



# ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS NUMA EMPRESA METALOMECÂNICA

**SÉRGIO DAVID DE BOGALHÃO FIGUEIREDO E ROMUALDO DA FONSECA**  
novembro de 2020

# **ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS NUMA EMPRESA METALOMECÂNICA**

Sérgio David de Bogalhão Figueiredo e Romualdo da Fonseca

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

# ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS NUMA EMPRESA METALOMECÂNICA

Sérgio David de Bogalhão Figueiredo e Romualdo da Fonseca

Nº 1000726

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, pelo seu amor incondicional, que me ensinou a não desistir e me lembra sempre da importância de sorrir e fazer sorrir os que gostam de nós.

À Vitória por todo o carinho, paciência e dedicação, à minha avó por sempre acreditar em mim, ao meu pai e toda a minha família, pelo apoio que sempre me deram.

Agradeço também a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho, e em particular ao Prof. Doutor Luís Carlos Pinto Ferreira, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, orientador da dissertação, por toda a disponibilidade, e ajuda ao longo deste projeto.

Agradeço por fim à empresa onde este trabalho foi realizado, pela possibilidade de o concretizar, num ambiente de trabalho saudável e dinâmico de partilha de ideias e conhecimento.

## RESUMO

O presente trabalho pretende contribuir para o aumento do Índice de Qualidade de uma empresa de metalomecânica através da utilização de ferramentas Lean para melhorias de processo. O Índice de Qualidade, é calculado através do produto da Taxa de Qualidade pelo On Time In Full e depende por isso da taxa de rejeição e do cumprimento dos prazos de entrega conforme os requisitos do cliente.

Iniciou-se este estudo com a análise do estado atual e caracterização de processos e subprocessos associados à métrica considerada, tendo por base três metodologias: a análise de não conformidades, o mapeamento dos processos e subprocessos com recurso a fluxogramas e finalmente a análise do fluxo produtivo. Com base nestes princípios, foram identificados vários problemas e oportunidades de melhoria, assim como soluções capazes de os resolveras ou trazer melhorias aos processos.

De todas as ações identificadas, foram selecionadas sete, segundo critérios de custo benefício e facilidade de implementação. Das medidas selecionadas, destacamos as relacionadas com o processo de Fundição por Gravidade, pelos proveitos diretos relacionados com a redução da rejeição para os produtos novos em cerca de 30%, o que representa uma poupança de 5.749€, mas principalmente pelos resultados futuros que esta medida trará. As ações implementadas são transversais e podem ser aplicadas a todos os produtos deste setor. Aqui, atuou-se não só no processo de fabrico, mas também na organização, através da implementação de 5Ss.

Também as ações previstas para o setor dos robots de esmerilagem foram importantes, por traduzirem melhorias em processos automatizados que são uma grande aposta da empresa. Em termos de resultados, estimam-se poupanças na ordem dos 11.504,19€, que correspondem a uma redução dos tempos de operação de cerca de 20%.

A nível organizacional implementaram-se ações, por exemplo, no setor de Investigação e Desenvolvimento, através da melhoria e normalização do Processo de Industrialização de Novos Produtos e da normalização de procedimentos, que permitiram uma redução do tempo de industrialização em cerca de 30%. Também no setor de Compras e Planeamento, a revisão do Processo de Avaliação de Fornecedores tornou o Processo de Compras mais eficiente. Apesar de não ser possível uma quantificação imediata dos benefícios, a melhoria na forma de classificação de fornecedores trará a médio prazo inquestionáveis benefícios para a organização, pois permitirá a escolha de fornecedores mais capazes e competitivos.

Por fim, importa destacar a implementação de Team Boards, que apesar de ter sido uma das ações mais simples, pode ser considerada uma das mais importantes pelo envolvimento que exigiu por parte de todos os colaboradores, mas também porque traduz de uma forma muito visível os benefícios que uma cultura Lean pode trazer a qualquer organização.

### PALAVRAS-CHAVE

Pensamento Lean, Melhoria Contínua, Ferramentas da Qualidade, Planeamento e Controlo da Produção, 5S, 6 Sigma.



## ABSTRACT

The present work aims at contributing to the increase the Quality Index of a metalworking company throughout the use of Lean tools for process improvements. The Quality Index is obtained by multiplying the Quality Rate by the On Time In Full results, and therefore depends on the rejection rate, as well as the fulfilment of delivery times according to the company's customer requirements.

This study started with the analysis of the current state and characterization of the process and subprocesses associated with the Quality Index metric, based on three different methodologies - the analysis of non-conformities, the mapping of processes and subprocesses using flowcharts and finally by the analysis of the productive flow. Based on these principles, the main problems and opportunities for improvement were identified, as well as the various actions capable of bringing improvements to the process.

Of all the improvement actions identified, seven were selected according to criteria of cost benefit and ease of implementation for the company. Of the selected measures, we highlight those related to the Gravity Casting process, due to the immediate benefit related to the reduction of rejection for new products by about 30%, which represents a savings of around 5.749€, but mainly due to the future results that this measure will bring due to the fact that the actions are transversal and can be applied to all products in this sector, which is one of the most critical of the company. In this sector, we acted not only in the manufacturing process, but also in the organization through the implementation of 5Ss.

The actions foreseen for the grinding robots' sector are also important, as they translate into improvements in automated processes, which are a big bet for the company. In terms of results, savings of around 11.504,19€ were achieved, corresponding to a reduction in operating times of around 20%.

At an organizational level, actions have also been implemented, for example in the Research and Development department, through the improvement of the Industrialization Process of New Products and normalization of the process, which allowed a reduction of industrialization time by about 30%. Also, in the purchasing and planning department, through the review of the customer evaluation process, making the Purchasing Process more efficient. Although an immediate quantification of benefits is not possible, the improvement in the way suppliers are classified, will bring unquestionable benefits to the organization in the medium term, as it will allow the choice of more capable and competitive suppliers.

Finally, it is important to highlight the implementation of Team Boards, which despite having been one of the simplest actions, can be considered one of the most important ones, due to the involvement it required from all employees, but also because it translates in a very visible way the benefits that a Lean culture can bring to any organization.

## KEY WORDS

Lean Thinking, Continuous Improvement, Quality Tools, Production Planning and Control, 5S, 6 Sigma.



# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABELAS .....	XIII
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XV
1. INTRODUÇÃO .....	17
1.1. Enquadramento e pertinência .....	17
1.2. Questão e objetivos de investigação.....	18
1.3. Opções metodológicas .....	19
1.4. Apresentação da empresa.....	21
1.5. Estrutura do trabalho .....	21
2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	23
2.1. Metodologias para melhorias de Processos.....	23
2.1.1. Kaizen.....	23
2.1.2. Ciclo PDCA.....	23
2.1.3. 6 Sigma e o DMAIC.....	24
2.1.4. SIPOC.....	25
2.1.5. Gage R&R .....	26
2.2. Ferramentas da qualidade para melhoria de processo.....	26
2.3. O Pensamento Lean .....	27
2.3.1. Ferramentas Lean .....	29
2.3.2. Revisão bibliográfica sobre pensamento Lean .....	31
3. ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS – AUMENTO DO ÍNDICE DE QUALIDADE.....	35
3.1. Recolha e análise de dados .....	36
3.1.1. Análise de Não Conformidades.....	36
3.1.2. Mapeamento de Processos.....	38
3.1.3. Análise do Fluxo Produtivo e subprocessos.....	43
3.2. Identificação de problemas .....	49
3.3. Seleção de ações de melhoria e soluções .....	51
3.4. Ações de melhoria – implementação, controlo e ajustamento .....	52
3.4.1. Robots de Esmerilagem - Otimização .....	52
3.4.2. Melhoria do Processo – Industrialização de Novos Produtos (I&D) .....	54
3.4.3. Critério de aceitação - Fabrico de Componentes.....	58
3.4.4. Diminuição da rejeição no setor de Fundição por Gravidade.....	64
3.4.5. Revisão do Processo de Avaliação de Fornecedores .....	70
3.4.6. Produção - Melhorar comunicação entre sectores .....	72
3.4.7. Melhorias no sector da Lacagem .....	73
3.5. Análise dos resultados das ações de melhoria.....	80
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83

