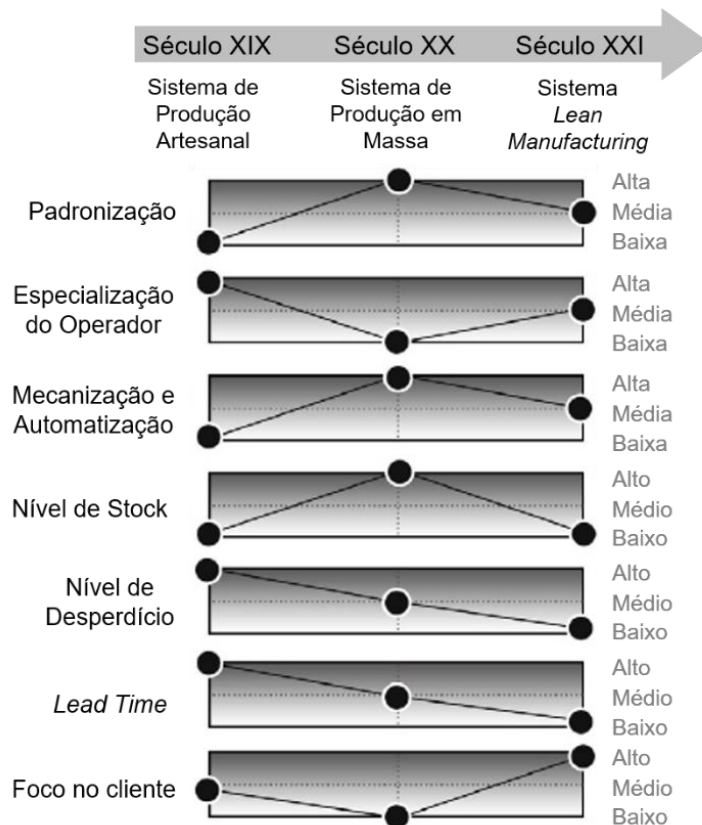


Figura 4.1 - Evolução dos sistemas de produção (adaptado de Rodrigues, 2014).

## 4.2. O Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* tem as suas raízes na fábrica da *Toyota*, no Japão, no final da segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento do Sistema de Produção Toyota (*TPS, Toyota Production System*). O *TPS* nasceu da combinação das virtudes da produção em massa praticada na altura no ocidente com as técnicas de produção japonesas existentes. A sua introdução veio transformar uma indústria pouco flexível, com altos custos de investimento e necessidade de pessoal especializado, em resposta à competição global e à procura crescente de produtos muito diversificados (Ohno, 1997). O seu modelo consistia no conceito simples de produzir sob fluxo contínuo, sem depender de tempos de produção elevados e fornecer uma alta variedade de produtos a baixo preço (Wilson, 2010) (Vilkas et al., 2015).

Womack et al. (1990) popularizou o novo sistema de produção japonês com o termo *Lean Manufacturing* através do livro "*The Machine That Changed The World*", onde compara os sistemas de produção japoneses com os sistemas de produção em massa do ocidente, destacando o superior desempenho dos sistemas de produção da indústria japonesa. O valor para o consumidor deve ser maximizado enquanto os desperdícios existentes nos processos são minimizados. A sua abordagem compreende uma série de metodologias e técnicas que permitem trazer mais competitividade às organizações.

Becker & Kogel (2015) referem o *Lean* como uma filosofia e uma forma de pensar, aliada a métodos e técnicas que suportam a sua implementação, com vista à otimização dos sistemas de produção. O foco permanente do *Lean Manufacturing* centra-se na eliminação dos desperdícios presentes em todas as etapas e níveis dos processos produtivos.

A validade dos princípios e técnicas *Lean* é comprovada pelo sucesso de empresas como a *Toyota Motors Corporations*, que alcançou o patamar de topo no ano 2007 (Pinto, 2009). Apesar de ter nascido no seio da indústria automóvel, Womack et al. (1990) defendem que a aplicação do conceito *Lean* é válida em qualquer tipo de produção industrial, permitindo alcançar sistemas mais eficientes, registar aumentos de produtividade, obter melhores formas de organização e enormes melhorias das condições de trabalho.

Segundo Melton (2005), a implementação do *Lean Manufacturing* permite aumentar a capacidade produtiva e a velocidade de resposta às encomendas, elevando, deste modo, a eficiência, a flexibilidade e a qualidade dos processos produtivos. Ohno (1997) reforça que a adoção de um sistema *Lean* altera as práticas da gestão das operações e é direcionado para a redução ou eliminação dos desperdícios. Dos efeitos da sua implementação, destaca o aumento da produtividade do processo produtivo, a diminuição dos tempos de mudança de produção, a diminuição dos níveis de *stock* de produto acabado, intermédio e de matérias-primas e o aumento da satisfação dos clientes.

Apesar do *Lean* envolver conceitos de aplicação e entendimentos simples, o sucesso da sua implementação numa organização depende fortemente do grau de cepticismo relativamente à validade da filosofia. Werkma (2012) refere que o número de empresas que adota o *Lean* nos seus sistemas produtivos tem vindo a aumentar consideravelmente nos últimos anos mas, no entanto, a sua implementação não é fácil de ser alcançada, na medida em que requer um processo de mudança cultural da organização. O facto de se utilizar técnicas *Lean* não significa que se tenha obtido sucesso em pleno na implementação do *Lean*. Matias & Garrido (2014) reforçam que a implementação do *Lean* não se reduz à aplicação de um conjunto de metodologias e técnicas operacionais. Mais do que isso, é um processo complexo de mudança cultural que requer o total compromisso de todos e uma visão consistente a longo prazo.

O conceito de melhoria contínua, onde se inserem as metodologias *Lean Manufacturing*, deve ser praticado todos os dias, por todas as pessoas e em todas as áreas. Este esforço levará à conquista de pequenas melhorias que apesar de requererem baixo investimento financeiro, traduzem-se em benefícios cumulativos bastante relevantes que, na maior parte dos casos, são mais significativos do que inovações de alto investimento financeiro. (Imai, 1997).

A cultura *Lean* é orientada por cinco conceitos básicos, descritos de seguida: (Werkema, 2012) (Melton, 2005) (Lian & Landeghem, 2002)

- **Especificar o valor.** O valor (aquilo que o cliente valoriza) deve ser definido pelo cliente. Cabe às empresas aferir a necessidade do cliente e procurar satisfazê-la.

- **Definir o fluxo de valor.** Representa todas as operações intrínsecas ao processo produtivo, desde a receção das matérias-primas à expedição do produto acabado. É importante separar as tarefas em três tipos: aquelas que efetivamente originam valor, as que não originam valor mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e por fim, as que não originam valor de todo, devendo ser eliminadas.
- **Criar fluidez no fluxo de valor.** Caracteriza-se pela eliminação de tempos de espera na movimentação de materiais entre os diversos setores constituintes do fluxo de valor. O efeito imediato decorrente da criação de fluxos contínuos é sentido na redução do tempo de ciclo do produto e na diminuição de *stock* de produtos intermédios.
- **Implementar o sistema de produção pull.** Na produção pull, é o cliente que desencadeia a ordem de produção, eliminando a necessidade de produzir *stocks*.
- **Procurar constantemente a perfeição.** A procura pela perfeição, fomentada pelo conceito de melhoria contínua na redução ou eliminação dos desperdícios, deve ser um objetivo constante em todos os processos envolvidos no fluxo de valor.

No que concerne o desperdício, este refere-se a todas as atividades realizadas que consomem tempo e recursos e não acrescentam valor ao produto final. No fundo, são atividades que não geram valor e, pelo contrário, acarretam custos para a organização. (Pinto, 2009)

Ohno (1997) categorizou sete grandes grupos potenciais à ocorrência de desperdícios (Figura 4.2): transporte, movimentação, espera, excesso de *stock*, super/mau processamento, excesso de produção e defeitos.

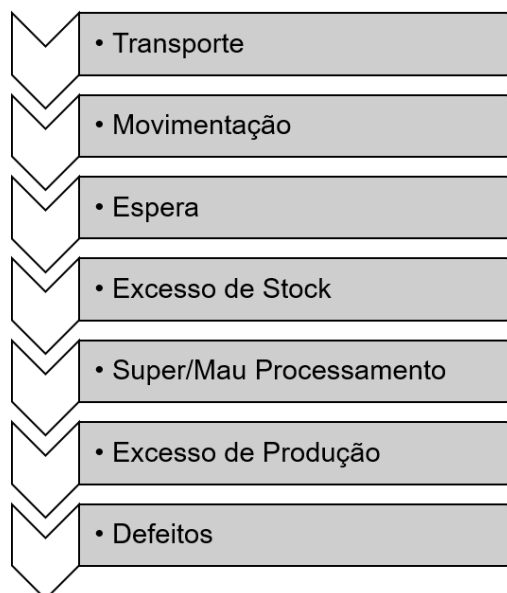


Figura 4.2 – Os sete tipos de desperdício identificáveis num processo produtivo.

O desperdício relativo ao **transporte** compreende todo o movimento necessário para transportar produtos e é principalmente causado por *layouts* mal projetados, cuja consequência é a movimentação desnecessária de materiais ou equipamentos.

Relativamente ao desperdício de **movimentação**, este refere-se ao movimento efetuado pelos operadores na realização de tarefas relacionado, sobretudo, com o posicionamento das ferramentas, a localização dos equipamentos e os aspetos ergonómicos dos equipamentos.

Por seu turno, o desperdício causado por **esperas** associa-se ao tempo de espera dos equipamentos, materiais e/ou de mão-de-obra pelas fases subsequentes do processo.

O **excesso de stock** é causado pela acumulação de material acabado ou semiacabado em quantidades superiores às realmente necessárias. Além de imobilizar capital, ter níveis de *stock* elevados implica uma desadequada utilização do espaço de armazenamento.

O **super/mau processamento** refere-se a processos, operações, atividades e procedimentos desnecessários no processo produtivo e à utilização de equipamentos dimensionados de forma desapropriada.

Relativamente aos desperdícios motivados pelo **excesso de produção**, estes dizem respeito aos excedentes de produção, quer em quantidade quer no tempo errado (mais cedo que o previsto).

Por último, os desperdícios causados por **defeitos** advêm da produção de produtos fora das especificações e das necessidades dos clientes, provocando reprocessamento ou refugo.

Mais tarde, Liker (2004) introduziu na literatura um oitavo desperdício referente à **criatividade dos operadores**, que resulta em perdas de ideias e de habilidades por não se ouvir nem deixar envolver os colaboradores na procura da melhoria contínua. A criatividade dos operadores, que lidam muito de perto com os processos no dia-a-dia, pode vir a ser muito útil na identificação e eliminação dos sete desperdícios citados (Gao & Low, 2014).

Além de reduzir os custos de produção, a redução e eliminação dos desperdícios permite aumentar a rapidez e a flexibilidade dos processos produtivos.

A seleção das técnicas e ferramentas *Lean* a ser implementadas e a sua aplicação prática devem ser adequadas a cada tipo de sistema de produção em função das suas necessidades. De seguida, são destacadas as principais ferramentas *Lean* implementadas no processo produtivo em estudo.

### **4.3. Kaizen: O Modelo de Melhoria Contínua**

O *Kaizen* surge da fusão de dois termos japoneses: *Kai* significa “mudar” e *Zen* significa “para o bem” ou “para o melhor”. Define-se, portanto, como uma metodologia que visa o alcance de melhorias rápidas de baixo custo, fazendo uso do senso comum e da criatividade para otimizar os processos

produtivos. No fundo, trata-se de uma filosofia cujo fundamento é o de melhoria contínua, onde há o envolvimento de todas as pessoas de todos os níveis de uma organização, desde os operários aos administradores (Imai, 1997).

O conceito de melhoria contínua tem sido adotado pelas organizações como uma das metodologias mais eficazes na melhoria do desempenho e da qualidade dos seus processos. No seu escopo, encoraja a pró-atividade das pessoas no sentido de resolver problemas e desafios, aproximar o desempenho dos processos aos valores de referência e continuamente responder às necessidades e expectativas dos clientes (Pinto, 2009). A aposta em soluções de baixo custo, assentes no esforço e engenho de equipas multifuncionais e interdisciplinares no combate ao desperdício e no envolvimento de todas as pessoas, conduz a uma maior produtividade e qualidade dos processos.

Na prática, o *Kaizen* deve ser focalizado principalmente no *gemba* (chão-de-fábrica), local onde se encontra o processo produtivo e é gerado valor.

### 4.3.1. Ciclo PDCA

A filosofia de melhoria contínua pressupõe o uso de metodologias sistemáticas focalizadas na identificação de problemas e na deteção das causas raiz, permitindo o desenvolvimento de planos de ação que conduzam à otimização dos processos produtivos.

O ciclo PDCA surge como uma ferramenta de apoio às implementações *Kaizen* (Figura 4.3). As iniciais PDCA referem-se a quatro atividades: P de *Plan* (Planear), D de *Do* (Fazer), C de *Check* (Avaliar) e A de *Act* (Atuar). O PDCA sugere que todos os passos dados no sentido da implementação de melhorias sejam acompanhados pelas quatro fases do ciclo, que deve ser continuamente repetido até que a perfeição seja alcançada (Imai, 1997).

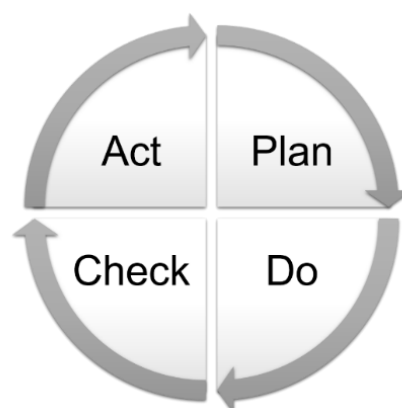


Figura 4.3 – O ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA).

A sua execução tem início na fase **Plan**, onde são identificadas as causas que originam o problema, são estabelecidas as metas que se pretendem alcançar e é definido um plano de ações. Por sua vez, na fase **Do**, o plano de ações é posto em prática de acordo com o que ficou inicialmente estabelecido. Já na fase **Check**, após a execução do plano de ações, os resultados obtidos são avaliados e



confrontados com os objetivos definidos na primeira etapa. Na fase **Act**, todos os procedimentos devem ser padronizados ou, caso se verifiquem falhas durante o ciclo, devem ser estabelecidas novas ações corretivas que visam à sua eliminação.

O ciclo PDCA aliado à metodologia *Kaizen* é muito útil na eliminação de desperdícios e na simplificação de processos através da elaboração de experiências de tentativa erro, repetidas exaustivamente com foco na procura contínua de soluções para problemas.

## 4.4. Técnicas *Lean*

### 4.4.1.5S

O conceito 5S é definido como uma metodologia de melhoria contínua que visa motivar e consciencializar as organizações para a importância de manter os espaços de trabalho de forma organizada e padronizada (Womack & Jones, 1996). No fundo, os 5S estabelecem a organização dos locais de trabalho e mantêm-nos organizados.

De acordo com Hirano (1995), a denominação 5S deriva de cinco atividades sequenciais e cíclicas iniciadas pela letra “S”, que traduzidas significam:

- **Seiri: Senso de Triagem.** As ferramentas e materiais devem ser separadas de acordo com a frequência de uso. Apenas se deve manter no espaço de trabalho as ferramentas e materiais mais frequentemente utilizadas e tudo o resto deve ser descartado.
- **Seiton: Senso de Arrumação.** Devem ser definidos locais próprios de arrumação das ferramentas e materiais, preferencialmente perto do posto de trabalho onde serão utilizadas;
- **Seiso: Senso de Limpeza.** Os próprios usuários devem manter o espaço de trabalho limpo, de forma a que os recursos estejam sempre em boas condições de uso;
- **Seiketsu: Senso de Normalização.** Nesta fase, a importância de todas as etapas anteriores (triagem, arrumação e limpeza) é reconhecida e a sua prática deve ser mantida;
- **Shitsuke: Senso de Disciplina.** Alcança-se através do cumprimento rigoroso de todos os procedimentos e normas de ética e segurança estabelecidos.

A implementação de medidas *Lean* em qualquer processo produtivo requer, em primeira instância, a melhoria do ambiente de trabalho. Nesse sentido, sendo um conceito focado em atividades sistemáticas que se traduzem em postos de trabalho mais eficientes, seguros e organizados, a prática dos 5S deve ser adotada imediatamente nas fases iniciais das implementações *Lean*, fornecendo um ambiente favorável à operacionalidade de outras ferramentas e estratégias produtivas (Moulding, 2010).

## 4.4.2. Gestão Visual

A gestão visual é uma das técnicas *Lean* mais largamente adotadas pelas empresas e cujo impacto é mais rapidamente sentido, dada a sua eficácia e simplicidade de utilização (Werkema, 2012).

Um dos objetivos da gestão visual é tornar visíveis os problemas e desperdícios e aumentar a conscientização para a sua eliminação. Compreende uma série de técnicas de sinalização visual que permitem identificar de forma expedita o estado das condições dos processos e das operações. Além disso, permite facilitar o acesso a ferramentas e peças de apoio à produção e melhora a compreensão sobre o funcionamento dos processos. Nesse seguimento, Imai (1997) sugere que devem existir implementadas formas de controlar os processos, de modo a que os problemas e anomalias estejam visíveis e sejam prontamente identificados, aumentando assim a rapidez de resposta.

Segundo Greif (1989) , os elementos de gestão visual representam informação essencial na identificação de problemas e necessidades dos processos e assumem-se como um meio de estabilização e normalização dos mesmos, inserido-se numa visão de melhoria contínua.

## 4.4.3. TPM – Manutenção Produtiva Total

O conceito de manutenção dos equipamentos veio a sofrer grandes transformações ao longo da evolução industrial. Na implementação das primeiras indústrias, a manutenção era efetuada apenas quando já não era possível operar com os equipamentos, numa filosofia de manutenção reativa.

Com o desenvolvimento da produção *Lean*, após a 2ª guerra mundial, aliado a um acelerado processo de mudança das indústrias, surge a elevada preocupação com a fiabilidade dos produtos e dos processos. Nesse sentido, foram desenvolvidas noções de manutenção preventiva, com o objetivo de reduzir ou impedir falhas nos equipamentos (Kunio, 1992).

A Manutenção Preventiva Total, normalmente abreviada por TPM (do inglês *Total Productive Maintenance*), é definido por Nakajima (1988) como um conjunto de estratégias que visam à maximização da eficiência dos sistemas produtivos, eliminando todo e qualquer tipo de perda com o objetivo de atingir “zero defeitos, zero falhas e zero acidentes”. Para Agustiady et al. (1995) é imperativo o envolvimento direto de todos os colaboradores, ou seja desde a gestão de topo até aos operadores do chão-de-fábrica.

Werkema (2012) destaca como benefícios da implementação do TPM, o aumento do nível de capacitação dos funcionários, a melhoria do ambiente de trabalho, a redução do tempo de paragens por avarias dos equipamentos (e consequentes custos associados) e o aumento da capacidade produtiva. Todos estes fatores associados podem-se traduzir no aumento das margens de lucro dos produtos acabados.

#### 4.4.3.1. Pilares TPM

Originalmente, Nakajima (1988) estruturou o modelo TPM a partir de oito pilares, representados na Figura 4.4. No entanto, dependendo das organizações que o adotam, o modelo TPM pode sofrer ajustes quanto ao número e designação dos pilares que o sustentam, consoante as necessidades dos processos em estudo.

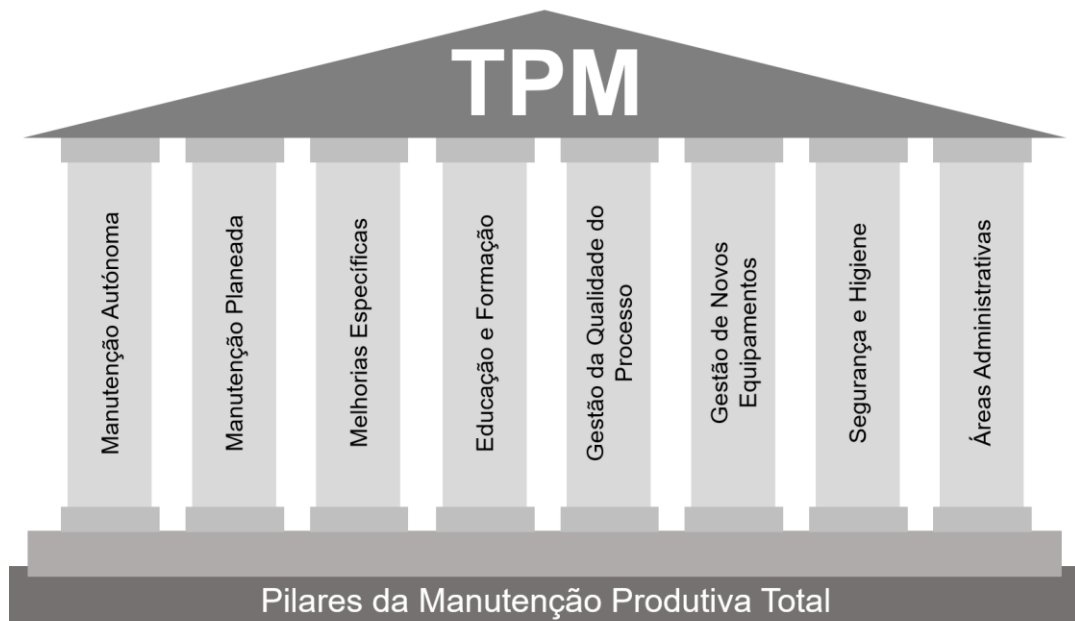


Figura 4.4 - Atividades que sustentam o modelo TPM.

Na **Manutenção Autônoma**, os operadores dos equipamentos executam tarefas rotineiras de inspeção, ajuste ou limpeza que anteriormente eram efetuadas por operadores da manutenção. Desta forma, o pessoal da manutenção passa a dispor de mais tempo para a condução de atividades de melhoria contínua que necessitem de análises mais aprofundadas (Werkema, 2012). Segundo Stamatis (2010), os passos para a implementação da manutenção autônoma passam por:

1. Limpeza e inspeção inicial;
2. Eliminação das fontes de contaminação e de locais de difícil acesso;
3. Estabelecimento de padrões de inspeção e limpeza;
4. Condução da inspeção geral do equipamento;
5. Realização de inspeção geral no processo;
6. Sistematização da Manutenção Autônoma;
7. Prática da auto-gestão.

McKone, Schroeder, & Cua (1999) realçam que para maximizar a capacidade dos equipamentos é essencial a realização diária de ações de manutenção autónoma por parte dos operadores dos equipamentos. Nadarajah, Sambasivan, & Yahya (2005) sublinham que o sucesso do TPM depende grandemente da eficiência dos programas de manutenção autónoma desenvolvidos.

A **Manutenção Planeada** pressupõe a elaboração de um programa calendarizado de atividades de manutenção dos equipamentos, cujo objetivo principal é a eliminação de manutenção corretiva em resposta a eventuais falhas e avarias.

As **Melhorias Específicas** focam-se na identificação e eliminação de fontes de desperdício, aumentando a eficiência dos processos.

A **Educação e Formação** possibilita a elevação dos níveis de conhecimentos e de aptidão dos funcionários da manutenção e da produção.

Na **Gestão da Qualidade do Processo** são promovidas condições ao equipamento que permitam a exclusão de defeitos de qualidade, através de sistemas *Pokayoke* (à prova de erro).

Na **Gestão de Novos Equipamentos**, toda a aprendizagem adquirida do manuseamento dos equipamentos antigos deve ser aplicada e padronizada em equipamentos de nova aquisição. Mais, na aquisição de novos equipamentos devem ser tidos em conta aspetos como o grau de fiabilidade, facilidade de manutenção, ciclo de vida, operacionalidade e tempos de *setup*.

O principal objetivo da **Segurança e Higiene** centra-se na obtenção de zero acidentes e na geração de um sistema que garanta a saúde, a higiene e o bem-estar dos funcionários e do meio ambiente.

O pilar de **Áreas Administrativas** pressupõe a extensão do modelo TPM na melhoria da produtividade e eficiência das funções administrativas.

Por outro lado, importa destacar que cada pilar do TPM se traduz em objetivos específicos com o fim de maximizar os ativos industriais para a produção de produtos com qualidade a preços competitivos, garantindo o aumento da confiabilidade dos equipamentos e da qualidade dos processos com o mínimo de investimentos possível.

#### **4.4.3.2. OEE – Eficiência Global do Equipamento**

Do advento do programa TPM surge a noção de que é fundamental estabelecer uma forma abrangente de medir o desempenho e a utilização da capacidade produtiva, numa perspetiva de que o que não é medido não pode ser melhorado. Nesse contexto, é utilizado o OEE, do inglês *Overall Equipment Efficiency*, como uma métrica da eficiência global dos equipamentos (Ahmed , Hassan , & Taha , 1995).

O OEE tem sido largamente utilizado por todo o tipo de indústrias como indicador na medição do diagnóstico da eficiência dos seus sistemas produtivos e condução de ações de melhoria contínua.

