



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Rafaela Ferreira Mostardinha

**MELHORIA DE PROCESSOS DE UMA INDÚSTRIA DE  
METAL DURO APLICANDO PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS  
*LEAN***

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada  
pelo Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto e apresentada ao Departamento  
de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra.**

Setembro de 2023





FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# Melhoria de processos de uma indústria de metal duro aplicando princípios e ferramentas *lean*

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e  
Gestão Industrial

## Process improvement of a hard metal industry by applying lean principles and tools

Autor

**Rafaela Ferreira Mostardinha**

Orientador

**Telmo Miguel Pires Pinto**

Júri

	<b>Professor Doutor Cristóvão Silva</b>
Presidente	Professor Associado com agregação da Universidade de Coimbra
Vogais	<b>Professora Doutora Vanessa Sofia Melo Magalhães</b> Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra
Orientador	<b>Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

---



Durit - Metalurgia  
Portuguesa do  
Tungsténio, Lda.

Coimbra, setembro, 2023



“The best way to predict the future is to create it.”

Peter Drucker

Aos meus queridos.



## Agradecimentos

Este projeto reflete o culminar de uma das etapas mais importantes e bonitas da minha vida, que só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Em primeiro lugar, quero agradecer à Durit pela oportunidade que me foi oferecida. A todas as pessoas que, de qualquer forma, estiveram envolvidas neste projeto e que me ajudaram a concretizá-lo.

Gostaria de agradecer também ao meu orientador professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto pela orientação e disponibilidade demonstradas durante estes meses.

Aos meus pais, por todos os sacrifícios feitos para que pudesse seguir o meu sonho. À minha querida irmã por me apoiar. Aos meus amigos de Cacia. Às Cachopas pela linda amizade. À Carolina por ter sido um dos pilares da minha jornada, onde o riso imperava e as memórias cresciam.

Em especial, ao Bruno, por me ajudar a tornar numa melhor pessoa, por me inspirar quando mais precisava, pelos conselhos sensatos ao longo destes anos e por muito mais que não se expressa por palavras.





## Resumo

Atualmente, é imperativo que as empresas se foquem na melhoria e otimização dos seus processos produtivos para conseguirem acompanhar as exigências de customização que os clientes impõem. Assim, as empresas procuram reduzir custos e aumentar o seu desempenho, melhorando a qualidade dos produtos oferecidos.

Neste sentido, a presente dissertação tem como objetivo principal tornar as operações mais fluidas numa das secções mais arcaicas da Durit - Metalurgia Portuguesa do Tungsténio, Lda.,. Deste modo, o objetivo principal foi dividido em duas etapas: executar o levantamento de problemas e as respetivas causas na secção de prensagem isostática; propor e implementar soluções sobre os problemas identificados.

Durante o período de estágio, a participação dos trabalhadores de diferentes níveis hierárquicos na empresa teve um impacto significativo para a realização deste projeto. Como métodos de pesquisa foram utilizados a observação participativa e entrevistas não estruturadas. Os problemas identificados na primeira etapa foram: a dificuldade em localizar os moldes e veios nas zonas de armazenamento; ineficiências na zona de enchimento dos moldes; problemas de comunicação. As melhorias propostas visavam minimizar qualquer forma de desperdício, como movimentações desnecessárias ou tempos mortos de produção. Para isso foi utilizada a metodologia 5S e foi desenvolvida uma ferramenta de apoio à organização da distribuição de trabalho, recorrendo a *softwares* de folhas de cálculo.

Em resumo, as melhorias implementadas foram efetivamente realizadas, resultando numa otimização do espaço e aplicação de medidas que promoveram o aumento do compromisso dos operadores.

**Palavras-chave:** Eliminação de desperdícios, Melhoria contínua, 5S, *Lean, Engineer-to-Order.*



## Abstract

Nowadays, it's imperative for companies to focus on improving and optimizing their production processes in order to keep up with the customization requirements imposed by customers. Companies are therefore looking to reduce costs and increase their performance by improving the quality of the products they offer.

With this in mind, the main aim of this dissertation is to make operations more fluid in one of the most archaic sections of Durit - Metalurgia Portuguesa do Tungsténio, Lda. The main objective was divided into two stages: to identify problems and their causes in the isostatic pressing section; to propose and implement solutions to the problems identified.

During the internship period, the participation of workers from different hierarchical levels in the company had a significant impact on the realization of this project. Participatory observation and unstructured interviews were used as research methods. The problems identified in the first stage were: difficulty in locating the molds and shafts in the storage areas; inefficiencies in the mold filling area; communication problems. The proposed improvements were aimed at minimizing any form of waste, such as unnecessary movements or production downtime. To this end, the 5S methodology was used and a tool was developed to support the organization of work distribution, using spreadsheet software.

In sum, the improvements implemented were effectively carried out, resulting in space optimization and the application of measures that promoted increased operator commitment.

**Keywords** Lean waste, Continuous improvement, 5S, Lean, Engineer-to-Order.



---

## Índice

Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Siglas .....	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização e motivação.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia .....	3
1.4. Estrutura.....	4
2. Enquadramento teórico.....	5
2.1. Introdução ao <i>lean</i> .....	5
2.1.1. Desperdícios .....	6
2.1.2. Princípios <i>lean</i> .....	8
2.2. Princípios <i>lean</i> de produções ETO.....	9
2.3. Ferramentas <i>lean</i> .....	10
3. Contextualização dos Problemas .....	13
3.1. Apresentação da empresa.....	13
3.1.1. Metal duro e estrutura da gama de produtos .....	14
3.2. Processo produtivo .....	15
3.2.1. Departamento de metalurgia .....	16
3.3. Características dos problemas .....	20
4. Implementação de melhorias .....	29
5. Conclusões.....	43
5.1. Limitações.....	44
5.2. Trabalho futuro.....	45
Referências bibliográficas .....	47
Apêndice A. Folha de cálculo “OF’s novas”.....	49
Apêndice B. Folha de cálculo “OF’s aguardar” .....	50
Apêndice C. Folha de cálculo “Organizar_MAP04_17” .....	51



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Metodologia de Investigação <i>Research Onion</i> . Adaptado de: (Saunders et al., 2019).....	4
Figura 2.1. Conceito <i>Customer Order Decoupling Point</i> . Adaptado de: (Powell et al., 2014).....	9
Figura 3.1. Instalações da Durit (Fonte: <i>Google Earth</i> ) .....	14
Figura 3.2. a) Obturador de válvula; b) Mandril helicoidal (Fonte: Durit, 2023) .....	15
Figura 3.3. Processo produtivo da Durit (Fonte: Durit, 2023) .....	15
Figura 3.4. Fluxograma do processo produtivo do departamento de metalurgia .....	16
Figura 3.5. (a) Molde de látex e o molde de aço; (b) Tampa de látex e molde de aço com o molde de látex inserido.....	17
Figura 3.6. Molde circular após o processo de enchimento .....	18
Figura 3.7. Ordem de fabrico: (a) frente da folha; (b) verso da folha.....	19
Figura 3.8. Fases de produção: (a) fase final do processo de enchimento; (b) fase final do processo de prensagem; (c) fase intermédia do processo de retificação; (d) fase final do processo d sinterização .....	19
Figura 3.9. Área dos moldes circulares desorganizada.....	21
Figura 3.10. Área dos moldes retangulares desorganizada .....	22
Figura 3.11. Estantes na área dos veios com veios mal identificados .....	22
Figura 3.12. Zona de enchimento com as leiteiras desorganizadas .....	24
Figura 3.13. Bancada desorganizada .....	25
Figura 3.14. Ferramenta inadequada.....	25
Figura 3.15. Tabuleiros de secretária .....	26
Figura 3.16. Tabuleiros com OF's que ainda não foram distribuídas.....	27
Figura 4.1. Armário dos calços após a implementação da metodologia 5S.....	30
Figura 4.2. (a) área dos moldes circulares após a implementação da metodologia 5S; (b) área dos moldes circulares após a implementação da metodologia 5S .....	31
Figura 4.3. Área dos veios após a implementação da metodologia 5S: (a) área 1 dos veios; (b) área 2 dos veios; (c) marcação a laser nos veios; (d) lista dos veios existentes na área dos veios .....	33
Figura 4.4. Cartão de identificação do operador .....	34

Figura 4.5. Zona de enchimento dos moldes após a implementação da metodologia 5S: (a) carrinhos dos operadores; (b) recipientes para o armazenamento de tampas grandes; (c) recipientes para o armazenamento de tampas pequenas .....	35
Figura 4.6. Nova ferramenta de descompactação do pó .....	36
Figura 4.7. Bancadas após a implementação da metodologia 5S .....	37
Figura 4.8. Marcações para delimitar os espaços das leiteiras.....	37
Figura 4.9. Folha de cálculo “ISOS” referente ao operador A .....	40
Figura 4.10. Quadro branco presente na secção da prensagem isostática .....	41



---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Propostas de melhorias para os problemas encontrados .....	29
--	----



## **SIGLAS**

CODP – Customer Order Decoupling Point

ETO – Engineer-to-Order

OF – Ordem de Fabrico

SMED – Single Minute Exchange Die



# 1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi desenvolvida em contexto empresarial, representando o trabalho desenvolvido durante o estágio curricular na empresa Durit - Metalurgia Portuguesa do Tungsténio, Lda., que vai ser referida como Durit.

Este capítulo tem como objetivo introduzir e contextualizar o trabalho desenvolvido, começando pela exposição da principal motivação para a escolha do tema. De seguida, enumerou-se os objetivos e as metas definidas e, por fim, fez-se uma descrição sucinta da estrutura do documento.

## 1.1. Contextualização e motivação

Atualmente, é imperativo que as empresas se foquem na melhoria e otimização do seu processo produtivo para conseguirem acompanhar as exigências de customização que os clientes impõem. Assim, as empresas procuram reduzir os custos e o tempo de produção, e aumentar o seu desempenho, melhorando a qualidade dos seus produtos. Até metade do século XX as empresas tentavam baixar os custos de produção, aumentando o número de produtos produzidos, que ficariam para inventário (Nicholas, 2018). Esta estratégia era utilizada para compensar os elevados custos com as trocas de ferramentas.

O sistema de produção Toyota surgiu no Japão devido à escassez de recursos e à necessidade de manter custos de produção baixos, onde foi introduzido pela primeira vez o conceito *lean manufacturing* (Gupta & Jain, 2013). Este tipo de manufatura difere da tradicional. O conceito tradicional centra-se na produção para inventário, e o conceito *lean manufacturing* opõe-se a este tipo de produção, considerando o inventário como um desperdício para a organização. Compreender as diferenças entre estes tipos de produção é fundamental para que as organizações sigam práticas otimizadas (Lee-Mortimer, 2006).

A introdução do *lean manufacturing* em qualquer tipo de indústria tem um impacto direto nos processos de fabrico. É necessário compreender que o valor de um produto é definido pelo cliente, e que este não está disponível para pagar erros ou desperdícios da organização (Rawabdeh, 2005). Por isso, a metodologia *lean manufacturing* pretende eliminar os desperdícios encontrados ao longo de todo o processo produtivo.

Este objetivo levou ao desenvolvimento de diversas ferramentas que auxiliam na eliminação de desperdícios, como a metodologia 5S. Esta ferramenta assenta numa metodologia aplicável a diversos tipos de indústria e enquadra-se na filosofia de melhoria contínua.

A Durit é uma empresa que se enquadra na indústria do metal duro, sediada na zona industrial de Albergaria-a-Velha, Aveiro. Produz peças de elevada resistência por encomenda para clientes de todo o mundo, em especial, para a Alemanha.

Este contexto motivou a realização do trabalho presente, sendo que a empresa de acolhimento está inserida num mercado competitivo, onde a gama de oferta de produtos é bastante extensa, exigindo que haja uma flexibilidade de resposta aos seus clientes. Assim, este projeto tem como finalidade a implementação de conceitos *lean*, sendo o principal foco a implementação da metodologia 5S numa das secções mais arcaicas da empresa.

## 1.2. Objetivos

Primeiramente, foi realizada uma reunião com o conjunto de profissionais que acompanharam o trabalho que se iria desenvolver durante 5 meses: o responsável do departamento de Metalurgia; o responsável pelo planeamento da produção. Ficando definido como objetivo principal do estágio curricular:

**Objetivo Principal:** Tornar as operações mais fluidas na secção de prensagem isostática, resolvendo os problemas encontrados ao longo do projeto, de forma a aumentar a percentagem de encomendas entregues dentro do prazo estipulado.

Com o objetivo principal definido, achou-se por bem decompô-lo em duas etapas devido à ordem lógica para o seu desenvolvimento:

- Etapa 1 – Fazer o levantamento dos problemas atuais na secção de prensagem isostática;
- Etapa 2 – Implementar e avaliar soluções exequíveis para a resolução dos problemas encontrados.

### 1.3. Metodologia

A metodologia de investigação desempenha um papel central no desenvolvimento de projetos de investigação, abrangendo todas as suas etapas. A estrutura adotada segue a *Research Onion*, conforme discutido no livro de Saunders, Lewis e Thornhill (2019).

A metodologia *Research Onion* visa orientar todo processo de investigação. Esta é representada por uma cebola com seis camadas sequenciais, onde cada camada representa um aspeto importante no planeamento e condução de uma investigação.