---

4.1. Apresentação de resultados.....	83
4.2. Discussão de resultados .....	84
5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....	87
5.1. Conclusões finais .....	87
5.2. Limitações e investigação futura.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	91
APÊNDICE A – NÃO CONFORMIDADES POR PROCESSO.....	98
APÊNDICE B - MATERIAL PARA O ESTUDO GAGE R&R.....	99
APÊNDICE C – CONTEÚDO DA FORMAÇÃO SETOR FABRICO DE COMPONENTES .....	101
ANEXO A – LISTA DAS NÃO CONFORMIDADES ESTUDADAS.....	103
ANEXO B – LAYOUT FABRIL .....	105
ANEXO C – CUSTO DE REJEIÇÃO COQUILHA (PRODUTOS NOVOS 2019).....	106
ANEXO D – PCP-0003 FUNDIÇÃO POR GRAVIDADE DE ALUMÍNIO.....	107
ANEXO E – ABRASIVOS ROSLER PARA VIBRAÇÃO MECÂNICA .....	109
ANEXO F – CONTROLO DE ADARÊNCIA PARA PEÇAS LACADAS .....	110



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo action-research baseado em (Coughlan & Coughlan, 2002) .....	20
Figura 2 - Produtos fabricados na empresa .....	21
Figura 3 - O ciclo PDCA adaptado de (Rawson, Kannan, & Furman, 2016).....	24
Figura 4 - Ciclo DMAIC.....	25
Figura 5 - Diagrama SIPOC.....	26
Figura 6 - Taxa de Qualidade.....	35
Figura 7 - OTIF .....	36
Figura 8 - Fluxograma de tratamento de Não Conformidades .....	36
Figura 9 - Exemplo de uma análise de causas de não conformidades.....	37
Figura 10 - Não conformidades por causa .....	38
Figura 11 - Layout Fabril.....	39
Figura 12 - Fluxograma do Processo Gestão de Pedidos .....	40
Figura 13 - Fluxograma do Processo Planejamento da Produção.....	41
Figura 14 - Fluxograma do Processo Produção .....	43
Figura 15 - Sistemas de fluxo de produção .....	44
Figura 16 – Etapas do subprocesso Fundição por Gravidade de Alumínio .....	44
Figura 17 - Máquina de Fundição Injetada.....	45
Figura 18 – Etapas do subprocesso Fundição Injetada de Alumínio.....	45
Figura 19 - Prensa hidráulica de estampagem e corte.....	46
Figura 20 – Etapas do subprocesso Fabrico de Componentes.....	46
Figura 21 – Etapas do subprocesso Esmerilagem .....	47
Figura 22 – Etapas do subprocesso Acabamentos de Superfície .....	47
Figura 23 - Linha de montagem automatizada .....	48
Figura 24 – Etapas do subprocesso Montagem .....	48
Figura 25 - Robot de Esmerilagem .....	52
Figura 26 - Mapeamento da situação atual .....	55
Figura 27 - Matriz Esforço Benefício para o Processo de Industrialização .....	57
Figura 28 - Mapeamento da situação futura .....	57
Figura 29 - Coberturas de alumínio para puxadores.....	59
Figura 30 - Resultados entre avaliadores.....	61
Figura 31 - Resultados Avaliador vs Standard.....	62
Figura 32 - Padrões visuais colocados no setor para as diferentes referências de coberturas .....	64
Figura 33 - Processo de Fundição por Gravidade.....	64
Figura 34 – Diagrama de Pareto: Ocorrências por grupo de defeito .....	65
Figura 35 - Mapa de Processo Fundição por Gravidade .....	67
Figura 36 – Diagrama de Fundição por gravidade .....	67
Figura 37 - Variáveis com mais influência no processo.....	68
Figura 38 - Otimização de temperatura nas diferentes zonas da peça.....	69
Figura 39 - Setor Fundição por Gravidade - Antes e Depois .....	69
Figura 40 - Exemplo de análise gráfica de fornecedor.....	72
Figura 41 - Quadro de Equipa da Fundição .....	72
Figura 42 - Peças analisadas para o estudo - manípulo e base .....	74

---

Figura 43 - % de rejeição para os artigos estudados.....	74
Figura 44 – Diagrama de Pareto - Defeitos Base.....	75
Figura 45 -Diagrama de Pareto - Defeitos Manípulo .....	75
Figura 46 - SIPOC Manípulo.....	76
Figura 47 - SIPOC Base.....	77
Figura 48 - Diagrama Causa-Efeito para má aderência de tinta .....	77
Figura 49 - Diagrama Causa-Efeito para Inclusões.....	78
Figura 50 - Abrasivo antigo vs novo .....	78
Figura 51 - Critério de aceitação do Teste de Aderência .....	79
Figura 52 - Peça OK (abrasivo novo) vs Peça NOK (abrasivo antigo) .....	79
Figura 53 - Exemplo de inclusões nos robots de esmerilagem .....	80



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das etapas do ciclo AR (Coughlan & Coughlan, 2002) .....	20
Tabela 2 - Ferramentas básicas da Qualidade adaptado de (Neyestani, 2017).....	27
Tabela 3 - Princípios do pensamento Lean .....	28
Tabela 4 – Desperdícios Lean adaptado de (El-Namrouty, 2013)(Wyrwicka & Mrugalska, 2017) ..	28
Tabela 5 - Etapas do 5S (Low Sui Pheng, 2001).....	29
Tabela 6 - Literatura relativa a Pensamento Lean e Ferramentas da Qualidade.....	32
Tabela 7 - Nº de não conformidades por Processo.....	37
Tabela 8 - Entradas e saídas do Processo Gestão de Pedidos.....	41
Tabela 9 - Entradas e saídas do Processo Planeamento de Produção .....	42
Tabela 10 - Entradas e saídas do Processo Produção .....	43
Tabela 11 - Identificação de Problemas por Processo .....	50
Tabela 12 - Seleção de Ações de Melhoria e Soluções Previstas .....	51
Tabela 13 - Objetivos Robots de Esmerilagem.....	53
Tabela 14 - Seleção de Produtos a Otimizar .....	53
Tabela 15 - Plano de Ações - Robots de Esmerilagem .....	54
Tabela 16 – PBS Industrialização de Novos Produtos .....	55
Tabela 17 - Duração média Industrialização (estado atual).....	56
Tabela 18 - Soluções identificadas Processo de Industrialização.....	56
Tabela 19 - Redução do Lead Time Processo Industrialização.....	57
Tabela 20 - Percentagem de concordância .....	59
Tabela 21 - Estatística Fleiss-Kappa.....	60
Tabela 22 - Valores Kappa obtidos.....	61
Tabela 23 - Resultado Todos os Avaliadores vs Padrão .....	62
Tabela 24 - Reprodutibilidade entre operadores.....	62
Tabela 25 - Miss Rate e False Alarme Rate .....	63
Tabela 26 - Plano de Ações - Gage R&R .....	63
Tabela 27 - Tipos de defeitos mais comuns .....	65
Tabela 28 - Parâmetros do processo.....	66
Tabela 29 - Valores de rejeição (amostra 108 peças) .....	66
Tabela 30 - Defeitos originados na fundição (amostra 108 peças) .....	66
Tabela 31 - Combinações das variáveis com mais influência no processo .....	68
Tabela 32 - Defeitos característicos em cada operação.....	74
Tabela 33 - Análise dos resultados das ações de melhoria.....	80
Tabela 34 - Estado da implementação das ações de melhoria .....	83



## LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

### Lista de Siglas

5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
AI	Artificial Intelligence
AR	Action-Research
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control
ERP	Enterprise Resource Planning
I&D	Investigação de Desenvolvimento
IQ	Índice de Qualidade
JIT	Just-in-time
KPI	Key Performance Indicators
LM	Lean Manufacturing
OC	Ordem de Compra
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OF	Ordem de Fabrico
OMS	Organização Mundial de Saúde
OTIF	On Time In Full
PDCA	Plan, Do, Check, Act
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPM	Total Productive Maintenance
TQ	Taxa de Qualidade
TQM	Total Quality Managment
VSM	Value Stream Maping

### Lista de Símbolos

Frequência	Hertz (Hz)
Temperatura	T (°C)
Porcentagem	%
Euro	€



# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é exposta a motivação pessoal que levou à realização deste projeto e feita a apresentação da empresa onde o mesmo foi realizado. Posteriormente, é realizado o enquadramento do tema estudado e avaliada a sua pertinência para a empresa, assim como o contributo que se pretende trazer para o conhecimento nesta área de estudo. Finalmente, é apresentada a questão e os objetivos de investigação, assim como o método utilizado para os atingir.

## 1.1. Enquadramento e pertinência

A atividade económica enfrenta hoje importantes desafios à escala mundial, fruto da globalização e da rápida evolução de produtos e mercados. Para Stock e Seliger (2016), a globalização enfrenta o desafio de atender à crescente procura mundial de bens de capital e de consumo, garantindo simultaneamente um desenvolvimento sustentável da existência humana nas suas dimensões social, ambiental e económica. Para lidar com esse desafio, a criação de valor industrial deve ser voltada para a sustentabilidade.