As perdas de aproveitamento nos equipamentos resultam em diferentes tipos de desperdícios, definidos como atividades que consomem recursos mas que, por sua vez, não criam valor ao produto acabado. O cálculo do OEE contabiliza seis tipos básicos de desperdícios dos equipamentos, previsto por Nakajima (1988), agrupados nas seguintes três classes:

**A. Perdas de Disponibilidade**

- A1. Paragens provocadas por falha ou avaria do equipamento
- A2. Paragens para ajustes e preparação de novas produções

**B. Perdas de Performance**

- B1. Pequenas paragens ou tempos de espera do equipamento
- B2. Redução da velocidade de produção face à velocidade para a qual o equipamento foi dimensionado

**C. Perdas de Qualidade**

- C1. Defeitos de qualidade e reprocessamento
- C2. Perdas no arranque das produções até à sua estabilização

Conforme a Eq. 1, o valor do OEE é calculado pela multiplicação de três indicadores – disponibilidade, qualidade e performance - que por si só consideram o impacto que os seis grandes tipos de perdas têm no desempenho global dos equipamentos (Jonsson & Lesshammar, 1999).

$$OEE = Disponibilidade \times Qualidade \times Performance \tag{Eq. 1}$$

A relação entre a composição dos tempos do equipamento e os indicadores do OEE, bem como a forma de cálculo de cada indicador é esquematizada na Figura 4.5.

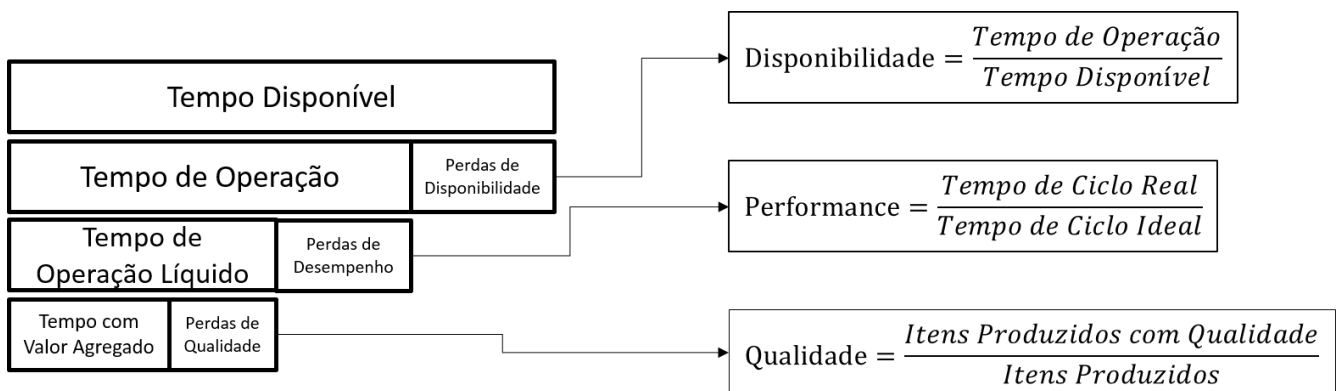


Figura 4.5 – Relação entre a composição dos tempos de um equipamento e os indicadores do OEE.

Segundo Pintelon & Muchiri (2008), o OEE é projetado para identificar as perdas relacionadas com um determinado equipamento, priorizar as principais perdas produtivas e analisar as causas raiz, tendo como finalidade melhorar o desempenho e a fiabilidade.

Busso & Miyake (2013) estabelecem que quando as causas das perdas na utilização da capacidade de produção são identificadas, devem ser empreendidos esforços para reduzi-las ou eliminá-las.

Em acréscimo, Nakajima (1989) sugere o recurso a ferramentas de gestão da qualidade na condução de ações de melhoria que advêm da análise do indicador OEE: o gráfico de Pareto e o diagrama de causa e efeito. No que concerne ao gráfico de Pareto, este estabelece a priorização das causas de paragens mais críticas e identifica os desperdícios que mais impacto têm no resultado do OEE. Como complemento, o diagrama de causa e efeito atua como um meio para a identificação das causas raiz das perdas e desperdícios identificados, facilitando a sua eliminação.

O recurso ao indicador tem sido relevante na avaliação do retorno do investimento realizado no âmbito do programa TPM. Mais, os esforços de melhoria contínua que contribuem para o aumento do OEE traduzem-se na redução dos custos de fabrico e conseqüente aumento da margem de lucro (Busso & Miyake, 2013).

O modelo básico do cálculo do OEE revela-se eficaz na avaliação da eficiência de um único equipamento. No entanto, Busso & Miyake (2013) defendem que a sua simples extensão à avaliação de um sistema de produção constituído por vários equipamentos não é suficiente quando se pretende direccionar a sua melhoria global.

Quando se pretende medir e otimizar um processo constituído por mais que um equipamento, como uma linha produtiva, McCarthy & Rich (2004), Maskell, Baggaley, & Grasso (2011) e Agustiadny & Cudney (1995) propõem a medição do OEE na operação de estrangulamento do processo. Entenda-se por operação de estrangulamento aquela que apresenta a menor taxa de produção, determinando a taxa máxima de produção do sistema produtivo. Por conseguinte, a abordagem passa por, continuamente, identificar as operações de estrangulamento e, através do OEE, identificar oportunidades que maximizem o seu desempenho, deslocando o estrangulamento pelos vários equipamentos intervenientes num processo.

Ainda assim, mediante a necessidade de medir a eficiência de um processo de um modo mais global, é de todo o interesse para a gestão de topo incluir na análise todas as perdas que afetam o fluxo de processo, desde a receção de encomenda à sua entrega ao cliente. Perdas estas que podem ser internas ou externas à organização e que não são previstas pelo modelo básico do cálculo do OEE. Entre as perdas externas à organização inserem-se, entre outras, a falha de fornecimento por parte dos fornecedores, perdas decorrentes de problemas com a embalagem das matérias-primas e falha de energia. Relativamente às perdas internas à organização, é de referir, por exemplo, perdas decorrentes de problemas de alimentação de matéria-prima nas linhas e falta de mão-de-obra para operar nos processos.

Posto isto, é de total interesse para as organizações a utilização de métricas que melhor se adequem à realidade dos seus processos e, como tal, a aplicação do OEE deve estar sujeita a ajustes que se adaptem às necessidades do processo em estudo.

Quando aplicado a um processo global, o OEE é muito útil na comparação de eficiências entre linhas de produção e na identificação do foco dos esforços de melhoria contínua.

#### 4.4.4. SMED – Troca Rápida de Ferramentas

O SMED, do inglês *Single Minute Exchange of Die*, é uma técnica que visa a redução dos tempos de atividades de *setup* dos equipamentos. Entenda-se por atividades de *setup* aquelas que envolvem a preparação e ajuste de peças ou equipamentos antes, durante e depois de iniciar uma produção.

Quando bem implementado, o SMED reduz significativamente os tempos de paragem das máquinas, o que se traduz em custos de fabrico mais baixos. Além disso, a flexibilidade do processo aumenta, devido à facilidade e rapidez com que se consegue trocar de produção. Tal facto permite a produção de lotes mais pequenos e elimina a necessidade de produzir para *stock*. A técnica SMED padroniza as tarefas de *setup*, tornando os arranques de produção mais estáveis e com menos perturbação, aumentando a consistência e a qualidade dos processos (Cakmakci, 2008).

Dentro das operações de *setup*, Shingo & Dillon (1989) dividem as tarefas em duas classes:

- **Atividades internas:** Atividades de *setup* realizadas enquanto o equipamento está parado;
- **Atividades externas:** Atividades de *setup* realizadas enquanto o equipamento está em funcionamento.

Os autores acima enunciados (Shingo & Dillon, 1989) acrescentam que a aplicação do SMED pressupõe quatro estágios, sendo eles:

- **Estágio preliminar.** Não há diferenciação em classes das atividades de *setup*. Este estágio prevê o estudo das operações de *setup* por meio de observações, filmagens, entrevistas e discussões informais com os operadores dos equipamentos;
- **Estágio 1.** Todas as atividades intervenientes da operação de *setup* devem ser classificadas como internas ou externas. Neste estágio, o tempo total de operação de *setup* pode ser reduzido entre 30 a 50%;
- **Estágio 2.** São aplicados esforços no sentido de transformar as atividades internas em atividades externas. Nesta fase, as atividades realizadas com o equipamento parado deverão ser reavaliadas, bem como se analisará a possibilidade de as alocar em atividades externas;
- **Estágio 3.** O último estágio da aplicação do SMED implica a constante revisão de todas as atividades inerentes às operações de *setup*, visando a sua melhoria sistemática e contínua.

A Figura 4.6 esquematiza os estágios envolventes da prática do SMED.

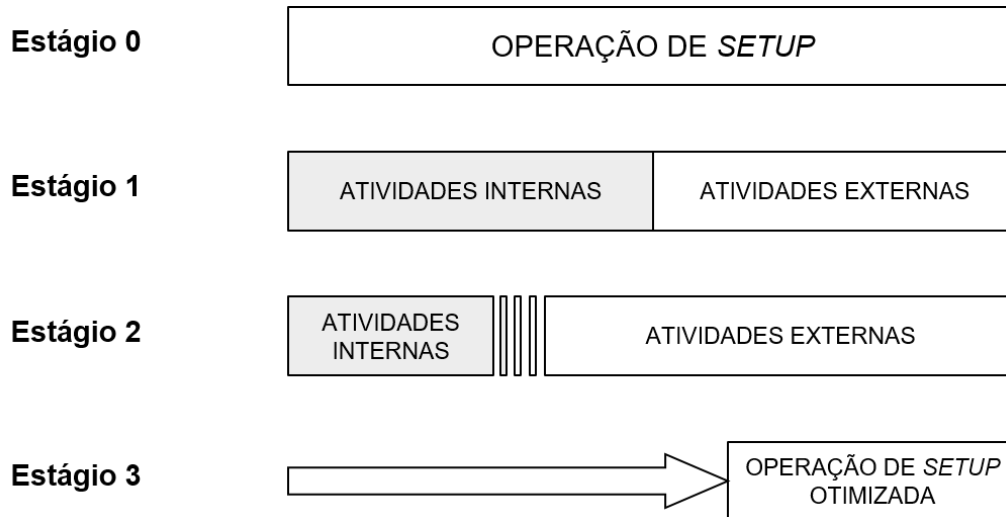


Figura 4.6 – Estágios conceituais da prática do SMED.



## 5. Análise da Unidade Produtiva Cabopol 1

O presente capítulo inicia-se com a descrição detalhada do processo produtivo de formulação dos compostos de PVC na Cabopol 1. Seguidamente, apresenta-se o diagnóstico da situação inicial do chão-de-fábrica antes das implementações *Lean*, efetuado junto dos operadores da produção e da manutenção. Posteriormente, é realizada uma abordagem mais profunda ao processo produtivo, onde são expostas as operações envolvidas mais críticas e que se podem tornar em estrangulamentos do fluxo processual. É ainda apresentado um estudo às causas, tempos e frequências de paragens das linhas e, por último, atendendo às sete principais categorias de desperdício, são identificados os principais tipos de perdas produtivas.

Com este capítulo pretende-se clarificar o modo de funcionamento do processo produtivo de formulação dos compostos de PVC, bem como expor as limitações processuais mais visíveis e mais críticas que, por sua vez, serão alvo de estudo com o intuito de promover a sua respetiva melhoria e otimização.

### 5.1. Descrição Do Processo Produtivo

A otimização de qualquer processo produtivo pressupõe o perfeito conhecimento sobre todas as operações envolvidas, desde a receção das matérias-primas (MPs) à expedição do produto acabado, pois só assim se conseguirão perspetivar hipotéticas melhorias.

De entre outras linhas produtivas, a Cabopol 1 é composta por três linhas de formulação de compostos de PVC (Linhas de PVC) a funcionar em paralelo. As mesmas detêm cerca de 90% da capacidade produtiva total e operam em regime de laboração contínua (24 horas por dia, 7 dias por semana), assegurado pela rotação de quatro equipas de operadores.

As Linhas de PVC destinam-se à formulação de compostos de PVC plastificado para aplicação nas indústrias da cablagem (fio e cabo para automóvel, cablagem de transporte de energia, dados e telecomunicações), construção civil (perfis plastificados) e indústria do calçado (calçado de proteção, solas e canos plastificados).

Os compostos de PVC são, por norma, constituídos por um alargado leque de aditivos. Dependendo da aplicação final do composto, a resina de PVC é formulada com aditivos poliméricos que conferem características específicas ao produto acabado. De entre os mesmos destacam-se os principais (Nass, 1992):

- Carga – Apresenta como funções a de enchimento de volume (reduzindo o custo do produto final) e de reforço, conferindo propriedades de resistência mecânica ao material. A carga utilizada nas Linhas de PVC é, essencialmente, carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ );

- Plastificante – Graças à elevada afinidade química, as moléculas de PVC absorvem o plastificante, conferindo maior facilidade no processamento do composto, na medida em que permite baixar a temperatura de transformação (temperatura de fusão);
- Estabilizante – Evita a degradação física e química do composto;
- Lubrificantes – Reduzem a fricção do composto e inibem a sua aderência às superfícies dos equipamentos, diminuindo o desgaste e o consumo de energia requerido pelos mesmos;
- Corantes – Conferem ao composto uma determinada coloração. Podem ser abastecidos ao processo sob forma de grão (*masterbatch*) ou pó (pigmentos).

Para além destes, existe uma quase infinidade de outros aditivos que podem ser adicionados, como agentes retardantes de chama, modificadores de impacto, antioxidantes, etc..

Todas as Linhas de PVC partilham de um *layout* e configuração idênticos, embora com diferentes capacidades de produção. A grande parte das matérias-primas são abastecidas automaticamente ao processo a partir de silos e tanques de armazenagem, através de um sistema de pesagem e doseamento comum às três linhas. Este sistema é servido por um programa informático de gestão de formulações, onde são introduzidas as formulações a produzir em cada uma das linhas. Para além disso, o programa permite acompanhar o estado de todas as pesagens em curso, assim como, gerir a ordem de abastecimento das matérias-primas a cada linha de produção consoante as necessidades do processo.

A Figura 5.1 contém o diagrama de blocos simplificado correspondente ao processo produtivo das Linhas de PVC.

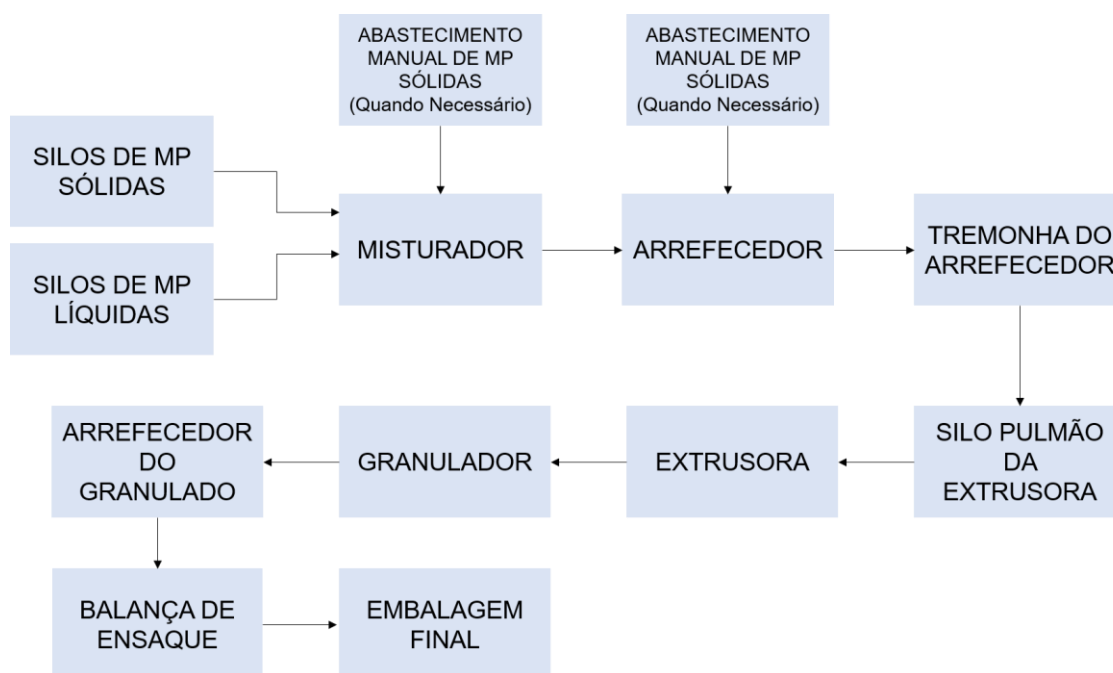


Figura 5.1 – Diagrama de blocos simplificado das Linhas de PVC da Cabopol 1.

As matérias-primas consumidas pelas Linhas de PVC são rececionadas na fábrica e armazenadas como se segue:

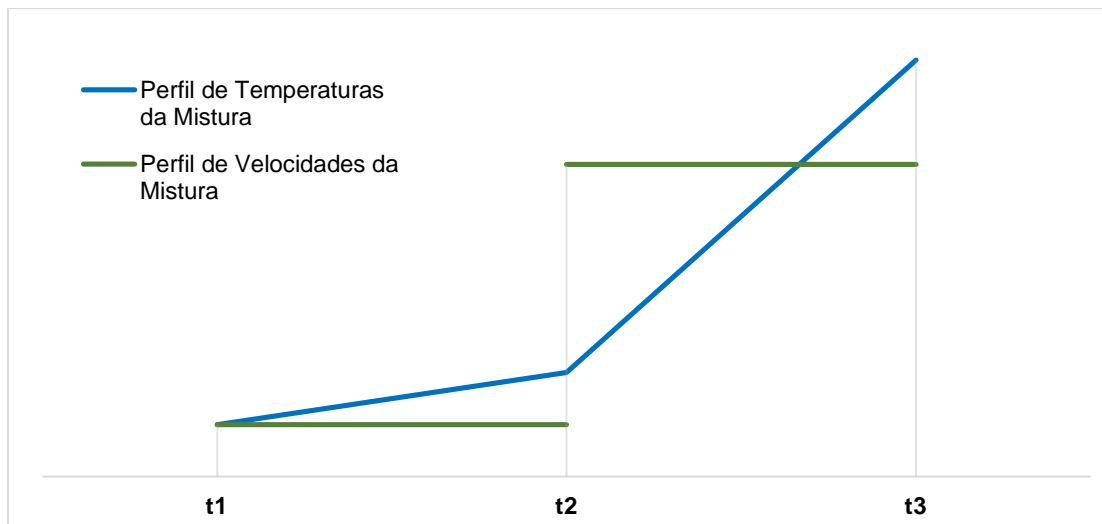
- **MPs de elevado consumo** – São fornecidas em camiões cisterna e abastecidas a silos, no caso das MPs sólidas, e a tanques, no caso de MPs líquidas, ambos de elevada capacidade;
- **MPs de médio/baixo consumo** – São fornecidas em *big bags* ou paletes a sacos e abastecidas a silos de média capacidade, com recurso a um desensacador, ou abastecidas manualmente a silos de microdoses, consoante a disponibilidade dos meios de armazenamento;
- **MPs de baixo consumo** – Fornecidas em *big bags* ou paletes a sacos e armazenadas no armazém de Matérias-Primas.

O funcionamento sistema automático de pesagem e doseamento das matérias-primas é assegurado pela existência de cinco balanças com capacidades de pesagem distintas, sendo que três delas se destinam à pesagem de sólidos e as outras duas à pesagem de líquidos. Posteriormente, o transporte das MPs sólidas desde a balança até ao misturador é garantido por dois compressores. É de referir que este sistema é responsável pela pesagem e doseamento de matérias-primas para as três Linhas de PVC. Entretanto, existem MPs que, quer por indisponibilidade por parte de silos de armazenagem, quer por indisponibilidade do sistema de pesagem e doseamento ou até por exigências do próprios processos de formulação, são pesadas manualmente por um operador numa balança vulgar e abastecidas diretamente ao misturador ou arrefecedor.

O processo de formulação toma início no misturador, cuja principal função é a de promover uma correta mistura e dispersão dos vários componentes (Nass, 1992). Os misturadores constituintes das Linhas de PVC são descontínuos, funcionando por misturas (*batch*).

A mistura é realizada por duas etapas: na primeira etapa, as matérias-primas sólidas e uma fração das matérias-primas líquidas dão entrada no misturador onde são misturadas a baixa velocidade. A adição por partes das MPs líquidas permite que a sua absorção pelas moléculas de PVC seja mais eficiente. Além disso, promove o aumento do atrito e, conseqüentemente, o rápido incremento de temperatura. A segunda etapa, na qual as restantes MPs líquidas são adicionadas e misturadas com os restantes componentes a altas velocidades, inicia-se quando uma determinada temperatura (definida como condição de processo) da mistura é atingida. Só a partir dessa temperatura é que a molécula de PVC está capacitada a absorver o plastificante de forma eficiente (Nass, 1992). Devido ao atrito provocado pelo processo de mistura, a temperatura continua a aumentar até um valor ótimo (definida como condição de processo), indicativo de que todo o plastificante foi corretamente absorvido. Nesse instante, a agitação cessa e a mistura é descarregada para o arrefecedor.

O gráfico da Figura 5.2 esquematiza o perfil de temperatura e de velocidades durante o processo de mistura.



**t1** – Início do processo de mistura com a adição das MPs sólidas e uma fração das MPs líquidas;  
**t2** – Tempo correspondente à temperatura à qual as moléculas de PVC estão apta a absorver as MPs líquidas. Adiciona-se a fração restante das MPs líquidas;  
**t3** – Tempo correspondente à temperatura à qual todas as MPs líquidas foram completamente absorvidas pelas moléculas de PVC.

*Figura 5.2 - Perfil de velocidade e de temperatura durante o processo de mistura no misturador.*

O arrefecimento é realizado graças à circulação de água fria pelas paredes do arrefecedor até uma temperatura tal (definida como condição de processo) que permita o transporte da mistura até às fases seguintes do processo. Assim, após atingida essa temperatura, a mistura é descarregada para a tremonha do arrefecedor. Nesta última, é possível fazer-se a inspeção visual da mistura: caso se verifique a existência de grumos, significa que o processo de mistura não foi eficiente. Nessa situação, a mistura não está em condições de seguir no processo, pelo que, deverá ser retirada da tremonha.

Seguidamente, a mistura é transportada da tremonha até ao silo pulmão, que, por seu turno, alimenta a extrusora. Este transporte é assegurado por um único compressor partilhado por todas as Linhas do PVC. Idealmente, a partir deste equipamento, o fluxo de massa no processo é contínuo. O material dá, então, entrada na extrusora através de uma alimentação forçada por um fuso.

A extrusora de compostos de PVC é constituída essencialmente por um corpo cilíndrico, dentro do qual se encontram dois fusos do tipo sem fim contra-rotativos, que rodam em direções opostas e forçam o transporte do material. Já dentro da extrusora, a mistura (que passa a adotar o nome de massa) sofre diferentes transformações físicas, dependendo da zona do fuso em que se encontre. Ao longo do fuso, estabelece-se um perfil de temperaturas que é função de cada tipo de formulação a produzir (condição de processo), assegurado pela existência de uma série de resistências térmicas. Posto isto, importa salientar que se podem distinguir três zonas nos fusos com funções distintas:

- **Zona de Alimentação** – Assegura o transporte da massa desde a zona da alimentação até à zona de compressão e inicia-se o fenómeno de plastificação;

- **Zona de Compressão** – Ocorre a compressão e a total plastificação da massa. Ainda nesta zona, é promovida a sua desgaseificação (remoção de gases, água e componentes voláteis), através da diminuição da pressão com recurso a uma bomba de vácuo;
- **Zona de Transporte** – Ocorre a uniformização da massa.

A Figura 5.3 representa um esquema geral de uma extrusora de compostos termoplásticos, fazendo menção às principais zonas e referências.

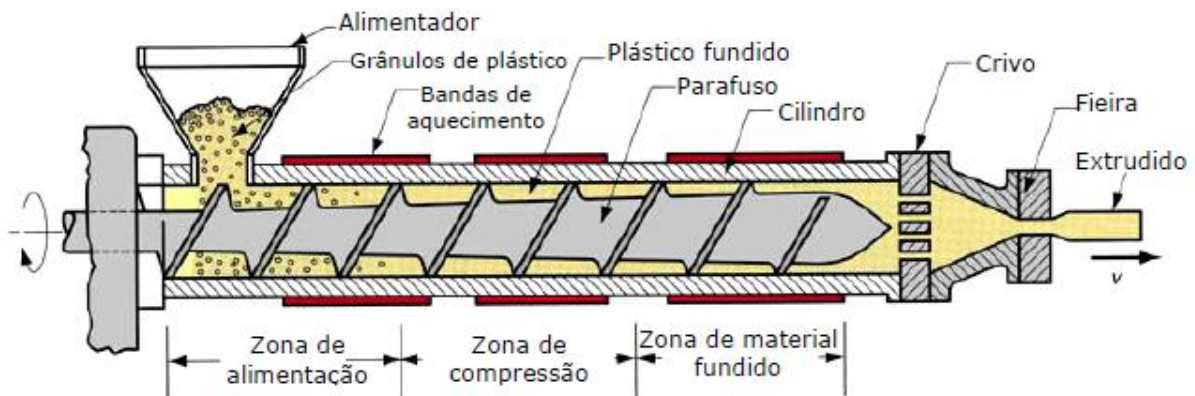


Figura 5.3 – Esquema de uma extrusora, fazendo alusão aos principais constituintes.