A primeira camada situa-se na extremidade e envolve a escolha da abordagem filosófica, relacionando a teoria com a prática. Para responder ao objetivo principal proposto, considerou-se a filosofia pragmática a mais adequada.

A camada imediatamente após diz respeito à abordagem seguida. Devido ao facto de serem analisadas e aplicadas teorias preconcebidas para resolver os problemas encontrados, a abordagem é dedutiva.

A terceira camada corresponde à escolha do método, sendo este qualitativo.

A camada quatro envolve a escolha da estratégia utilizada, tratando-se de uma investigação-ação, pois é estabelecido um objetivo e são criadas soluções para a resolução de problemas, bem como as respetivas implementações e devidas avaliações.

O horizonte temporal situa-se na quinta camada e considera-se transversal pelo facto deste ter sido realizado num período de cinco meses durante um estágio curricular.

Por último, a camada nuclear corresponde à recolha e análise de dados. As técnicas e procedimentos utilizados para a recolha de dados foram por meio da observação, participativa e estruturada, e a recolha de informações através de entrevistas não estruturadas e *focus group*, com operadores e responsáveis da secção.

A Figura 1.1. Metodologia de Investigação *Research Onion*. Adaptado de: (Saunders et al., 2019) Figura 1.1 representa, de forma resumida, as diferentes camadas da *Research Onion*.

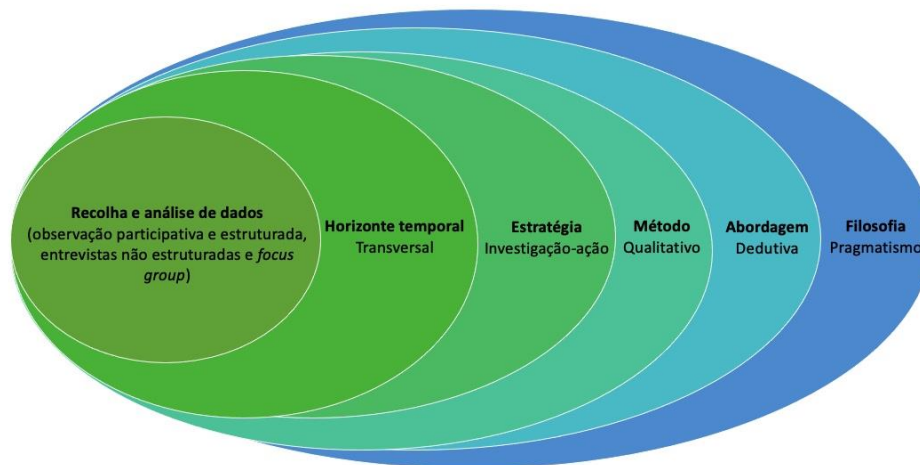


Figura 1.1. Metodologia de Investigação *Research Onion*. Adaptado de: (Saunders et al., 2019)

## 1.4. Estrutura

Relativamente à estrutura da dissertação, esta encontra-se dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma descrição sucinta do enquadramento geral, bem como a motivação e metodologia para o trabalho realizado, e os objetivos que a estagiária propõe alcançar. No capítulo 2 é feito um enquadramento teórico dos temas relevantes para a realização e compreensão do trabalho. De seguida, no capítulo 3 é feita uma apresentação geral da empresa, dando ênfase aos processos produtivos do departamento onde este trabalho foi realizado. Ainda neste capítulo, são abordados os principais problemas observados, assim como as suas causas. No capítulo 4 são referidas as propostas de melhoria para os problemas encontrados, tal como a implementação das mesmas. Por último, no capítulo 5 são abordadas as principais conclusões do trabalho, as suas limitações e propostas para trabalho futuro.



## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O presente capítulo pretende condensar a informação que se considerou relevante para o enquadramento teórico dos temas abordados durante o desenvolvimento do projeto. Para isso, começou-se por uma breve contextualização histórica sobre o conceito *lean* e as ferramentas *lean* mais utilizadas no decorrer do projeto (5S), findando este tema com uma nova abordagem dos princípios *lean* aplicados a empresas *Engineer-to-Order* (ETO).

Este capítulo e o projeto foram desenvolvidos em simultâneo, por forma a apresentar uma maior relevância, não só para fins académicos, como para a empresa em estudo.

### 2.1. Introdução ao *lean*

Produção *Lean* (“*Lean Production*”), também conhecida por Sistema de Produção Toyota (“*Toyota Production System*”), foi desenvolvida pela Toyota, no Japão, durante a era pós Segunda Guerra Mundial. O sistema foi desenvolvido em resposta aos desafios enfrentados pela empresa devido à crise económica que o Japão enfrentava nessa altura (Womack et al., 2007).

Os líderes da Toyota, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, reconheceram que o sistema tradicional de produção em massa, usado nos Estados Unidos da América, não era adequado para o mercado de menor dimensão do Japão e para os recursos disponíveis limitados (Womack et al., 2007). Consequentemente, eles criaram um sistema mais eficiente e flexível capaz de produzir produtos de alta qualidade a baixos custos, focado na procura e necessidades do cliente (Womack et al., 2007).

Este sistema levantou interesse por parte de alguns investigadores, Daniel Roos, Daniel T. Jones e James P. Womack (2007), que sentiram a necessidade de estudar em detalhe as novas técnicas japonesas. Deste modo, ajudariam a América do Norte e a Europa a aumentar a sua competitividade, pois o sistema de produção em massa de Henry Ford não oferecia este fator.

Atualmente, o trabalho desenvolvido por estes investigadores é adotado em empresas nos quatro cantos do mundo, que esperam tornar-se mais competitivas aquando da aplicação do mesmo.

### **2.1.1. Desperdícios**

O Sistema de Produção Toyota identifica três termos que descrevem práticas que geram desperdício a ser eliminado: *muda* (desperdício); *mura* (irregularidade); *muri* (sobrecarga) (Dennis, 2007).

*Muda* é uma palavra japonesa que representa o desperdício e refere-se a qualquer atividade que não acrescente valor para o cliente. Por isso, é imperativo eliminar o máximo de desperdícios que fazem parte do processo produtivo (Dennis, 2007).

Taiichi Ohno identificou sete tipos de desperdício que podem ser encontrados em qualquer processo, sendo a eliminação destes o primeiro objetivo que qualquer empresa deve ter (Womack & Jones, 2013). Os sete desperdícios segundo Ohno (1988) são:

**Sobreprodução:** É considerado o desperdício mais delicado de todos, pois este pode gerar todos os outros tipos de desperdício. Este resulta da produção excessiva, ou seja, da produção feita em quantidades desnecessárias ou antecipadamente. Este tipo de desperdício leva ao aumento de inventário, de capital excessivo associado a stocks sem retorno financeiro e à alocação desnecessária de recursos. Sendo, por isso, essencial a implementação de métodos *lean* para equilibrar a capacidade e a procura, mitigando a criação de excessos.

**Espera:** Refere-se a tempos de inatividade dos equipamentos ou operadores à espera de materiais, peças, ordens ou documentos. Para mitigar este desperdício implementa-se, por exemplo, métodos que diminuem os tempos de *setup*, como SMED (*Single Minute Exchange Die*), e incrementa-se o balanceamento entre os postos de trabalho.

**Transporte:** O transporte consiste na deslocação desnecessária de material, como por exemplo, em rotas não otimizadas na produção, ou até, em interações prescindíveis com clientes e fornecedores, pelo que a minimização deste desperdício é essencial.

**Processamento excessivo:** Refere-se à realização de uma operação do processo de fabrico que seja desnecessária, ou demasiado complexa, que não adiciona valor para o cliente final. Este pode ser minimizado através da formação dos operadores ou pela implementação de processos mais eficazes.

**Inventário:** Trata-se de material desnecessário em inventário, podendo ser matéria-prima ou produtos à espera de serem processados, ou produtos concluídos à espera de serem entregues ao cliente. Este tipo de desperdício gera custos associados ao transporte do inventário, ao tempo despendido na organização deste, e ao espaço e energia elétrica gastos para armazená-lo. Uma das formas de mitigar este tipo de desperdício é aumentar a eficiência dos processos, e intensificar o planeamento e controlo das operações.

**Movimentação:** São movimentos desnecessários para a realização de operações por um operador ou máquina que podem ser minimizados, por exemplo, pelo aumento de ergonomia nos postos de trabalho.

**Produção de produtos e peças defeituosas:** Este desperdício refere-se a produtos ou peças que não cumprem as especificações esperadas pelo cliente, levando a custos acrescidos para serem reproduzidos ou eliminados, e à possível perda de clientes e reputação. Este tipo de defeito pode ser minimizado pela implementação de sistemas antierro ou pela normalização dos processos.

Contudo, Womack e Jones (2013), adicionaram mais dois tipos de desperdício que não foram considerados por Ohno: **bens e serviços que não satisfazem as necessidades do cliente; competências de trabalhadores não utilizadas.** Este último, consiste no desaproveitamento das habilidades físicas e mentais dos colaboradores que potencia um processo produtivo incompleto, distanciado da perfeição. No entanto, a desconsideração deste desperdício, por parte de Ohno, segue do facto de estar implícito na cultura da Toyota, onde os seus trabalhadores procuram soluções para tornar os processos mais eficientes, partilhando-as com os superiores (*stakeholders*).

No entanto, para se efetuar uma melhoria contínua do processo produtivo, não basta a eliminação dos desperdícios *muda*, é necessário considerar *muri* e *mura* conjuntamente.

Segundo Ohno (1988), *Muri* traduz-se por sobrecarga ou tensão, e está relacionado com exigências excessivas ou não razoáveis, impostas aos colaboradores ou aos equipamentos, conduzindo a erros, fadiga e diminuição da produtividade. O Sistema de Produção Toyota procura identificar e eliminar *muri* através da otimização dos processos produtivos, da melhoria da ergonomia e da garantia de que as operações a serem efetuadas encontram-se dentro de limites razoáveis da capacidade produtiva.

Ohno (1988) afirma, também, que *Mura* traduz-se por desnível ou irregularidade, referindo-se a inconsistências ou variações no processo produtivo que

conduzem a ineficiências. O Sistema de Produção Toyota tem como objetivo reduzir *mura* através da criação de um fluxo de trabalho suave e equilibrado, minimizando as flutuações no volume de produção e alcançando, assim, um ritmo consistente.

### **2.1.2. Princípios *lean***

Para Womack e Jones (2013), o pensamento *lean* é o antídoto para combater o desperdício. Esse pensamento baseia-se nos cinco princípios *lean*:

**Identificar o valor:** Consiste em identificar, claramente, o valor na perspectiva do cliente. Sendo este referente a qualquer atividade ou processo que contribua diretamente para satisfazer as necessidades ou expectativas do cliente. Ao compreender o que os clientes realmente valorizam, pode-se então concentrar os esforços na entrega de produtos ou serviços que se alinham com essas necessidades, eliminando o desperdício e aumentando a satisfação do cliente.

**Mapa de fluxo de valor:** Envolve o mapeamento de todo o fluxo de valor associado à entrega de um determinado produto ou serviço. Implica, assim, a documentação exaustiva de todas as etapas e processos envolvidos, incluindo as atividades que acrescentam valor e as que não acrescentam. Ao visualizar o fluxo de valor, obtêm-se informações sobre o fluxo de trabalho, permitindo identificar estrangulamentos, ineficiências e áreas a melhorar.

**Criar fluxo:** Envolve a minimização ou eliminação de quaisquer interrupções, atrasos ou passos desnecessários que impeçam o movimento eficiente e fluido de produtos ou serviços. Ao racionalizar os processos e otimizar os fluxos de trabalho, pode-se obter tempos de ciclo mais curtos, reduzir os prazos de entrega e aumentar a produtividade global.

**Estabelecer sistema *Pull*:** Consiste no estabelecimento de um sistema *Pull* (“puxar”), segundo o qual o trabalho é iniciado com base na procura efetiva do cliente. Ou seja, em vez de se produzir baseando-se em previsões da procura, deve-se desenvolver um sistema reativo que só produz quando há um pedido específico do cliente. Esta abordagem ajuda a minimizar os níveis de inventário, reduzir o risco de sobreprodução e alinhar a produção com as necessidades dos clientes em tempo real.

**Perseguir a perfeição:** Traduz-se em perseguir uma mentalidade de melhoria contínua com objetivo de encontrar a perfeição. Envolve a procura incessante de maneiras para eliminar desperdícios, otimizar os processos e melhorar o desempenho global. Ao

encorajar uma cultura de aprendizagem e inovação de forma contínua, conduz a uma melhoria contínua do processo produtivo, assegurando a competitividade das empresas, a adaptabilidade e a receção às mudanças dos requisitos impostas pelos clientes.

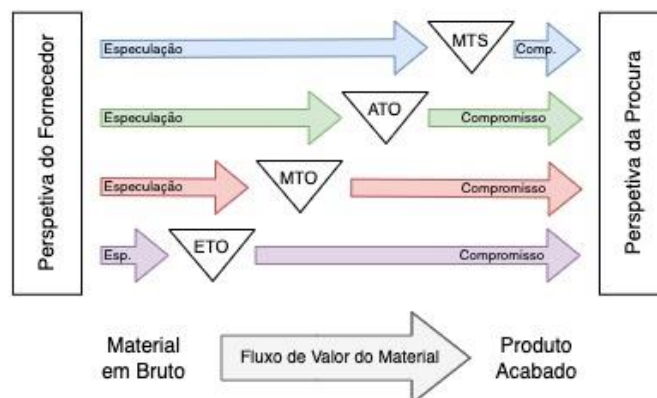
Estes cinco princípios formam a base do pensamento *lean* e fornecem uma estrutura sistemática para impulsionar a eficiência e qualidade nas operações que constituem o processo produtivo, com foco no cliente.