No que diz respeito à evolução de produtos, essa é fruto de uma era de grande desenvolvimento tecnológico naquela que é designada como a quarta etapa da industrialização, denominada Indústria 4.0. O objetivo da Indústria 4.0 é construir um modelo de produção altamente flexível de produtos e serviços personalizados e digitais, com interações em tempo real entre pessoas, produtos e dispositivos durante o processo de produção (Zhou, Liu, & Zhou, 2016). Zhong, Xu, Klotz e Newman (2017) referem que a Indústria 4.0 traz a promessa de se atingir maior flexibilidade na produção, juntamente com personalização em grande escala, melhor qualidade e maior produtividade. Dessa forma, permite que as empresas lidem com os desafios de produzir produtos cada vez mais individualizados, com um curto tempo de entrega e maior qualidade. O fabrico ou produção inteligente desempenha também um papel importante na Indústria 4.0. A produção inteligente é, segundo Li, Hou, Yu, Lu e Yang (2017), considerada um novo modelo de fabrico baseado na ciência e tecnologia inteligente, que melhora o design, produção, gestão e integração de todo o ciclo de vida de um produto e ainda, segundo Davis, Edgar, Porter, Bernaden e Sarli (2012), responde e conduz a uma transformação dramática e fundamental dos negócios numa economia de procura dinâmica, direcionada a clientes, parceiros e público.

Ainda no campo da evolução tecnológica, temos o crescente domínio da Inteligência Artificial e as suas inúmeras possibilidades de aplicação. A AI, foi definida por Kaplan e Haenlein (2019) no contexto da sua capacidade, para de forma independente interpretar e aprender com os dados externos e assim alcançar resultados específicos por meio de adaptação flexível.

Outro fator que representa uma importante mudança de paradigma está relacionado com as alterações climáticas, a eficiência energética e as suas consequências para a indústria. Para reduzir os efeitos negativos no clima e nos custos de energia, as indústrias devem tomar medidas para melhorar a sua eficiência energética (Mardan & Klahr, 2012).

De facto, por todos estes motivos, as indústrias enfrentam cada vez maior concorrência, forçando-as a reduzir os custos para permanecer competitivas. Para isso têm de desenvolver os seus sistemas de produção, melhorando a qualidade, a utilização dos recursos e aumentando a flexibilidade.

Face a este contexto, é de grande pertinência o desenvolvimento de estudos que tenham como foco a redução de desperdícios e melhorias de processo, uma vez que as empresas procuram adaptar-se a uma nova realidade global. Podemos assim depreender que são inúmeros os desafios para a atividade produtiva, e que, para sobreviver e serem competitivas, as empresas têm de apostar na melhoria contínua dos seus produtos, serviços e processos.

Este trabalho, estuda a melhoria de processos com base no pensamento Lean, pensamento este que era focado na eliminação de desperdícios, tais como defeitos que originassem retrabalho, etapas desnecessárias de processamento, movimentação de materiais ou pessoas, tempo de espera ou excesso de stock. Esse conceito evoluiu em si mesmo, para atualmente, abranger diversos aspetos do processo de fabrico, desde o estágio inicial do ciclo de vida do produto, como o seu desenvolvimento, aquisição e fabrico, até à distribuição (Womack & Jones, 1997). Esta abordagem multidimensional do Lean, é em parte a resposta para flexibilizar sistemas e processos de produção (Mrugalska & Wyrwicka, 2017).

Uma questão de grande interesse face a este contexto, será então perceber de que forma os conceitos Lean, utilizados como base deste trabalho, poderão interagir com todas as mudanças de paradigma que se estão a verificar nomeadamente com a Indústria 4.0 e de que forma os dois se podem conciliar para ajudar as empresas a superar os novos desafios.

Além disso, através da utilização de sistemas integrados de informação e comunicação, as práticas convencionais do Lean podem ser melhoradas com benefícios para a produtividade e eliminação de desperdícios. As indústrias agora têm os benefícios combinados da integração em tempo real das unidades fabris, juntamente com a garantia da redução de desperdícios (Sanders, Elangeswaran, & Wulfsberg, 2016).

O presente trabalho visa estudar soluções para aumentar o Índice de Qualidade de uma empresa metalomecânica, recorrendo a metodologias Lean e Ferramentas da Qualidade. Pretende-se então promover melhorias no desempenho com foco na diminuição da taxa de rejeição e aumento do grau de satisfação do cliente, através da prestação de um serviço mais eficiente, da redução de desperdícios e melhoria de processos. As melhorias introduzidas suportadas pelo pensamento Lean irão contribuir para que se desenvolva na empresa uma cultura de melhoria contínua, sustentável e eficaz. Espera-se também que as conclusões deste trabalho possam trazer conhecimento nesta área de estudo e desta forma ser aplicadas a outras pequenas e médias empresas, que procurem aumentar a sua capacidade produtiva através da redução de desperdícios, eliminação de tarefas que não trazem valor acrescentado e da melhoria dos seus processos.

## **1.2. Questão e objetivos de investigação**

O propósito deste trabalho é responder à seguinte questão de investigação: “Como aumentar o Índice de Qualidade numa empresa metalomecânica, com recurso a metodologias Lean para redução de desperdícios e melhorias de processo?”

Para alcançar este objetivo geral, foram formulados os seguintes objetivos específicos:

- Análise sistemática dos processos, através do mapeamento do fluxo de valor e de estudo dos indicadores chave de desempenho;
- Identificação de problemas e oportunidades de melhoria no processo produtivo;

- Apresentação de soluções que se traduzam em melhorias na eficiência, qualidade do produto e redução dos desperdícios;
- Implementação das soluções com base no Lean Thinking e em Ferramentas da Qualidade, para obtenção de resultados na utilização eficiente dos recursos e redução dos desperdícios existentes;
- Análise da eficácia das soluções propostas, através de evidências para a viabilidade, que garantam que os resultados esperados são alcançados;
- Acompanhamento e estudo dos resultados obtidos e respetiva revisão, se assim se justificar.

Com isto pretende-se criar na empresa uma cultura Lean e de hábitos de procura da melhoria contínua.

### 1.3. Opções metodológicas

A metodologia que se considerou mais adequada, tendo em conta que se pretende diagnosticar e intervir nos problemas consiste na investigação-ação (action-research). A AR é uma abordagem de pesquisa que visa tanto a ação quanto a criação de conhecimento ou teoria sobre essa ação (Salehi & Yaghtin, 2015). Segundo Coghlan e Shani (2014), trata-se de uma abordagem participativa e colaborativa que visa trazer mudanças às organizações, desenvolver competências e contribuir para o conhecimento científico através de um processo cíclico de co investigação. Como metodologia de investigação, a AR é também versátil e por isso adequada tendo em conta o objetivo que se pretende atingir. De acordo com Guiffrida, Douthit, Lynch e MacKie (2011) a AR não está ligada diretamente a nenhum método específico de recolha ou análise qualitativa de dados, nem impede, por outro lado, o uso de métodos quantitativos. Em vez disso, usa o pluralismo metodológico, que permite que os investigadores escolham o método mais pragmático (quantitativo, qualitativo ou misto) que melhor se adequa à sua questão de pesquisa específica. A metodologia AR pode ser constituída por diversas opções, mas para este trabalho foi considerado o método AR privilegiada que, segundo Coghlan, Shani e Roth (2016) pode ser definida como pesquisa-ação realizada por membros de uma organização num projeto de, ou para essa organização. Além disso, esta metodologia oferece uma perspetiva única sobre a dinâmica e os problemas dentro da organização, precisamente porque age a partir do interior de um sistema vivo (Coghlan et al., 2016).

Por fim, o pensamento Lean utilizado neste trabalho como ferramenta de apoio à mudança, é compatível com a metodologia AR, uma vez que esta também trata essencialmente de mudança. De facto, a AR é aplicável à investigação, planeamento e implementação de mudanças em empresas e outras organizações (Salehi & Yaghtin, 2015) e usada como um meio para implementar transformações organizacionais, particularmente numa economia global, sujeita a rápidas mudanças e cada vez mais competitiva, em que a inovação deve ser tida como um fator crítico de sucesso.

Para a aplicação da metodologia AR, optou-se pela utilização do ciclo proposto por Coughlan que compreende três tipos de etapas:

- 1) Uma etapa prévia para entender o contexto e o propósito;
- 2) Seis etapas principais para recolher dados e analisar, planejar, implementar e avaliar as ações;
- 3) Uma meta-etapa para monitorização.

Na Figura 1 está representado o ciclo AR e na Tabela 1 são descritas todas as suas etapas.