Após passar a zona de transporte, a massa é forçada a atravessar um crivo, que se apresenta como um disco de aço perfurado e que pode ou não conter filtros de extrusão. Os filtros têm como função eliminar da massa possíveis contaminações provenientes das matérias-primas ou do próprio processo.



Figura 5.4 – Crivo e filtros de extrusão característico das extrusoras de PVC.

Já na cabeça da extrusora a mistura é forçada, por compressão, a atravessar a fieira constituída por vários orifícios de cerca de 3 mm de diâmetro que permitem a saída do composto sob a forma de fios. Acoplado à cabeça da extrusora, situa-se a câmara de granulação onde se encontram posicionadas 4 lâminas contra a fieira, responsáveis pela granulação do material. De referir que nesta zona de corte é iniciado o arrefecimento do granulado que evita a formação de aglomerados, por sopragem de ar e pulverização de água, facilitando, desta forma, o transporte do grão até ao arrefecedor de granulado.



*Figura 5.5 - Pormenor da unidade de extrusão de uma das linhas da Cabopol 1. Da direita para a esquerda: cabeça da extrusora, câmbio de filtros e câmara de granulação.*

O arrefecedor de granulado é constituído por tubagens e por um ciclone que promovem o arrefecimento do grão. Posteriormente, o granulado é encaminhado até uma tarara. A tarara, dotada de um sistema *pokayoke*, é constituída por redes vibratórias dimensionadas, de tal modo que, rejeitam material de tamanho superior a uma dada dimensão, normalmente constituindo grumos de grãos agarrados.



*Figura 5.6 – Grão de PVC formulado com coloração azul.*

O grão proveniente da tarara é posteriormente encaminhado para o silo da balança de ensaque. Deste silo, o grão é pesado na balança em modo automático (programada para pesar 25 kg de cada vez) e descarregado para a embalagem de destino final: *big bags* ou paletes a sacos de 25 kg.

No caso das paletes a sacos, o operador enche e sela os sacos um a um e preenche a paleta. No caso dos *big bags*, o operador posiciona-o numa estrutura onde vai receber grão, e define no sistema da balança o número de pesagens necessárias para o abastecer.

O granulado, já embalado e identificado, é encaminhado para o armazém de produto acabado, a partir do qual é expedido em camiões de lona, contentores (paletes de *big bags* ou sacos) ou camiões cisterna (a granel).

Para além das linhas produtivas, a fábrica é dotada de sistemas de auxílio à produção, nomeadamente:

- **Unidades de despoeiramento** – Promovem o despoeiramento dos vários equipamentos intervenientes nos processos;
- **Circuito de água que serve as bombas de vácuo** – Responsável pela realização do vácuo nas câmaras de descompressão das extrusoras;
- **Circuito de água de refrigeração** – Utilizado principalmente como utilidade de arrefecimento em equipamentos como arrefecedores e extrusoras;
- **Circuito de ar comprimido** – Usado essencialmente no arrefecimento do granulado e no funcionamento das válvula pneumáticas.

## 5.2. Limitações Do Processo Produtivo

Qualquer que seja o processo produtivo terá sempre associado, no mínimo, uma operação que limita o seu fluxo operacional.

No caso do processo produtivo em estudo, o fluxo de produção é contínuo desde o silo pulmão de alimentação à extrusora até ao embalamento do produto acabado. Esta condição apenas é cumprida se se garantir sempre material no silo pulmão da extrusora. No entanto, existem várias limitações no processo que, por vezes, obrigam à paragem ou à redução da velocidade da extrusora por falta de material no silo pulmão. De entre as limitações identificadas, incluem-se:

- **Limitação dos misturadores em termos de capacidade de carga.** O correto funcionamento do misturador implica que este seja carregado com um volume de mistura equivalente a um terço do seu volume total. Nesse sentido, a quantidade, em peso, de cada mistura que toma entrada no misturador é dependente da sua massa específica;

- **Limitações dos próprios processos de mistura e arrefecimento.** Dependem não do tempo de mistura, mas sim da eficiência com que se atinge as temperaturas de processo definidas;
- **Limitação na capacidade de pesagem das balanças.** As células de carga das balanças estão preparadas para pesarem até uma determinada quantidade de material, porém, existem fórmulas que, pela sua constituição, não permitem que sejam efetuadas cargas de acordo com a dimensão da mistura, mas sim de acordo com a capacidade máxima da balança;
- **Limitação no transporte das misturas da tremonha do arrefecedor até ao silo pulmão da extrusora,** devido à existência de um só compressor em funcionamento a servir as três Linhas de PVC.

Por outro lado, também a jusante da extrusora podem existir limitações de processo, nomeadamente na zona de embalamento de produto acabado, na medida em que, caso não existam disponíveis recursos humanos necessários para manter o escoamento do processo, existirá acumulação de grão no silo da balança de ensaio que, conseqüentemente, obrigará à redução ou paragem da velocidade da extrusora.

### **5.3. Diagnóstico Da Situação Inicial na Fábrica**

A análise da situação inicial da Cabopol 1 envolveu o levantamento das necessidades e dificuldades sentidas no chão-de-fábrica que, posteriormente, serviram como base na decisão sobre as ações a executar e sobre as técnicas *Lean* a implementar, com vista à otimização das operações, dos processos e dos métodos de trabalho.

Numa abordagem inicial ao chão-de-fábrica, registou-se alguma falta de organização e de limpeza dos equipamentos e dos postos de trabalho (mesas e bancadas das linhas de produção). Concomitantemente, notou-se grande falta de organização dos diversos materiais e ferramentas de apoio à produção e falta de locais definidos para os arrumar.

Em simultâneo, verificou-se a inexistência de um sistema eficaz de comunicação entre o departamento da produção e o departamento da manutenção, o que levava a que a grande parte das não-conformidades e/ou avarias dos equipamentos identificados pelos operadores da produção não fossem comunicadas à manutenção. Todavia, quando as mesmas eram notificadas, o seguimento da sua resolução não era seguido, acabando por ficar esquecidas. Como tal, existia por resolver uma grande acumulação de não-conformidades e pequenas avarias que, além do risco de evoluírem para um estado mais grave, resultava em desperdícios operacionais e diminuição do rendimento das máquinas.



Ainda foi possível apurar a falta de formação dos operadores da produção para inspecionar pontos críticos das máquinas e resolver pequenas avarias de fácil resolução. Além disso, identificou-se a ausência de gestão visual pelo chão-de-fábrica, nomeadamente nos vários indicadores dos equipamentos (manómetros, termómetros, caudalímetros, indicadores de nível, etc.), cuja presença proporcionaria uma deteção muito intuitiva dos desvios das condições operacionais face às condições estabelecidas.

Os registos relativos a tempos de produção e tempos de paragens eram pouco rigorosos, o que tornava os dados muito pouco credíveis. Os próprios operadores registavam os tempos de produção e de paragens num programa informático, onde manualmente introduziam as horas de início e fim de cada produção, os tempos de duração das paragens e a sua categorização. Assim, não existia um histórico de dados fiável pelo qual a equipa de gestão se pudesse basear na análise de indicadores e identificação de problemas e desperdícios.

Por último, a análise de indicadores operacionais de performance (KPIs – *Key Performance Indicators*) era quase inexistente, pelo que não havia conhecimento nem acompanhamento da eficiência dos processos.

## 5.4. Estudo às Causas de Tempos Não Produtivos

As paragens das máquinas representam desperdícios que resultam em perdas produtivas. O estudo das paragens constitui um método bastante eficiente na identificação e priorização das perdas produtivas que, após analisadas, são sujeitas a medidas que visam à sua redução ou eliminação.

Atendendo ao facto de que a fiabilidade dos resultados é tanto maior quanto a qualidade dos dados adquiridos, é importante que o método de registo de paragens seja o mais automatizado possível, reduzindo ao máximo os registos manuais.

Nesse sentido, e após uma análise aprofundada às potencialidades do sistema de controlo de energia elétrica da fábrica, foi identificada a possibilidade de incluir um sistema de deteção automático de paragens das linhas produtivas que tem por base os consumos energéticos das extrusoras. É de referir que o aquecimento das várias zonas da extrusora e a rotação do fuso são os parâmetros que consomem mais energia na mesma. Além do mais, mesmo que não esteja a ser extrudido material devido à paragem da rotação do fuso, existe sempre consumo energético associado ao aquecimento das resistências. Tendo em conta o exposto, para cada linha produtiva foi definido um valor de consumo energético, denominado de *setpoint*, que determina se a linha está parada ou em funcionamento, ou seja, se o consumo energético atingir um valor abaixo do *setpoint*, o sistema assume paragem da linha e regista a hora, se, por outro lado, o consumo energético subir acima do *setpoint*, o sistema assume que a máquina está em funcionamento e regista, igualmente, a hora. Os dados são transferidos em tempo real para o *ERP* (sistema integrado de gestão empresarial) da fábrica e cabe aos operadores atribuir uma categorização a cada registo de paragem.

Por forma a facilitar a tarefa dos operadores em classificar as paragens assim como dos gestores na análise dos dados, foi criada uma listagem de categorização de paragens, codificada numericamente consoante a sua natureza. (ver Anexo 1) A listagem inclui classificações de paragens segundo as seguintes categorias:

- Paragem por inatividade: férias, fins-de-semana e falta de encomendas,
- Paragens Previstas: limpeza das linhas para troca de produção, mudança de filtros da extrusora, troca das lâminas da fieira, limpeza do sistema de descompressão da extrusora, manutenções preventivas, manutenções preditivas, entre outros;
- Paragens imprevistas: avarias, falhas de energia, falta de matérias-primas, falta de consumíveis, erros nas operações, entre outros.

Entenda-se por paragens previstas todas aquelas que foram programadas ou são previstas de acontecerem. Por outro lado, as paragens imprevistas representam todas aquelas que se referem a causas não programadas nem previstas, como o caso de avarias.

De referir que este sistema ficou validado em meados de Dezembro de 2015, depois de afinados os valores de consumo dos *setpoints* de todas as linhas e após os operadores terem sido treinados para a sua correta utilização, com base numa instrução de trabalho criada e registada no Sistema de Gestão da Qualidade da fábrica.

Com o intuito de conhecer as principais causas que levam à paragem das linhas do PVC, foi realizada uma análise à frequência e aos tempos não produtivos, recorrendo à base de dados fornecida pelo sistema automático de deteção de paragens. Esta análise apenas abrange os meses de Janeiro, a Março de 2016, uma vez que os registos de paragens anteriores à implementação do sistema automático de deteção de paragens são muito vagos e muito pouco credíveis. Tendo em conta a elevada similaridade do tipo de máquinas, do modo de funcionamento e do material processado que se observa nas linhas do PVC, a abordagem de estudo passou por somar todas as paragens das três linhas, considerando as Linhas de PVC como um todo.

Para se entender a tendência predominante dos tipos de paragens, na Tabela 5.1 são registados os valores, em percentagem, das paragens previstas e das paragens não previstas, em termos de tempo e de frequência de ocorrência. Note-se que os percentuais de tempo de paragens previstas e paragens não previstas são calculados face ao tempo total de paragens.

*Tabela 5.1 – Peso percentual de paragens previstas e de paragens não previstas em termos de tempo (face ao tempo total de paragens) e de frequência de ocorrência.*

	<i>Tempo de não produtividade</i>	<i>Frequência de ocorrências</i>
<i>Paragens Previstas</i>	87%	88%
<i>Paragens Não Previstas</i>	13%	12%

Através da análise da Tabela 5.1, verifica-se que tanto no tempo como na frequência de ocorrência, as paragens previstas refletem um peso manifestamente superior, relativamente às paragens não previstas. As paragens previstas representam 87% do tempo total de paragens e 88% da frequência total de ocorrências de paragens. Tais dados traduzem-se num bom indicador, tendo em conta que o desejável num processo produtivo é diminuir ao máximo e até, se possível, eliminar as paragens de produção por motivos não previstos.

Face às paragens não previstas, a abordagem a ser considerada passa por determinar as causas raiz que provocam a sua ocorrência e procurar eliminá-las ou, no mínimo, torná-las em paragens previstas (p.e. através da introdução de manutenção preventiva, autónoma e/ou preditiva). Quanto às paragens previstas, os seus tempos e as suas frequências devem ser otimizados com recurso a técnicas *Lean* como o SMED, gestão visual e 5S.

O gráfico da Figura 5.1, apresentado em seguida, expõe os resultados obtidos relativos aos tipos de paragens registados nas Linhas de PVC, no primeiro trimestre do ano. Note-se que os valores percentuais de tempo são relativos ao tempo de paragens total e os valores percentuais de frequência são relativos à frequência total de paragens registadas no período em análise. Os tipos de paragens estão dispostos por ordem decrescente de percentagem de tempo, num diagrama Pareto, com a respetiva percentagem de frequência alocada.

## Paragens nas Linhas de PVC

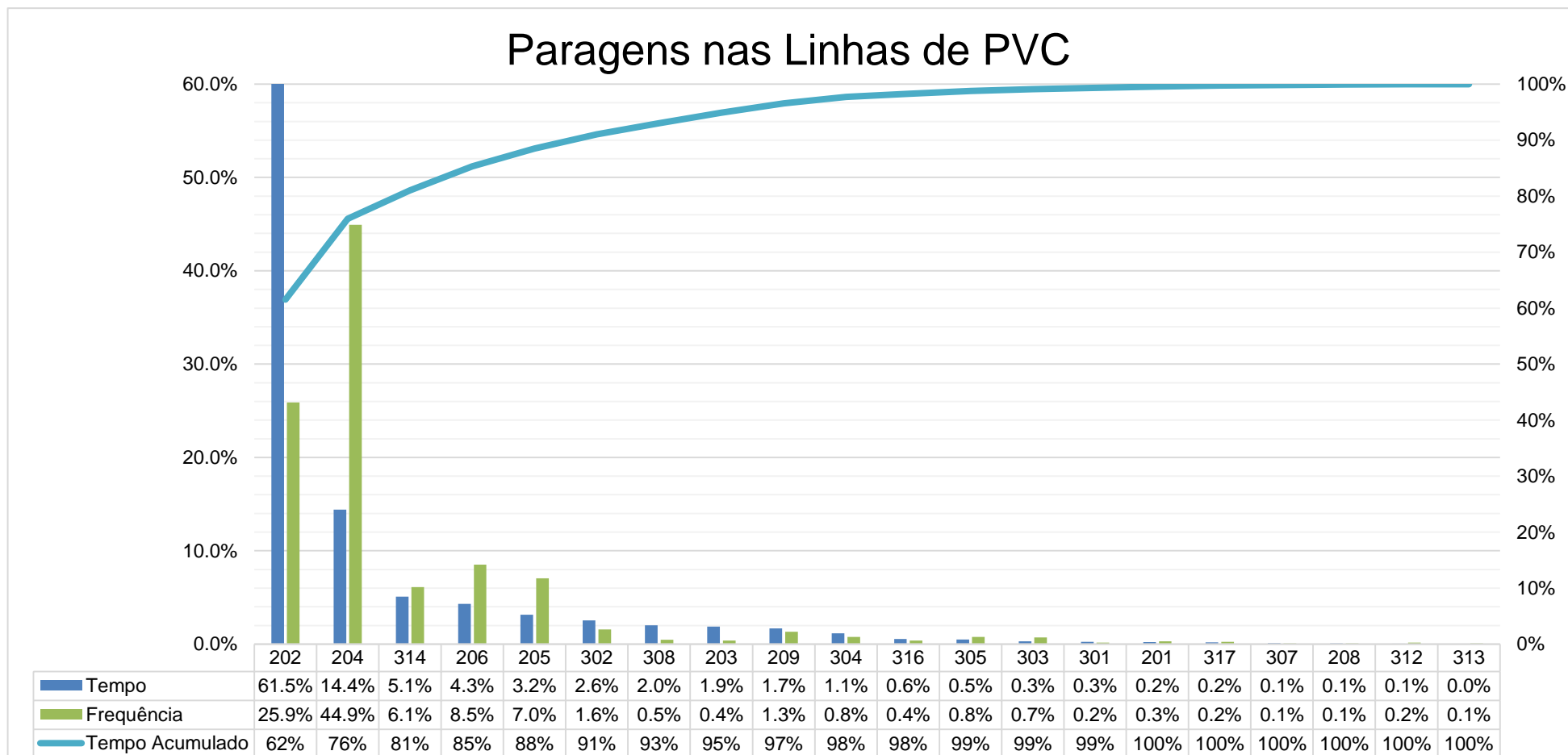


Figura 5.7 - Tipos de paragens das Linhas de PVC da Cabopol 1 e respetivo peso percentual em tempo e em frequência durante os meses de Janeiro, Fevereiro e Março (consultar o Anexo 1 para corresponder a codificação à classificação da paragem).

Da observação do gráfico da Figura 5.1, verifica-se que no período de análise foram registados 21 tipos diferentes de paragens das linhas, em que oito dos quais correspondem a paragens previstas e treze a paragens não previstas.

O principal tipo de paragem, responsável por 61,5% dos tempos não produtivos, corresponde à limpeza da linha para troca de referência (202 – Passagem Programada). Segue-se a mudança dos filtros de extrusão (204 – Mudança de Redes), representando 14,4% do tempo total de paragens. Em conjunto, estes dois tipos de paragens refletem 75,9% do tempo total de paragens das linhas. A falta de material na extrusora (314 – Falha de Matéria-Prima) é o tipo de paragem não prevista que mais se destaca em termos de tempos e de frequência.

Os tipos de paragens acima referidos, devido ao seu grande impacto, são mais críticos e os que merecem uma análise mais cuidada. No entanto, não se deve descurar também de uma análise às paragens previstas da linha para limpeza do sistema de descompressão da extrusora (206 – Limpeza do Vácuo), responsável por 4,3% dos tempos não produtivos, e para troca e afinação das lâminas da câmara de granulação (205 – Troca/Afinação de Lâminas), que representa 3,2% dos tempos não produtivos, tendo em conta que são atividades rotineiras realizadas pelos próprios operadores.

A Tabela 5.2 regista o *top cinco* das causas de paragens responsáveis pelos tempos não produtivos das Linhas de PVC.

*Tabela 5.2 – Top cinco das causas de paragens responsáveis pelos tempos não produtivos das Linhas de PVC.*

<b>Tipo de Paragem</b>	<b>Tempo Não Produtivo (%)</b>	<b>Frequência de Ocorrência (%)</b>
Limpeza da Linha para Troca de Produção	61,5	25,9
Troca dos Filtros de Extrusão	14,4	44,9
Falta de Material na Extrusora	5,1	6,1
Limpeza do Sistema de Descompressão da Extrusora	4,3	8,5
Troca das Lâminas da Câmara de Granulação	3,2	7,0

Os tipos de paragem mencionados representam tarefas rotineira realizadas pelos próprios operadores das máquinas e serão alvo de estudo no sentido de otimizar os tempos de paragem associados e a frequência de ocorrência, tornando o processo mais ágil, mais eficiente e normalizado.

## 5.5. Identificação dos Sete Desperdícios

Ainda no contexto da identificação de situações no processo de produção de compostos de PVC da Cabopol 1 que possam vir a servir como alvo de melhoria, o processo foi estudado e na Tabela 5.3 foram identificados desperdícios relacionados com os sete grupos potenciais à ocorrência de desperdícios definidos por Ohno (1997) (apresentados no Capítulo 4.2).

Tabela 5.3 – Os sete desperdícios definidos por Ohno (1997) identificados no processo em estudo.

<b>Tipo de Desperdício</b>	<b>Relação com o Processo de Fabrico em Estudo</b>
<b>Excesso de Produção</b>	Mais pesagem de corantes manuais em pó do que a requerida pela ordem de fabrico, tendo em conta que o seu manuseamento contamina todo o espaço de trabalho e é de difícil limpeza.
<b>Esperas</b>	Espera das máquinas por material, por limpeza das linhas ou por outras operações de <i>setup</i> ou qualquer outro motivo que implique paragem de produção.
<b>Excesso de <i>stock</i></b>	O rápido tempo de resposta exigido pelos clientes, aliado ao alargado leque de referências de PVC produzidas, resulta em elevados níveis de <i>stock</i> de matérias-primas e de produto acabado.
<b>Defeitos</b>	Produção de material fora de especificação, identificado quando o valor já está adicionado (material extrudido).
<b>Transporte</b>	Transporte desnecessário de pessoas e materiais entre as diversas seções da fábrica, motivado pelas plantas (layout) mal projetadas.
<b>Super/Mau Processamento</b>	Mau aproveitamento da maquinaria instalada, na medida em que os valores dos débitos característicos de cada referência são abaixo do débito para o qual as extrusoras foram dimensionadas.
<b>Movimentação</b>	Movimentação desnecessária dos operadores devido à incorreta localização dos equipamentos e na procura de ferramenta que auxilia na execução de tarefas rotineiras.

O levantamento de todos os desperdícios existentes no processo produtivo facilita em muito a sua redução/eliminação, na medida em que permite estabelecer ações que visam à melhoria e otimização do processo.

## 6. Implementação do Projeto Vitamina M

A análise inicial à unidade produtiva da fábrica da Cabopol 1 permitiu entender a necessidade de aplicar medidas e metodologias que façam face aos desperdícios identificados, proporcionando melhorias nos sistemas produtivos. Na Tabela 6.1 são enumeradas e descritas as ferramentas *Lean* implementadas no chão-de-fábrica.

Tabela 6.1 – Ferramentas *Lean* adotadas no chão-de-fábrica na otimização do processo produtivo.

Ferramenta <i>Lean</i>	Objetivo
Filosofia Kaizen	Disseminar a cultura de melhoria contínua no chão-de-fábrica.
5S	Padronizar e organizar os postos de trabalho, tornando as operações envolvidas no processo produtivo mais ágeis e eficientes.
Gestão Visual	Permitir a intuitiva deteção de condições anormais, permitir maior rapidez na realização de tarefas e normalizar os processos.
Manutenção Autónoma	Dotar os operadores de autonomia para inspecionar pontos críticos das máquinas e saber reagir perante o desvio das condições operacionais. Estabelecer um sistema de comunicação entre a manutenção e a produção que permita uma correta transmissão de informação entre os dois departamentos.
Técnica SMED	Observar em pormenor tarefas rotineiras realizadas pelos operadores para posterior otimização através da redução dos tempos
OEE	Introduzir o cálculo do OEE na fábrica como sistema de medição da eficácia das ações implementadas e de identificação de oportunidades de melhoria nos processos.

Tendo em linha de conta que a mudança de comportamentos e de métodos de trabalho não são fáceis de incutir, sobretudo quando existe já uma cultura antiga implementada, o projeto Vitamina M foi criado como meio para dinamizar e estimular o envolvimento e participação dos operadores perante as novas medidas implementadas.

Ao projeto acima referido, criou-se um logotipo (ver Figura 6.1) que faz referência a todas as metodologias implementadas no seu âmbito. A mensagem que o conceito da Vitamina M pretende transmitir é o de “Melhor e Mais produção e Menos desperdício no chão-de-fábrica”.



Figura 6.1 – Logotipo do projeto Vitamina M.

É de referir que a implementação da grande parte das técnicas inseridas no projeto Vitamina M envolveram o treino e formação aos operadores por meio de reuniões, explicações práticas no terreno, elaboração de procedimentos e instruções de trabalho e disseminação de informação por meio de cartazes espalhados por diversos pontos da fábrica.

Com a implementação de todas estas medidas, espera-se, em primeira instância, a modificação da cultura do chão-de-fábrica, que se irá refletir no aumento da eficiência, melhoria da produtividade e da rentabilidade dos processos, na garantia padrões de qualidade e na redução dos desperdícios.

## **6.1. Boas Práticas Industriais – GMP**

Do inglês *Good Manufacturing Practices* (GMP), as Boas Práticas Industriais são princípios e regras amplamente reconhecidos nos meios produtivos a nível mundial e aplicam-se a todo e qualquer processo de produção. Na sua constituição englobam padrões mínimos de qualidade e segurança que devem ser rigorosamente seguidos por forma a garantir a elevada qualidade do produto acabado e a máxima segurança das operações. Mais, como resultado final tem-se uma fábrica segura e higiénica.

Entendeu-se que, como ponto de partida para a implementação da cultura *Lean* na Cabopol 1, seria de extrema importância a aplicação de GMP no chão-de-fábrica.