## 2.2. Princípios *lean* de produções ETO

Durante vários anos, a produção *lean* foi aplicada com sucesso em empresas com um processo produtivo de grande volume e baixa variedade de produtos. Contudo, para empresas de produção baixa e alta variedade de produtos, *Engineer-to-Order* (ETO), os princípios mencionados anteriormente não se aplicam na sua totalidade.

ETO é uma das quatro estratégias de interação com o mercado, diferenciando-se entre elas a partir do *Customer Order Decoupling Point* (CODP). Este, separa a parte do fluxo de material e de informação que se baseia em encomendas firmes, da parte que se baseia em previsões e especulações. Outros autores também corroboram esta definição de CODP, como Olhager (2010) e Willner et al. (2014), referindo, ainda, que o CODP é o ponto, no fluxo de valor do material, onde está associado a uma encomenda específica do cliente.

Na Figura 2.1, são representadas as diferentes estratégias e o posicionamento de cada CODP com um triângulo.



**Figura 2.1.** Conceito *Customer Order Decoupling Point*. Adaptado de: (Powell et al., 2014)

Por isso, Powell et al. (2014) elaboraram um novo conjunto de princípios *lean* aplicados a empresas ETO, com base na análise sobre os princípios existentes para a produção *lean*, a construção *lean* e o desenvolvimento de produtos *lean*:

1. Definição do valor das partes interessadas;

2. Liderança, pessoas e aprendizagem;
3. Flexibilidade;
4. Modularização;
5. Fluxo de processo contínuo;
6. Procura “*pull*”
7. Integração de *stakeholders* e sistemas;
8. Transparência;
9. Tecnologia;
10. Melhoria contínua;

### 2.3. Ferramentas *lean*

Existem diversas ferramentas que, quando usadas, eliminam com sucesso desperdícios nas empresas (Gupta & Jain, 2013). Contudo, como a metodologia *lean* emergiu de ambientes de produções de grande volume e de pouca variedade, surgem dificuldades ao aplicar este método a empresas que têm ambientes de produção de baixo volume e com grande variedade de produtos (Woollard, 1954). Sendo assim, é necessário analisar e ajustar as ferramentas a cada caso de aplicação.

A escolha da implementação da ferramenta 5S, ao invés de outras, é dirigido pelo motivo desta conter os atributos capazes de resolver os problemas encontrados na secção de prensagem isostática.

#### Metodologia 5S

5S é uma ferramenta que visa organizar e limpar o local de trabalho, assim, aumenta a eficiência dos processos, tornando-se num dos primeiros passos para a padronização do trabalho (Earley, 2016). Esta está dividida em cinco etapas (sensos), sendo estas (Bertagnolli, 2022):

***Seiri* (Separar):** Esta etapa tem como objetivo retirar todo o material desnecessário, sendo este, tudo o que não acrescenta valor ao processo produtivo, ficando apenas o material estritamente necessário. Por consequência, a seleção permite ter um espaço de trabalho mais produtivo, eliminando distrações.

***Seiton (Organizar)***: Nesta etapa organiza-se, minuciosamente, os itens que permaneceram após a triagem da etapa anterior, rotulando-os e dando um local fixo e acessível para a sua organização. Assim, reduz o desperdício de movimentação desnecessária e o tempo de procura despendido, uma vez que os artigos são colocados em locais estratégicos.

***Seiso (Limpar)***: Esta etapa eleva o ambiente da área de trabalho ao garantir que as ferramentas, equipamentos e outros itens estão completamente limpos e inspecionados.

***Seiketsu (Normalizar)***: Esta etapa é uma ponte entre as três etapas anteriores e a próxima. Tem como objetivo, identificar as melhores práticas e torná-las em trabalho padronizado.

***Shitsuke (Manter)***: Aqui, é assegurado que as etapas anteriores são aplicadas continuamente, comunicando aos operadores a importância das mesmas.

É uma ferramenta que auxilia na redução dos desperdícios, e conta com o envolvimento e motivação dos operadores a melhorar o ambiente do local de trabalho, aumentando a produtividade do processo produtivo (Gupta & Jain, 2013).





### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS PROBLEMAS

Este capítulo tem como objetivo contextualizar os problemas encontrados, começando com a apresentação da empresa, onde este projeto foi desenvolvido e a sua dimensão, bem como, o seu processo produtivo.

O projeto foi desenvolvido na Durit, que se insere na indústria de metal duro e desenvolve soluções de ferramentas e peças técnicas de longa duração, altamente resistentes ao desgaste. Esta alberga todo o seu processo produtivo nas suas instalações, composta por quatro pavilhões, desde o seu design até à sua expedição, tendo assim um processo de produção ETO.

Recentemente, a empresa construiu um novo pavilhão, designado por Pavilhão 4.0, que visa acolher tecnologias recentes para que os processos sejam mais informatizados e em sincronia com o sistema integrado de gestão empresarial (SAP). Atualmente, pretendem que o Pavilhão 2, onde este projeto foi desenvolvido, se torne mais digitalizado e mais produtivo, com a aplicação da metodologia *lean*, a fim de eliminar desperdícios.

#### 3.1. Apresentação da empresa

A Durit foi constituída em 1981, tendo a produção de metal duro sido iniciada em 1983. Atualmente, emprega mais de 300 pessoas distribuídas pelos diversos departamentos e secções.

Localiza-se na zona industrial de Albergaria-a-Velha, em Aveiro, e possui quatro pavilhões nas suas instalações (Figura 3.1) para a produção de peças de metal duro, desde a produção da matéria-prima até ao embalamento das peças finais. O Pavilhão 2 é constituído pelo departamento da Matéria-Prima e Metalurgia, o Pavilhão 3 e 4 é responsável pela retificação de peças sinterizadas e o Pavilhão 1 responsável pelo tratamento do aço.

Atualmente, a Durit exporta mais de 90% dos produtos fabricados, sendo que a maioria destes são para a Alemanha e, de seguida, para a Espanha e Brasil.



Figura 3.1. Instalações da Durit (Fonte: Google Earth)

### 3.1.1. Metal duro e estrutura da gama de produtos

A Durit tem como principal atividade a produção e maquinação do metal duro, que é utilizado em aplicações que requerem elevada resistência ao desgaste, como nas indústrias da petroquímica, do petróleo e gás, química, alimentar, têxtil, de conformação plástica, farmacêutica, de mineração, entre outras. O termo “metal duro” provém da utilização de materiais duros, como o carboneto de tungsténio (WC), carboneto de titânio (TiC), carboneto de tântalo (TaC), carboneto de crómio (CrC) e outros carbonetos, juntamente com agentes ligantes, como o cobalto (Co), níquel (Ni), ferro (Fe) e níquel-crómio (NiCr).

Perante os requisitos do cliente, a Durit possui um catálogo de diferentes “graus”, sendo estes, resultado, não só, das diferentes combinações de percentagens de materiais duros e de agentes ligantes, como também, do tamanho do grão destes. A combinação mais comum de metal duro é o carboneto de tungsténio e o cobalto (WC + Co).

A Durit consegue entregar uma infinidade de produtos finais, pois esta tem como prioridade principal a capacidade de resposta aos requisitos do cliente, podendo, para além de, fazer “graus” especiais, maquinar o metal duro com auxílio a equipamentos modernos para atingir o formato desejado. Assim, a Durit consegue estar presente em diversas indústrias, como as referidas acima.

A classificação dos seus produtos está dividida em hierarquias, tendo em conta a função e/ou aplicação. Alguns exemplos de produtos finais são, válvulas, mandris, fieiras,

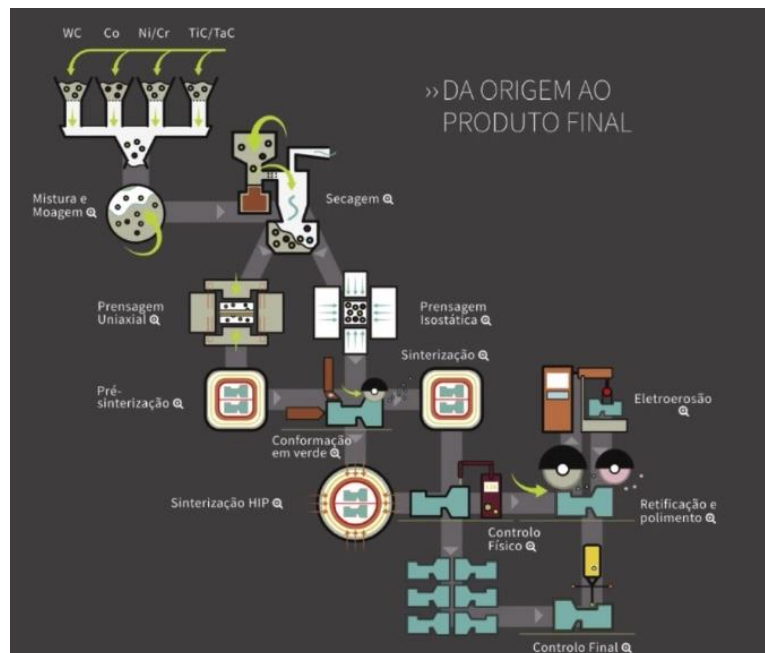
matrizes, punções, anéis, componentes mecânicos, entre outros. Na Figura 3.2, encontram-se alguns exemplos de produtos produzidos na Durit.



**Figura 3.2.** a) Obturador de válvula; b) Mandril helicoidal (Fonte: Durit, 2023)

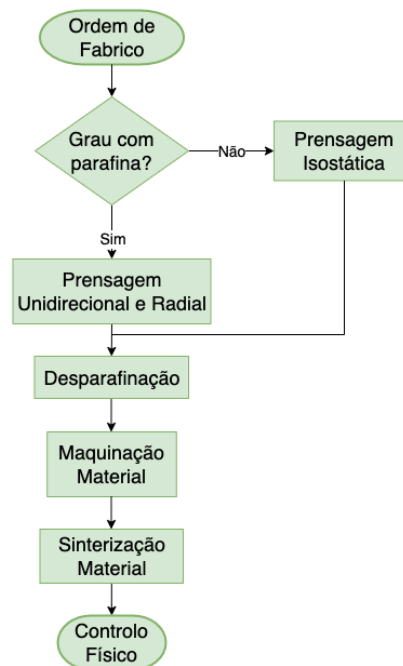
### 3.2. Processo produtivo

A produção de peças em metal duro segue uma ordem sequencial de processos operacionais para que os produtos finais atinjam os requisitos de qualidade impostos pelo cliente. Na Figura 3.3, está representado o processo produtivo simplificado da Durit, composto por: “Mistura e Moagem”; “Secagem”; “Prensagem”; “Conformação em verde”; “Sinterização”; “Controlo Físico”; “Retificação e Polimento”; “Controlo Final”. Este processo produtivo é dividido pelos vários departamentos.



**Figura 3.3.** Processo produtivo da Durit (Fonte: Durit, 2023)

Sendo este projeto desenvolvido no departamento de metalurgia, é descrito em mais detalhe as operações efetuadas neste. A Figura 3.4 representa o fluxograma das operações, desde a prensagem até ao controlo físico.



**Figura 3.4.** Fluxograma do processo produtivo do departamento de metalurgia

### 3.2.1. Departamento de metalurgia

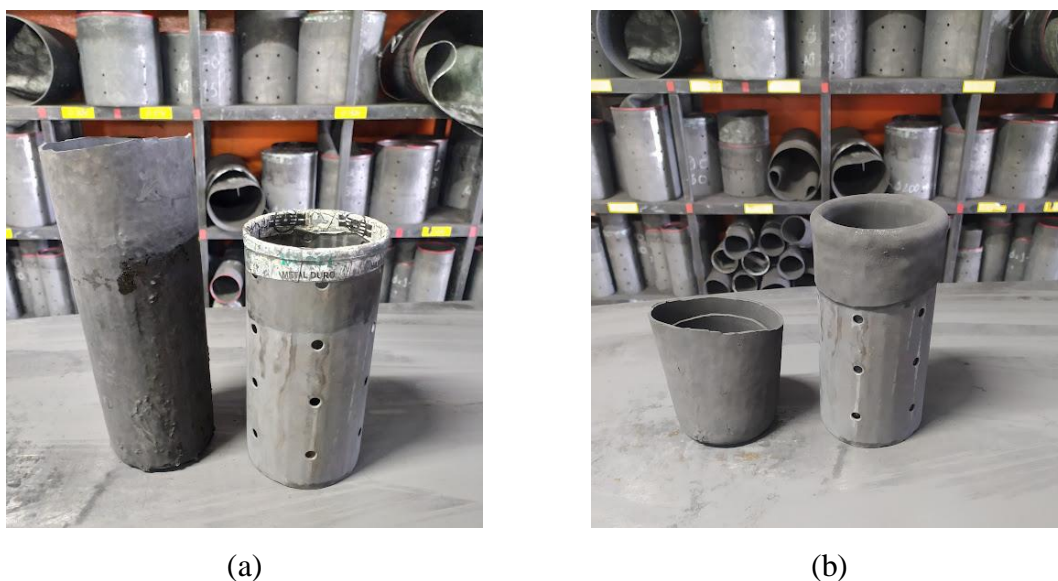
É entregue ao responsável da metalurgia as ordens de fabrico (OF's) que, posteriormente, tendo em conta alguns critérios, faz a distribuição do trabalho pelos diferentes tipos de prensas existentes. As OF's podem ter cores diferentes, dependendo da sua prioridade, por exemplo, a OF encarnada representa o maior grau de urgência, ao contrário, a OF branca representa o menor grau de urgência.