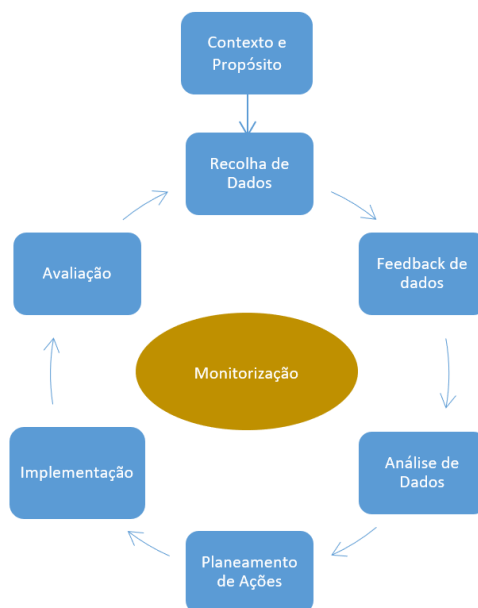


Figura 1 - Ciclo action-research baseado em (Coughlan & Coghlan, 2002)

Tabela 1 - Descrição das etapas do ciclo AR (Coughlan & Coghlan, 2002)

Etapa	Descrição
Contexto e Propósito	Qual o motivo para a pesquisa, porque se vai estudar o projeto e por que motivo a AR é uma metodologia adequada para adotar. Além disso procura saber-se que contribuição é esperada para o saber e conhecimento.
Recolha de Dados	Recolha de dados através de diversas formas, por exemplo, dados estatísticos, financeiros, relatórios diversos, indicadores chave de desempenho ou através de observação e entrevistas. Nesta fase o investigador deve envolver-se ativamente nos processos organizacionais da empresa relacionados com a metodologia AR.
Feedback de Dados	Os dados recolhidos são introduzidos no sistema, de forma a disponibilizá-los para análise.
Análise de Dados	Nesta fase é realizada a revisão da literatura recolhida, o processamento de dados através de ferramentas específicas, a análise da informação obtida e a identificação dos problemas
Planeamento de Ações	Após a fase da análise dos dados, faz-se o planeamento de ações. Como referem Beckhard e Harris (1987) as questões chave nesta etapa que necessitam ser respondidas são: <ul style="list-style-type: none"> <li>- O que precisa mudar?</li> <li>- Em que parte da organização?</li> <li>- Que tipo de mudanças são necessárias?</li> <li>- Quem está empenhado na mudança?</li> <li>- Quem é resistente à mudança?</li> </ul>
Implementação	As ações planeadas são implementadas em colaboração com elementos chave na organização.
Avaliação	A avaliação envolve uma reflexão sobre os resultados da ação e uma revisão do processo para que o próximo ciclo de planeamento e ação possa beneficiar da experiência do ciclo concluído. A avaliação é a chave da aprendizagem.
Monitorização	A monitorização é uma meta etapa, pois ocorre durante todos os ciclos. Cada ciclo de AR dá origem a outro ciclo e, portanto, o planeamento contínuo, a implementação e avaliação ocorrem ao longo do tempo.

## 1.4. Apresentação da empresa

A empresa onde o trabalho foi desenvolvido é especializada no desenvolvimento e produção de sistemas para portas e janelas de alumínio. A sede está localizada na Maia e possui cerca de 10.000 m<sup>2</sup> de área e 170 colaboradores. Cerca de 80 % da produção da empresa destina-se à exportação, sendo os restantes 20% para o mercado Nacional. Na Figura 2 podemos observar alguns exemplos de produtos fabricados na empresa.



Figura 2 - Produtos fabricados na empresa

Entre os processos produtivos da empresa, destaca-se a Fundição de alumínio e suas ligas. Esta tem como equipamento principal, quinze máquinas automáticas de injeção e está dividida em três sectores:

- Fundição injetada de alumínio;
- Fundição injetada de zamak;
- Fundição por gravidade.

Além da Fundição, existe o setor de Fabrico de Componentes, para estampagem e corte de banda de perfis de alumínio e aço, onde se fabricam componentes que integram o produto da empresa. No setor, existem 25 prensas hidráulicas além de equipamentos para maquinações diversas.

Dos processos automatizados da empresa existe um setor de Esmerilagem e Polimento que tem 4 robots de esmerilagem. Para o fabrico de moldes e ferramentas a empresa conta com um sector de maquinação que tem máquinas CNC de 5 e 3 eixos, fresadoras, tornos mecânicos, máquinas de eletroerosão entre outras. Por fim a empresa tem um setor de Acabamentos de Superfície com unidades para tinta em pó e anodização. O processo produtivo é concluído no setor de Montagem onde também é embalado o produto antes de prosseguir para o armazém de expedição.

## 1.5. Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. No primeiro capítulo da Introdução, é apresentada a motivação pessoal para a realização do projeto e feita a apresentação da empresa onde este foi realizado. É também realizado o enquadramento do tema estudado e apresentada a questão e objetivos de investigação, assim como o método utilizado para os atingir.

No segundo capítulo, é feita a revisão da literatura, que serviu como base do estudo do estado das coisas e como fundamento e sustentação do desenvolvimento teórico do trabalho efetuado. A informação recolhida teve por base artigos científicos, livros, teses e dissertações.

No terceiro capítulo, são abordados métodos de aplicação relacionados com o objeto de estudo, que é a análise e melhoria de processos. Concretamente, procurou-se melhorar o Índice de Qualidade (IQ) da empresa. Para isso, foram identificados problemas e definidas ações para os processos com mais impacto na melhoria desta métrica.

O quarto capítulo aborda os resultados obtidos e a sua discussão, e finalmente, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões a que se chegou após terminar o trabalho.

Por último, é apresentada a revisão bibliográfica, seguida de anexos e apêndices.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresenta-se a revisão da literatura dos conceitos abordados no relatório, que serviram como base do estudo do estado das coisas e como fundamento e sustentação do desenvolvimento teórico do trabalho efetuado.

Aqui procurou-se realizar uma análise aprofundada, particularmente de temas relacionados com a melhoria de processos e o Lean Manufacturing (LM) e identificar os seus conceitos fundamentais, com o intuito de os relacionar posteriormente com o tema em estudo. Neste capítulo é apresentada a informação recolhida tendo por base artigos científicos, livros, teses e dissertações, que irá alicerçar todo o trabalho desenvolvido.

### 2.1. Metodologias para melhorias de Processos

Um processo é a combinação de um conjunto de atividades dentro de uma empresa, com uma estrutura que descreve a sua ordem e dependência lógica e cujo objetivo é produzir um resultado desejado (Aguilar-Savén, 2004), ou ainda, segundo a definição do Instituto Português da Qualidade, um processo consiste num “conjunto de atividades inter-relacionadas ou interatuantes, que utiliza entradas para disponibilizar um resultado pretendido”(Instituto Português da Qualidade, 2015). É composto por Entradas e Saídas, um Fluxo, uma Rede de Atividades e Reguladores, Recursos do Processo e uma Estrutura de Informação (Damij & Damij, 2014).

As empresas enfrentam diariamente a tarefa de gerir, projetar e melhorar os seus processos no sentido mais amplo, desde os processos principais até aos métodos operacionais (Kuhlang, Hempen, Sihm, & Deuse, 2013). Além disso, todos os sistemas naturais e, portanto, os processos, estão em constante mudança. Deste modo, um processo que alcançou certo nível de desempenho provavelmente perderá esse nível de maneira natural. Melhorias para elevar os processos a um nível de desempenho mais alto podem ser alcançadas pela inovação (mudanças voláteis) e melhoria contínua (mudanças de curto ciclo). Estes são os dois princípios básicos, diferentes e teóricos necessários para realizar melhorias (Imai, 1986).

#### 2.1.1. Kaizen

No universo das metodologias para melhoria de processos, podemos destacar o Kaizen, palavra que vem do japonês “melhoria contínua”, que promove a implementação de pequenas melhorias com base num esforço contínuo envolvendo a participação de todas as pessoas e hierarquias (Maarof & Mahmud, 2016). Esta metodologia foca-se nas melhorias em três áreas: o Muda (desperdício), o Mura (irregularidade) e Muri (sobrecarga). A empresa pode adotar o ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA) popularizado por W.E. Deming (Lewis & Cooke, 2013) para a implementação do Kaizen.

#### 2.1.2. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma metodologia do LM desenvolvida em 1930 por Walter Shewhart, contudo, foi Deming em 1950 no Japão, que conseguiu atribuir importância a esta ferramenta para controlar a qualidade dos produtos nas linhas de produção e melhorias no processo produtivo. Nos dias de

hoje a sua abordagem apoia estudos de melhoria contínua e é constituída pelas 4 etapas descritas na Figura 3: Planejar, Fazer, Verificar e Atuar.