Nesse sentido, foi formalizado um procedimento GMP e registado no manual de gestão de qualidade da fábrica (ver Anexo 2) em que se define e incumbe a todos os que contactam com chão-de-fábrica o cumprimento de um conjunto de boas práticas industriais, abrangendo as seguintes áreas (Ghazala, 2016):

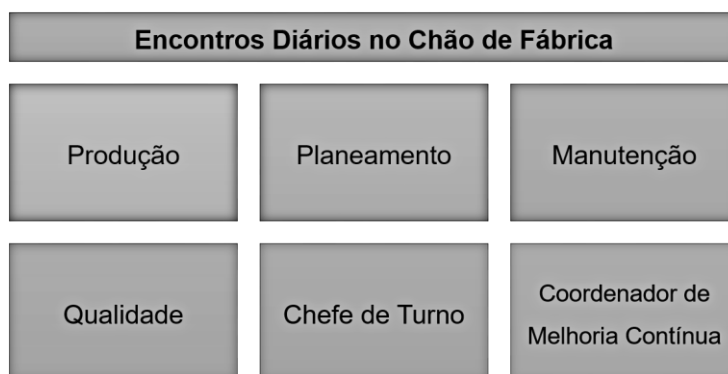
- comportamentos e regras dirigidas dos colaboradores;
- comportamentos e regras no chão de fábrica;
- comportamentos e regras locais de armazenamento de MPs e produto acabado;
- equipamentos, máquinas e ferramentas de trabalho;
- sanitização;
- locais de higienização;
- operações e processos.

## **6.2. Encontros Diários no Chão-de-fábrica**

A disseminação da cultura Kaizen na Cabopol 1 iniciou-se com a introdução dos encontros diários no chão-de-fábrica, com o objetivo de desenvolver o espírito de trabalho em equipa e de entreajuda, orientados à melhoria contínua e à constante procura e eliminação de desperdícios. Com o conceito de melhoria contínua pretende-se liderar o processo de melhoria do desempenho a longo termo através de uma gestão orientada para os processos produtivos.



A primeira fase da implementação dos encontros diários consistiu na estruturação e definição de uma equipa multidisciplinar constituída por pessoas que diariamente estão em contacto com o chão-de-fábrica. Nesse sentido, foi definido um representante de cada departamento (produção, manutenção, qualidade e planeamento) para integrar a equipa dos encontros diários juntamente com o chefe de turno e o coordenador de melhoria contínua (Figura 6.2). A principal função do coordenador de melhoria contínua, além de garantir o correto seguimento das ações de melhoria contínua, é a de atuar como percursor da mudança de cultura, valorizando as pessoas e as suas ideias e criando um ambiente apropriado para que elas se possam desenvolver.



*Figura 6.2 – Constituição da equipa dos encontros diários no chão-de-fábrica.*

Os encontros diários são realizados uma vez por dia nas primeiras horas da manhã e têm uma duração estipulada de dez minutos. Sendo uma reunião de curta duração, a sua agenda é previamente definida e bastante focalizada nos seus objetivos, de modo a retirar o máximo proveito da capacidade da equipa, e a evitar desperdícios de tempo.

Os principais objetivos das reuniões centram-se na análise das dificuldades sentidas no dia anterior, das variações da produção face ao que foi estipulado pelo planeamento e na apresentação e discussão de indicadores de performance da fábrica. A direção alinha o chefe de turno, transmitindo as metas do dia que se pretendem atingir. O chefe de turno tem liberdade para sugerir melhorias que do seu ponto de vista otimizem tarefas, processos e operações e tornem os métodos de trabalho mais eficientes e agilizados.

Face às dificuldades e problemas discutidos, são procuradas e analisadas as suas causas, são estabelecidas soluções e é definido o plano de ações Kaizen, monitorizado pelo ciclo PDCA.

Como suporte aos encontros diários no chão-de-fábrica, foi criado o quadro Kaizen (Figura 6.3) que possibilita que todos os colaboradores da fábrica tenham acesso ao plano de ações em curso no âmbito da melhoria contínua, com o respetivo ciclo PDCA. O plano de ações do quadro Kaizen é uma estratégia de gestão visual com o pretenso de ser dinâmico e constantemente atualizado, proporcionando um senso mais apurado de responsabilidade sobre as ações de melhoria contínua e os seus resultados. Nesse sentido, foi possível verificar um maior compromisso por parte da equipa, que se passa a sentir mais valorizada e participativa nos processos de transformação.

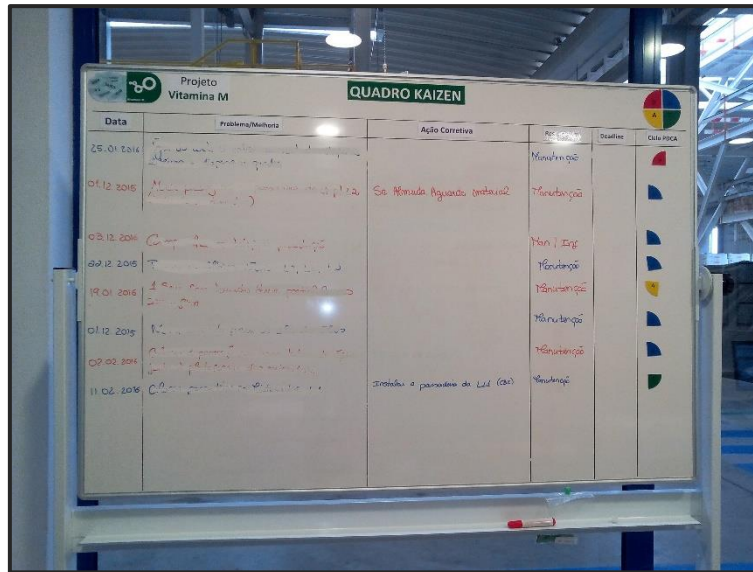


Figura 6.3 – Quadro Kaizen com o plano de ações.

Também no quadro Kaizen são afixados dados relativos ao desempenho mensal da fábrica nas diferentes métricas adotadas (ver Figura 6.4). Desta forma, todos os colaboradores passam a deter uma noção mais precisa e clara dos níveis produtivos e tendem a empenhar-se mais nas tarefas que executam. O quadro Kaizen torna-se numa importante ferramenta no sentido em que melhora o envolvimento e a integração dos operadores no projeto criado de melhoria contínua Vitamina M.



Figura 6.4 – Detalhe da alocação dos indicadores de desempenho no quadro Kaizen.

### **6.3. Organização dos espaços de trabalho - 5S's e Gestão Visual**

A aplicação da metodologia 5S, aliada à gestão visual, surge da necessidade de se padronizar e organizar os espaços de trabalho, tornando as tarefas e as operações envolvidas mais ágeis e eficientes. Além de eliminar desperdícios que resultem de pobres organizações das áreas de trabalho, como a perda de tempo na procura de ferramentas e materiais, espera-se que com a implementação da metodologia se alcance uma mudança de comportamentos e de mentalidades no sentido de criar as bases necessárias que permitam o desenvolvimento e a sustentação de melhorias.

A técnica 5S foi aplicada à bancada de produção e às secretárias de trabalho das Linhas de PVC. Aos consumíveis usados pela produção, foi implementado um sistema de gestão visual com recurso a cartões Kanban que pretende controlar eficazmente os níveis de *stocks*.

#### **Bancada de produção das Linhas de PVC**

Antes da intervenção da metodologia 5S na fábrica, a bancada de produção que serve as Linhas de PVC apresentava uma disposição muito pouco eficiente e mal aproveitada, na medida em as ferramentas nela contidas não se encontravam organizada nem continham localizações definidas. Além disso, existiam muitos objetos que raramente ou nunca eram utilizados pelos operadores, ferramentas danificadas e obsoletas que acabavam por ocupar espaço desnecessariamente. A bancada das Linhas de PVC, além de o local onde se efetua a limpeza dos crivos das extrusoras e posterior colocação das redes de extrusão, serve de local de armazenagem de todo o material necessário a intervenções rotineiras nas máquinas por parte dos operadores.

Em colaboração com os operadores da produção, foi efetuada a triagem da ferramenta absolutamente necessária para a execução das tarefas e apenas o material de grande utilização se manteve na bancada de produção. Posteriormente, à ferramenta selecionada foi atribuída uma localização num painel perfurado que se adaptou na bancada. Mais, por forma a disponibilizar ao operador algum *stock* de redes de extrusão, criou-se um suporte para cada tipo de rede utilizado.

A Figura 6.5 representa o estado da bancada antes e após a implementação da metodologia 5S.

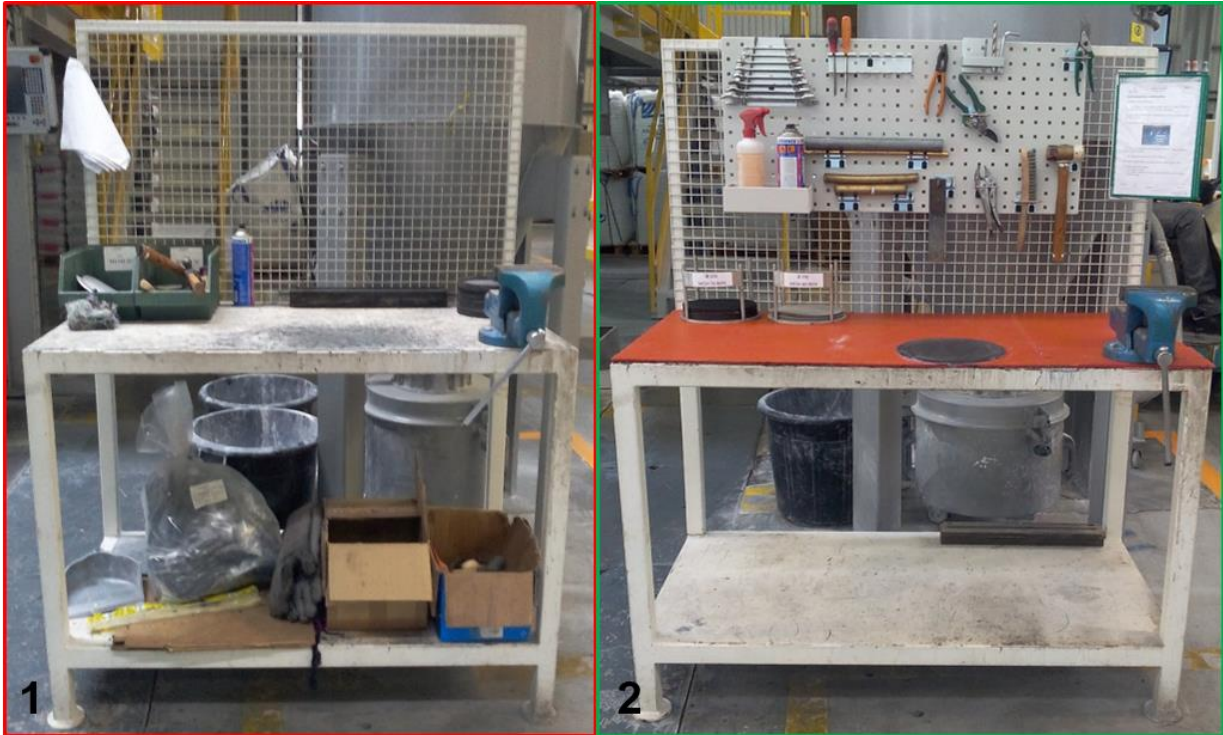


Figura 6.5 – Implementação dos 5S à bancada de produção (1 – antes da implementação; 2 – após a implementação).

### **Secretárias de Trabalho das Linhas de PVC**

As secretárias de trabalho das Linhas de PVC, localizadas no final de cada linha produtiva, servem de alocação de consumíveis usados pelos operadores, como sacos de plástico para recolher amostras para a qualidade e bolsas autocolantes para colar na embalagem de produto final com as respetivas identificações. Ainda nas secretárias, consta um *dossier* com folhas de registos de produção importantes, juntamente com a ordem de fabrico do lote e consta a amostra-padrão da referência que está a ser produzida. À semelhança do que se verificou nas bancada das Linhas de PVC, antes da implementação da técnica 5S, as secretárias apresentavam-se desarrumadas e sem localização bem definida para cada objeto.

A estratégia de implementação dos 5S consistiu da delimitação da zona de cada objeto, no sentido de definir um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar.

O resultado final consiste em três zonas delimitadas e definidas: zona de alocação do *dossier* da linha, zona de alocação do frasco que contém a amostra padrão da referência que está a ser produzida e zona de alocação de um conjunto de gavetas, organizadas para conter os sacos de plástico de recolha das amostras para a qualidade, as bolsas plásticas para identificar a embalagem de produto final e outros utensílios de elevado uso.

A Figura 6.6 representa o estado de uma das Linhas de PVC antes e após a implementação da metodologia 5S.



Figura 6.6 - Implementação dos 5S a uma das secretárias das Linhas de PVC (1 – antes da implementação; 2 – após a implementação).

Por forma a sensibilizar e lembrar o operador da importância em manter implementada a técnica 5S, foi elaborado um ficheiro modelo intitulado “Padrão 5S”, onde se coloca uma fotografia do local perfeitamente organizado e tal como deve ser mantido, juntamente com frases que pretendem compadecer o operador para a prática constante dos 5S. Assim, em todos os locais 5S é colocado o documento Padrão 5S respetivo. O Padrão 5S é uma técnica transversal a todos os níveis na fábrica, implementada não só no chão-de-fábrica mas em todas as áreas comuns como salas de reuniões, bar e refeitório.

### **Controlo do stock dos consumíveis por cartões Kanban**

No presente estudo de caso, o Kanban foi utilizado como uma estratégia de controlo de *stocks* de produtos e materiais. Antes da implementação da estratégia, verificaram-se dois cenários: os consumíveis acabavam ou existia uma exagerada quantidade em *stock* que se traduzia na ocupação desnecessária de espaço e no aprovisionamento de custo.

A fase inicial da gestão dos consumíveis com Kanban consistiu na definição do *stock* mínimo e da quantidade de encomenda de cada material, tendo em consideração fatores como a sua taxa de consumo e o tempo de receção dos produtos desde a sua encomenda.

Posteriormente, para cada consumível elaborou-se um cartão Kanban contendo informações relevantes como o *stock* mínimo, a quantidade de encomenda e o responsável de encomenda. (ver Figura 6.7)

<b>CARTÃO KANBAN DE REPOSIÇÃO DO STOCK DE CONSUMÍVEIS</b>	<b>REFERÊNCIA</b>		<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>STOCK MÍNIMO</b>	<b>QUANTIDADE DE ENCOMENDA</b>	<b>RESPONSÁVEL DE ENCOMENDA</b>	<b>STOCK MÍNIMO</b>
	Etiquetas Vermelhas 5x8cm		Gabinete de Expedição	2 Rolos	5 Rolos	Andreia Ferreira	

Figura 6.7 – Cartão Kanban de reposição do stock de consumíveis.

Cada cartão é posicionado por cima do primeiro artigo correspondente ao *stock* mínimo (ver Figura 6.8). Assim, após se retirar o último artigo, surge o cartão Kanban que avisa sobre a necessidade de se encomendar mais material.



Figura 6.8 – Posicionamento do cartão Kanban de gestão dos consumíveis.

Seguidamente, após se atingir o cartão Kanban de reposição de *stock*, este deve ser colocado na zona “encomendar” no painel de gestão de *stocks* Kanban (ver Figura 6.9). Cabe ao responsável de controlo de *stocks* verificar se existem cartões na referida zona e, em caso afirmativo, solicitar ao responsável de encomenda (estipulado no cartão Kanban) que efetue uma nova encomenda do respetivo material. Após a confirmação de encomenda por parte do responsável de encomenda, o cartão Kanban deve ser recolocado na zona “encomendado”. Por fim, após o material chegar à fábrica e reposto no armazém, o cartão deve ser recolocado no *stock* mínimo do consumível correspondente.



Figura 6.9 – Painel de Gestão de Stocks Kanban.

Com a presente estratégia de gestão visual pretende evitar-se perdas ou paragens na produção e, ao mesmo tempo, otimizar os armazéns de *stock* de consumíveis mantendo-os no mais baixo nível possível.

## 6.4. TPM – Manutenção Autónoma

O desenvolvimento e implementação do programa de manutenção autónoma na Cabopol 1 surge como proposta de melhoria dos processos produtivos no sentido de fazer face às dificuldades sentidas na comunicação de informação entre a produção e a manutenção. Pretende-se, ainda, que os operadores passam a deter de uma maior responsabilidade e sensibilidade para com as máquinas que operam. Espera-se que, com a introdução deste programa, os problemas e não-conformidades das máquinas sejam prontamente comunicadas à manutenção e que as paragens de produção por motivos de avaria reduzam consideravelmente, tanto em frequência como em tempo.

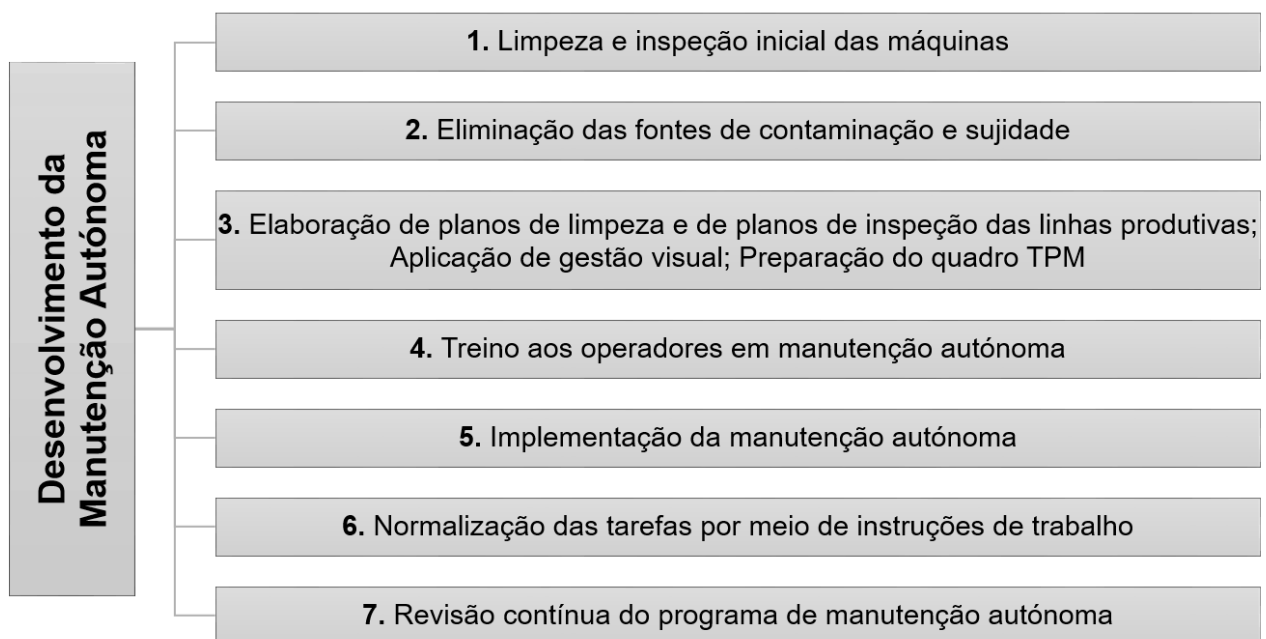
Tendo em conta que a Cabopol 1 funciona sob regime de laboração contínua, é de grande importância monitorizar continuamente o estado e as condições das máquinas, por forma a garantir que a produção não pára por questões de manutenção reativa e por forma a garantir a elevada qualidade do produto acabado.

O programa da manutenção autónoma insere-se na metodologia TPM e envolve atividades de limpeza (dos locais de trabalho, parte de fora dos equipamentos e zonas envolventes) e inspeção de condições operatórias e do estado das máquinas com que os operadores operam. A sua correta implementação traduz-se na melhoria da eficiência dos equipamentos e na participação ativa dos operadores na preservação das condições dos equipamentos. Este sistema vem intensificar as relações entre o departamento da produção e o da manutenção. A capacitação e o conhecimento dos

operadores para praticar ações de preservação e diagnóstico dos equipamentos, permite que a manutenção foque os seus esforços no desenvolvimento de soluções de manutenção mais complexas que requerem conhecimentos técnicos mais aprofundados.

### **Desenvolvimento e Implementação do Programa de Manutenção Autónoma**

A implementação do pilar da manutenção autónoma previsto pelo modelo TPM envolveu a execução dos sete passos descritos na secção 4.4.3.1. A sua implementação por passos permite aumentar progressivamente a participação, a responsabilidade e o conhecimento do operador pelas máquinas com que opera.



*Figura 6.10 – Fases de implementação do programa de manutenção autónoma na Cabopol1.*

A primeira fase da introdução da manutenção autónoma consistiu na limpeza e inspeção de todos os equipamentos das linhas produtivas, conduzidas pela equipa da manutenção em colaboração com a equipa da produção. Desta forma, as condições iniciais dos equipamentos foram restabelecidas, os defeitos e anomalias até então ocultados foram identificados e resolvidos e as fontes causadoras de sujidade (derrames de óleos e perdas de material de processo) e os locais de difícil acesso foram eliminados.

Posteriormente, procedeu-se ao esboço dos planos de limpeza e de inspeção das linhas. A cada linha produtiva foi estabelecido um plano de pontos de inspeção e um plano de limpeza. Os pontos críticos de inspeção e limpeza das máquinas foram identificados tendo em consideração as recomendações dos fabricantes indicadas nos manuais dos equipamentos e tendo em conta toda a experiência do comportamento das máquinas que a equipa da manutenção já reunia. Assim, cada plano de inspeção consiste num conjunto de pontos críticos que devem ser verificados pelo operador



em forma de roteiro, percorrendo todas as máquinas da linha produtiva desde o início ao fim da linha. Como exemplo, no Anexo 3 consta o plano de inspeção da Linha de PVC 1.

Por forma a facilitar o operador na realização das inspeções, aplicou-se gestão visual aos diversos indicadores das máquinas como manómetros, termómetros, caudalímetros e indicadores de nível. A cada indicador foram estabelecidos os limites de operação, onde a zona a verde corresponde às condições operatórias amissíveis de funcionamento. Por outro lado, as zonas estabelecidas a vermelho indicam que o equipamento está a operar sob condições operatórias fora de especificação e devem ser imediatamente reportadas à manutenção.



Indicadores de pressão e de temperatura do óleo de engrenagem da extrusora **sem** gestão visual

Indicadores de pressão e de temperatura do óleo de engrenagem extrusora **com** gestão visual

Figura 6.11 – Aplicação de gestão visual a indicadores de uma extrusora.

A cada ponto de inspeção foi atribuído um número, localmente identificado com um cartão amarelo. Desta forma, quando o operador realiza o plano de inspeção, facilmente se identificam os pontos que devem ser inspeccionados.



Figura 6.12 - Aplicação de gestão visual a indicadores de uma extrusora com indicação do número do ponto de inspeção correspondente.

Todos os planos de manutenção autónoma, tanto de limpeza como de inspeção, foram alocados a um calendário semanal e distribuídos pelos diversos turnos. Cada plano de inspeção é realizado duas vezes por semana ao passo que cada plano de limpeza se efetua uma vez por semana. No início de cada turno de trabalho, cabe ao chefe de turno consultar a tabela de distribuição dos planos de manutenção autónoma, verificar o(s) plano(s) que a equipa deve efetuar e coordenar com os operadores a sua execução. Após a sua concretização, as *checklists* devem ser assinadas por forma a garantir o registo sobre a execução dos planos.

No sentido de reunir toda a informação relativa ao programa da manutenção autónoma, criou-se o quadro TPM, localizado na área da produção com destino aos operadores da produção e da manutenção. O quadro encontra-se dividido em três áreas: tabela de distribuição dos planos, zona dos planos de manutenção autónoma e zona de afixação de etiquetas vermelhas de não-conformidade (detalhada de seguida).

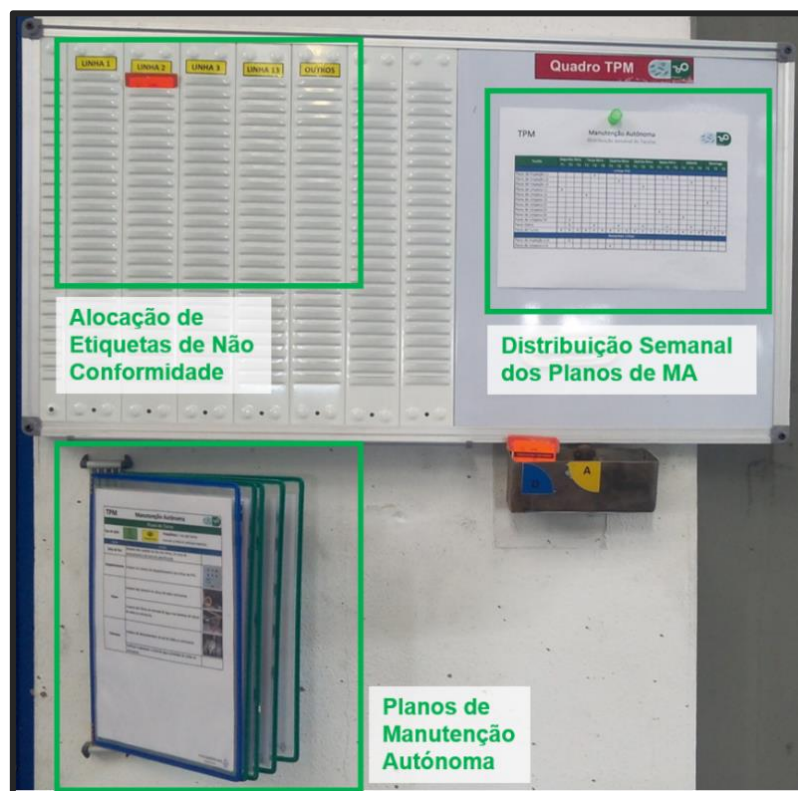


Figura 6.13 – Quadro TPM da Cabopol 1.