A escolha da prensa a ser utilizada é estipulada segundo as dimensões da peça, as ferramentas que são necessárias para a executar a operação de prensagem, o tipo de matéria-prima utilizada (se o pó tem ou não parafina) e o tipo de grau. A parafina é um componente que atua como lubrificante no processo de prensagem dos compactos.

As prensas podem ser categorizadas em unidirecionais ou isostáticas. A prensagem unidirecional é realizada em prensas hidráulicas ou mecânicas, onde a pressão é aplicada numa só direção. Como os prensados saem com a forma quase final não é necessário

tantas operações de maquinação e, por consequente, não é gerado tanto desperdício. Além disso, este tipo de prensagem permite prensagens em série.

O processo de prensagem na prensa isostática pode ser dividido em duas operações. A operação de encher os moldes com pó, executada pelos operadores, e a prensagem em si, onde é aplicada pressão no pó, em todas as direções, dando densidades mais uniformes aos prensados. Os moldes presentes na isostática são compostos por duas partes, um molde de látex (camisa) que é introduzido no interior de um molde de aço com orifícios, como mostra a Figura 3.5.



**Figura 3.5.** (a) Molde de látex e o molde de aço; (b) Tampa de látex e molde de aço com o molde de látex inserido

Aqui, a matéria-prima pode adquirir três ou mais formas distintas, sendo estas: cilíndrica maciça; cilíndrica oca; paralelepípedica; formas originadas de moldes especiais. Os moldes especiais são concebidos para reduzir a quantidade de restos produzidos quando clientes regulares fazem encomendas de peças em grande volume.

Para transformar o pó num prensado maciço é necessário encher o molde e, de seguida, prensá-lo. No entanto, o processo de enchimento do molde consiste na repetição de duas operações, colocação do pó no interior do molde, seguido da compactação deste. Em cada repetição, antes de se colocar mais pó no molde, é necessário descompactar o pó que se encontra no topo, com auxílio de ferramentas, para que o prensado saia o mais uniforme possível. Na Figura 3.6 pode ser observado um molde após o processo de enchimento.



**Figura 3.6.** Molde circular após o processo de enchimento

Os moldes cheios são colocados dentro do vaso de pressão onde são comprimidos com um líquido, neste caso água, originando prensados com densidades homogêneas. Este tipo de prensagem origina uma compactação mais eficiente e permite a produção de peças de grandes dimensões. No entanto, como os prensados diferem consideravelmente da forma final da peça, para além de, ser despendido bastante tempo nas operações de maquinação, é originada, também, uma quantidade considerável de desperdícios. Este tipo de desperdício é designado de “restos”.

De seguida, as peças em verde (denominação das peças antes de serem sinterizadas) são armazenadas num inventário intermédio, até que o responsável aloque as OF's ao centro de operação seguinte. Aqui, estas serão maquinadas para se obter as características finais. Imediatamente após, são enviadas para a sinterização, onde as peças adquirem as características do metal duro. As peças com lubrificante de prensagem são direcionadas para um processo de pré-sinterização, denominado por desparafinação, onde é possível retirar a parafina deles.

A sinterização é um tratamento térmico em que o prensado sofre um aquecimento, cuja temperatura do forno é superior à temperatura de fusão do agente ligante, mas inferior à temperatura de fusão do metal duro.

Após a sinterização, as peças são enviadas para o Controlo Físico, onde é feita uma inspeção visual e um controlo dimensional. Nesta secção, para além do controlo físico das peças sinterizadas, existe também um controlo das propriedades metalúrgicas do metal duro do grau proveniente do departamento de matéria-prima, para que seja detetada a presença de defeitos.



É de notar que, o material maquinado, que tenha sido rejeitado, mas que ainda não tenha sido sinterizado, poderá ser reutilizado e reintroduzido na preparação das misturas, no departamento da Matéria-Prima. As peças que já tenham sido sinterizadas serão consideradas sucata, pois a Durit não possui tecnologia para reciclar a matéria sinterizada. No entanto, a Durit apresenta fortes relações com os seus fornecedores, e estes estão dispostos a processar a sucata, sendo somente necessário pagar os custos de mão de obra.

As fases de produção das peças descritas em cima podem ser observadas nas figuras abaixo, onde a Figura 3.7 representa a OF a ser produzida e a Figura 3.8 representa as diferentes fases.

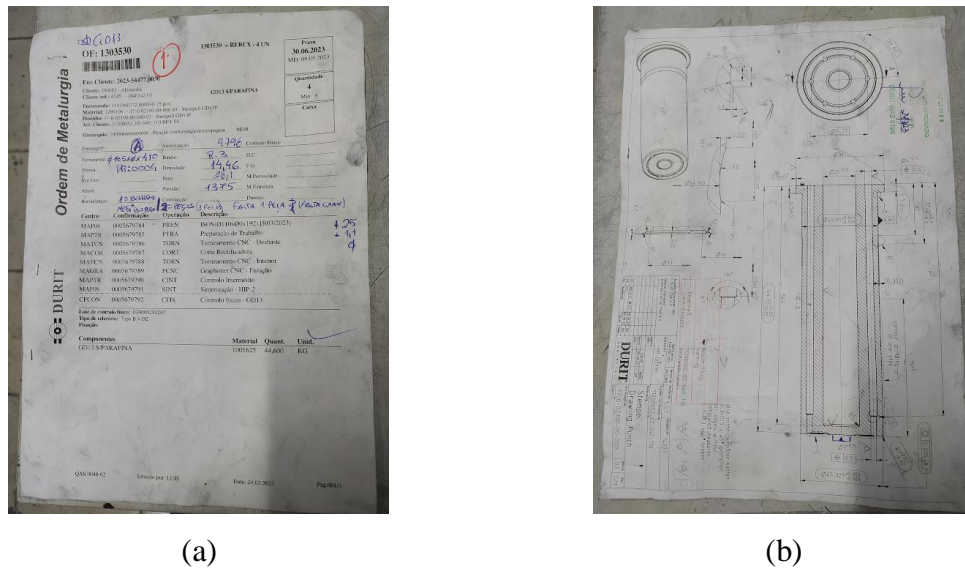


Figura 3.7. Ordem de fabrico: (a) frente da folha; (b) verso da folha

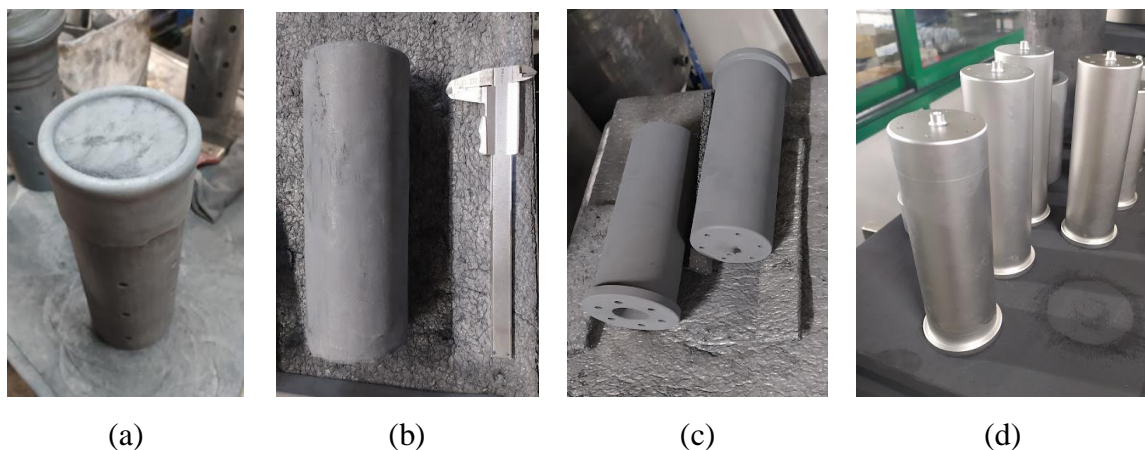


Figura 3.8. Fases de produção: (a) fase final do processo de enchimento; (b) fase final do processo de prensagem; (c) fase intermédia do processo de retificação; (d) fase final do processo de sinterização

### 3.3. Características dos problemas

A secção da prensagem isostática foi analisada mais atentamente, visto que é a secção mais arcaica de todo o Departamento de Metalurgia:

- Problema 1 (P1): Dificuldade em localizar os moldes e veios na prensagem isostática;
- Problema 2 (P2): Ineficiências na zona de enchimento dos moldes;
- Problema 3 (P3): Problemas de comunicação.

A secção da prensagem isostática está responsável por tornar o pó (matéria-prima) num prensado maciço, em que este último, pode adquirir diversas formas consoante o desenho técnico presente na OF da peça a ser produzida. Esta secção é formada por cinco operadores e três zonas: a zona de prensagem, onde se encontra a prensa isostática; a zona de enchimento dos moldes, onde estão presentes os centros de trabalho dos operadores; a zona de armazenamento dos moldes e veios.

A zona de armazenamento dos moldes e veios pode ser dividida em três áreas: a área de armazenamento de moldes retangulares, camisas suplentes e veios com diâmetro superior a 185 milímetros (veios grandes), denominada de área dos moldes retangulares; a área de armazenamento de moldes circulares e alguns retangulares, denominada de área dos moldes circulares; a área de armazenamento de veios e moldes com diâmetro inferior a noventa milímetros (moldes pequenos), denominada de área dos veios.

- **P1: Dificuldade em localizar os moldes e veios na prensagem isostática**

A área dos moldes retangulares é constituída por duas estantes e cada uma com quatro níveis verticais e dois espaços horizontais por nível, no entanto, o último nível é exclusivo ao armazenamento dos veios grandes e os níveis restantes aos moldes retangulares.

A área dos moldes circulares é constituída por três estantes com cinco níveis: a primeira estante apresenta dois espaços horizontais nos dois primeiros níveis e um espaço horizontal nos restantes; a segunda apresenta quatro espaços horizontais nos três primeiros níveis, dois no quarto e um no quinto nível; a última estante apresenta um espaço horizontal no quinto nível e dois nos restantes. É de notar que, somente nesta última estante, é que existem três espaços horizontais reservados ao armazenamento de alguns moldes retangulares, todas as outras estantes armazenam moldes circulares.



A área dos veios é constituída por duas estantes com cinco níveis e dois espaços horizontais para a colocação dos veios. No entanto, o primeiro nível, que alberga os moldes circulares pequenos, contém, no total, treze espaços horizontais que correspondem ao número do conjunto de moldes existentes com diferentes diâmetros inferiores a noventa milímetros.

As áreas mencionadas apresentam aspetos que prejudicam o trabalho eficiente dos operadores. Após uma análise, identificaram-se causas que dificultam a localização dos moldes e veios na secção:

### 1. Os moldes são colocados nas estantes sem critério.

Os moldes são retirados da estante onde se encontram quando são necessários para a produção de uma ou mais peças. Contudo, quando os moldes deixam de ser necessários, os operadores arrumam os mesmos num espaço vazio que esteja disponível nas estantes. É de notar que, esta situação só se verifica para os moldes com diâmetro superior ou igual a cem milímetros, pois existem espaços horizontais na área dos veios, designados para cada um dos conjuntos de moldes pequenos, com diâmetros iguais. A inexistência de qualquer tipo de organização nas áreas provoca longos intervalos improdutivos para a procura dos moldes necessários.

Observou-se, também que, apesar das estantes terem etiquetas identificadas com o diâmetro dos moldes existentes, os operadores não as respeitam, colocando os moldes num espaço vazio existente, como descrito anteriormente. Os problemas identificados podem ser observados nas Figura 3.9 e Figura 3.10.



**Figura 3.9.** Área dos moldes circulares desorganizada



**Figura 3.10.** Área dos moldes retangulares desorganizada

## **2. Os moldes e veios não estão identificados.**

Os operadores quando necessitam de um molde ou veio específico, despendem algum tempo à procura dos moldes ou veios que contenham as dimensões pretendidas, visto que não existe qualquer tipo de identificação. A área dos veios é a mais crítica, pois não se consegue observar a altura dos veios presentes na estante. As etiquetas que identificam os diâmetros dos veios não representam, na maioria dos casos, o diâmetro do veio correspondente. Na Figura 3.11 pode-se observar as estantes na área dos veios.



**Figura 3.11.** Estantes na área dos veios com veios mal identificados

## **3. Existem elementos extra na área dos moldes circulares e retangulares.**

Na área dos moldes retangulares, numa das estantes, estão presentes calços a ocupar espaço horizontal, impedindo que os moldes retangulares sejam devidamente arrumados, levando a um espaço desorganizado. Os calços são pequenos cilindros que irão ser colocados no interior dos moldes para poupar pó. Isto acontece quando não existe um molde com as dimensões necessárias para a produção de uma peça. Contudo, existe um

molde com o diâmetro necessário demasiado alto, em que é introduzido um calço para reduzir a quantidade de pó que seria necessário introduzir no molde para produzir uma peça.