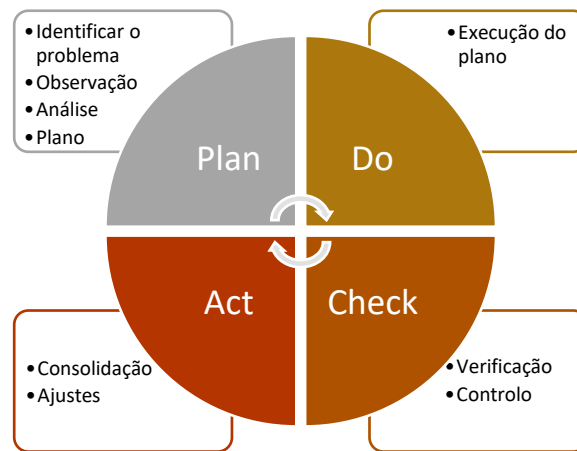


Figura 3 - O ciclo PDCA adaptado de (Rawson, Kannan, & Furman, 2016)

Autores como Rawson, Kannan, & Furman (2016) consideram ainda o ciclo DMAIC do Seis Sigma e a Teoria das Restrições como outras metodologias de melhoria de processos e afirmam que, cruzando várias metodologias, se pode otimizar a melhoria de processos (De Mast & Lokkerbol, 2012).

### 2.1.3. 6 Sigma e o DMAIC

O 6 Sigma é definido por Schroeder, Linderman, Liedtke, & Choo (2008), como um método organizado e sistemático para melhoria estratégica de processos e desenvolvimento de novos produtos e serviços, que depende de métodos estatísticos para originar reduções dramáticas nas taxas de defeitos definidos pelo cliente. É uma abordagem focada em processos para alcançar a melhoria e o principal objetivo é melhorar o desempenho de um processo central específico, passo a passo. Para isso, é importante entender não apenas os processos centrais por si só, mas também a forma como as suas saídas têm impacto nos requisitos do cliente (externos e internos)

O DMAIC (Definir-Medir-Analisar-Melhorar-Controlar) é uma ferramenta do 6 Sigma frequentemente utilizada como uma abordagem para a solução de problemas (De Mast & Lokkerbol, 2012). Sendo o DMAIC um processo de ciclo fechado, este visa eliminar as etapas sem valor acrescentado. A Figura 4 ilustra o ciclo DMAIC.

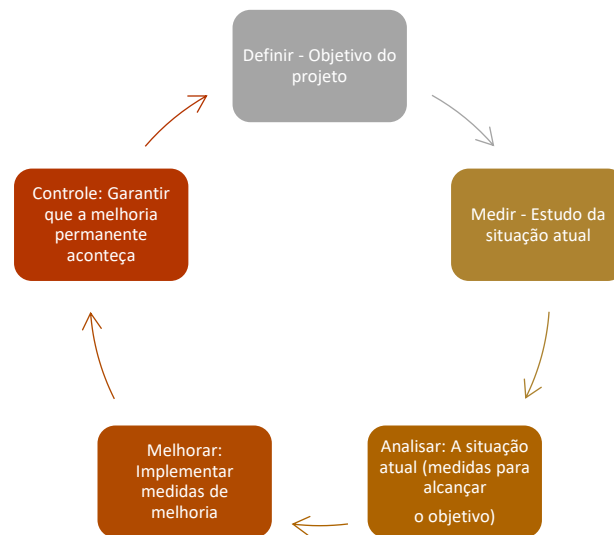


Figura 4 - Ciclo DMAIC

Mohamad, Ahmad, Samat, Seng, & Lazi (2019), descrevem as diferentes fases do método da seguinte forma:

- 1) Definir o objetivo e seus requisitos: Identificar o problema que precisa de uma solução e terminar com a compreensão dos problemas.
- 2) Medir o processo atual: Entender todos os processos na organização, clientes, expectativas, especificações dos fornecedores e identificar os possíveis locais onde um problema pode ocorrer.
- 3) Analisar os resultados das medições, determinar as causas das imperfeições do processo e possíveis soluções para eles: analisar algumas amostras e tratar os problemas potenciais como problemas reais.
- 4) Melhorar o processo, implementando as mudanças, o que elimina as imperfeições: tomar informações necessárias para criar e desenvolver um plano de ação a fim de melhorar o funcionamento da organização, aspectos financeiros e o relacionamento com o cliente.
- 5) Controlar o processo, melhorar e monitorizar os resultados de forma contínua: controlar o estado futuro do processo, a fim de minimizar o desvio dos objetivos e garantir que a correção é implementada antes que tenha influência negativa no resultado do processo.

Entre os pontos fortes deste método estão as poderosas técnicas estatísticas para descoberta de factos e verificação empírica de ideias, e o modelo de estágios DMAIC, que atua como um dispositivo de estruturação de problemas.

#### 2.1.4. SIPOC

Outra ferramenta do 6 Sigma amplamente utilizada para determinar o âmbito de um projeto é o diagrama SIPOC cujo exemplo está ilustrado na Figura 5. SIPOC é acrónimo de Suppliers – Input – Process – Output – Customer (Fornecedores – Entradas – Processos – Saídas – Cliente). O SIPOC, estende o modelo básico de IPO com a junção dos fornecedores e clientes e mais detalhes sobre o processo. É uma ferramenta de mapeamento visual usada para representar as principais interfaces com o processo (fornecedores e clientes), as principais atividades que compõem o processo e as principais entradas e saídas usadas (Spinks, 2013).

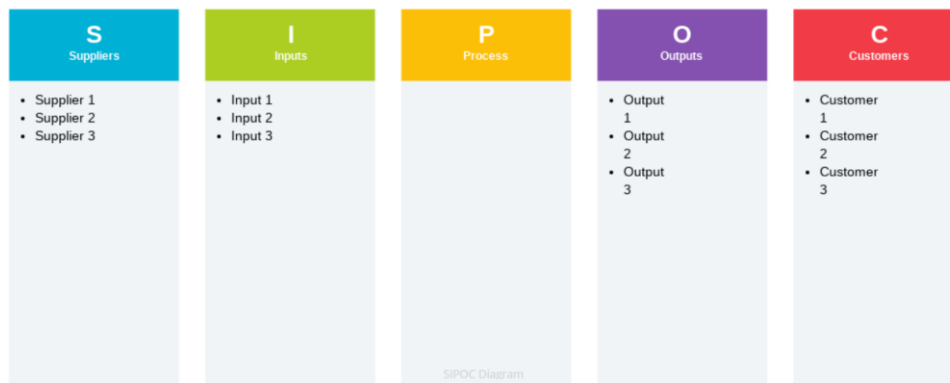


Figura 5 - Diagrama SIPOC

As etapas definidas por Simon, (2019) para a criação de um diagrama SIPOC, estão descritas de seguida:

- 1) Criar uma área para o diagrama SIPOC, por exemplo através de flipcharts com cabeçalhos (S-I-P-O-C) escritos em cada um, ou cabeçalhos escritos em post-its afixados na parede;
- 2) Mapear o processo nas suas etapas;
- 3) Identificar as saídas desse processo;
- 4) Identificar os clientes que receberão os resultados desse processo;
- 5) Identificar as entradas necessárias para o funcionamento adequado do processo;
- 6) Identificar os fornecedores das entradas exigidas pelo processo;
- 7) Opcional: Identificar os requisitos preliminares dos clientes (isso será verificado durante uma etapa posterior da fase de medição Seis Sigma);
- 8) Discutir com o sponsor/facilitador do projeto e com outras partes interessadas envolvidas para a sua verificação.

### 2.1.5. Gage R&R

Outra ferramenta estatística do 6 Sigma é o estudo Gage R&R. Os sistemas de medição são habitualmente analisados usando estes estudos de Repetibilidade e Reprodutibilidade (R&R). Esses estudos podem ser analisados por métodos ANOVA (análise de variância) usados para quantificar a variação atribuível à repetibilidade do medidor e à reprodutibilidade do operador. O estudo Gage R&R, porque se aplica a dados contínuos, é amplamente utilizado para este fim e pode melhorar os rendimentos do processo e reduzir os custos drasticamente (Murphy, Moeller, Page, Cerqua, & Boarman, 2009).

Podemos definir repetibilidade como a capacidade de um operador repetir consistentemente a mesma medição da mesma peça, usando o mesmo medidor, nas mesmas condições. A reprodutibilidade é definida como a capacidade de um medidor usado por vários operadores, reproduzir consistentemente a mesma medição da mesma peça, nas mesmas condições.

## 2.2. Ferramentas da qualidade para melhoria de processo

Atualmente existe um número significativo de ferramentas de qualidade, que são ingredientes essenciais dos processos e instrumentos básicos para o sucesso de um programa de qualidade das

empresas (Soković, Jovanović, Krivokapić, & Vujović, 2009). As ferramentas são um meio de executar mudanças e são usadas para analisar soluções para problemas existentes.