Os operadores são os melhores conhecedores dos equipamentos e facilmente detetam anomalias no processo. Essas anomalias, bem como aquelas detetadas aquando a verificação dos planos de inspeção, devem ser imediatamente registadas e comunicadas à manutenção por meio de ativação de cartões vermelhos de não-conformidade.

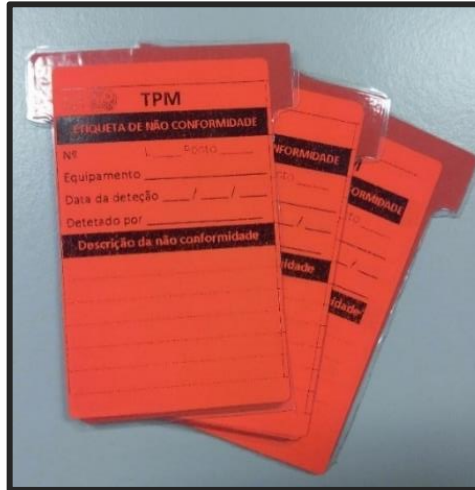


Figura 6.14 – Cartões vermelhos de não-conformidade.

Os cartões vermelhos de não-conformidade são preenchidos e colocados no quadro TPM pelo operador e posteriormente avaliados pela equipa da manutenção, que consulta o quadro diariamente. Assim, um cartão deve ser ativado sempre que um operador identifique desvios face às condições operatórias pré-estabelecidas ou reparações necessárias. Em cada cartão é solicitada informação relativa ao nome do operador que o ativa, a data da ativação, o equipamento em causa e a natureza do problema. Posteriormente, é posicionado no quadro para posterior análise por parte da manutenção. Após a manutenção tomar conhecimento de um cartão, analisa o problema, procura a causa e estabelece a reparação mais viável.

A área de gestão de etiquetas de não-conformidade no quadro encontra-se separada em três zonas: zona dos cartões ativos (dividida por linha de produção), zona dos cartões cuja anomalia se encontra em resolução (fase *Do* do ciclo PDCA) e zona dos cartões cuja anomalia já foi resolvida (fase *Act* do ciclo PDCA). Mensalmente, são retirados do quadro e contabilizados os cartões que se encontram na fase *Act*.

O desenvolvimento do programa de manutenção autónoma da fábrica teve a duração de sensivelmente 3 meses (de Novembro a Janeiro). Após a conceção dos planos de inspeção e limpeza, da distribuição das tarefas pelos turnos e da colocação do quadro TPM, os operadores da produção e da manutenção foram efetivamente formados, tanto na componente teórica como na componente prática, para a implementação do programa que teve o seu início em Fevereiro.

## 6.5. Aplicação da metodologia SMED

O SMED utilizou-se como técnica de estudo de atividades programadas que requerem paragem de produção, conduzidas pelos operadores da produção. Por um lado, procurou-se diminuir os tempos de paragens associados às paragens e, por outro, optimizou-se as operações envolvidas na execução das tarefas. O SMED aplicou-se à troca dos filtros de extrusão, à troca das lâminas da câmara de granulação e à limpeza das linhas produtivas.

### 6.5.1. Troca dos Filtros de Extrusão

De encontro ao que ficou exposto no Capítulo 5.3, a troca dos filtros de extrusão representou o tipo de paragem de produção mais frequente, detendo 44,9% da frequência de paragens total e 14,4% dos tempos não produtivos.

A frequência de troca dos filtros de extrusão encontra-se definida e documentada nos procedimentos do Sistema de Gestão de Qualidade da fábrica, constituindo uma operação inerente ao processo que não pode ser eliminada. A análise ao aspeto das redes de extrusão faz parte dos controlos de rotina da equipa da qualidade, onde a presença de pontos de má dispersão da mistura, pontos queimados ou partículas estranhas (madeiras, metais, etc.) constitui um alerta de qualidade para possíveis problemas na produção em curso, que pode ir desde contaminações a condições de processo erradas ou inadequadas.



Figura 6.15 – Aspeto de uma rede de extrusão após removida de uma extrusora de PVC.

Sendo uma causa de paragem de produção bastante frequente, a troca das redes merece uma análise aprofundada, no sentido de reduzir tanto quanto possível o tempo de paragem associado e normalizar e agilizar as tarefas. Nesta situação, a análise SMED torna-se bastante útil na medida em que permite olhar às operações envolvidas com bastante detalhe e posteriormente estabelecer ações que visam à redução do tempo de necessidade de linha parada.

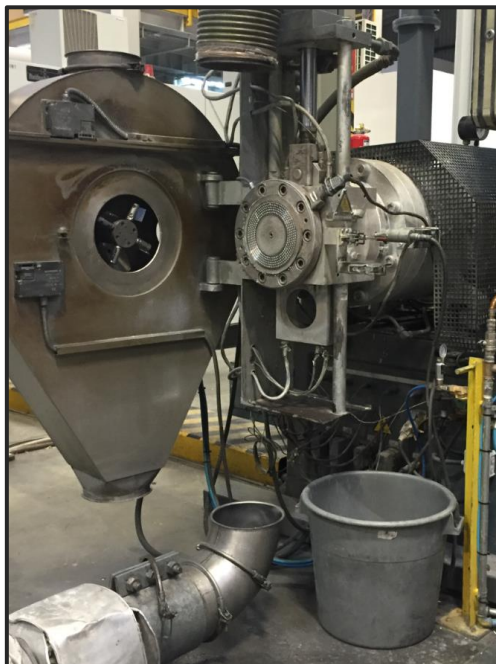
Em primeiro lugar, foi determinado o tempo médio de paragem de produção para troca de redes em cada linha produtiva de PVC, atendendo aos registos efetuados no primeiro trimestre do ano. Os resultados encontram-se na Tabela 6.2

Tabela 6.2 – Tempo médio de paragem de produção para troca dos filtros das extrusoras.

<b>Paragem de Produção para Troca de Filtros de Extrusão</b>			
	Linha PVC 1	Linha PVC 2	Linha PVC 3
<b>Tempo médio (min)</b>	4	16	4

Da análise aos dados da Tabela 6.2 verifica-se que na Linha de PVC 2 o tempo médio de paragem de produção para troca dos filtros de extrusão é quatro vezes superior ao tempo médio de paragem verificado nas Linhas de PVC 1 e 3.

As Linhas de PVC 1 e 3 são dotadas de um sistema hidráulico de câmbio de filtros, constituído por dois crivos em que um deles se encontra em funcionamento na extrusora e o outro está pronto a entrar em atividade assim que houver necessidade de substituição de filtro. Assim, o tempo de paragem de produção resume-se ao tempo necessário para ativar o sistema hidráulico que desencadeia o câmbio dos filtros, juntando o tempo de extrair do suporte do câmbio o crivo com os filtros usados, com recurso a um maço de borracha. É de referir que esta última operação requer que a cabeça da extrusora esteja exposta (ver Figura 6.16).



*Figura 6.16 - Pormenor de uma extrusora de PVC com a cabeça da extrusora exposta, dotada de um sistema hidráulico de câmbio de filtros.*

No caso da Linha de PVC 2, o sistema de troca dos filtros de extrusão é totalmente manual e requer a utilização de diversos tipos de ferramentas. As operações envolvidas neste tipo de paragem na linha de PVC 2 resumem-se a:

1. Expor a cabeça da extrusora (rodando a câmara de granulação);
2. Remover o suporte do crivo;
3. Limpar o crivo, remover os filtros e colocar novos filtros no crivo;
4. Posicionar novamente o suporte do crivo da extrusora;
5. Posicionar novamente a câmara de granulação.

Tendo em conta as condições de funcionamento expostas para a troca de filtros em cada linha de produção, o excesso verificado no tempo médio de paragem na Linha de PVC 2 relativamente às restantes linhas estudadas não surpreende. Nesse sentido, e uma vez que o sistema de troca de filtros na Linha de PVC 2 requer mais mão-de-obra, a análise SMED centrou-se nesta linha de produção.

Assim, a abordagem de análise SMED à paragem para troca de redes de extrusão na Linha de PVC 2 envolveu a execução dos quatro estágios propostos no Capítulo 4.4.4: estágio preliminar, estágio 1, estágio 2 e estágio 3.

Começando pelo estágio preliminar, este caracterizou-se pelo levantamento de todas as tarefas, técnicas e ferramentas envolvidas na concretização da troca das redes de extrusão, por meio de filmagens e discussões informais com os operadores. Por cada operador que habitualmente efetua a troca de redes foi realizada uma filmagem, perfazendo um total de oito registos. Posteriormente, no estágio 1, as tarefas foram cronometradas e catalogadas como internas ou externas. No Anexo 4 consta a tabela de análise SMED que regista todas as tarefas envolvidas na realização da troca de filtros, bem

Da análise aos dados da tabela presente no Anexo 4 verifica-se que a grande maioria das operações externas envolve a procura de material e ferramenta. Estas ações foram eliminadas ou fortemente reduzidas através da realização do programa 5S à bancada de produção das Linhas de PVC, descritas no Capítulo 6.3. Desta forma, os materiais necessários à realização das tarefas encontram-se organizados, arrumados e prontos à disposição do operador, eliminando a necessidade de perda de tempo por procura.

Já no estágio 2 da aplicação do SMED, as operações internas foram estudadas no sentido de as transformar em atividades externas. A principal solução proposta consistiu na aquisição de mais um crivo de extrusão, permitindo que após a remoção do crivo com as redes sujas, se coloque imediatamente outro previamente limpo e preparado com novas redes. Desta forma, elimina-se da paragem para a troca de filtros, o tempo de limpar o crivo, de retirar os filtros sujos e de colocar os novos filtros (operações 20, 21, 23 e 24 da tabela do Anexo 4).

Após realizados os estágios anteriores, o estágio 3 caracteriza-se pela constante revisão de todas as operações envolvidas na paragem, visando à sua melhoria contínua e sistemática. Neste estágio foram estudadas as operações que mais impactam no tempo de paragem para troca dos filtros: o desacoplamento e o acoplamento da fieira à cabeça da extrusora (ver operação 8 e 27 da tabela do Anexo 4). Estas operações são realizadas pelo operador com o auxílio de uma chave manual (sextavada), desapertando e apertando os parafusos um a um. Face a este problema, propôs-se a aquisição de uma chave de impacto, que aperta automaticamente os parafusos, o que permite reduzir significativamente o tempo que o operador demora a realizar a operação.

Se se admitir que com a chave de impacto o operador demora quatro segundos a aparafusar cada parafuso, no total tem-se um gasto de tempo de 40 segundos no aperto e no desaperto. Tal cenário

traduz-se numa redução no tempo em 3,5 vezes no caso do desaperto e em 4,8 vezes no caso do aperto, face aos tempos registados na tabela do Anexo 4..

Após consideradas e contabilizadas todas as otimizações propostas, constatou-se que, teoricamente, o novo tempo de paragem para troca de filtros seria de oito minutos. Ainda assim, este valor é o dobro do tempo verificado nas paragens para troca dos filtros das Linhas de PVC 1 e 3. No entanto, uma vez que as ações propostas não foram implementadas até à data de término da presente dissertação, não foi possível provar no terreno a validade das referidas ações.

Entretanto, após efetuada a análise SMED, foi proposta e analisada uma outra solução que implica maior investimento: a implementação de um sistema de câmbio de filtros na extrusora, à semelhança do que já existe instalado nas Linhas de PVC 1 e 3.

Para tal, a uma empresa especializada, foi solicitado um orçamento para a adaptação de um sistema hidráulico de câmbio de filtros na Linha de PVC 2. A empresa forneceu três soluções que diferem no grau de sofisticação do sistema. O investimento relativo às soluções propostas apresentam-se na Tabela 6.3.

*Tabela 6.3 – Orçamento apresentado pela Periplast para a instalação de um sistema de câmbio de filtros na Linha de PVC 2.*

<i>Solução A</i>	18 330 €
<i>Solução B</i>	19 730 €
<i>Solução C</i>	17 480 €

No sentido de perceber a viabilidade da instalação do sistema, foi realizado um estudo ao retorno do investimento. Para isso, realizaram-se os seguintes passos:

- a. Determinação do tempo médio de paragem com câmbio dos filtros (4 minutos);
- b. Determinação do tempo médio de paragem sem câmbio dos filtros (16 minutos);
- c. Determinação da frequência mensal de troca dos filtros;
- d. Determinação do tempo médio mensal de paragem para troca dos filtros com câmbio de filtros ( $a. \times c.$ );
- e. Determinação do tempo médio mensal de paragem para troca dos filtros sem câmbio de filtros ( $b. \times c.$ );
- f. Determinação do tempo médio ganho por mês com a utilização de câmbio de filtros ( $e. - d.$ );
- g. Determinação do débito médio da Linha de PVC 2;
- h. Determinação do ganho de produção mensal ( $f. \times g.$ );

- i. Determinação da margem de lucro média de produto acabado na Linha de PVC 2;
- j. Determinação do ganho mensal em lucro ( $h \times i$ );

Para o cálculo do retorno do investimento de cada solução proposta na Tabela 6.3, dividiu-se o valor do orçamento de cada proposta pelo ganho mensal em lucro. O tempo do retorno de investimento (ROI) para cada solução encontra-se na Tabela 6.4.

*Tabela 6.4 – Tempo de retorno de investimento (ROI) relativo a cada solução apresentada pela Periplast para a instalação de um sistema de câmbio de filtros na Linha de PVC 2.*

<b>ROI</b>	
<b>Solução A</b>	2 anos
<b>Solução B</b>	2 anos e 3 meses
<b>Solução C</b>	1 ano e 11 meses

Concluiu-se que o tempo de retorno se situa na média de dois anos de laboração face às soluções propostas, o que se traduz num ótimo indicador em termos de investimento. Após balanceadas todas as soluções, decidiu-se pela solução B que será implementada durante a paragem de produção anual no mês de Agosto.

### 6.5.2. Troca de Lâminas

Tal como foi apresentado no Capítulo 5.3, a troca de lâminas representou 3,2% do tempo total de paragem de produção e 7,0% de frequência de ocorrência de paragens. Este tipo de paragem não é dos mais significativos em termos de tempos não produtivos mas, no entanto, sendo uma operação rotineira realizada pelo operador merece uma análise aprofundada com a técnica SMED.

As quatro lâminas, posicionadas na fieira, são responsáveis pela granulação do material. Ao longo da sua utilização, as lâminas iniciam o seu desgaste, e partir de um determinado grau começa a refletir-se na qualidade do corte do material, verificando-se o aparecimento de rebarba no grão (ver Figura 6.17). Nesse momento, o operador pára a produção e procede à troca das lâminas.



*Figura 6.17 - Amostra de grão de PVC com rebarba devido ao desgaste das lâminas de corte.*



De um modo geral, as operações envolvidas neste tipo de paragem resumem-se a:

1. Expor a cabeça da extrusora (rodando a câmara de granulação);
2. Remover as lâminas gastas e colocar lâminas afiadas uma a uma;
3. Posicionar novamente a câmara de granulação



*Figura 6.18 – Lâminas de corte das Linhas de PVC.*

À semelhança da análise SMED efetuada no caso da troca dos filtros de extrusão, as operações envolvidas na troca de lâminas foram observadas e registadas sob forma de filmagens. Posteriormente, na tabela presente no Anexo 5 registaram-se as operações envolvidas, bem como a sua caracterização como interna ou externa, o tempo médio de execução e peso relativo associado.

Da análise aos dados da tabela do Anexo 5, verifica-se que a troca de lâminas é uma tarefa relativamente simples, na medida em que não envolve a execução de muitas atividades nem requer grande quantidade de equipamento auxiliar. De facto, a operação que apresenta maior peso relativo corresponde à troca de lâminas em si, mais concretamente no desaperto das lâminas gastas e aperto das lâminas afiadas.

Ainda atendendo às filmagens efetuadas no processo de troca de lâminas, verificou-se variabilidade no modo de posicionamento das mesmas na feira. Tal como sugere a Figura 6.19, as lâminas apresentam uma face afiada e uma face plana.



Figura 6.19 – Face plana (a da esquerda) e face afiada (a da direita) de uma lâmina de corte.

Constatou-se que cerca de 30% dos operadores posicionavam a face afiada da lâmina contra a feira, enquanto os outros 70% a posicionavam com a face plana contra a feira. Esclareceu-se com a manutenção que o modo correto de posicionamento da lâmina consistia em colocar a face plana contra a feira. Por forma a justificar tal facto, procederam-se a ensaios relativos ao tempo de duração das lâminas, tendo-se verificado que, para o mesmo período de tempo de produção e em condições semelhantes do tipo de formulação a produzir, a frequência na troca de lâminas é maior quando posicionadas com a face afiada contra a feira.

No sentido de registar e informar todos os operadores sobre o correto posicionamento das lâminas de corte, criou-se uma OPL (Lição Ponto a Ponto). Do inglês, *One Point Lesson*, as OPL's consistem em facilitar a assimilação e a prática de uma determinada tarefa, utilizando desenhos esquemáticos e frases curtas ocupando, normalmente, não mais do que uma página (ver Anexo 4).

No fundo, a presente análise SMED efetuada tornou-se bastante vantajosa não no sentido de diminuir o tempo médio de paragem de produção associado à troca de lâminas, mas no sentido em que possibilitou a deteção de uma falha na realização das operações por parte dos operadores e, com isso, permitiu a poupança de custos para a empresa tendo-se aumentado o tempo de utilização das lâminas e, conseqüentemente, diminuído a frequência de substituição.

### 6.5.3. Limpeza das Linhas de Produção

As paragens de produção para limpeza das linhas correspondem à principal causa de tempos não produtivos na indústria do PVC (Nass, 1992). Foi visto no Capítulo 5.3 que a limpeza das linhas para troca de referência representa o tipo de paragem de produção responsável por 58,3% dos tempos não produtivos das Linhas de PVC.

A troca de formulação a produzir numa linha produtiva requer a limpeza de todos os equipamentos intervenientes do processo, eliminando todos os vestígios da produção anterior, de tal modo que garanta que a produção seguinte não seja contaminada com a produção anterior.

Por forma a perceber a realidade de negócio da Cabopol 1 no que toca à variabilidade na produção de referências de compostos de PVC, reuniram-se, na Tabela 6.5, os dados referentes aos números de lotes e referências produzidas em cada Linha de PVC, correspondentes ao 1º trimestre de 2016.

Ainda na mesma tabela são registados os valores relativos ao número de limpezas efetuadas para troca de referência, tempo médio de limpeza e seu respetivo peso percentual face ao tempo de produção programado.

*Tabela 6.5 – Dados relativos ao número de lotes, de referências e de passagens e tempo médio de passagem em cada linha de PVC, produzidos no 1º trimestre de 2016.*

<b>Linha de PVC</b>	<b>Lotes Produzidos</b>	<b>Referências Produzidas</b>	<b>Limpezas para Troca de Referência</b>	<b>T.* P.** Médio para Limpeza (min)</b>	<b>% T*. P**. Médio para Limpeza face ao T*. de Produção Programado</b>
<b>1</b>	156	60	126	41	4,1%
<b>2</b>	96	62	95	40	3,0%
<b>3</b>	119	70	113	49	4,4%

\*Tempo \*\*Paragem

Os dados da Tabela 6.5 comprovam a elevada versatilidade na produção de referências de PVC na Cabopol 1. Verifica-se que no caso da Linha de PVC 3 foram produzidas 70 referências no período de laboração referente ao 1º trimestre de 2016, o que se traduz numa média de 0,8 referências produzidas por dia de produção. As limpezas das linhas para troca de referência representam um peso significativo no tempo de produção programada, variando entre 3,0 a 4,4% nas Linhas de PVC.

Verifica-se, também, uma acentuada diferença entre o número de referências e de lotes produzidos. Devido ao elevado número de referências que produz, a Cabopol rege-se por um modelo de produção por encomenda, em que só produz quando o cliente pede e nas quantidades que solicita, tendo em conta que, neste tipo de negócio, a existência de *stock* de cada referência seria incomportável do ponto de vista de ocupação de espaço.

Posto isto, torna-se de elevada importância otimizar as paragens das linhas para limpeza para troca de referência, no sentido de reduzir ao máximo o tempo de paragem de produção associado.

Primeiramente, efetuou-se uma análise detalhada às operações envolvidas no término e no arranque de produção, no sentido de estabelecer prioridades nas limpezas dos equipamentos, otimizando ao máximo a disponibilidade das máquinas.

É intuitivo que a correta ordem de limpeza dos equipamentos deve seguir a direção do fluxo produtivo, iniciando-se no misturador, passado para o arrefecedor, posteriormente para a tremonha do arrefecedor, silo pulmão da extrusora, extrusora, granulador, arrefecimento do granulado, tarara e, finalmente, a balança de ensaque.

Tendo em conta que as unidades de mistura e arrefecimento das Linhas de PVC funcionam por misturas (em modo descontínuo) que, por conseguinte, abastecem o silo pulmão da extrusora, a limpeza dessas unidades deve tomar início imediatamente após o transporte das últimas misturas para o silo pulmão. Nessa altura, apesar da limpeza da linha ter iniciado, a extrusora ainda debita material e, portanto, a produção não se considera parada. É de referir que quando se terminar a limpeza das

unidades de mistura e arrefecimento pode dar-se início à pesagem das matérias-primas da nova formulação a produzir.

Posteriormente, no momento em que se verifique que o nível de mistura no silo pulmão da extrusora cobre apenas o fuso da alimentação forçada, devem ocorrer duas situações em simultâneo:

- Início das atividades de limpeza do silo pulmão da extrusora;
- Exposição da cabeça da extrusora para purgar o material que ainda resta nos fusos.

O instante em que a extrusora começa a purgar material corresponde ao tempo inicial da paragem de produção. Nessa altura, devem iniciar-se as tarefas de limpeza do granulador e dos equipamentos subsequentes até ao final da linha produtiva. No fundo, o tempo de paragem da linha corresponde ao tempo de limpeza do granulador, arrefecedor de granulado, tarara e balança de ensaques.

A Tabela 6.6 reúne todo o procedimento definido para a passagem de referência com vista à otimização da disponibilidade das máquinas.

*Tabela 6.6 – Procedimento para passagem de referência com vista à máxima otimização da disponibilidade das máquinas.*

<b>Ordem de Limpeza dos Equipamentos</b>	<b>Proceder à limpeza:</b>	<b>Após a limpeza:</b>
<b>Misturador</b>	Após as últimas misturas serem transportadas até à Tremonha do Arrefecedor	
<b>Arrefecedor</b>		
<b>Tremonha do Arrefecedor</b>	Após as últimas misturas serem transportadas para o Silo Pulmão da Extrusora	Ativar a pesagem das matérias-primas da nova referência
<b>Silo Pulmão da Extrusora</b>	Quando a mistura cobrir apenas o fuso da alimentação forçada	Iniciar o transporte das misturas da nova referência para o Silo Pulmão da Extrusora
<b>Extrusora</b>	Começar a purgar o material no momento que inicia a limpeza do Silo Pulmão	
<b>Granulador</b>	No momento em que a extrusora começar a purgar material	
<b>Arrefecedor do Granulado</b>		
<b>Tarara</b>		
<b>Balança de Ensaque</b>		Arrancar com a extrusão do material da nova referência

A limpeza das linhas não é efetuada apenas quando se pretende trocar de referência. Como por exemplo, no caso de se identificar contaminações no produto acabado, procede-se a uma limpeza forçada das linhas por forma a restabelecer as condições normais de produção. No sentido de esclarecer sobre as situações em que obrigatoriamente se deve proceder à limpeza das linhas, foram definidos cinco cenários:

1. Produção de um novo lote que implique troca de formulação;
2. Deteção de um defeito não aceitável no produto acabado causado por matérias-primas;
3. Deteção de um defeito não aceitável no produto acabado causado por problemas no processo;
4. Intervenção por parte da manutenção que afete ou (potencialmente afete) a qualidade do produto acabado;
5. Período de inatividade ou paragem de produção maior que oito horas (um turno).

No sentido de definir o correto procedimento de limpeza a tomar em cada equipamento da linha, aquando perante pelo menos um dos cinco cenários acima descritos, definiu-se uma matriz de limpeza de linha de produção (ver Tabela 6.7). O desenvolvimento da matriz teve em conta o máximo de minimização de necessidade de intervenção nos equipamentos, ao mesmo tempo que se garantia uma eficiente limpeza da linha por forma a não vir afetar a qualidade do produto a ser produzido.