Na área dos moldes circulares existem três espaços horizontais destinados ao armazenamento de alguns moldes retangulares. A ocupação de moldes retangulares nesta área provoca alguma confusão por parte dos operadores durante o processo de procura dos moldes a serem utilizados, pois existe uma área destinada ao armazenamento de moldes retangulares.

- **P2: Ineficiências na zona de enchimento dos moldes**

A zona de enchimento dos moldes é composta por cinco bancadas de trabalho (uma para cada operador) e seis carrinhos de prateleira, utilizados para armazenar as barras prensadas até completar as necessidades da OF. Nesta zona os operadores são responsáveis pelo processo de enchimento, que é composto pelas seguintes etapas:

- Etapa 1 - Trazer o pó do armazém da matéria-prima correspondente ao grau da peça a produzir;
- Etapa 2 - Escolher o molde mais apropriado para produzir a peça presente na OF;
- Etapa 3 - Colocar o pó dentro do molde, com auxílio de uma pá;
- Etapa 4 - Compactar o pó, com auxílio de um veio e um martelo;
- Etapa 5 - Descompactar o pó no topo, com auxílio de uma colher;
- Etapa 6 - Repetir as etapas 3, 4 e 5 até o molde estar completamente cheio;
- Etapa 7 - Colocar uma tampa de látex, correspondente às dimensões do molde;
- Etapa 8 - Colocar vários elásticos de látex, denominados de borrachas, em torno da tampa de látex, impedindo a entrada de água dentro do molde.

Esta zona apresenta ineficiências que contribuem para um mau estar dos operadores e baixa produtividade:

- 1. Divergência entre operadores.**

As tampas e elásticos utilizados para a etapa 7 e 8, respetivamente, não estão igualmente distribuídos pelos operadores, resultando em divergências. Tendencialmente, os operadores guardam algumas tampas e elásticos para evitar estas divergências, não tendo muito sucesso com este método.

## 2. Perigo de queda.

A Durit utiliza recipientes, denominados de leiteiras, para armazenar até vinte e cinco quilogramas de pó, proveniente do departamento de Matéria-Prima. Na zona de enchimento, os operadores geralmente executam três OF em simultâneo, de graus diferentes, tendo que ter, pelo menos, três leiteiras junto a eles. Para além disso, existem OF's que necessitam de mais de vinte e cinco quilogramas para serem produzidas. Neste caso, os operadores, na etapa 1, trazem mais de uma leiteira para as suas bancadas de trabalho.

Foi verificado que, devido aos fatores descritos anteriormente, os operadores colocam as leiteiras junto às suas bancadas de forma desorganizada, tornando este espaço propício a quedas que podem resultar em acidentes de trabalho. A Figura 3.12 representa as leiteiras no chão de forma desorganizada na zona de enchimento.



**Figura 3.12.** Zona de enchimento com as leiteiras desorganizadas

## 3. Bancadas desorganizadas.

Para executar processo de enchimento, os operadores utilizam ferramentas como:

- Veios e martelos para compactar o pó;
- Colheres de metal para descompactar o pó;
- Pás para colocar o pó nos moldes;
- Fita-métrica e paquímetro para medir os moldes e barras prensadas;
- Pincel para limpar as bancadas;
- Fita-cola para forrar as bordas dos moldes, por exemplo;



- Faca para retirar pedaços de pó compactado dos moldes de látex.

A bancada é usada para armazenar estas ferramentas e, ainda, suportar o molde a preencher, entre outros. Assim, o espaço vazio de bancada é reduzido, causando desorganização, como se pode verificar nas Figura 3.13.



**Figura 3.13.** Bancada desorganizada

#### **4. Ferramentas inadequadas.**

Para além da desorganização, a ferramenta usada para descompactar o pó é inadequada. Ao serem usados moldes altos, a colher não consegue alcançar o pó compactado no fundo do molde, tornando as barras prensadas menos uniformes e com formas mais irregulares. Na Figura 3.14 pode ser observado um operador a usar uma colher como ferramenta de trabalho para descompactar o pó.



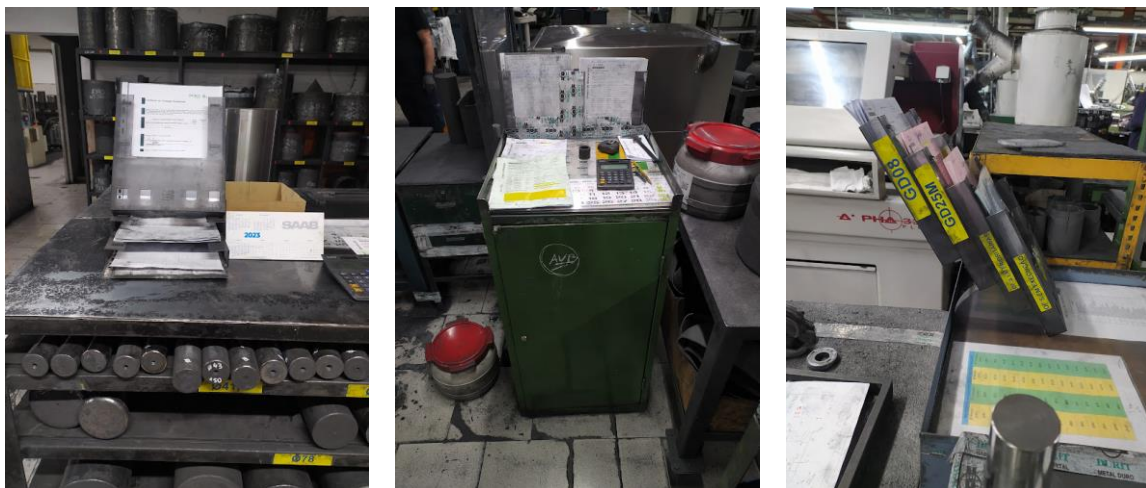
**Figura 3.14.** Ferramenta inadequada

- **P3: Problemas de comunicação**

Na secção de prensagem, os responsáveis da secção distribuem as OF's a serem produzidas pelos operadores, tendo em conta a cor das mesmas, visto que esta indica a sua urgência. As diferentes cores possíveis e o seu grau de urgência são, por ordem decrescente:

- Vermelho – Urgente;
- Verde – Prioritária;
- Azul – Ensaio;
- Branca – Normal.

As OF's são colocadas nos tabuleiros de secretária de cada um dos operadores, como mostra o conjunto de Figura 3.15.



**Figura 3.15.** Tabuleiros de secretária

Nesta secção, é evidente a presença de alguns fatores que conduzem a problemas de comunicação entre os responsáveis e os operadores que, por sua vez, se traduzem num mau ambiente.

- 1. Os responsáveis da secção colocam e retiram OF's sem o conhecimento de cada um.**

Existe uma pessoa responsável por colocar as OF's a serem produzidas nos tabuleiros de cada um dos operadores. No entanto, foi observado pela estagiária momentos em que, uma outra pessoa responsável, retirava ou colocava OF's nos tabuleiros sem o conhecimento do outro, conduzindo a conflitos entre os responsáveis da secção.

## 2. Dificuldade em saber quais as OF's que estão a ser produzidas.

Cada um dos operadores têm, pelo menos, dois tabuleiros de secretária nos seus armários pessoais. Um deles alberga as OF's que estão a ser produzidas, e o outro, as OF's a serem produzidas de seguida.

Para além disso, é de notar que, o sistema de informação utilizado pela Durit (SAP) não indica o estado das OF's na prensagem, ou seja, não indica se estão no local para serem produzidas, ou se estão a ser produzidas. A única informação que os responsáveis têm sobre as OF's na secção de prensagem, é a confirmação de que já passaram por este processo.

Desta forma, os responsáveis têm que se deslocar a cada um dos armários para conseguir visualizar o trabalho em produção e o planeado.

Este fator provoca ineficiências no trabalho dos responsáveis da secção, visto que estes têm que se deslocar aos diferentes locais para discutir possíveis alterações no planeamento do trabalho, ou até mesmo, confirmar o trabalho que está a ser produzido no momento.

## 3. Os operadores escolhem a ordem pela qual vão efetuar.

Como já foi dito anteriormente, os operadores estão responsáveis pelo processo de enchimento, desde a escolha do molde até à sua prensagem. Estes também têm o livre arbítrio de alterar a ordem pela qual as OF's lhes foram entregues, de modo a acomodar o seu trabalho. Por exemplo, se uma das OF's que lhes foram entregues utilize o mesmo molde que está a ser utilizado para ser produzida, os operadores, geralmente, produzem essa OF imediatamente depois, evitando assim o desperdício de tempo à procura do molde.

Para além disso, os tabuleiros (Figura 3.16), com as OF's em fila de espera, estão na secção de prensagem, dando liberdade aos operadores para irem observar o trabalho que se segue e, assim, desperdiçar tempo útil.



**Figura 3.16.** Tabuleiros com OF's que ainda não foram distribuídas





## 4. IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS

Neste capítulo são apresentadas as propostas de soluções para os problemas enumerados no capítulo anterior e os seus resultados. Este projeto baseia-se, principalmente, na implementação da metodologia 5S pelas diferentes áreas da secção de prensagem isostática.

### 4.1. Propostas de melhorias

Esta secção visa responder à segunda etapa do projeto de dissertação: Implementar e avaliar soluções exequíveis para a resolução dos problemas encontrados. A Tabela 4.1 faz a relação entre os problemas e as propostas de melhoria.

**Tabela 4.1.** Propostas de melhorias para os problemas encontrados

<b>Problemas encontrados</b>	<b>Propostas de melhoria</b>
P1 - Dificuldade em localizar os moldes e veios nas zonas de armazenamento;	M1 – Implementar a metodologia 5S nas zonas de armazenamento dos moldes; M2 - Implementar a metodologia 5S na zona de armazenamento dos veios;
P2 - Ineficiências na zona de enchimento dos moldes;	M3 - Implementar a metodologia 5S na zona de enchimento dos moldes;
P3 - Problemas de comunicação.	M4 - Criar uma ferramenta de auxílio à organização do trabalho;

As melhorias propostas são apresentadas em mais detalhe:

- **M1: Implementar a metodologia 5S nas zonas de armazenamento dos moldes**

Esta melhoria foi a primeira a ser implementada. Seguindo a metodologia 5S, a primeira etapa a ser realizada será a Seleção (*seiri*) que resulta na separação dos moldes, calços e camisas úteis dos que são dispensáveis.

Através de entrevistas não estruturadas com os operadores percebeu-se que os moldes presentes são todos úteis, no entanto, existem moldes cuja utilização é mais frequente. Fez-se, então, um levantamento das medidas de todos os moldes existentes,

permitindo, assim, ter uma listagem fidedigna e atualizada, visto que não existia uma até ao momento.

Sendo esta zona composta por mais de uma área, foi implementado a metodologia simultaneamente nas três áreas distintas. Foi necessário ter em consideração vários aspetos para a etapa Seleção:

- Existem moldes retangulares na área dos moldes circulares;
- Existe pouco espaço vazio na área dos moldes retangulares;
- Existem camisas de látex dispensáveis no armário da área dos moldes retangulares.

Com a ajuda dos operadores, prosseguiu-se para a limpeza do armário (*seiso*), retirando as camisas dispensáveis, com vista a albergar os calços presentes nas estantes dos moldes retangulares. Assim, criou-se espaço nestas estantes para poder armazenar os moldes retangulares presentes na área dos circulares. Deste modo, os moldes de cada tipo estão na área correspondente ao seu formato.

Após descartar as camisas dispensáveis, seguiu-se para a segunda etapa da implementação da metodologia, Organização (*seiton*). Começou-se por colocar os calços no armário conforme as medidas do diâmetro, e criou-se um espaço designado para os calços retangulares. A Figura 4.1 demonstra o armário após a implementação da segunda etapa.



**Figura 4.1.** Armário dos calços após a implementação da metodologia 5S

Nesta etapa, após entrevistas não estruturadas com os operadores e os responsáveis da secção, concluiu-se que o método mais eficaz de organização seria colocar

os moldes circulares nas estantes por ordem crescente. Assim, facilita a recolocação dos moldes no sítio designado após a sua utilização, criando um ambiente de disciplina para os operadores, e reduzindo desperdícios de movimentação no momento de procura dos moldes. No entanto, a implementação desta etapa na área dos moldes retangulares foi considerada difícil devido ao peso destes e à falta de disponibilidade dos operadores.

Após a organização dos moldes circulares, seguiu-se para a terceira etapa da metodologia, a limpeza do local (*seiso*). Sendo a secção de prensagem o principal criador de sujidade, proveniente do enchimento dos moldes, esta etapa foi considerada difícil de se implementar. Ainda assim, foram retiradas as etiquetas e os restos de pó presentes nas estantes.

Para a etapa de Normalização (*seikeitsu*), escolheu-se dois tipos de elementos visuais, de forma a que haja uma manutenção das três etapas prévias. Esta etapa foi considerada a mais importante, pois através de entrevistas não estruturadas, percebeu-se que os operadores já tiveram dificuldades em manter os moldes no sítio designado. Por isso, através da marcação dos moldes com as suas dimensões e da colocação de etiquetas nas estantes com o respetivo diâmetro, concluiu-se a quarta etapa da metodologia na área dos moldes circulares, como mostra a Figura 4.2 (a). A Figura 4.2 (b) mostra uma das áreas dos moldes retangulares após a implementação da metodologia.