As ferramentas podem ser consideradas como um meio para se atingir a mudança, sendo que as principais, são conhecidas como as sete ferramentas básicas da Qualidade. Estas sete ferramentas foram pela primeira vez definidas por Ishikawa e estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Ferramentas básicas da Qualidade adaptado de (Neyestani, 2017)

Ferramentas	Descrição
Histograma	É um gráfico que permite visualizar e descrever um sentido da frequência de distribuição dos valores observados de uma variável associada a um produto ou processo. Exibe as diferentes medidas de tendência central (média, moda e média) e ajuda o utilizador a mostrar a distribuição de dados e a quantidade de variação dentro de um processo.
Diagrama de causa efeito	Criado por Ishikawa, este diagrama também é conhecido por espinha-de-peixe e consiste numa ferramenta de análise e resolução de problemas. Através do esquema do diagrama pode-se identificar potenciais causas para um problema ou efeito, distribuindo-as pela sua natureza.
Lista de verificação	A lista de verificação é uma forma simples de estruturar a informação e permite uma recolha sistemática de dados numa auditoria de verificação de etapas de processos e identificação de defeitos e de validação de registos.
Gráfico de Pareto	É um tipo específico de histograma que pode ser aplicado para encontrar e priorizar problemas de qualidade ou suas causas. Permite também descobrir “anomalias” de dados e estabelecer padrões e taxas indicadoras para análise da evolução de indicadores
Fluxograma	Este tipo de mapeamento de processos representa graficamente o fluxo de informação, pessoas e materiais através das várias partes do processo.
Cartas de controlo	É uma ferramenta essencial para o controlo estatístico de um processo pois regista e permite visualizar como varia um processo ao longo do tempo.
Gráfico de dispersão	É um gráfico que permite visualizar a distribuição da informação em função de duas variáveis permitindo desta forma detetar e analisar a correlação entre ambas e o seu grau de dependência.

A utilização destas ferramentas dentro de um sistema de gestão são um poderoso auxiliar para que as empresas evoluam para um sistema dinâmico de melhoria contínua (Neyestani, 2017).

### 2.3. O Pensamento Lean

O pensamento Lean é um conceito que surge nos anos 1990 sendo que o termo “Lean” foi escolhido para definir tipos de sistema semelhantes ao Sistema de Produção Toyota (Moyano-Fuentes & Sacristán-Díaz, 2012). O desenvolvimento dessa abordagem para a produção, começou logo após a Segunda Guerra Mundial, liderado por Taiichi Ohno e associados, enquanto trabalhadores da Toyota. Forçado pela escassez de capital e recursos, Eiji Toyoda instruiu os seus trabalhadores a eliminar todo o desperdício (Pepper & Spedding, 2010).

Os princípios que regem o Lean, provaram não apenas ser universais, mas também ter grande sucesso no que diz respeito a melhoria de resultados (Poppendieck & Llc, 2002). O Lean pode ser definido como uma estratégia operacional focada na melhoria das prioridades competitivas dentro das organizações, como qualidade, flexibilidade, custo e entrega (Bhuiyan & Baghel, 2005).

Existe a evidência de que o pensamento Lean evoluiu abrangendo diferentes níveis dentro de uma empresa, na diversidade de setores de atividade que o implementam e também ao nível da complexidade dos sistemas que recorrem a este modelo (Soliman & Saurin, 2017). Uma implementação multidimensional do Lean, quer como uma filosofia, quer como um conjunto de técnicas, permitirá obter um conjunto de sinergias que serão capazes de gerar um sistema eficiente e de qualidade, capaz de satisfazer os requisitos do cliente (Mrugalska & Wyrwicka, 2017).

A base do pensamento Lean, é ainda um foco no produto individual e no seu fluxo de valor (identificando atividades que acrescentam valor e atividades sem valor acrescentado) e para eliminar todo o desperdício ou Muda em todas as áreas e funções do sistema - o alvo principal do pensamento Lean (Womack & Jones, 1997). O princípio do pensamento Lean para a eliminação de desperdícios, é um processo de cinco estágios definidos por Womack & Jones (1997) como Valor, Fluxo de Valor, Fluxo Contínuo, Produção “puxada” e Procura da Perfeição e estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Princípios do pensamento Lean

Princípios	Descrição
Valor	A definição de valor na perspetiva do cliente. São todas as características ou atividades inerentes a um produto pelo qual o cliente está disposto a pagar.
Fluxo de Valor	Identificação do valor e das atividades que geram valor ao longo do processo produtivo.
Fluxo Contínuo	Obtenção de um fluxo contínuo e nivelado de produção.
Produção “puxada”	A produção deve ser "puxada" (pulled) em função das necessidades do cliente.
Procura da Perfeição	A procura da perfeição através da melhoria contínua.

Se no pensamento Lean o Valor para o cliente é percebido através da qualidade do produto ou serviço entregue no prazo e nas condições que satisfaçam os seus requisitos (Mostafa & Dumrak, 2015), o desperdício é definido como tudo o que não acrescenta valor ao produto, isto é, algo que acrescenta custo e tempo ao produto mas que o cliente não está disposto a pagar (Weigel, 2000). Aos sete tipos de desperdícios considerados inicialmente, (Wyrwicka & Mrugalska, 2017) acrescentam mais dois. Todos eles estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Desperdícios Lean adaptado de (El-Namrouty, 2013)(Wyrwicka & Mrugalska, 2017)

Desperdícios	Descrição
Excesso de produção	Produção de maior quantidade do que o necessário entre setores ou de produto final.
Tempos de espera	Tempos de espera desnecessários das pessoas, processos, informação ou materiais.
Transportes	Movimentação desnecessária de materiais, pessoas, máquinas e informação.
Inventário	Excesso de matérias, produto intermédio, acabado e ou produto defeituoso em armazém originando custos de armazenagem.
Movimentação	Movimentos desnecessários, movimentos ou postura corporal incorreta.
Defeitos	Produção com defeito que obriga a retrabalho.
Retrabalho	Algumas operações são desnecessárias, são mal executadas ou não são feitas com as melhores condições.
Talento	Deficiente aproveitamento do potencial humano originado pelo não reconhecimento das capacidades dos funcionários.
Segurança	Falta de segurança no local de trabalho

### 2.3.1. Ferramentas Lean

Na vertente operacional do Lean encontramos um conjunto de ferramentas e métodos, a maioria provenientes do TPS, que podem ser aplicados em simultâneo ou individualmente numa organização com objetivos de redução de desperdícios e de melhorias de eficiência (Netland & Powell, 2016). São descritas de seguida algumas das ferramentas mais importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

- **5S**

A filosofia 5S foi desenvolvida no Japão, tendo sido formalmente introduzida no final da década de 1960, mas a principal estrutura para entender e aplicar os 5S foi proposta por Osada (1991) e Hirano (1995). Em primeiro lugar, o 5S foi implementado na Toyota Motor Corporation como parte do seu sistema de produção, TPS. Osada (1991) introduziu posteriormente o 5S como uma metodologia para construir e perfeccionar o ambiente de qualidade que se vive numa organização (Randhawa & Ahuja, 2017).

Hirano (1995) anuncia que as etapas 5S são projetadas para melhorar a eficiência, fortalecer o desempenho e fornecer melhoria contínua em praticamente todos os segmentos da organização. Essas etapas envolvem um programa de melhoria estruturado com uma série de etapas identificáveis relacionadas umas com as outras de maneira progressiva. Na Tabela 5, estão descritas as etapas referentes à designação 5S.

Tabela 5 - Etapas do 5S (Low Sui Pheng, 2001)

5S	Descrição
Seiri - Separação	Separar no posto de trabalho o que é necessário do que não é necessário Desfazer-se do que não é necessário Definir o que é mais e menos necessário
Seiton - Arrumação	Definir um sítio para cada coisa Identificar cada coisa para fácil procura Manter cada coisa no seu sítio depois de a usar
Seiso - Limpeza	Manter o posto de trabalho limpo Manter todas as coisas limpas mesmo depois de as usar Todas as áreas devem estar marcadas e desimpedidas
Seiketsu - Normalização	Definir métodos e procedimentos padrão para cada trabalho Garantir que as operações são executadas segundo essas normas Manter a disciplina de trabalho
Shitsuke - Sustentabilidade	Garantir a consistência dos métodos de trabalho Envolver e motivar todos para a prática dos 5S Respeitar as regras implementadas pelos 5S Promover ações 5S periodicamente Tornar a prática dos 5S num hábito

A abordagem 5S pode ser facilmente implementada em várias organizações devido à sua simplicidade e facilidade de aplicação e é uma ferramenta universal que oferece enormes benefícios sem perdas ao realizar iniciativas de melhoria (Randhawa & Ahuja, 2017).