*Tabela 6.7 – Matriz de limpeza de linha de produção.*

	<b>Cenário</b>	<b>Misturador</b>	<b>Arrefecedor</b>	<b>Tremonha do Arrefecedor</b>	<b>Extrusora</b>	<b>Arrefecedor de granulado</b>	<b>Tarara</b>	<b>Balança de ensaque</b>
1	<b>Troca de Formulação</b>	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar
2	<b>Defeitos no produto devidos a MPs</b>	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar
3	<b>Defeitos no produto devidos ao processo de extrusão</b>	-	-	-	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar	Esvaziar e Limpar
4	<b>Atividades de Manutenção</b>	Esvaziar e limpar desde o ponto intervencionado pela manutenção até ao fim da linha produtiva						
5	<b>Mais de 8 horas de paragem</b>	Limpar	Limpar	Limpar	Limpar	Limpar	Limpar	Limpar

## Análise ao tempo de paragem de produção para limpeza

De encontro ao que ficou exposto anteriormente, o tempo de paragem de produção para limpeza das linhas corresponde ao tempo associado à limpeza do arrefecedor de granulado, da tarara e da balança de ensaque. Nesse sentido, e uma vez que são as operações de limpeza responsáveis pelos tempos não produtivos, serão alvo de um estudo mais aprofundado através de uma análise SMED.

Assim, o primeiro passo consistiu na cuidada observação e registo por meio de filmagens das atividades de limpeza das linhas realizadas por cada equipa da produção. Após analisados os dados recolhidos, percebeu-se a falta de padronização das atividades envolvidas. Nesse sentido e por forma a normalizar as tarefas realizadas pelos operadores, elaborou-se uma instrução de trabalho, em conjunto com a direção de produção, que descreve detalhadamente todo o procedimento que deve ser efetuado durante a limpeza. Após os operadores terem sido devidamente formados na instrução de trabalho, as operações foram novamente observadas e filmadas.

Na tabela presente no Anexo 6 registaram-se todas as tarefas envolvidas na paragem de produção para limpeza da linha, bem como a sua caracterização em interna ou externa e o tempo médio de realização associado.

Da análise aos dados da tabela presente no Anexo 6, verifica-se a inexistência de tarefas externas, o que dificulta a redução dos tempos de paragem. As operações de limpeza dos equipamentos referidos não exigem ferramenta diversificada, sendo apenas necessário ar comprimido. Assim, o tempo de paragem de produção está firmemente associado às tarefas de limpeza em si.

É de salientar que o tempo despendido nas operações de limpeza é muito variável, dependendo de fatores como:

- A diferença entre as MPs da produção anterior e as MPs da nova produção;
- O recurso ou não a corantes em pó;
- O tom do corante usado na produção que se pretende limpar. O corante preto é mais difícil de remover do que o corante branco;
- O tipo de corante utilizado (pigmentos ou *masterbatch*). O recurso a corantes em forma de pigmentos é a solução mais barata mas, em contrapartida, o *masterbach* (corante em forma de granulado) é mais fácil de manusear e de limpar, além de aumentar a consistência da cor.

O uso de pigmentos (corante em pó) geralmente implica contaminações de toda a linha produtiva a partir do ponto em que é inserido no processo (normalmente no arrefecedor). A sua limpeza é uma tarefa difícil, uma vez que os pigmentos se entranham nas paredes e nas juntas dos equipamentos. Assim, o tempo de limpeza da linha, principalmente do misturador e do arrefecedor, depende intimamente do tipo de corante que se está a utilizar

Após feita uma rigorosa análise ao processo e às operações envolvidas na paragem para limpeza da linha, foram apontadas algumas melhorias que têm o intuito de facilitar e agilizar tarefas e são descritas de seguida.

Das operações registadas na tabela presente no Anexo 6, verifica-se que a remoção e colocação dos filtros do arrefecedor de granulado e da tarara se traduzem num grande consumo de tempo, devido ao facto de serem afixados com parafusos de aperto. Sugere-se a troca do sistema de fixação com parafusos de aperto para fixação com fechos de aperto, no sentido de tornar quase instantânea tanto as operações de remoção como a de recolocação dos filtros. Esta solução, além de reduzir o tempo das tarefas, elimina a existência de peças soltas que facilmente se podem perder.

Durante a fase de estudo do presente trabalho, registaram-se alguns casos de limpeza das linhas forçada por motivos de contaminação de grão com grão de produções anteriores. Um possível motivo reside na acumulação de granulado nas condutas de transporte do grão desde o granulador ao arrefecedor de granulado, que lentamente se vão libertando ao longo do tempo, contaminando, assim, produções subsequentes. As referidas condutas não eram desmontadas para limpeza devido à extrema dificuldade associada à sua desmontagem, tendo em conta que as diferentes secções das tubagens se uniam por parafusos de difícil aperto e desaperto. Nesse sentido, sugeriu-se a adaptação de um sistema simples de desmontagem das condutas com braçadeiras de aperto que permita sua limpeza em passagens de produção mais exigentes e rigorosas.

Até à fase de conclusão da presente dissertação, as melhorias sugeridas não foram implementadas. No entanto, já obtiveram aprovação e aguardam uma altura oportuna para as respetivas intervenções.

## **6.6. Aplicação do cálculo do OEE**

A aplicação do cálculo do OEE surge da necessidade de se introduzir métricas de avaliação da eficiência dos processos produtivos na Cabopol 1, até então inexistentes. O OEE é de carácter simples e fácil de ser entendido, e permite a exposição das causas mais comuns de perdas produtivas em três diferentes categorias, a disponibilidade, a qualidade e a performance, tornando-o assim numa ferramenta prática e confiável na tomada de decisões.

Por um lado, os indicadores de disponibilidade, qualidade e performance de que dependem o OEE servem como percursor na identificação das principais perdas existentes no processo, baseando as tomadas de decisão nas medidas que visam à sua eliminação e conseqüente otimização do processo produtivo. Por outro lado, servem como medidores dos resultados de ações tomadas no âmbito da melhoria contínua, incluindo as implementações *Lean*.

A Tabela 6.8 faz corresponder as seis grandes perdas previstas pelo modelo TPM a causas práticas de perda identificadas no processo de fabrico em estudo.

Tabela 6.8 – Seis grandes perdas aplicadas ao contexto do processo de fabrico em estudo.

<b>Categoria da Perda</b>	<b>Causas da Perda</b>	<b>Indicador do OEE afetado</b>
<b>Falhas e avarias dos equipamentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Avarias mecânicas ou elétricas dos equipamentos;</li> <li>▪ Avarias informáticas;</li> <li>▪ Falhas de energia;</li> <li>▪ Falta de consumíveis;</li> <li>▪ Falta de matéria-prima.</li> </ul>	Disponibilidade
<b>Ajuste e preparação de novas produções</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpeza para passagem de referência;</li> <li>▪ Troca de filtros de extrusão;</li> <li>▪ Troca de lâminas do granulador;</li> <li>▪ Limpeza do sistema de descompressão das extrusoras.</li> </ul>	
<b>Pequenas paragens ou tempos de espera do equipamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sensores bloqueados,</li> <li>▪ Fluxos obstruídos.</li> </ul>	Performance
<b>Redução da velocidade de produção face à nominal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falha de abastecimento ao silo extrusora</li> <li>▪ Falta de operadores que afete na vazão do processo</li> </ul>	
<b>Defeitos de qualidade e reprocessamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produção de grão não conforme</li> <li>▪ Amostras de grão para a qualidade</li> </ul>	Qualidade
<b>Perdas de arranque de produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Purgas</li> <li>▪ Passagens</li> </ul>	

### 6.6.1. Metodologia de Análise

A fase inicial da implementação do cálculo do OEE caracterizou-se pela definição da sua metodologia de análise, tendo em conta fatores como o processo produtivo em estudo e as necessidades da fábrica.

Apesar de originalmente ter sido desenvolvida para quantificar a eficiência de um só equipamento, a métrica pode ser aplicada em qualquer tipo de sistema, desde a um equipamento, a uma seção produtiva ou ao processo de produção completo (Busso & Miyake, 2013).

Tendo em conta a elevada variabilidade nos pontos de estrangulamento identificados no Capítulo 3.2, decidiu-se que OEE seria calculado no final de cada linha produtiva. Desta forma, tendo em conta o contexto processual das linhas de PVC e tendo em conta as limitações envolvidas, a determinação do OEE por linha irá englobar por si só todos os estrangulamentos presentes no processo, e através de uma análise detalhada dos indicadores de que depende, é possível identificar os pontos de maior perda de rendimento e, posteriormente, atuar sobre eles. O OEE por linha traduz-se, assim, num



indicador global que representa uma visão abrangente de todas as perdas e desperdícios que comprometem o desempenho de todos os equipamentos envolvidos na linha produtiva.

Uma outra razão importante na decisão do cálculo do OEE no final linha é o facto de só aí ser possível avaliar a qualidade do produto. Nem no misturador nem no arrefecedor é possível inspecionar a qualidade do produto acabado. Apesar de ser possível inspecionar o estado da mistura, verificando a existência ou não de grumos, não é possível avaliar características conferidas ao grão extrudido como densidade, dureza, carga de rutura, alongamento, etc.

Quanto à frequência de cálculo, o OEE é determinado mensalmente, indo de encontro aos procedimentos de monitorização de indicadores já existentes na Cabopol.

Cada indicador do OEE é determinado tendo em conta os pressupostos que se seguem.

### **6.6.2. Índice de Disponibilidade**

O indicador da disponibilidade mede as perdas de produtividade resultantes dos tempos de paragem das linhas, desconsiderando efeitos de qualidade e de desempenho. No seu cálculo optou por considerar-se não só as paragens não previstas mas também as paragens previstas por forma a não lhes perder o foco, tendo em consciência que embora não possam ser eliminadas, os tempos de paragem associados a estes tipos de paragem podem ser reduzidos recorrendo a técnicas como o SMED.

O tempo total de paragens subtraído ao tempo de produção planeado resulta no tempo de produção efetivo. Por fim, a disponibilidade tem-se dividindo o tempo de produção efetivo pelo tempo de produção planeado (Eq. 1)

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Produção Efetivo (h)}}{\text{Tempo de Produção Planeado (h)}} \quad \text{Eq. 1}$$

Os dados relativos aos tempos de paragens, utilizados no cálculo do tempo de produção efetivo, provêm do sistema automático de deteção de paragens, descrito no Capítulo 3.3.

### **6.6.3. Índice de Performance**

O índice de performance avalia as perdas de produtividade resultantes da diminuição da velocidade de produção face ao valor nominal.

Apesar de cada extrusora apresentar uma capacidade máxima para a qual foi dimensionada, cada tipo de material tem as suas próprias limitações decorrentes, na maioria das vezes, da sua própria formulação. Se se admitisse como velocidade nominal o valor estabelecido pelo fabricante da extrusora,

estar-se-ia a calcular uma performance impossível de aperfeiçoar, dadas as limitações intrínsecas a cada tipo de material.

Tendo em conta o exposto, para o cálculo da performance a velocidade nominal é função de cada linha e de cada referência e representa o valor para o qual a referência foi qualificada, tendo em conta as condições operacionais ideais de temperaturas e velocidades e tendo em conta todos os recursos humanos necessários para permitir a fluidez do processo naquela linha. Assim, a performance da referência A é determinada pela expressão:

$$\text{Performance}_A = \frac{\text{Débito Real}_A \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)}{\text{Débito Nominal}_A \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)} \quad \text{Eq. 2}$$

Por fim, o valor da performance num determinado período de tempo é dado pela média ponderada das performances das referências consideradas face às quantidades produzidas, segundo a equação:

$$\text{Performance} = \frac{\sum_i^n \text{Performance}_{Ai} \times \text{Quantidade Produzida}_i}{\sum_i^n \text{Quantidade Produzida}} \quad \text{Eq. 3}$$

#### 6.6.4. Índice de Qualidade

O índice de qualidade é uma medida das perdas de produtividade resultantes da produção de produto que não respeite os requisitos mínimos de qualidade estabelecidos, incluindo todo o grão produzido fora de especificação e todo o material proveniente de purga. No fundo, representa todo o material que não será valorizado com o preço estabelecido ao produto acabado.

Para o seu cálculo, efetua-se a divisão da quantidade de grão produzido em conformidade pela quantidade total de matérias-primas que deram entrada no processo (Eq. 4).

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Quantidade de Grão Produzido Conforme (Ton)}}{\text{Quantidade Total de MPs à entrada do processo (Ton)}} \quad \text{Eq. 4}$$

Aquando o cálculo deste indicador identificou-se uma elevada deficiência no histórico dos dados. Não existia implementado nenhum sistema de recolha de dados de não qualidade, a não ser os movimentos dos materiais registados no *MRP* da fábrica. Com o objetivo de combater essa lacuna e no sentido de melhor controlar e quantificar os produtos acabados não conformes, foi introduzido no manual de gestão de qualidade da fábrica um procedimento de sistema de ativação de IQA's (*Internal Quality Alert*).

Os IQA's são alertas internos de qualidade que devem ser ativados sempre que alguma não conformidade não-conformidade potencial ou real no produto acabado seja detetada. Assim, sempre

que se detete alguma característica no produto acabado fora de especificação, quer seja uma deteção em produção quer seja durante as análises de rotina em laboratório ou até mesmo na cadeia logística, um formulário deve ser preenchido e registado no sistema da fábrica. Os IQA's podem ser críticos ou não. Um IQA crítico refere-se a todos aqueles que não permitam o uso do produto acabado ou comprometam a sua principal função. Aquando a ativação de um IQA crítico, a equipa de gestão da produção encara-os como se de uma reclamação externa se tratasse e reúnem logo que possível com o objetivo de analisar o problema, identificar as causas e estabelecer soluções que impeçam a sua recorrência, por meio da elaboração de um relatório causa-raiz. Mais, mensalmente é realizada uma análise aos IQA's e os top 3 são discutidos e analisados.

O sistema de ativação de IQA's veio permitir reunir o histórico de dados de todo os problemas ou potenciais problemas detetados no produto acabado, que serão usados na determinação do indicador da qualidade.

## 7. Verificação de Resultados

O presente capítulo caracteriza-se pela exposição e discussão de resultados quantitativos gerados após a implementação de ações *Lean* tomadas no âmbito do projeto Vitamina M.

### 7.1. Encontros Diários e Plano de Ações Kaizen

A introdução dos encontros diários no chão-de-fábrica permitiu a pronta detecção de desperdícios e o estabelecimento de ações que visaram à sua redução ou eliminação. Mais, despoletou um elevado grau de motivação por parte dos operadores, na medida em que as suas ideias e sugestões foram ouvidas e consideradas pela gestão de topo e, em grande parte dos casos, implementadas.

O plano de ações Kaizen, acompanhado e atualizado diariamente, reuniu as ações planeadas nos encontros diários no chão-de-fábrica. A Tabela 7.1 regista o balanço mensal entre Dezembro e Abril ao referido plano de ações.

Tabela 7.1 – Balanço mensal aos planos de ações Kaizen.

Ações Kaizen					
Mês	Ativadas	Totais	Fechadas	Fechadas (%)	Transitadas
Dezembro	49	49	16	33 %	33
Janeiro	13	46	18	39 %	28
Fevereiro	13	41	15	37 %	26
Março	8	26	15	44 %	19
Abril	11	18	6	30 %	14

Analisando os dados da Tabela 7.1 verifica-se que o número de ações Kaizen ativadas veio a reduzir ao longo dos meses. O primeiro mês de implementação dos encontros diários (Dezembro) caracterizou-se pelo registo de um elevado número de ações, que variaram entre resoluções de problemas existentes nos processos, melhorias de simples implementação e melhorias de maior investimento e complexidade. Com o decorrer da implementação das melhorias e da resolução dos problemas identificados, o número de ações Kaizen tende a reduzir, dado o grau de aperfeiçoamento dos processos ser cada vez maior. Não obstante, tendo em conta o contexto de melhoria contínua permanente em que a Cabopol se pretende ver refletida, é expectável que se continuem a registar ocorrências e ativar ações Kaizen nos encontros diários no chão-de-fábrica.

Atendendo, ainda, à mesma tabela, verificou-se uma flutuação no percentual de ações fechadas entre os 30 e os 44% nos meses de análise, sem qualquer tendência definida. Percebeu-se que as ações registadas apresentavam um grau de complexidade do ponto de vista técnico e de investimento cada vez maior, o que justifica a referida flutuação na percentagem de ações fechadas. A complexidade das ações Kaizen exige a avaliação de propostas junto de vários fornecedores e a aprovação por parte

da administração, o que torna todo o processo, desde o seu desenvolvimento até à sua implementação, num processo demorado que se pode prolongar por vários meses.

De um balanço geral à implementação do plano de ações Kaizen concluiu-se que é uma técnica de melhoria contínua eficiente, na medida em que se resolveram dificuldades e se implementam melhorias no processo produtivo da Cabopol, que se traduziram em melhorias operacionais. Este resultado foi possível muito devido ao envolvimento e dedicação de todos os colaboradores que diariamente se comprometeram com as suas funções e se esforçaram em desenvolvê-las com base numa filosofia Kaizen, ou seja, de melhoria contínua.

## 7.2. Manutenção Autónoma

A manutenção autónoma veio incutir aos operadores um contínuo acompanhamento do estado das máquinas, que por sua vez resultou numa rápida deteção de condições de processo não normais e reduziu, por consequência, as paragens das máquinas por motivos de avarias. O operador passou a deter de um conhecimento mais sensibilizado e aprofundado das máquinas com que opera e a saber reagir perante as não conformidades detetadas.

A Tabela 7.2 regista o balanço mensal entre Fevereiro e Abril às não conformidades identificadas e ativadas no sistema de etiquetas de não conformidade.

*Tabela 7.2 – Balanço mensal às etiquetas de não-conformidade ativadas no âmbito da manutenção autónoma.*

<b>Não Conformidades</b>				
<b>Mês</b>	<b>Ativadas</b>	<b>Total</b>	<b>Resolvidas</b>	<b>Resolvidas (%)</b>
<b>Fevereiro</b>	21	21	15	<b>71</b>
<b>Março</b>	23	29	20	<b>69</b>
<b>Abril</b>	13	22	16	<b>73</b>

Da análise da Tabela 7.2 verifica-se o elevado número de etiquetas de não conformidade ativadas pelos operadores nos meses de análise o que, por si só, justifica a implementação do programa da manutenção autónoma. Verifica-se, ainda, uma elevada resposta e envolvimento por parte da manutenção que, mensalmente, tem resolvido cerca de 70% das não conformidades detetadas pelos operadores.

Assim, pôde-se concluir que o sistema de ativação de anomalias e não conformidades foi efetivo, tanto na produção como na manutenção.

### 7.3. Troca de Lâminas de Corte

A análise SMED efetuada à troca de lâminas tornou-se bastante vantajosa não no sentido de diminuir o tempo médio de paragem de produção para a troca de lâminas, mas sim na medida em que possibilitou a deteção de um erro na realização das operações por parte dos operadores e, com isso, permitiu a poupança de custos para a empresa, na medida em que se diminuiu a frequência de colocação de lâminas novas na fieira. O tempo de paragem mensal total será diminuído na proporção da redução da frequência de mudança das lâminas.

O gráfico da Figura 7.1 regista a evolução mensal do tempo médio de duração das lâminas de PVC, em dias de produção. Note-se que a análise SMED foi efetuada em meados de Fevereiro, assim como o estabelecimento da OPL relativa à correta colocação das lâminas e respetiva formação aos operadores.

É também importante ressaltar que o tempo de duração das lâminas é variável consoante a dureza do composto a ser produzido, sendo que em compostos mais rígidos, as lâminas tendem a durar menos tempo. No entanto, considerou-se que esse efeito se diluía quando se considera um mês como período de análise.

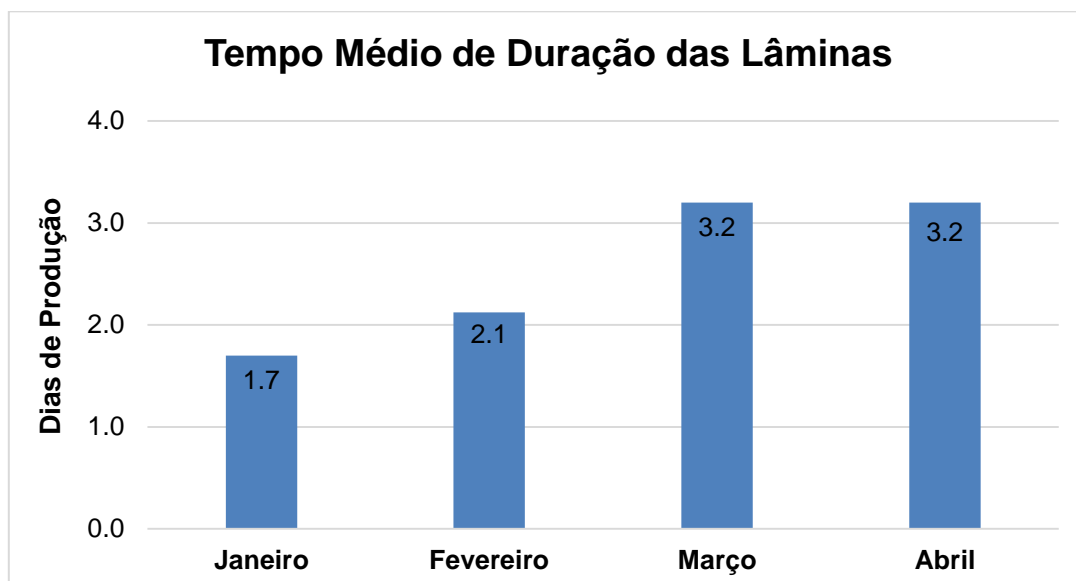


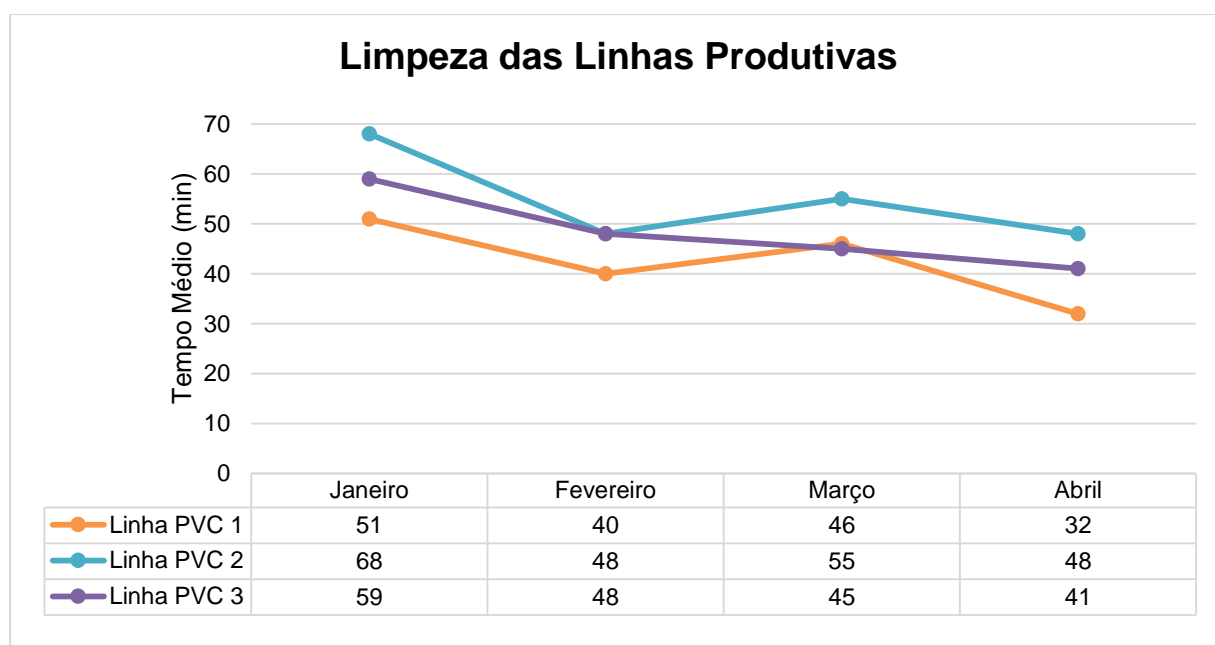
Figura 7.1 – Evolução mensal do tempo médio de duração das lâminas de corte de PVC.

Atendendo ao gráfico da Figura 7.1 verificou-se que em Março e Abril o tempo médio de duração das lâminas de corte do grão foi de 3,2 dias de produção, elevando para quase o dobro o valor de 1,7 dias, registado no mês de Janeiro. Em termos práticos, conseguiu elevar-se o tempo de duração das lâminas quase para o dobro, o que se traduz numa redução mensal dos custos associados à aquisição das lâminas em cerca de 50%.

## 7.4. Limpeza das Linhas de Produção

Das intervenções mais significativas no âmbito da otimização das limpezas das linhas de produção, destaca-se o estabelecimento de um procedimento que define a ordem de limpeza dos equipamentos e o momento em que se deve iniciar a limpeza em cada um, a criação de uma matriz que define os equipamentos que devem ser intervencionados perante os cinco cenários de limpeza definidos e o desenvolvimento de instruções de trabalho de limpeza dos equipamentos de produção. Todas as referidas fases foram implementadas gradualmente ao longo do tempo por meio de formações e treino aos operadores.

No gráfico da Figura 7.2 consta a evolução mensal dos tempos médios de limpeza de cada Linha de PVC, entre Janeiro e Abril.