(a)



(b)

**Figura 4.2.** (a) área dos moldes circulares após a implementação da metodologia 5S; (b) área dos moldes circulares após a implementação da metodologia 5S

A última etapa diz respeito à criação do sentido de responsabilidade e limpeza nos operadores (*shitsuke*). Para isso, colocou-se um marcador nas estantes para que os operadores mantenham os moldes bem identificados. De seguida, passou-se a informação aos operadores da função e importância de manter os quatro primeiros passos da metodologia em funcionamento.

Apesar de não existirem registos do tempo que os operadores despendiam na procura dos moldes, foram realizadas entrevistas não estruturadas antes e depois da implementação da metodologia 5S. Concluiu-se que a execução destas ações permitiram eliminar desperdícios de espera e de movimentação em simultâneo, pois os operadores deslocam-se diretamente à prateleira do molde que irão utilizar e, conjuntamente, os intervalos de tempo não produtivos diminuem. Por este motivo, o número de peças prensadas por dia aumenta.

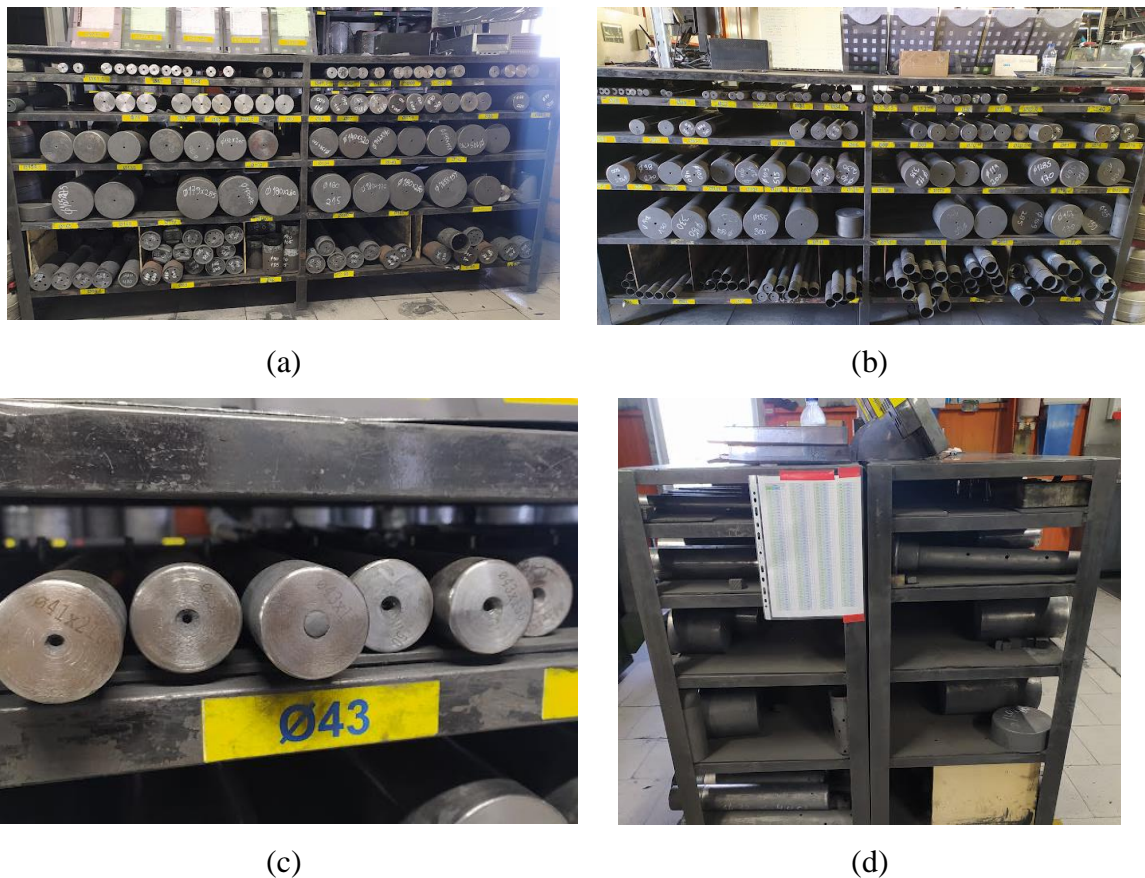
- **M2: Implementação da metodologia 5S na zona de armazenamento dos veios**

À semelhança da melhoria implementada anteriormente, na área dos veios seguiu-se a mesma metodologia. Começou-se por conduzir uma entrevista não estruturada com os responsáveis da secção para seleccionar (*seiri*) os veios úteis e os dispensáveis, concluindo-se que todos eles são necessários para o funcionamento da Durit. Realizou-se um levantamento dos veios existentes na secção de prensagem com o objetivo de atualizar a listagem dos veios.

De seguida, passou-se para a organização do espaço (*seiton*) onde os veios se encontram. Sendo estes distinguidos, principalmente, pelo seu diâmetro, organizou-se por ordem crescente os mesmos, facilitando assim a localização destes nas prateleiras. Depois, prosseguiu-se a limpeza do espaço (*seiso*), onde se retirou lixo que obstruía a correta colocação dos veios no local.

A etapa de Normalização (*seiketsu*) foi composta pela marcação com marcador no topo dos veios, com o respetivo diâmetro e altura. No entanto, como os veios são inseridos nos moldes aquando do processo de enchimento, estes ficam com detritos, obstruindo a marcação feita. Com isto em mente, avançou-se com a marcação a laser nos veios. O processo de marcação a laser foi desenvolvido internamente, tornando-se um processo moroso, visto que teria de ser efetuado nos tempos mortos da produção de outro pavilhão da Durit. Por isso, a ação de marcação a laser não foi concluída durante o período deste projeto. Foi realizada, também, a adição da listagem atualizada à estante dos veios para facilitar os operadores na escolha dos mesmos para a produção das peças, conduzindo a uma diminuição

do tempo despendido nesta operação. A Figura 4.3 mostra a área dos veios após a implementação da metodologia.



**Figura 4.3.** Área dos veios após a implementação da metodologia 5S: (a) área 1 dos veios; (b) área 2 dos veios; (c) marcação a laser nos veios; (d) lista dos veios existentes na área dos veios

Por último, foi comunicado aos operadores as ações realizadas e a importância de manter o local limpo e organizado (*shitsuke*).

Após um período de duas semanas, notou-se que os operadores tiveram dificuldade em colocar os veios no local designado, por isso, foram desenvolvidos cartões que contêm a função do operador e o seu nome. Este cartão é colocado no lugar do veio quando é retirado, incentivando assim os operadores a recolherem o seu cartão e colocar o veio neste lugar, como mostra a Figura 4.4. Até à data de conclusão deste projeto, este método não foi colocado em prática, não sendo possível avaliar o seu contributo para a organização contínua dos veios e do local de trabalho. No entanto, em discussão com os responsáveis da secção, espera-se que este seja implementado.





Figura 4.4. Cartão de identificação do operador

- **M3: Implementar a metodologia 5S na zona de enchimento dos moldes**

Seguiu-se para a implementação da proposta de melhoria na zona de enchimento dos moldes, sendo a metodologia 5S novamente aplicada, em dois locais distintos.

Começou-se por colecionar todos os elásticos e tampas presentes nesta zona, visto que estes eram guardados por cada um dos operadores. De seguida, através de entrevistas não estruturadas com os operadores e com o seu auxílio, seleccionou-se as tampas e elásticos úteis e os descartáveis (*seiri*), e decidiu-se o método de organização mais indicado (*seiton*).

Concluiu-se que os elásticos ficariam organizados em seis recipientes (baldes) divididos por intervalos de diâmetro, visto que os operadores utilizam os elásticos, quer para a prensagem de moldes circulares, quer para a prensagem de moldes retangulares. Cada operador fica responsável por cada conjunto de recipientes:

- 40 a 50 milímetros;
- 60 a 70 milímetros;
- 80 a 100 milímetros;
- 105 a 140 milímetros;
- 140 a 160 milímetros;
- 160 a 180 milímetros.

As tampas ficam organizadas em dois conjuntos de quatro recipientes diferentes, sendo que um dos conjuntos é respetivo ao armazenamento das tampas pequenas circulares e o outro das tampas grandes.

A terceira etapa da metodologia consistiu em limpar os carrinhos de cada operador (*seiso*), bem como os baldes recolhidos de outra secção da Durit.

De seguida, para a etapa de Normalização (*seikeitsu*), etiquetou-se cada conjunto de baldes que armazenam os elásticos, tal como os recipientes que armazenam as tampas. Esta etapa foi considerada crucial para melhorar o ambiente entre os operadores, reduzindo as divergências diárias, dado que a origem dessas provinha do armazenamento individual dos acessórios por cada operador. A última etapa (*shitsuke*) consistiu na consciencialização dos operadores sobre a seriedade de manter o local de trabalho limpo e organizado. A Figura 4.5 mostra o primeiro local de trabalho onde foi implementada a metodologia 5S na zona de enchimento dos moldes.



(a)



(b)



(c)

**Figura 4.5.** Zona de enchimento dos moldes após a implementação da metodologia 5S: (a) carrinhos dos operadores; (b) recipientes para o armazenamento de tampas grandes; (c) recipientes para o armazenamento de tampas pequenas

Através de entrevistas não estruturadas com os responsáveis da secção e os operadores, concluiu-se que a implementação da metodologia serviu, mais uma vez, para a redução de desperdícios e para a melhoria do bem estar dos operadores. Estes não necessitam de interromper o trabalho dos seus colegas para pedirem os elásticos e tampas, visto que

cada um dos operadores contém um conjunto de elásticos, e as tampas estão acessíveis para qualquer um deles. Além disso, os acessórios ao estarem divididos por tamanho, permite reduzir o seu tempo de procura.

O segundo local onde se implementou a metodologia foi nas bancadas de trabalho. É de notar que, no decorrer deste projeto só se implementou em duas das cinco bancadas, ficando para trabalho futuro a conclusão deste.

Começou-se por separar as ferramentas que os operadores utilizam com mais frequência das que são prescindíveis (*seiri*). Imediatamente a seguir, escolheu-se o melhor método de organização das ferramentas (*seiton*), concluindo que a organização vertical seria a mais indicada, em virtude do aumento do espaço vazio da bancada de trabalho.

Nesta etapa foi comunicado aos responsáveis sobre a utilização de ferramentas impróprias no processo de enchimento. Foram desenvolvidas, pela Durit, ferramentas de descompactação do pó apropriadas (Figura 4.6), substituindo assim as colheres de metal que os operadores usavam para este fim, sendo estas denominadas por vareta. No entanto, só se desenvolveu uma vareta até à data deste projeto, ficando esta para ser partilhada pelos operadores quando necessário.



**Figura 4.6.** Nova ferramenta de descompactação do pó

De seguida, limpou-se as ferramentas e bancadas da zona de enchimento (*seiso*), e definiu-se que cada operador estaria responsável pela limpeza e organização da sua bancada. A etapa de Normalização (*seikeitsu*) foi composta pela colocação e marcação das



ferramentas úteis numa placa de madeira, facilitando, assim, a colocação das ferramentas no espaço designado, como mostra a Figura 4.7.



**Figura 4.7.** Bancadas após a implementação da metodologia 5S

Ainda nesta etapa, foram implementadas marcações no chão que delimitam os espaços a ocupar pelas leiteiras, como mostra a Figura 4.8. Como foi mencionado no capítulo anterior, os operadores mantêm junto deles até três tipos de pó e, no máximo, até três leiteiras de cada tipo. Por isso, foram delimitados três quadrados no chão por forma a que os operadores mantenham os tipos de pó separados e, ao mesmo tempo, coloquem as leiteiras, do mesmo tipo, por cima da última. Assim, os operadores são incentivados a manter o espaço organizado, reduzindo o perigo de queda inerente.

Todas as ações efetuadas foram comunicadas aos operadores, transpondo a importância de cada uma delas, e a responsabilidade que carece a cada um para manter o espaço organizado e limpo.



**Figura 4.8.** Marcações para delimitar os espaços das leiteiras

Após o término da implementação destas ações na zona de enchimento, foi concluído, através de entrevistas não estruturadas com os operadores e responsáveis, que

esta proposta foi implementada com sucesso, contribuindo para a criação de um espaço limpo e organizado que, por consequência, traduz no bem estar dos operadores.

- **M4: Criar uma ferramenta de auxílio à organização do trabalho**

Através de folhas de cálculo MS *Excel* e da *Google Sheets*, foi implementada a melhoria que teve um maior impacto positivo. Esta tem como objetivo resolver os problemas de comunicação expostos no capítulo anterior.

A ferramenta foi dividida em três ficheiros de folhas de cálculo, dois em MS *Excel* e um em *Google Sheets*. A escolha da divisão da ferramenta por três ficheiros teve em consideração diversos fatores, como:

- A necessidade de utilização do computador presente na secção isostática que, não suportando ficheiros *Excel*, requer uma alternativa como o *Google Sheets*;
- Se todas as folhas de cálculo estivessem presentes num único ficheiro, este tornar-se-ia bastante lento, diminuindo a eficiência desta ferramenta;
- A divisão das folhas de cálculo por categorias facilita a organização e compreensão da ferramenta como um todo, sendo estas:
  - Organização – MS *Excel*;
  - Isostática – *Google Sheets*;
  - Histórico – MS *Excel*.