- **OEE (Overall Equipment Effectiveness)**

O OEE (Overall Equipment Effectiveness) obtém-se pelo produto de três rácios que indicam a Disponibilidade do equipamento, o Desempenho do equipamento e a Qualidade do produto. Este, consiste numa ferramenta quantitativa para cálculo da eficiência global de equipamentos produtivos e foi introduzido por Nakajima no apoio à Manutenção Produtiva Total (TPM) (Hedman, Subramaniyan, & Almström, 2016).

- **O Mapeamento de fluxo de valor (VSM)**

O mapeamento do fluxo de valor é o processo simples de observar diretamente o fluxo de informações e materiais à medida que estes ocorrem e de os resumir visualmente (Thorsen, 2005). A forma visual e simples de representar os fluxos de valor acrescentado numa folha permite identificar de uma forma clara as atividades que acrescentam valor e as que não acrescentam valor (desperdício) e deve incluir os seguintes passos (Rother & Shook, 2003):

- 1) Selecionar uma família de produtos a analisar;
- 2) Nomear um responsável para mapear o processo;
- 3) Desenhar o VSM no seu estado atual;
- 4) Desenhar o VSM no seu estado futuro;
- 5) Definir e aplicar um plano para atingirmos um VSM idêntico ao do estado futuro.

Desta forma, o VSM cria mapas de um processo de produção para ajudar a tomar decisões mais ponderadas e para melhorar o fluxo de valor do processo (Sabaghi, Rostamzadeh, & Mascle, 2015).

- **Kanban**

Um dos princípios mais populares da abordagem Lean é o Kanban, uma ferramenta para controlar a cadeia logística do ponto de vista da produção e é um método pelo qual o just-in-time (JIT) é alcançado (Ohno, 1988).

Kanban (kahn-bahn) é uma palavra japonesa, que traduzida, significa literalmente registo visível ou parte visível. Refere-se no geral, a algum tipo de sinal que na produção toma a forma de cartões Kanban. O sistema Kanban é baseado no pedido do cliente ao fornecedor de determinado produto ou parte. O cliente pode ser de facto um consumidor final de um produto acabado (externo) ou então, um setor ou elemento da produção do setor imediatamente a seguir numa fábrica ou linha de produção (interno) (Gupta, Al-Turki, & Perry, 1999). O sistema Kanban é uma das ferramentas Lean que pode ajudar a atingir stock mínimo, oferecendo por isso muitas vantagens na gestão de operações. Usar o sistema Kanban ajuda a melhorar a produtividade da empresa pois minimiza o desperdício na produção. O sistema Kanban solicita produção apenas quando existe procura de produtos (Rahman, Sharif, & Esa, 2013). Assim, o Kanban é uma maneira eficiente e fácil de implementar um sistema de produção JIT numa cadeia de fornecimento e é um sistema de produção puxada que serve tanto fins de transações, como fins de comunicação (Sabaghi et al., 2015).

De acordo com Gross & McInnis (2003) o cartão Kanban segue regras simples. Primeiro, um cartão é anexado a um recipiente completo. O recipiente, acompanhado do seu cartão Kanban, é então transportado para a próxima área de preparação da produção que requer o material. Nesse momento, o cartão Kanban é destacado do recipiente para sinalizar o consumo. Os cartões Kanban destacados são colocados num posto Kanban, para aguardar o percurso de volta à linha de

produção. Os cartões Kanban recolhidos ficam no posto Kanban a aguardar serem anexados novamente a um recipiente completo.

- **KPI**

Os Indicadores Chave de Desempenho, (KPIs) são medidas de desempenho de equipamentos e processos de uma empresa, fornecendo informações sobre a performance de diferentes áreas, tais como energia, matéria-prima, produção, manutenção, planejamento, qualidade, segurança, entre outros (Lindberg, Tan, Yan, & Starfelt, 2015).

Assim, os KPIs permitem reunir conhecimento e explorar a melhor maneira de alcançar os objetivos da organização. No mundo económico de hoje, os KPIs são uma ferramenta importante de gestão porque separam a informação importante da que não tem relevância e permitem simplificar assuntos complexos criando transparência na sua análise (Meier, Lagemann, Morlock, & Rathmann, 2013).

### **2.3.2. Revisão bibliográfica sobre pensamento Lean**

Para a revisão bibliográfica, foram consultados diversos trabalhos na área da melhoria, do pensamento Lean e das ferramentas da Qualidade.

São apresentadas referências bibliográficas que dizem respeito às mudanças e requisitos a nível organizacional necessárias para a implementação de ferramentas Lean (Costa, Pinto Ferreira, C. Sa, & Silva, 2018), assim como o papel que a liderança desempenha para a sua implementação (Trenkner, 2016) e os fatores críticos associados, tais como gestão de topo, finanças, cultura organizacional e conhecimentos que fazem com que a implementação seja bem sucedida (Achanga, Shehab, Roy, & Nelder, 2006)

Outro grupo de trabalhos analisam o impacto dos métodos Lean essenciais, nas medidas de desenvolvimento operacional promovidas (Belekoukias, Garza-Reyes, & Kumar, 2014) e as diversas temáticas relacionadas com métodos e resultados da implementação, no que diz respeito a melhoria da produtividade usando ferramentas Lean, como o VSM (mapeamento de fluxo de valor) para mapear o processo e a standardização do trabalho como ferramentas de melhoria de processo (Saravanan, Nallusamy, & George, 2018). São também referenciados trabalhos que abordam os estágios e identificam melhorias para a implementação de princípios LEAN por exemplo através da construção de modelos analíticos (Wadhwa, 2013).

Por fim, são dados como exemplo artigos onde são avaliados os resultados da implementação das metodologias Lean, como por exemplo Diego Fernando e Rivera Cadavid (2007) que integram um conjunto de métricas propostas por diferentes autores, de forma a que sejam consistentes com as diferentes fases da implementação do Lean Manufacturing. Além da avaliação, foram realizadas pesquisas acerca da sustentabilidade. Glover, Farris, & Van Aken (2015) abordam o problema da sustentabilidade das mudanças geradas pelas iniciativas de melhoria contínua, nomeadamente através de práticas Kaizen. Através de um estudo do impacto de eventos Kaizen alguns meses após a sua implementação, é estudada a forma como a existência de uma cultura de melhoria contínua pode ajudar a criar melhorias rápidas sustentáveis. Na Tabela 6, estão resumidos os principais trabalhos pesquisados.

Tabela 6 - Literatura relativa a Pensamento Lean e Ferramentas da Qualidade

Referências Bibliográficas	Resumo
(Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006)	<p>Neste trabalho são comparados os princípios e resultados do Lean Manufacturing com o processo de qualidade 6 Sigma e os princípios de Gestão da Qualidade Total (TQM).</p> <p>Os autores concluíram que a filosofia Lean e as etapas do seis sigma são essencialmente as mesmas e ambas se desenvolveram da mesma raiz - as práticas japonesas de TQM. Também foi concluído que existe atualmente muito foco na formação e treino para utilização de ferramentas e técnicas e pouco foco na compreensão do fator humano que envolve a construção de uma cultura organizacional certa na empresa.</p>
(Achanga et al., 2006)	<p>Neste artigo são estudados os fatores críticos para uma implementação bem-sucedida do Lean Manufacturing em PMEs. As práticas de 10 PMEs foram estudadas para identificar o grau de utilização do LM nessas empresas.</p> <p>Os autores do estudo efetuaram também entrevistas para recolha de dados que foram posteriormente analisados e validados.</p> <p>Liderança, gestão de topo, finanças, cultura organizacional e conhecimentos foram identificados como fatores críticos de sucesso para a implementação do Lean nas PME.</p>
(Diego Fernando & Rivera Cadavid, 2007)	<p>Este artigo tem como objetivo integrar um conjunto de métricas propostas por diferentes autores, de forma a que sejam consistentes com as diferentes fases da implementação do Lean Manufacturing.</p> <p>Para isso, duas estruturas para implementações Lean são apresentadas e, em seguida, os principais fatores críticos de sucesso são usados como base para propor métricas que medem o avanço desses fatores.</p> <p>Neste trabalho é proposta a integração de várias métricas de maneira a que sejam consistentes com as etapas e elementos de implementação do Lean Manufacturing.</p>
(Wadhwa, 2013)	<p>Este artigo pretende identificar e sugerir melhorias para a implementação de princípios LEAN numa fundição de alumínio. É construído um modelo analítico para medir o desempenho da produção e apresentado um estudo de caso que demonstra que o uso de dois princípios LEAN (identificação de gargalos e buffer LEAN) pode permitir uma resposta oportuna aos requisitos do cliente.</p>
(Atmaca & Girenes, 2013)	<p>Este trabalho apresenta a filosofia Lean Six Sigma como conjugação das duas técnicas orientadas para aumentar o lucro e tornar os processos mais eficazes. No trabalho é estudado o facto do Seis Sigma apresentar um maior foco na Qualidade do que na velocidade enquanto que o Lean remove de certa forma a fraqueza do 6 Sigma no processo da velocidade. Com a utilização das duas técnicas juntas, o objetivo é reduzir desperdícios e aumentar o nível de sigma.</p>
(Sundar, Balaji, & Satheesh Kumar, 2014)	<p>Neste trabalho é abordada a evolução do conceito de Lean como ferramenta de maximização de utilização de recursos através da redução de desperdícios, para a formulação do Lean como resposta a um mundo de negócios cada vez mais flutuante e competitivo.</p> <p>O trabalho aborda a necessidade da utilização conjunta de todos os aspetos do Lean, como o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), produção em célula, sistema PULL, controle de stocks, troca rápida de ferramentas (SMED), Kanban, níveis de produção, para que as empresas sejam capazes de responder sistematicamente às mudanças de mercado, aumentando o valor do produto. Os autores tentam desenvolver uma sequência de passos para a implementação eficaz de um sistema Lean.</p>