*Figura 7.2 – Evolução mensal do tempo médio de limpeza das linhas de PVC.*

A análise à evolução mensal dos tempos médios de limpeza, na Figura 7.2, sugere à primeira vista um cenário bastante positivo. Em todas as linhas produtivas verificou-se, uma tendência decrescente no tempo médio de limpeza. Supõe-se que o sucesso destes resultados é muito devido ao facto de todos os procedimentos e instruções de trabalho terem sido implementados de forma progressiva ao longo do tempo, o que permitiu a sua maior consolidação. No entanto, é expectável que o tempo médio de limpeza venha a estabilizar após implementadas todas as instruções de trabalho e todas as melhorias propostas.

## 7.5. OEE

A introdução do cálculo do OEE das Linhas de PVC tornou-se bastante útil tendo em conta que, até então, não existia nenhum indicador de eficiência dos processos produtivos da Cabopol. O valor do OEE possibilitou uma visão geral sobre a eficiência dos processos e permitiu a estratificação de perdas que posteriormente poderão ser eliminadas ou reduzidas. O indicador apoiou na dinâmica da melhoria contínua, uma vez que possibilitou a identificação de oportunidades que podem trazer futuras melhorias nos processos.

O sistema de aquisição e registo de dados para o cálculo do OEE ficou validado em finais de Dezembro, pelo que o OEE só foi considerado a partir de Janeiro.

O gráfico da Figura 7.3 regista a evolução mensal dos índices de performance, qualidade e disponibilidade e respetivo OEE das Linhas de PVC.

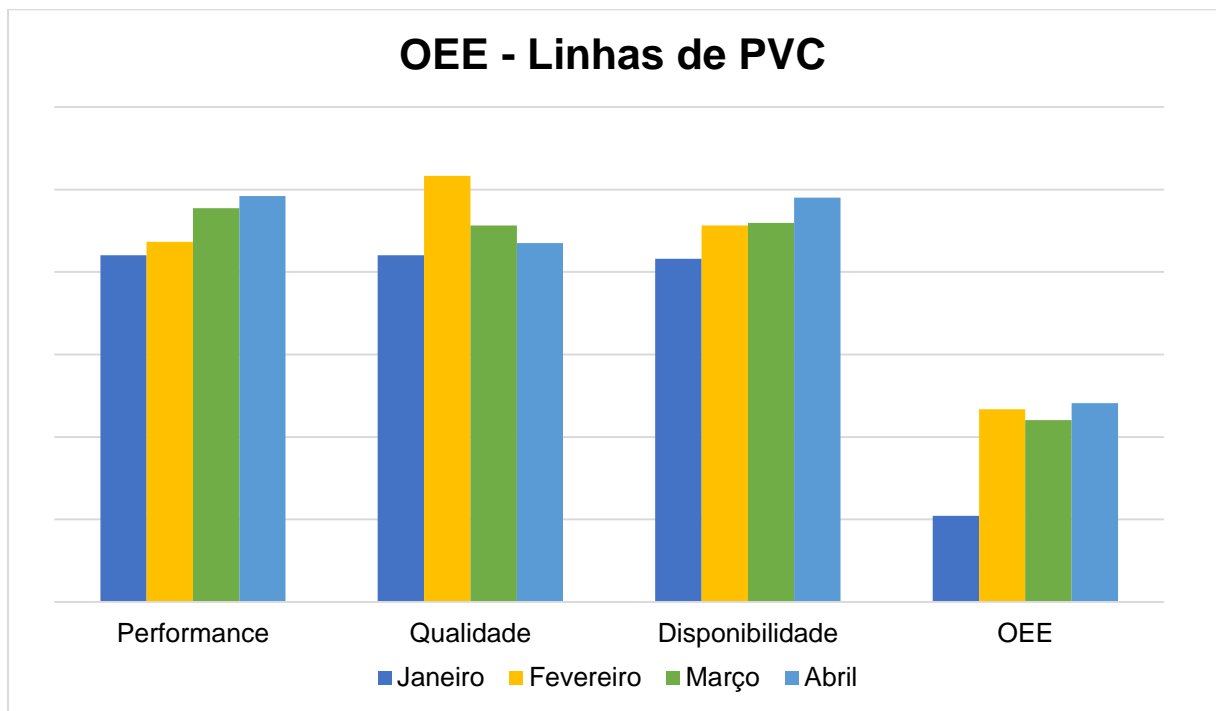


Figura 7.3 - Evolução mensal dos índices de performance, qualidade e disponibilidade e respetivo OEE das Linhas de PVC.

Da análise ao gráfico da Figura 7.3 verificou-se uma evolução gradual do OEE das Linhas de PVC ao longo dos meses de Janeiro a Abril. O cenário é bastante otimista tanto para o indicador de performance como para a disponibilidade, nos quais se verificou uma forte tendência crescente.

Os níveis de performance têm vindo a registar aumentos significativos muito devido a um projeto de otimização dos processos de extrusão iniciado na Cabopol na mesma altura que se iniciou o projeto Vitamina M.



Quanto à qualidade, aparentemente, é o indicador mais instável muito devido ao alargado leque de referências que são produzidas e à inevitabilidade produzir purgas e passagens em cada uma delas.

A disponibilidade foi o principal indicador no qual as ações *Lean* impactuaram, desde a melhoria das condições de trabalho com os 5S e gestão visual, passando pelo estabelecimento do programa de manutenção autónoma e pelo estudo pormenorizado das paragens.

Tendo em conta que quanto maior for o valor do OEE registado, mais difícil será de aperfeiçoar, espera-se que ao fim de um tempo este tenda a estabilizar.

O gráfico da Figura 7.4 mostra a evolução do percentual de paragens de produção, face ao tempo total de produção programado, entre os meses de Janeiro a Abril.

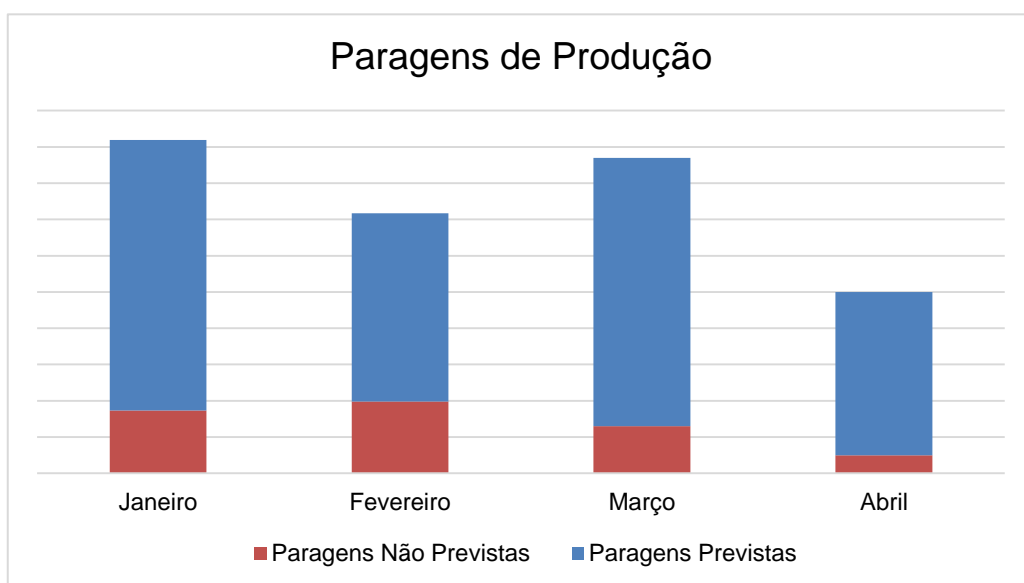
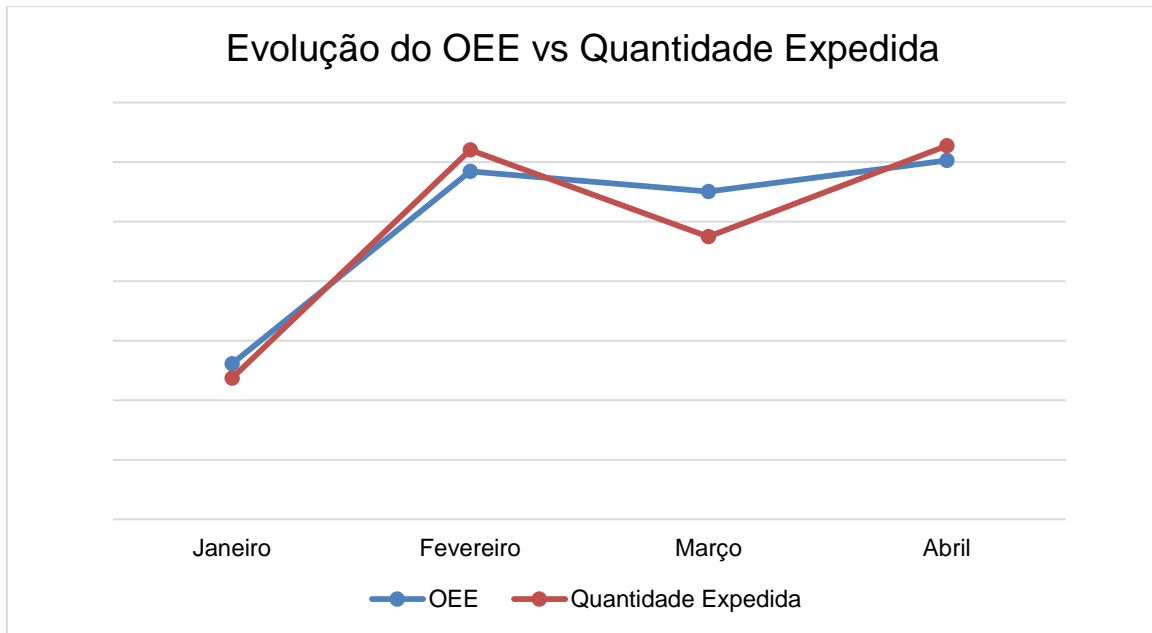


Figura 7.4 - Evolução mensal do percentual de paragens de produção face ao tempo de produção programado nas Linhas de PVC.

Da análise aos dados da Figura 7.4, verifica-se uma tendência decrescente do percentual de paragens de produção. Ainda na referida figura, é mostrada a sua diferenciação em paragens previstas e em paragens não previstas.

Notou-se que tanto as paragens previstas como as não previstas tem vindo a diminuir gradualmente. A origem de tais resultados não é possível de se especificar, no entanto, acredita-se que todas as ações desenvolvidas no âmbito da melhoria contínua, como a manutenção autónoma e a aplicação do SMED, impactuam direta e indiretamente no indicador.

Seguidamente, na Figura 7.5, apresenta-se uma análise à evolução mensal do valor do OEE e da quantidade de produto acabado expedida.



*Figura 7.5 – Evolução mensal do valor do OEE e da quantidade de produto acabado expedida.*

Atendendo à Figura 7.5 verifica-se uma semelhança entre os perfis do valor do OEE e da quantidade de produto acabado que é expedida, o que reforça a premissa de que o OEE é um indicador bastante fiável dos níveis de produtividade de um processo. Assim, concluiu-se que valores de OEE elevados se traduzem em elevadas quantidades de produto acabado vendidas.

## 8. Conclusões

Líder ibérica na formulação de termoplásticos, a Cabopol – Polymer Compounds, S.A. pretende elevar os seus níveis de produtividade por forma a, por um lado, fazer jus à crescente procura dos compostos que produz e, por outro, enfrentar a crescente concorrência de mercados com que se depara nos dias de hoje.

O principal objetivo da presente dissertação consistiu na otimização do processo produtivo de formulação de termoplásticos da Cabopol – Polymer Compounds, S.A., com recurso a técnicas *Lean Manufacturing*. Sendo uma fábrica composta por 14 linhas produtivas, decidiu-se que o presente estudo englobaria apenas as 3 Linhas de PVC da Cabopol 1 e, caso se verifique a validade das implementações *Lean*, servirão como aprendizagem para a posterior extensão às restantes linhas produtivas.

Inicialmente, o processo produtivo foi estudado em detalhe, através do levantamento de todos os passos envolvidos na conceção de compostos de PVC, desde a receção das matérias-primas, passando pelo próprio processo de fabrico, até à expedição do produto acabado. Por forma a expor todos os desperdícios presentes, foi efetuado um levantamento das situações intrínsecas ao próprio processo que o podem limitar e das necessidades e dificuldades sentidas no chão-de-fábrica. Foi ainda feito um estudo às causas, tempos e frequência de paragem das linhas de PVC.

Face aos desperdícios identificados, foram estabelecidas as técnicas *Lean* que seriam implementadas, que incluem: a disseminação da filosofia Kaizen (melhoria contínua) no chão-de-fábrica, a aplicação da técnica 5S e gestão visual na organização dos espaços de trabalho, da técnica SMED na redução dos tempos de paragem de produção, no estabelecimento de um programa de manutenção autónoma e a introdução do cálculo de indicadores de eficiência dos processos, nomeadamente o OEE. Com o intuito de melhor envolver e estimular o envolvimento e participação de todos os operadores perante as novas medidas implementadas, criou-se o projeto Vitamina M que representa todas as medidas implementadas no âmbito da melhoria contínua.

Os encontros diários no chão-de-fábrica mostraram ser uma eficiente técnica na deteção de desperdícios, fazendo uso da experiência e do conhecimento que os operadores detêm que, aliada ao *know-how* de uma equipa multidisciplinar, permite o estabelecimento de ações eficazes na sua eliminação ou redução. Mais, concluiu-se que a introdução dos encontros diários despoletou um elevado grau de motivação por parte dos operadores, na medida em que as suas ideias e sugestões foram ouvidas e consideradas pela gestão de topo e, em grande parte dos casos, implementadas.

No que respeita à técnica 5S, concluiu-se que a sua implementação veio permitir melhorar vários aspetos quer em termos de arrumação, limpeza e organização, quer na eliminação de desperdícios por procura de material. Os 5S estabeleceram uma base de filosofia que assenta na importância da organização e da identificação, na medida em que facilita a execução de tarefas e torna os processos mais ágeis e eficientes.

A implementação do pilar de manutenção autónoma previsto pelo modelo TPM veio incutir aos colaboradores uma maior preocupação pela preservação dos equipamentos com que operam. O quadro TPM revelou-se num meio bastante eficiente na passagem de informação de não conformidades detetadas entre a produção e a manutenção. Mais, as inspeções periódicas por parte dos operadores, muito intuitivas graças à gestão visual, possibilitaram a deteção de condições de operação não normais nos seus estágios iniciais que, se não tivessem sido identificadas tão prontamente, provavelmente evoluiriam para estados mais graves que obrigariam a paragem das máquinas.

As operações envolvidas na troca de filtros de extrusão da Linha de PVC 2 foram alvo de uma análise SMED no sentido de reduzir os tempos de paragem de produção associados. Apesar das sugestões de melhoria que advém da análise SMED não terem sido implementadas até à data de conclusão da presente dissertação, provou-se que, teoricamente, o tempo de troca dos filtros de extrusão pode reduzir de 16 para 8 minutos, o que representa uma diminuição no tempo de paragem de 50 pontos percentuais. Após uma análise mais profunda à configuração da extrusora, estudou-se a viabilidade de se instalar um sistema de câmbio de filtros, cujo tempo de paragem para troca de redes de extrusão é de cerca de 4 minutos, e ao qual se efetuou uma análise de investimento, tendo-se concluído que o investimento é recuperado após dois anos de laboração.

A troca das lâminas de extrusão foi também alvo de análise SMED, tendo-se concluído a dificuldade em reduzir o tempo de paragem associado, uma vez que as tarefas envolvidas já se encontravam suficientemente agilizadas e otimizadas. No entanto, a análise permitiu a deteção de variabilidade no modo de posicionamento das lâminas na câmara de granulação, por parte do operador, que influencia diretamente no tempo de duração das mesmas. Após estabelecida a forma correta de colocação das lâminas e após elaborada a respetiva OPL e treino aos operadores, registou-se um aumento no tempo de duração das lâminas de 1,7 para 3,2 dias de produção.

Verificou-se que a principal causa de tempos não produtivos das Linhas de PVC se associava à limpeza das linhas para troca de referências. Nesse sentido, a limpeza das linhas foi alvo de um estudo aprofundado, tomado e implementado por várias fases. Inicialmente, o processo de término e de arranque de produção foi analisado pormenorizadamente, servindo como base para a definição da ordem e o momento de limpeza dos equipamentos, tentando otimizar ao máximo a disponibilidade. Posteriormente, foram estabelecidos os cenários em que obrigatoriamente se tem de parar a produção para fazer limpeza das linhas. Verificou-se variabilidade nas tarefas de limpeza efetuadas pelos operadores. Para fazer face a essa lacuna, foram elaborados procedimentos de limpeza dos equipamentos e, posteriormente, os operadores foram formados e treinados. Verificou-se um perfil de gradual diminuição dos tempos médios de limpeza nas linhas de PVC ao longo dos meses de Janeiro a Abril.

Estabeleceu-se na fábrica um sistema para o cálculo do OEE em cada linha de produção. Para fazer face ao défice de registos de produção com problemas de qualidade, implementou-se um sistema de

ativação de IQA's que estabelece que toda a quantidade de produto com potenciais ou reais problemas de qualidade seja registado num formulário IQA, gerando um histórico de dados de elevada importância na determinação do índice de qualidade.

Verificou-se que o valor do OEE subiu gradualmente ao longo dos meses que abrangeram as implementações *Lean*, tendo-se registado melhorias mais significativas no indicador da disponibilidade. Apesar de não ser possível apontar de forma exata as causas para os aumentos verificados, acredita-se que todo o projeto Vitamina M proporcionou um enorme envolvimento dos operadores nas implementações propostas com o estabelecimento das reuniões diárias, a execução dos 5S, a introdução da manutenção autónoma e as alterações aos processos perante as análises SMED que, por sua vez, sensibilizaram os operadores para a dedicação de níveis de performance elevados que, por consequência, se refletiram no valor do OEE.

Os indicadores de que dependem o OEE puderam ser considerados numa perspetiva de oportunidade para melhorar continuamente os processos, na medida em que permitiram a deteção dos desperdícios presentes. É necessário que o indicador seja utilizado continuamente por forma a evidenciar as melhorias implementadas. O OEE não deve ser utilizado somente como informação, mas como uma ferramenta de melhoria contínua.

A conversão da cultura dos colaboradores da Cabopol numa cultura de melhoria contínua, aliada à implementação das técnicas *Lean*, veio incutir uma maior consciencialização para a identificação e redução de desperdícios, praticada todos os dias por todos, que no seu conjunto permite agilizar as operações e tirar o máximo partido da capacidade dos processos produtivos, que se traduzem em custos de fabrico mais baixos e margens de lucro mais elevadas

De um balanço geral, concluiu-se a validade e o sucesso de todas as técnicas usadas e referidas na bibliografia. À medida que todas as práticas se tornaram habituais, as melhorias de desempenho foram sustentadas, o que promoveu o processo de mudança cultural. Considera-se que todas as ações implementadas se encontram sustentadas numa base sólida e bem estruturada, pelo que se recomenda a sua extensão a todas as linhas produtivas da Cabopol.

## 9. Recomendações de Trabalhos Futuros

A grande proposta para a Cabopol reside na extensão das implementações efetuadas, no âmbito da presente dissertação, por todas as linhas das fábricas. No entanto, respeitante às medidas já implementadas sugere-se que sejam alvo de algumas melhorias, nomeadamente:

- Recomenda-se que as atividades de manutenção autónoma não se restrinjam à inspeção de pontos fulcrais das máquinas, mas que se estendam a atividades de pequenas reparações, lubrificações, apertos, ou qualquer outra atividade que não exija muito tempo nem grandes conhecimentos técnicos. Ainda no contexto da manutenção autónoma, sugere-se que se melhore o sistema de registo das intervenções da manutenção, despoletadas pelas etiquetas de não-conformidade, por forma a deter de um histórico de dados que mais tarde poderá servir de base de avaliação dos ganhos económicos e produtivos que advém das manutenções autónomas.
- Recomenda-se a extensão da aplicação dos 5S a todos os postos de trabalho e que todos os locais intervencionados nesse âmbito sejam alvo de auditorias internas, por forma a garantir e estimular a permanência da filosofia.
- Recomenda-se o estudo e o estabelecimento de soluções que façam face aos desperdícios identificados no Capítulo 5 e que não foram alvo de estudo na presente dissertação devido a limitações temporais.

## Referências Bibliográficas

- (Março de 2015). *Global Polymer Industry 2015-2020: Trends, Profits and Forecast Analysis*. Research and Markets.
- 250 Maiores Empresas do Distrito de Leiria. (26 de Novembro de 2015). *Diário Económico*, nº 6311.
- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (1995). *Total Productive Maintenance - Strategies and Implementation Guide*. CRC Press.
- Ahmed, S., Hassan, M. H., & Taha, Z. (1995). TPM can go beyond maintenance: excerpt from a case implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Araujo, M. A. (2009). *Administração de Produção e Operações: Uma Abordagem Prática*. Brasport.
- Becker, J., & Kogel, I. W. (2015). Development of Design Support Tool for New Lean Production Systems. *Procedia CIRP* 41, 596-601.
- Busso, C. M., & Miyake, D. I. (abr/jun de 2013). Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. *Produção*, pp. 205-225.
- Cabopol - Polymer Compounds, S.A.* (2015). Obtido em Novembro de 2015, de <http://www.cabopol.com/>
- Cakmakci, M. (2008). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 168-179.
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). *Lean Construction Management: The Toyota Way*. Springer Science+Business Media Singapore.
- Ghazala, S. (2016). *The CRC Master Keyword Guide for Food: 21 CFR Regulations of the Food and Drug Administration*. CRC Press.
- Greif, M. (1989). *The Visual Factory: Building Participation Through Shared Information*. Portland: Productivity Press.
- Grupo Meneses*. (2016). Obtido em Novembro de 2014, de <http://www.grupomeneses.com/>
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace*. CRC Press.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen - A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. McGraw-Hill.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, 55-78.
- Kunio, S. (1992). *TPM for Workshop Leaders*. CRC Press.

- Lian, Y.-H., & Landeghem, H. V. (2002). An Application of Simulation and Value Stream Mapping in Lean Manufacturing. *Department of Industrial Management, Ghent University*.
- Liker, K. J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Maskell, B., Baggaley, B., & Grasso, L. (2011). *Practical Lean Accounting - A Proven System for Measuring and Managing the Lean Enterprise*. CRC Press.
- Matias, J. C., & Garrido, S. (2014). *Estudos de Caso em Engenharia e Gestão Industrial*. Sílabas & Desafios, Unipessoal Lda.
- McCarthy, D., & Rich, N. (2004). *Lean TPM: A Blueprint For Change*. Elsevier Butterworth.
- McKone, K., Schroeder, R., & Cua, K. (1999). Total Productive Maintenance: a Contextual View. *Journal of Operations Management*, 123-144.
- Melton, T. (2005). The Benefits Of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 662-663.
- Moulding, E. (2010). *5S: A Visual Control System for the Workplace*. Author House.
- Nadarajah, E., Sambasivan, M., & Yahya, S. (2005). Autonomous Maintenance - An Effective Shop-floor Tool to Improve Productivity. *Journal of Technology Management and Entrepreneurship*.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Nakajima, S. (1989). *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Nass, L. (1992). *Encyclopedia of PVC (Vol. Volume 1)*. CRC Press.
- Nass, L. (1992). *Encyclopedia of PVC (Vol. Volume 2)*. CRC Press.
- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção Além Da Produção*. Bookman.
- Pintelon, L., & Muchiri, P. (Julho de 2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: a filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel .
- Rodrigues, M. V. (2014). *Sistema de Produção Lean Manufacturing - Entendendo, aprendendo e desenvolvendo*. Elsevier Editora.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press.
- Stamatis, D. H. (2010). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. New York: Productivity Press.



Vilkas, M., Koreckaja, I., Katiliute, E., & Bagdoniene, D. (2015). Adoption of Lean production: preliminary evidence from Lithuania. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 884-889.

Werkema, C. (2012). *Criando a Cultura Lean Seis Sigma*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.

Werkema, C. (2012). *Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora.

Wilson, L. (2010). *How To Implement Lean Manufacturing*. Mc Graw Hill.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Simon and Schuster.

Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster.