Para tornar o processo de organização mais eficiente e transformar os procedimentos recorrentes em semiautomáticos, foram criados diversos botões, através da linguagem de programação *Visual Basic for Applications*, nas diversas folhas de cálculo.

O primeiro ficheiro, executado no *Excel*, corresponde à organização das OF's que ainda não foram processadas nas secções de prensagem. Contém três folhas de cálculo, onde a primeira, denominada por “OF's Novas” (Apêndice A. Folha de cálculo “OF's novas”), diz respeito aos dados úteis das OF's novas, ou seja, das que ainda não tenham sido organizadas. Os dados que se esperam extrair do SAP são:

- Número da OF;
- Número de Encomenda;
- Posição da Encomenda;
- Grau;

- Localização;
- Ferramenta;
- Quantidade Prevista;
- Quantidade de peças;
- Prazo Metalurgia;
- Prazo Final;
- Cliente;
- País;
- Hierarquia;
- Material;
- Tipo de OF.

A segunda folha, denominada por “OF’s aguardar” (Apêndice B. Folha de cálculo “OF’s aguardar”), tem como objetivo organizar as OF’s provenientes da folha “OF’s Novas”. As OF’s podem ser organizadas por diversas categorias que poderão ser as mais úteis, tendo, por isso, sido criados onze botões no total. As categorias de organização visam organizar as OF’s por grau, prensa e diâmetro.

A última folha deste ficheiro é denominada por “Organizar\_MAP04\_17” (Apêndice C. Folha de cálculo “Organizar\_MAP04\_17”). O código MAP04 e MAP17 é usado pela Durit para se referir à secção de prensagem isostática. Esta folha tem como objetivo organizar o trabalho a realizar nesta secção, onde é atribuído um operador a cada uma das OF’s e uma prioridade de produção.

Após dar a prioridade às OF’s e distribuir o trabalho futuro pelos diferentes operadores, é utilizado o segundo ficheiro, executado no *Google Sheets*, denominado por “ISOS” (Figura 4.9). Este ficheiro é utilizado para transmitir o trabalho previsto para uma semana, de cada um dos operadores, tendo em conta o trabalho em curso.

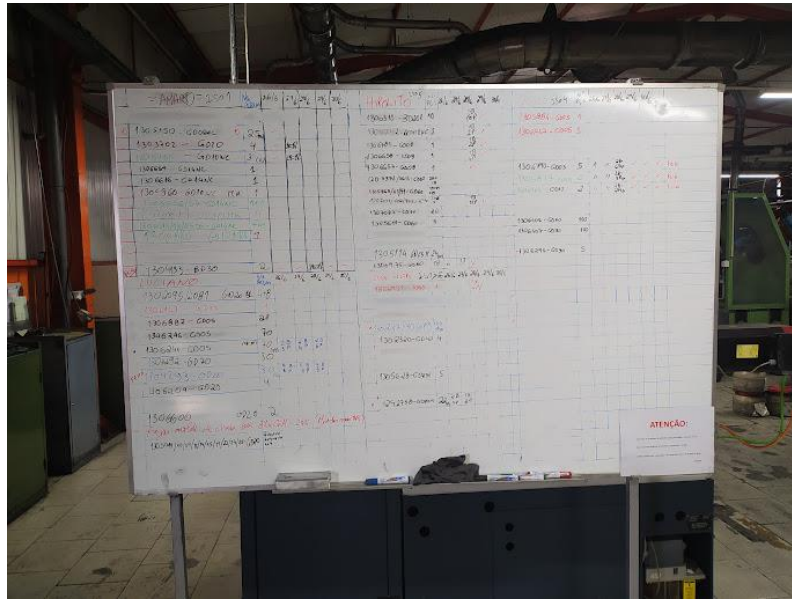
Esta comunicação ocorre visualmente, através de quatro possíveis cores, em que cada uma corresponde a um estado de produção da OF. O verde significa que a OF está concluída nesta secção, o cinzento significa que a OF está em produção, e o branco significa que está em fila de espera para ser produzida. Por vezes, uma OF estaria em produção, mas, por algum motivo, esta teria de ficar em espera, levando, assim, à adição de uma quarta cor, bronze. Os motivos podem ser originados pela falta de pó, ou até, pelo desenvolvimento de novos moldes.

Este ficheiro é composto por uma folha de cálculo para cada operador, onde se pode observar as OF's alocadas a cada um e o estado de cada uma durante a semana. Os dados apresentados das OF's nesta folha provêm da última folha de cálculo mencionada, onde o responsável da secção copia esses dados e cola-os nesta. Contudo, foi adicionado às folhas de cálculo uma coluna para comunicar a razão de espera, ou qualquer outra informação que seja relevante de mencionar. Os dados necessários para cada uma das folhas podem ser observados na Figura 4.9, que faz referência ao trabalho organizado para o operador A.

Prensa Isostática - MAP04 / Prensa Isostática Epsi - MAP17														
W27														
Feito														
Em Produção														
Espera														
Planeado Fazer														
A														
OF	Grau	Banho	Qt Peças	Material	Obs	B-P	Ferramenta REAL			B/P feitas				
							Ext/Lar	Int/Prof	Alt/Comp	03/07	04/07	05/07	06/07	07/07
1306860	GD10	R29	1	1023782			260	45	250		1B-1P			
1306870	GD10	R29	1	1051655			340	185	220		1B-1P			
1306871	GD10	R29	1	1241695			350	190	200		1B-1P			
1306616	GD14NC	R6	1	1297093			60	0	400	1B-1P				
1306613	GD14NC	R6	1	1297086			72	0		1B-3P				
1306614			1	1297087										
1306555			1	1296992										
1306556	GD14NC	R6	1	1296994			85	0	360	1B-2P				
1306557			1	1296995										
1306559			1	1296996										
1305581	GD10NC	R8	2	1296269		2B-2P	430	245	210		1B-1P			1B-1P
1307080	GD15	Q6	1	1281175		1B-1P	250	106	200					
1306361													2B-2P	
1305150	GD08NC	R15	25	1111184	16P w25) (4B-8P v	14B-28P	190	83	220	1,5B-3P				
1306731	GD05	R15	1	1051809										
1306685	GD05	R15	1	1294351										
1305758	GD10	R29	1	1023846			350	190	200					1B-1P
1305764			1	1296404		2B-2P								

Figura 4.9. Folha de cálculo "ISOS" referente ao operador A

Repara-se que, apesar deste ficheiro estar em curso, não foi utilizado na sua potencialidade máxima, onde o operador anotaria o número de barras prensadas. Ao invés, a estagiária teve de inserir manualmente os dados das OF's no ficheiro, devido ao facto de não ter acesso ao SAP, e os responsáveis da secção não colocarem em prática os últimos ficheiros. Tendo isto em consideração, conseguiu integrar-se um quadro branco na secção onde os responsáveis escrevem o número da OF e a quantidade de peças a produzir, e os operadores preenchem as quantidades prensadas de cada OF, como se pode observar na Figura 4.10.



**Figura 4.10.** Quadro branco presente na secção da prensagem isostática

Foram realizadas diversas entrevistas não estruturadas com os responsáveis da secção e os operadores e, através destas, concluiu-se que a implementação desta ferramenta trouxe melhorias significativas. Os responsáveis conseguem agora observar a ordem pela qual o trabalho está programado e, caso necessitem, podem alterar a mesma com a permissão do responsável pelo quadro, em vez de mudar diretamente com o operador, reduzindo os conflitos desnecessários.

Como trabalho futuro, pretende implementar-se a ferramenta apresentada na sua totalidade para organizar o trabalho em todas as prensas da secção de prensagem, dando continuidade à implementação desta pelas restantes máquinas do departamento.



## 5. CONCLUSÕES

A presente dissertação, realizada na Durit, teve como objetivo principal tornar as operações da secção de prensagem isostática mais fluidas, resolvendo os problemas encontrados durante o período de estágio. O objetivo principal foi dividido em duas etapas, devido ao raciocínio lógico seguido durante o período de estágio.

A primeira etapa centrou-se em identificar os problemas que perturbavam a fluidez do trabalho dos operadores. Para isso, fez-se uma análise do estado atual da empresa direcionado para a secção de prensagem isostática. Neste sentido, foram enumerados diversos problemas, incluindo as causas para os mesmos. Para tal, utilizaram-se diversos métodos: observação participativa, condução de entrevistas não estruturadas, e *focus group* com operadores e responsáveis da secção.

A segunda etapa consistiu em propor soluções que levariam à resolução dos problemas encontrados, como pode ser observado na Tabela 4.1 (Secção 4.1). As propostas apresentadas foram aprovadas pelos responsáveis da secção em entrevistas não estruturadas.

O projeto de estágio começou com a observação dos processos que envolviam a produção das peças em metal duro, percebendo assim a dinâmica entre os operadores e o processo produtivo. O primeiro problema identificado (P1) refere-se à dificuldade de encontrar os moldes e os veios nas suas zonas de armazenamento. Para resolver este problema, foi implementada a metodologia 5S (M1 e M2), que permitiu eliminar diversos desperdícios, como os de movimentação e espera. 5S permitiu organizar e limpar as zonas de armazenamento, diminuindo, assim, as distâncias percorridas pelos operadores para encontrarem os moldes e os veios, bem como o tempo de procura.

O segundo problema identificado centrava-se na zona de enchimento dos moldes (P2) e refere-se às ineficiências observadas no local. Para resolver este problema foi implementado a metodologia 5S, e desenvolvidas ferramentas de trabalho ergonômicas. As ações aplicadas permitiram que os operadores tivessem um espaço de trabalho limpo e organizado, diminuindo o tempo de procura pelas ferramentas. O perigo de queda também foi reduzido pela colocação de marcações no chão, delimitando os espaços para a disposição das leiteiras.

O último problema encontrado residia nas divergências entre os responsáveis da secção. Para tal, foi desenvolvida uma ferramenta com o objetivo de auxiliar os responsáveis a organizar o trabalho a ser distribuído. Esta ferramenta consiste em três ficheiros distintos, onde é armazenada toda a informação necessária das OF's. O responsável pela distribuição das OF's consegue visualizar o trabalho realizado pelos operadores e tomar decisões conscientes, reduzindo o número de OF's na secção de prensagem isostática e, conseqüentemente, a carga de trabalho distribuída pelos operadores. Esta ferramenta não foi implementada na sua totalidade, tendo sido integrado um quadro branco, onde os operadores registavam a quantidade de barras prensadas de cada OF por cada dia da semana. Através de reuniões não estruturadas com os responsáveis da secção, foi concluído que esta ferramenta permitiu que a distribuição das OF's fosse mais controlada, e que a carga de trabalho dos operadores fosse mais reduzida.

No decorrer deste projeto encontraram-se diversos obstáculos à implementação de algumas melhorias. No início do projeto não foi possível a extração de tempos de processamento, contribuindo, assim, para a falta de validação das melhorias implementadas. No entanto, a estagiária, por observação e entrevistas não estruturadas com os operadores, conseguiu verificar que existiam melhorias significativas.

As medidas implementadas permitiram tornar as operações mais fluidas, aumentar a produtividade dos processos e reduzir desperdícios. Assim, verificou-se uma diminuição de movimentos não essenciais por parte dos operadores, uma redução de tempos mortos e, de um modo geral, a criação de um melhor ambiente na secção de prensagem isostática.

## **5.1. Limitações**

Ao nível do desenvolvimento deste projeto foram sentidas algumas limitações na implementação de soluções sugeridas.

A implementação da ferramenta de apoio à organização do trabalho a ser distribuído pelos responsáveis da secção foi afetada por diversos fatores. A ferramenta necessita da alimentação de dados por parte dos responsáveis e, dos operadores somente na introdução do número de barras prensadas de cada OF na folha de cálculo "ISOS" (Figura 4.9).



A resistência à mudança por parte dos responsáveis da secção impediu a introdução dos dados, provenientes dos operadores, diretamente na folha de cálculo que lhes compete, tendo sido introduzido um quadro branco para colmatar este fator. O quadro branco serviu para os responsáveis da secção anotarem o número da OF e a quantidade de peças a produzir, e os operadores preencherem com as quantidades prensadas de cada OF.

Outro fator que afetou a implementação completa desta ferramenta resultou do facto de não ser possível ter acesso ao sistema integrado de gestão empresarial usado pela Durit, o SAP, tendo sido necessário a introdução manual dos dados nos ficheiros pela estagiária.

## **5.2. Trabalho futuro**

Como trabalho futuro, sugere-se a implementação das ações propostas na sua totalidade, que devido ao tempo limitado do estágio não foi exequível.

Na proposta de melhoria sugerida para resolver o problema de ineficiências na zona de enchimento dos molde, apenas se aplicou a metodologia 5S em duas das cinco bancadas existentes, recomendando, por isso, a implementação desta nas restantes bancadas.

Por outro lado, como a implementação da ferramenta de apoio à organização não foi implementada na sua totalidade, recomenda-se a implementação desta, numa primeira fase, em todas as prensas da secção de prensagem e, de seguida, em todo o departamento da Metalurgia. Assim, os responsáveis da secção não só teriam uma visão geral do trabalho que está presente no chão de fábrica da Durit, como também tomariam os primeiros passos para tornar o Pavilhão 2 mais digitalizado.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bertagnolli, F. (2022), “Lean Management: Introduction and In-Depth Study of Japanese Management Philosophy”, Springer Fachmedien Wiesbaden.

Dennis, P. (2007), “Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World’s Most Powerful Production System”, 7<sup>a</sup> Ed., *CRC Press*.

Earley, J. (2016), “The Lean Book of Lean: A Concise Guide to Lean Management for Life and Business”, John Wiley & Sons Ltd.

Gupta, S., & Jain, S. K. (2013), “A literature review of lean manufacturing”, *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>.

Lee-Mortimer, A. (2006), “A lean route to manufacturing survival”, *Assembly Automation*, 26(4), 265–272. <https://doi.org/10.1108/01445150610705155>.

Nicholas, J. (2018), “Lean Production for Competitive Advantage”, 2<sup>a</sup> Ed., Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9781351139083>.

Ohno, T. (1988), “Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production”, Productivity Press.

Olhager, J. (2010), “The role of the customer order decoupling point in production and supply chain management”, *Computers in Industry*, 61(9), 863–868. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2010.07.011>.

Powell, D., Strandhagen, J. O., Tommelein, I., Ballard, G., & Rossi, M. (2014), “A new set of principles for pursuing the lean ideal in engineer-to-order manufacturers”, *Procedia CIRP*, 17, 571–576. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.137>

Rawabdeh, I. A. (2005), “A model for the assessment of waste in job shop environments”, *International Journal of Operations & Production Management*, 25(8), 800–822. <https://doi.org/10.1108/01443570510608619>

Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019), “Research Methods for Business Students”, 8<sup>a</sup> Ed., Pearson Education.

Willner, O., Powell, D., Duchi, A., & Schönsleben, P. (2014), “Globally distributed engineering processes: Making the distinction between engineer-to-order

and make-to-order”, *Procedia CIRP*, 17, 663–668.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.054>

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2013), “Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation”, Simon & Schuster UK.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. R. (2007), “The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production-- Toyota’s Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry”, Reprint edition, Free Press.

Woollard, F. G. (1954), “Principles of Mass and Flow Production”, Mechanical Handling.

## APÊNDICE A. FOLHA DE CÁLCULO “OF’S NOVAS”

Mostrar Tudo

Eliminar Duplicados

OF	Encomenda	Pos. Enc.	Grau	Loc.	Ferramenta	Qt Prevista	Grau	Qt Peças	Criação	Prazo MD	Prazo Final	Semana	Cliente final	País	Norma	url	Hierarquia	Material	Tipo OF
1298599	1141058687	28	GD20 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø145X	32	0000000000	2	21/11/22	10/02/23	12/05/23	W19		DE	-	-	08200	1291113	B
1298603	1141058687	28	GD20 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø150X	75,5	0000000000	5	21/11/22	13/01/23	17/03/23	W11		ES	-	-	08100	1291121	B
1298613	1141058687	28	GD20 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø245X	103,59	0000000000	5	21/11/22	13/01/23	24/03/23	W12		DE	-	-	08100	1259903	B
1298613	1141058687	28	GD20 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø245X	103,59	0000000000	5	21/11/22	13/01/23	24/03/23	W12		DE	-	-	08100	1259903	B
1298613	1141058687	28	GD20 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø245X	103,59	0000000000	5	21/11/22	13/01/23	24/03/23	W12		DE	-	-	08100	1259903	B
1298718	1141059155	1	GD30 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø170X	168,77	0000000000	10	21/11/22	19/01/23	17/03/23	W11		DE	-	-	04300	1025825	B
1299153	1141059325	2	GD20 S/PAR	MAP04	Prensagem l	40	0000000000	4	07/12/22	27/01/23	31/03/23	W13		DE	-	-	11100	1282606	B
1300461	1141059544	2	GD40 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø230X	48,72	0000000000	2	11/01/23	06/03/23	28/04/23	W17		DE	-	-	08500	1277228	B
1300461	1141059544	2	GD40 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø230X	48,72	0000000000	2	11/01/23	06/03/23	28/04/23	W17		DE	-	-	08500	1277228	B
1300461	1141059544	2	GD40 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø230X	48,72	0000000000	2	11/01/23	06/03/23	28/04/23	W17		DE	-	-	08500	1277228	B
1300463	1141059544	2	GD40 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø230X	54,16	0000000000	4	11/01/23	06/03/23	05/05/23	W18		DE	-	-	08500	1276996	B
1300980	1141059977	2	GD30 S/PAR	MAP04	Prensagem	12,2	0000000000	61	-	20/03/23	12/05/23	W19		DE	-	-	11200	1053421	B
1301681	1141060236	29	GD20 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø80XØ	7,876	0000000000	4	-	10/03/23	28/04/23	W17		DE	-	-	05400	1287510	V
1301681	1141060236	29	GD20 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø80XØ	7,876	0000000000	4	-	10/03/23	28/04/23	W17		DE	-	-	05400	1287510	V
1301681	1141060236	29	GD20 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø80XØ	7,876	0000000000	4	-	10/03/23	28/04/23	W17		DE	-	-	05400	1287510	V
1301840	1141060285	6	GD20 C/PAR	MAP07	K050(130xØ	0,906	0000000000	2	16/02/23	02/03/23				DE	-	-	05400	1282056	B
1301912	1141060174	2	GD50 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø110X	12,789	0000000000	3	22/02/23	08/03/23	31/03/23	W13		PT	-	-	04100	1292696	V
1301913	1141060175	2	GD50 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø110X	14,757	0000000000	3	22/02/23	08/03/23	31/03/23	W13		PT	-	-	04100	1292697	V
1302040	1141060337	4	GD30 C/PAR	MAP04	ISOS(Ø95XØ	2,176	0000000000	1	27/02/23	10/03/23	31/03/23	W13		DE	-	-	05400	1264310	V
1302443	1141059465	7	GD50 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø155X	17,384	0000000000	2	01/03/23	06/02/23	24/03/23	W12		DE	-	-	03100	1292514	E
1302443	1141059465	7	GD50 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø155X	17,384	0000000000	2	01/03/23	06/02/23	24/03/23	W12		DE	-	-	03100	1292514	E
1302443	1141059465	7	GD50 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø155X	17,384	0000000000	2	01/03/23	06/02/23	24/03/23	W12		DE	-	-	03100	1292514	E

## APÊNDICE B. FOLHA DE CÁLCULO “OF’S AGUARDAR”

Mostrar Tudo

K15 (MAP08)

K250 (MAP05)

DRYBAG (MAP09)

Organizar por Grau

K30 (MAP11)

K400 (MAP13 + MAPR3)

ø ≤120 + Alt ≤30 (K50)

K50 (MAP06 + MAP07)

ISOS (MAP04 + MAP17)

ø ≤30 + Alt ≤300 (Drybag)

																				COTAS PRETAS			
OF	Encomenda	Pos. Enc.	Grau	Loc.	Ferramenta	Qt Prevista	Grau	Qt Peças	Criação	Prazo MD	Prazo Final	Semana	Cliente final	País	Norma	url	Hierarquia	Material	Tipo OF	Ext/Lar	Int/Prof	Alt/Comp	
1299788	1141059602	1	BD10E C/PAR	MAP05	K250(Ø150xØ0x60:9,6)	252,72	0000000000	30	04/01/23	27/02/23	21/04/23	W16		DE	-	-		05700	1176399	B	95	0	45
1302486	1141060492	10	BD20 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø130xØ37x121)	8,58	0000000000	1	03/03/23	16/03/23	07/04/23	W14	BLEISTAHL P	DE	-	-				B	60	0	65
1300807	-	0	GDO8 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø335xØ0x260)	10,91	0000000000	10	20/01/23	00/00/00	03/02/23	W5		-	-	-	-	1252545	B	10,4	0	210,4	
1301566	1141060119	3	GDO8 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø330xØ154x96)	42,7	0000000000	1	08/02/23	10/03/23	14/04/23	W15		DE	-	-		08400	1293711	V	226,64	135	67
1301567	1141060119	3	GDO8 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø380xØ255x37)	13,63	0000000000	1	09/02/23	03/03/23	14/04/23	W15			-	-		08200	1293719	V	260	225,5	20
1300024	1141059510	8	GD10 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø335xØ200x108)	35,95	0000000000	1	29/12/22	10/02/23	17/03/23	W11		DE	-	-		08400	1292676	B	225,6	176	77,6
1300034	1141059510	8	GD10 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø295xØ0x52)	21,55	0000000000	1	29/12/22	10/02/23	17/03/23	W11		DE	-	-		08500	1292754	B	176	0	51,5
1300035	1141059510	8	GD10 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø270xØ148x174)	40,85	0000000000	1	30/12/22	10/02/23	17/03/23	W11		DE	-	-		08500	1292755	B	176	134	110
1300043	1141059543	16	GD10 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø430xØ252x168)	92,35	0000000000	1	30/12/22	10/02/23	10/03/23	W10		DE	-	-		08100	1292767	B	260,96	205,6	128,48
1300362	1141059674	4	GD10 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø550xØ0x25)	203,76	0000000000	6	09/01/23	10/02/23	10/03/23	W10		BR	-	-		07400	1292890	B	340	0	10
1302325	1141059543	16	GD10 S/PAR	MAP04	ISOS(Ø430xØ252x168)	92,35	0000000000	1	28/02/23	10/02/23	10/03/23	W10		DE	-	-		08100	1292767	E	289	220	125,52
1300019	1141059601	1	GD10NC C/P	MAP05	K250(Ø224xØ120x18:15,3)	39,46	0000000000	10	29/12/22	17/02/23	07/04/23	W14		DE	-	-		07200	1224645	B	118	115	10
1300010	1141059583	10	GD10NC S/P	MAP04	ISOS(Ø335xØ190x300)	94	0000000000	1	28/12/22	10/02/23	10/03/23	W10		DE	-	-		08400	1164151	B	220	167	190,5
1300015	1141059583	10	GD10NC S/P	MAP04	ISOS(Ø450xØ230x162)	110	0000000000	1	28/12/22	10/02/23	10/03/23	W10		DE	-	-		02900	1148266	B	300	202,4	122,4
1300808	-	0	GD14NC S/P	MAP04	ISOS(Ø335xØ0x260)	10,91	0000000000	10	20/01/23	00/00/00	03/02/23	W5		-	-	-	-	1255632	MD	10	0	216	

## APÊNDICE C. FOLHA DE CÁLCULO “ORGANIZAR\_MAP04\_17”



Priorida	OF	Encomenda	Pos. En	Grau	Ferrament	Qt Previ	Qt Peça	Prazo M	Cliente fi	Hierarqu	Material	Tipo O	COTAS PRETAS			
													Ext/La	Int/Prq	Alt/Con	Plano
1	1300024	1141059510	8	GD10 S/PAR	ISOS(Ø335xØ20	35,95	44967	DE	08400	176	77,6	Branca	0	0	0	A
2	1300034	1141059510	8	GD10 S/PAR	ISOS(Ø295xØ0x	21,55	44967	DE	08500	0	51,5	Encarnada	0	0	0	N
3	1300035	1141059510	8	GD10 S/PAR	ISOS(Ø270xØ14	40,85	44967	DE	08500	134	110	Verde	0	0	0	L
4	1300043	1141059543	16	GD10 S/PAR	ISOS(Ø430xØ25	92,35	44967	DE	08100	205,6	128,48	Azul	0	0	0	A
	1300362	1141059674	4	GD10 S/PAR	ISOS(Ø550xØ0x	203,76	44967	BR	07400	0	10	Amarela	0	0	0	H
	1302325	1141059543	16	GD10 S/PAR	ISOS(Ø430xØ25	92,35	44967	DE	08100	220	125,52	Branca	0	0	0	Z
	1300010	1141059583	10	GD10NC S/P	ISOS(Ø335xØ19	94	44967	DE	08400	167	190,5	Branca	0	0	0	A
	1300015	1141059583	10	GD10NC S/P	ISOS(Ø450xØ23	110	44967	DE	02900	202,4	122,4	Branca	0	0	0	Z
	1300019	1141059601	1	GD10NC C/H	K250(Ø224xØ12	39,46	44974	DE	07200	115	10	Verde	0	0	0	N
	1301567	1141060119	3	GD08 S/PAR	ISOS(Ø380xØ25	13,63	44988	00/01/00	08200	225,5	20	Verde	0	0	0	L
	1301567	1141060119	3	GD08 S/PAR	ISOS(Ø380xØ25	13,63	44988	00/01/00	08200	225,5	20	Verde	0	0	0	A
	1301566	1141060119	3	GD08 S/PAR	ISOS(Ø330xØ15	42,7	44995	DE	08400	135	67	Azul	0	0	0	H
	1301566	1141060119	3	GD08 S/PAR	ISOS(Ø330xØ15	42,7	44995	DE	08400	135	67	Encarnada	0	0	0	N
	1302486	1141060492	10	BD20 S/PAR	ISOS(Ø130xØ37	8,58	45001	DE	0	0	65	Encarnada	0	0	0	Z
	1302486	1141060492	10	BD20 S/PAR	ISOS(Ø130xØ37	8,58	45001	DE	0	0	65	Encarnada	0	0	0	Z
	1302486	1141060492	10	BD20 S/PAR	ISOS(Ø130xØ37	8,58	45001	DE	0	0	65	Encarnada	0	0	0	Z
	1300807	-	0	GD08 S/PAR	ISOS(Ø35xØ0x2	10,91	00/00/00	-	-	0	210,4	Encarnada	0	0	0	A