# Anexos

## Anexo 1 – Codificação e Categorização das Paragens das Linhas

	<b>PROJECTO</b> <b>Vitamina M</b>	Armazém matéria-prima	<b>PVM.01</b>
		<b>Produção</b>	
		Armazém produto acabado	
Objectivo	Registo de Início e Fim de Extrusão e Classificação de Paragens no PHC		

### Definição de cada tipo de paragem

Tipo de Paragem	Código	Descrição	Exemplo
<b>Paragem para Férias ou Fins-de-semana</b>	101	Interrupção da produção por motivo de férias ou fim-de-semana.	-
<b>Falta de Encomendas</b>	102	-	-
<b>Manutenção Preditiva</b>	201	Inspeção de determinadas peças ou equipamentos que implique a paragem da linha.	Inspeção de correias, motores, etc..
<b>Passagem programada</b>	202	Paragem da máquina para passagem de referência programada pelo planeamento.	-
<b>Passagem programada c/ apoio da Manutenção</b>	203	Paragem da máquina com intervenção da manutenção para passagem de referência programada pelo planeamento.	Troca de cortinas, fusos, sistemas de vácuo, tubagens, etc, durante a passagem.
<b>Mudança de redes</b>	204	Paragem da máquina para troca de redes.	O stock das redes encontra-se no local habitual e não se perde tempo de produção a ir buscá-las a outro sítio.
<b>Troca/Afinação de lâminas</b>	205	Paragem da máquina para troca ou afinação de lâminas.	O stock das lâminas encontra-se no local habitual e não se perde tempo de produção a ir buscá-las a outro sítio.
<b>Limpeza do Vácuo</b>	206	Paragem da máquina para limpeza do vácuo.	
<b>Em análise (Plano amostragem)</b>	207	Paragem da máquina durante o tempo em que a amostra está a ser analisada no laboratório.	Os inícios de lote na CB2 são sempre analisados previamente pelo laboratório e só depois do OK é que se segue com a produção.
<b>Afinação de Cor</b>	208	Paragem da máquina durante o tempo em que a cor está a ser afinada pelo laboratório.	-
<b>Manutenção Preventiva</b>	209	Paragem da máquina planeada pela manutenção.	Lubrificações, mudas de óleos, mudas de filtros, etc..
<b>Avaria Processo Mistura/Arrefecimento</b>	301	Anomalia nos equipamentos associados ao misturador ou arrefecedor que provoque a paragem de produção.	-
<b>Avaria Sistema de Alimentação à Extrusora</b>	302	Anomalia nos equipamentos associados à alimentação da extrusora que provoque a paragem de produção.	-

	<b>PROJECTO</b> <b>Vitamina M</b>	Armazém matéria-prima	<b>PVM.01</b>
		Produção	
		Armazém produto acabado	


Objectivo	Registo de Início e Fim de Extrusão e Classificação de Paragens no PHC
-----------	--

Tipo de Paragem	Código	Descrição	Exemplo
<b>Avaria Sistema de Vácuo</b>	303	Anomalia no sistema de descompressão da extrusora que provoque a paragem de produção.	
<b>Avaria Processo de Extrusão</b>	304	Qualquer anomalia associada à extrusora que provoque a sua paragem.	-
<b>Avaria Processo Corte/Arrefecimento de granulado</b>	305	Qualquer anomalia associada ao processo de corte ou arrefecimento do granulado que provoque a sua paragem.	-
<b>Avaria Processo de Embalagem</b>	306	Paragem da máquina devido a avaria no processo de embalamento do granulado.	Avaria do sistema de pesagem/balança ou avaria do selador dos sacos.
<b>Avaria Informática</b>	307	Paragem da máquina devido a avaria no sistema informático.	-
<b>Avaria Sistema Pesagem/Doseamento</b>	308	Anomalia no equipamento associado à pesagem ou doseamento que provoque a paragem da produção.	
<b>Falha Energia</b>	310	Paragem da máquina devido a falha de energia.	-
<b>Falta de redes</b>	311	Paragem da máquina devido à mudança de redes, em que é necessário ir buscar redes onde não é habitual.	Quando não há redes e a produção está parada até que novas redes cheguem.
<b>Falta de lâminas</b>	312	Paragem da máquina devido à mudança de lâminas, em que é necessário ir buscar redes onde não é habitual.	Quando não há lâminas e a produção está parada até que novas lâminas cheguem.
<b>Falta de Consumíveis</b>	313	Paragem da máquina devido à falta de consumíveis.	Falta de sacos, BB, paletes, ferramenta, etc..
<b>Falha de Matéria- Prima</b>	314	Paragem da máquina devido à falta de matéria-prima.	Quando acaba alguma matéria-prima e a produção tem de ser interrompida até que se vá buscar mais material ou o planeamento der ordens para avançar a produção.
<b>Em análise não prevista</b>	315	Paragem da máquina não prevista durante o tempo em que a amostra está a ser analisada no laboratório.	Quando durante a produção são detetados parâmetros fora de especificação e precisam de ser afinados.
<b>Passagem Forçada</b>	316	Paragem da máquina para passagem de referência não programada pelo planeamento.	Quando há falta de matéria-prima para conclusão do lote em curso ou quando uma encomenda urgente obriga à alteração do planeamento.

	<b>PROJECTO</b> <b>Vitamina M</b>	Armazém matéria-prima	<b>PVM.01</b>
		Produção	
		Armazém produto acabado	
Objectivo	Registo de Início e Fim de Extrusão e Classificação de Paragens no PHC		

Tipo de Paragem	Código	Descrição	Exemplo
<b>Erro nas Operações</b>	317	Paragem da máquina devido a erros humanos nas operações.	Quando um operador acidentalmente deixa cair um objeto num equipamento que obrigue a paragem da máquina para a sua remoção.
<b>Outra</b>	400	Qualquer outro tipo paragem que não corresponda a nenhum da lista.	Paragens para limpezas forçadas (p.e. eliminar contaminações)

## Anexo 2 – Procedimento da Aplicação das Boas Práticas de Fabrico (GMP)

	<b>PROCEDURE</b>	Prepared by: Alexandra Carreira
		Approved by: Carla Ventura
	<b>PPRO 06 (EN)</b>	Creation date: 29-10-15
	Good Manufacturing Practices Application	Review date: 29-10-15
		Version: 01.2

Controlled copies of this document are accessed from a controlled server or printed on official paper which is valid for a 24h period after printing, except if it is validated by the Quality, Plant, Admin or Department Manager. Any copy (total or partial) of this document will be considered UNCONTROLLED WHEN PRINTED. Users must check they have the current version.



### 1. Purpose

This procedure aims to guarantee at Cabopol 1 the compliance of the Good Manufacturing Practices (GMP) recognized internationally. GMP's are guidelines that outline the aspects of production and testing that can impact the quality of a product and must be followed or applied in Cabopol 1 facilities.

### 2. Related documents

Not applicable

### 3. Procedure


#### GMP Principles:

Although there are a number of them, all guidelines follow a few basic principles:

- Manufacturing processes are clearly defined and controlled. All critical processes are validated to ensure consistency and compliance with specifications.
- Manufacturing processes are controlled, and any changes to the process are evaluated. Changes that have an impact on the quality are validated as necessary.
- Instructions and procedures are written in clear and unambiguous language.
- Operators are trained to carry out and document procedures.
- Records are made, manually or by instruments, during manufacture that demonstrate that all the steps required by the defined procedures and instructions were in fact taken and that the quantity and quality of the drug was as expected. Deviations are investigated and documented.
- Records of manufacture (including distribution) that enable the complete history of a batch to be traced are retained in a comprehensible and accessible form.
- The distribution minimizes any risk to their quality.
- A system is available for recalling any batch from sale or supply.
- Complaints are examined, the causes of quality defects are investigated, and appropriate measures are taken with respect to the defective products and to prevent recurrence.

#### GMP application in Cabopol 1:

According to GMP Principles and Legislation, the following master lines must be complied:

 <small>POLYMER EQUIPMENTS, S.A.</small>	<b>PROCEDURE</b>	Prepared by: Alexandra Carreira
		Approved by: Carla Ventura
	<b>PPRO 06 (EN)</b>	Creation date: 29-10-15
	<b>Good Manufacturing Practices Application</b>	Review date: 29-10-15
		Version: 01.2

Controlled copies of this document are accessed from a controlled server or printed on official paper which is valid for a 24h period after printing, except if it is validated by the Quality, Plant, Admin or Department Manager. Any copy (total or partial) of this document will be considered UNCONTROLLED WHEN PRINTED. Users must check they have the current version.



#### Personnel


- Staff should wash their hands: before starting to work, after going to the toilet, after a break, before and after any meal and after using any substance that can contaminate the finished product.
- Finish Good handling: only touch pellets when necessary and making sure that hands are clean;
- Working uniform: always wear the proper approved working clothes, clean safety shoes;
- Personal Practices: remove any jewellery and personal belongings, forbidden to smoke, eat or chew gum inside the production area, Nails shall be short and with no polish, do not spit, do not cough or sneeze near the finished product.
- Health: protect wounds and cuts with impermeable and metal detectable plasters, register any injury on the proper book register and inform superior in case of sickness.

#### Production

- All areas are to be kept clean and tidy.
- Do not block walking ways for people or equipment.
- Keep electrical boxes, first aids kit and extinguisher areas clean.
- The production area has to be kept clean and free of equipment parts, metal parts and any other foreign particles;
- Close packages of products that are half used and put them in their places. If you do not know where they belong, contact your supervisor.
- Keep all other containers closed.
- Identify always the items and products to rework from the ones to put apart following the ON HOLD system procedure
- Use ear protection.
- Avoid unnecessary transportation of products.
- Take all unnecessary equipment, tools or objects away from the production area.

#### Storage

- Keep stored products rotating by FIFO (First In First Out).
- Respect the marked walking path and access doors not covering them.
- Do not stock any material in stair or walk ways.
- Keep organized: Everything in each place, everything tidy.
- Materials shall be correctly identified on pallets and shelves.
- Any stock shall be kept 30 cm from the walls.

 <small>POLYMER COMPOUNDS, S.A.</small>	<b>PROCEDURE</b>	Prepared by: Alexandra Carreira
		Approved by: Carla Ventura
	<b>PPRO 06 (EN)</b>	Creation date: 29-10-15
	<b>Good Manufacturing Practices Application</b>	Review date: 29-10-15
		Version: 01.2

Controlled copies of this document are accessed from a controlled server or printed on official paper which is valid for a 24h period after printing, except if it is validated by the Quality, Plant, Admin or Department Manager. Any copy (total or partial) of this document will be considered UNCONTROLLED WHEN PRINTED. Users must check they have the current version.



#### Equipment and tools

- Keep equipment clean, in a good state to work.
- Be aware of any problem causing potential contamination of the final product. (ex: Oil leak or water leak).
- Avoid using too much grease.
- Keep all cleaning and maintenance material in a proper place after using.
- Keep trash boxes always closed.
- Replace cleaning tools that get old or overused.
- Never leave hoses not being used on the floor.

#### Sanitary Operations


- Building, fixtures, and other physical facilities of the plant shall be maintained in a sanitary condition and shall be kept in repair to prevent products from becoming adulterated within the meaning of the act.
- Cleaning and sanitizing substances shall be free from undesirable microorganisms and shall be safe under the conditions of use.
- Toxic chemicals shall be identified and stored properly.
- All food-contact surfaces shall be cleaned as frequently as necessary to protect against contamination.
- Cleaned and sanitized portable equipment and utensils should be stored in a location and manner that protects against contamination.

#### Sanitary Facilities & Controls

- Hand washing facilities shall be adequate and convenient and be furnished with running water at a suitable temperature.
- Rubbish and offal shall be so conveyed, stored, and disposed of as to minimize the development of odour and protect against pests and food contamination.

#### Processes & Controls

- Overall sanitation of the plant shall be under the supervision of one or more competent individuals.
- Use of a quality control operation in which the CP's are identified and controlled during manufacturing.

 <small>POLYMERI EGGIPLICAZIONE S.p.A.</small>	<b>PROCEDURE</b>	Prepared by: Alexandra Carreira
	<b>PPRO 06 (EN)</b> <b>Good Manufacturing Practices Application</b>	Approved by: Carla Ventura
		Creation date: 29-10-15
		Review date: 29-10-15
		Version: 01.2

Controlled copies of this document are accessed from a controlled server or printed on official paper which is valid for a 24h period after printing, except if it is validated by the Quality, Plant, Admin or Department Manager. Any copy (total or partial) of this document will be considered UNCONTROLLED WHEN PRINTED. Users must check they have the current version.



#### Pest Control

- No pests shall be allowed in any area of a food plant.
- Effective measures shall be taken to exclude pests from the processing areas and to protect against pest contamination: Keep environment clean and tidy; Keep all doors and windows closed; Communicate any bugs or rats seen on the shop floor to Quality Assurance.
- Avoid still waters and food waste.
- Inspect all areas periodically.



#### **4. Responsibilities**

All company employees are responsible comply with the GMP described before.

The Quality Assurance team is responsible for training all staff and record any non-conformity.



## Anexo 3 – Plano de Inspeção da Linha de PVC 1

TPM		Manutenção Autónoma			
Plano de Inspeção Linha PVC 1					
Tipo de Ação		 <b>Frequência:</b> Bi-semanal Preencher uma etiqueta vermelha no quadro TPM sempre que se detete um ponto não conforme.			
Zona	Ponto	Tarefa a executar	Visto por	Visto por	
Silo de Sólidos do Misturador	1	Verificar o funcionamento do martelo e do vibrador do silo de sólidos*			
	2	Verificar se existe fugas na válvula do silo de sólidos / misturador			
Misturador	3	Verificar o estado dos filtros do misturador			
	4	Verificar o estado do tubo de descarga do óleo para o misturador			
	5	Verificar o estado das 3 conexões plastificadas que seguem para o despoeiramento			
	6	Verificar se existe perdas de material na zona da chumaceira do misturador			
	7	Verificar se existe fugas na válvula do misturador / arrefecedor			
Arrefecedor	8	Verificar se existe fugas na válvula do arrefecedor / IA			
IA	9	Verificar se existe fugas de material na junção dos tubos debaixo da tremonha do arrefecedor			
Quadro do Arrefecedor	10	Verificar o estado das correias do motor do arrefecedor			
		Verificar o manómetro de pressão do ar do arrefecedor			
Quadro Elétrico do Misturador	11	Verificar os filtros do quadro elétrico do misturador			
Quadro Despoeiramento	12	Verificar o estado dos filtros do quadro de despoeiramento			
Caixa Redutora	13	Verificar o termómetro do óleo da caixa redutora			
		Verificar o manómetro de pressão do óleo da caixa redutora			
		Verificar o nível de óleo da caixa redutora**			
	14	Verificar o caudal de água de arrefecimento do motor			
	15	Verificar se existe fugas de óleo na caixa redutora			
Verificar o ruído dos motores da extrusora					
16	Verificar se existe fugas de óleo na zona da saída da caixa redutora para os sem fim				
Extrusora	17	Verificar se há fugas de água na extrusora em cima da camisa e por baixo do chassi			
Termorregulador	18	Verificar o termómetro do óleo do termorregulador			
		Verificar o manómetro da pressão do óleo do termorregulador			
	19	Verificar o nível do óleo do termorregulador			
Sistema de Vácuo	20	Verificar se existe fugas na bomba de vácuo			
Câmbio de Filtros	21	Verificar se existe fugas de material e de óleo entre raquetas de câmbio de filtros			
Tarara	22	Verificar as redes da tarara e apertos			
Balança de Ensaque	23	Verificar o manómetro de pressão do sistema de arrefecimento da balança			
		Verificar se existe fugas de ar nos tubos do sistema de arrefecimento da balança			
					<b>Data</b>

\* Só é possível verificar quando se estão a fazer misturas.

\*\* Só é possível de verificar quando a extrusora está parada.

## Anexo 4 – Análise SMED à Troca dos Filtros de Extrusão

#	Operação	Interna/ Externa	Tempo médio (min:s)*	Peso Relativo (%)
1	Desligar o transporte do grão para a tarara no quadro elétrico e reduzir lentamente a velocidade do fuso da extrusora e do fuso da alimentação até zero	Interna	00:43	4,4
<b>2</b>	<b>Encontrar e vestir as luvas de proteção térmica</b>	<b>Externa</b>	<b>00:12</b>	<b>1,2</b>
3	Desapertar as braçadeiras do tubo de despoeiramento e da conduta de transporte do grão que unem à câmara de corte	Interna	00:31	3,2
4	Rodar a câmara de corte o máximo para a esquerda	Interna	00:21	2,2
6	Limpar a fieira com ar comprimido	Interna	00:30	3,1
<b>7</b>	<b>Encontrar a chave sextavada</b>	<b>Externa</b>	<b>00:06</b>	<b>0,6</b>
8	Desapertar as 10 porcas que fixam a fieira à cabeça da extrusora com o auxílio da chave sextavada	Interna	02:21	14,5
9	Retirar da extrusora a fieira e colocá-la no chão	Interna	00:17	1,7
10	Limpar a fieira com ar comprimido	Interna	00:20	2,1
11	Retirar da extrusora o suporte do crivo, impondo ligeira velocidade ao fuso	Interna	00:14	1,4
12	Levar o suporte do crivo à bancada	Interna	00:10	1,0
13	Voltar a reduzir a velocidade do fuso da extrusora para zero	Interna	00:13	1,3
14	Retirar da extrusora a massa que contém o retido pelo filtro	Interna	00:16	1,6
15	Levar à bancada	Interna	00:05	0,5
<b>16</b>	<b>Procurar a espátula</b>	<b>Externa</b>	<b>00:06</b>	<b>0,6</b>
<b>17</b>	<b>Descartar o filtro da restante massa com a espátula</b>	<b>Externa</b>	<b>00:12</b>	<b>1,2</b>
<b>18</b>	<b>Colocar a massa na zona de purgas</b>	<b>Externa</b>	<b>00:07</b>	<b>0,7</b>
<b>19</b>	<b>Procurar a chave de fendas</b>	<b>Externa</b>	<b>00:06</b>	<b>0,6</b>
20	Limpar o crivo com a chave de fendas e com a espátula	Interna	01:15	7,7
21	Retirar do crivo as redes com a chave de fendas	Interna	00:20	2,1
<b>22</b>	<b>Deitar as redes para o lixo</b>	<b>Externa</b>	<b>00:06</b>	<b>0,6</b>
23	Terminar de limpar o crivo com a espátula	Interna	00:42	4,3
24	Colocar novas redes no crivo	Interna	01:13	7,5
25	Colocar o crivo na extrusora	Interna	00:14	1,4
26	Colocar a fieira na extrusora	Interna	00:21	2,2
27	Apertar as 10 porcas que fixam a fieira à cabeça da extrusora com o auxílio da chave sextavada, tubo de metal e ferro	Interna	03:12	19,7
28	Rodar a câmara de corte o máximo para a direita	Interna	00:12	1,2

#	Operação	Interna/ Externa	Tempo médio (min:s)*	Peso Relativo (%)
29	Apertar as braçadeiras do tubo de despoejamento e da conduta de transporte do grão que unem à câmara de corte	Interna	00:53	5,4
30	Arrancar com o funcionamento da extrusora	Interna	00:57	5,8
		<b>Total</b>	<b>16:20</b>	<b>100</b>

## Anexo 5 – Análise SMED à Troca das Lâminas


#	Operação	Interna/ Externa	Tempo médio (min:s)*	Peso Relativo (%)
1	Desligar o transporte do grão para a tarara no quadro elétrico e reduzir lentamente a velocidade do fuso da extrusora e do fuso da alimentação até zero	Interna	00:43	12
2	Desapertar as braçadeiras do tubo de despoeiramento e da conduta de transporte do grão que unem à câmara de corte	Interna	00:31	9
3	Rodar a câmara de corte o máximo para a esquerda	Interna	00:21	6
4	<b>Encontrar a chave sextavada</b>	<b>Externa</b>	<b>00:08</b>	<b>2</b>
5	Desapertar a lâmina gasta, substituir por uma lâmina nova e apertar, perfazendo o total de 4 lâminas	Interna	01:28	38
6	Rodar a câmara de corte o máximo para a direita	Interna	00:12	3
7	Apertar as braçadeiras do tubo de despoeiramento e da conduta de transporte do grão que unem à câmara de corte	Interna	00:53	15
8	Arrancar com o funcionamento da extrusora	Interna	00:57	16
		<b>Total</b>	<b>05:13</b>	100

## Anexo 6 – Análise SMED à Limpeza das Linhas de PVC

#	Operação	Interna/ Externa	Tempo médio (min:s)	Peso Relativo (%)
<b>Limpeza do arrefecedor de granulado</b>				
1	Desligar a circulação de ar no arrefecedor de granulado	Interna	<b>00:10</b>	0,4
2	Desapertar os parafusos de rosca e retirar o filtro da parte superior do ciclone	Interna	<b>01:20</b>	3,0
3	Limpar o filtro com ar comprimido	Interna	<b>00:45</b>	1,7
4	Voltar a colocar o filtro na sua posição e apertar os parafusos de rosca	Interna	<b>01:31</b>	<b>3,4</b>
5	Retirar o carro da passagem da sua posição e remover a conduta de desvio da sua posição	Interna	<b>00:20</b>	0,7
6	Abrir a porta de acesso ao arrefecedor de granulado e usando ar comprimido limpar o granulado	Interna	08:00	18,0
7	Desapertar os parafusos de rosca e retirar o filtro do arrefecedor de granulado	Interna	01:42	3,8
8	Limpar o filtro com ar comprimido	Interna	02:18	5,2
9	Voltar a colocar o filtro na sua posição e apertar os parafusos de rosca	Interna	02:33	
<b>Limpeza da tarara</b>				
10	Limpar a grelha da tarara com ar comprimido	Interna	08:36	19,3
11	Limpar o funil de recepção do granulado com ar comprimido	Interna	00:15	0,6
12	Desligar o ventilador de transporte	Interna	<b>00:12</b>	0,4
<b>Limpeza da balança de ensaie</b>				
13	No 2º nível da plataforma, desapertar os parafusos de rosca e retirar o filtro superior	Interna	<b>02:03</b>	4,6
14	Limpar o filtro com ar comprimido	Interna	<b>02:12</b>	4,9
15	Voltar a colocar o filtro na sua posição e apertar os parafusos de rosca	Interna	<b>02:20</b>	5,2
16	No 1º nível da plataforma, retirar a porta debaixo da balança e fazer actuar manualmente o dispositivo de abertura da balança fazendo movimentar as pás	Interna	<b>00:26</b>	1,0
17	Usando ar comprimido limpar a balança internamente	Interna	<b>01:54</b>	4,3
18	Voltar a fechar a porta	Interna	<b>00:16</b>	0,6
19	Abrir as 2 portas de proteção da balança e soprar com ar comprimido	Interna	<b>04:54</b>	11,0
20	Voltar a fechar as duas portas da balança	Interna	<b>00:23</b>	0,9

#	Operação	Interna/ Externa	Tempo médio (min:s)	Peso Relativo (%)
21	Fechar a porta por debaixo da balança	Interna	00:16	0,6
22	Aspirar o grão depositado na plataforma	Interna	00:54	2,0
23	Retirar a janela de vigia do tubo de descarga da balança e introduzir a mangueira de ar internamente no tubo	Interna	00:39	1,5
24	Rodar alternadamente o botão correspondente entre Big-bags e sacos de modo a mover a válvula de desvio	Interna	00:18	0,7
25	Fechar a porta de vigia do tubo de descarga.	Interna	00:16	0,6
		<b>Total</b>	<b>44:33</b>	<b>100,0</b>

# Anexo 7 – OPL: Colocação das Lâminas na Câmara de Corte das Linhas de PVC

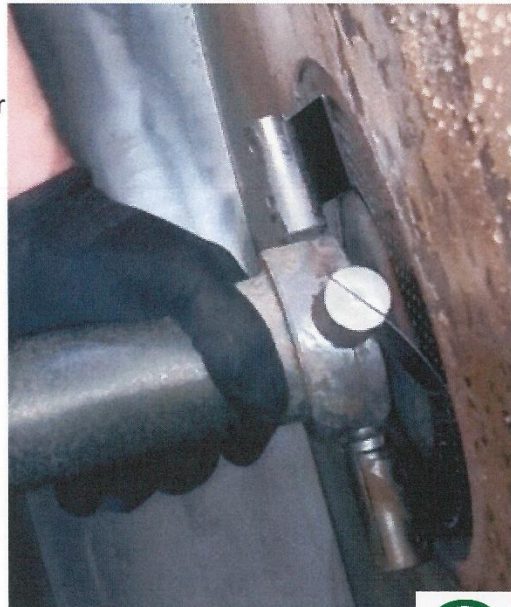
 <small>POLYMER COMPOUNDS, S.A.</small>	<b>ONE POINT LESSON (OPL)</b> (explicação de 10 min)
---	--

OPL NO.:	004	VERSÃO:	01
----------	-----	---------	----

CLASSIFICAÇÃO:	<input type="checkbox"/> INFO GERAL	<input type="checkbox"/> ESH	<input type="checkbox"/> MELHORIA	<input checked="" type="checkbox"/> ERROS / LAPSOS	<input type="checkbox"/> DEFEITOS
CRIADO POR:	Alexandra Carreira	DEPT.	Produção	DATA	25/01/2016
APROVADO POR:	Ricardo Morgado			DATA	25/01/2016

**TÍTULO: Colocação das lâminas na câmara de corte das Linhas de PVC 1, 2 e 3**

A face da lâmina que **não está afiada** deve ser posicionada **contra a fieira**. Ou seja, de frente para a fieira, a face da lâmina afiada (face escrita) tem de estar visível.



<b>Face da lâmina afiada (face escrita)</b>	<b>Face da lâmina não afiada</b>
	

NOME												
ASSINAT.												
DATA												
NOME												
ASSINAT.												
DATA												
NOME												
ASSINAT.												
DATA												