---

(Belekoukias et al., 2014)	<p>Este artigo investiga o impacto de cinco métodos LEAN essenciais: o JIT, Jidoka, Kaizen, Manutenção Produtiva Total (TPM) e Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) nas medidas de desenvolvimento operacional promovidas pelo LEAN.</p> <p>Uma análise de regressão linear modelou a correlação e o impacto dessas práticas no desempenho operacional de várias organizações, fornecendo uma melhor compreensão da relação entre a estratégia LEAN e o desempenho das operações.</p>
(Elnadi & Shehab, 2014)	<p>Este artigo apresenta um modelo que possa ser usado na medição do nível de Lean numa empresa baseada em cinco áreas: relação com o fornecedor, capacidade de gestão, capacidade da força de trabalho, excelência do processo e relação com o cliente.</p> <p>A partir dessas áreas apresenta 21 critérios que se subdividem em 73 atributos que permitem avaliar de forma quantitativa o estado da implementação do Lean.</p>
(Glover et al., 2015)	<p>Neste trabalho é abordado o problema da sustentabilidade das mudanças geradas pelas iniciativas de melhoria contínua, nomeadamente através de práticas Kaizen. A partir de um estudo do impacto de eventos Kaizen alguns meses após a sua implementação, é estudado como a existência de uma cultura de melhoria contínua pode ajudar a criar melhorias rápidas sustentáveis. Esta pesquisa contribui para a compreensão atual dos eventos Kaizen, fornecendo evidências para orientar o uso dos mesmos e sugerir áreas para pesquisas futuras.</p>
(Bortolotti, Boscarri, & Danese, 2015)	<p>Este trabalho aborda a influência da cultura organizacional no Lean Management LM e avalia se indústrias que implementam o LM têm um perfil específico de cultura organizacional e adotam práticas flexíveis de LM. Os resultados deste trabalho indicam que, para implementar o LM com sucesso, é fundamental ir além dos seus aspetos técnicos e adotar práticas flexíveis que estimulem o desenvolvimento de uma forte cultura organizacional.</p>
(Trenkner, 2016)	<p>Este trabalho procura demonstrar o papel e a importância da liderança Lean para a implementação bem-sucedida de conceitos Lean. No artigo é abordado o facto de muitas implementações do Lean Management não atenderem às expectativas a longo prazo pois as empresas estão focadas principalmente na eliminação de desperdícios e esperam resultados rápidos. Deste modo, o trabalho procura demonstrar a importância da liderança para se conseguir criar um pensamento Lean e conseqüentemente um processo de melhoria contínua a longo prazo na vida das empresas.</p>
(Mansur, Mu'Alim, & Sunaryo, 2016)	<p>Este estudo identifica as causas de não conformidades numa indústria de plástico, classificando e identificando os desperdícios no processo de produção. Através da pesquisa efetuada procurou-se minimizar os produtos defeituosos e reduzir o desperdício usando as abordagens Lean Six Sigma e FMEA. As recomendações apontaram para a utilização de listas de verificação para monitorização de manutenção e produção.</p>
(Rosa, Silva, Ferreira, & Campilho, 2017)	<p>Este trabalho aborda a redução do tempo de entrega como fator para aumentar a produtividade e melhorar a competitividade das empresas.</p> <p>O trabalho foi desenvolvido numa linha de montagem de uma empresa de fabrico de cabos de comandos para a indústria automóvel, em que a implementação da metodologia SMED, em complemento com outras ferramentas Lean, permitiu uma redução de cerca de 58,3% no tempo despendido em mudanças de setup, contribuindo dessa maneira para o aumento da disponibilidade da linha de montagem e para o aumento da capacidade produtiva.</p>

---

---

(Costa et al., 2018)	Este trabalho procura descrever a transformação necessária na cultura da empresa para a implementação de ferramentas LEAN que por sua vez gera enormes vantagens e permite grande adaptabilidade. Este trabalho foca-se nos 5S, uma vez que este é a base dos sistemas de produção LEAN e funciona não só como um método de limpeza da área de trabalho, mas também inclui métodos para classificação, organização, limpeza e padronização.
(Costa et al., 2018)	Este trabalho foi realizado numa empresa de metalurgia e envolveu a análise de problemas e apresentação de soluções recorrendo essencialmente à metodologia 5S. Além desta metodologia, foram também utilizadas outras ferramentas e ações necessárias, como alterações de layout que tiveram como efeito melhorias de segurança, aumento da produtividade e redução do desperdício.
(Saravanan et al., 2018)	Este trabalho aborda a melhoria da produtividade numa linha de pré-montagem de uma empresa de fabricação de caixas de velocidades através de um estudo de caso usando conceitos LEAN, como fluxograma de processo, gráfico de Gantt e estudos de tempo. Foi usado o VSM (mapeamento de fluxo de valor) para mapear o processo e a standardização do trabalho como ferramentas de melhoria de processo que tiveram como resultado o aumento da produtividade e redução do lead time: o tempo total de fabrico foi reduzido em cerca de 24%.

---

### 3. ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS – AUMENTO DO ÍNDICE DE QUALIDADE

O objetivo deste trabalho foi o de melhorar o Índice de Qualidade (IQ), o principal indicador chave de desempenho de Qualidade na empresa. Para isso, foram identificados problemas e definidas ações de melhoria nos processos com mais impacto na melhoria desta métrica. Atuando com base neste indicador, é esperado um aumento de produtividade e do nível de satisfação do cliente, pois os processos associados têm um grande impacto na performance da empresa e são definidos pela gestão de topo a nível da estratégia.

Por definição, o Índice de Qualidade na empresa é dado por:

$$IQ = TQ \times OTIF$$

Sendo TQ a Taxa de Qualidade e o OTIF, ON Time In Full.

A empresa tem todos os seus processos documentados e usa o Soft Expert como software de gestão documental. Este está integrado com o ERP (SAGE), de onde é retirada a informação relativa à Produção, Planeamento e Rejeição para cálculo da rejeição.

A Taxa de Qualidade representa o valor dos artigos Conformes produzidos, em função do valor total de produção e é calculada da seguinte forma:

$$TQ = \text{Valorização de Set} \div (\text{Valorização de Set} + \text{Custo de rejeitaods}) \times 100$$

A Valorização de SET corresponde ao valor de entrada em armazém de produtos com status A (Aprovado) e o custo de rejeitados corresponde ao valor dos rejeitados.

A Taxa de Qualidade tem então em consideração os artigos conformes declarados pela produção. A evolução deste KPI é dada pelo gráfico representado na Figura 6.

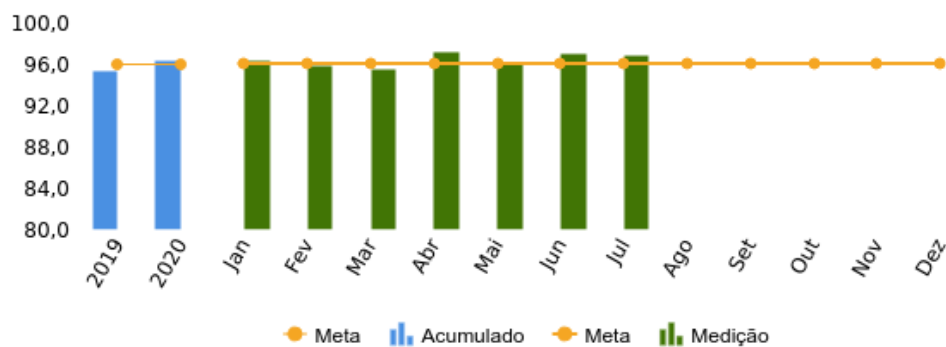


Figura 6 - Taxa de Qualidade

O OTIF representa a capacidade da empresa entregar dentro do prazo, e atendendo a todas as expectativas do cliente e está representado na Figura 7.

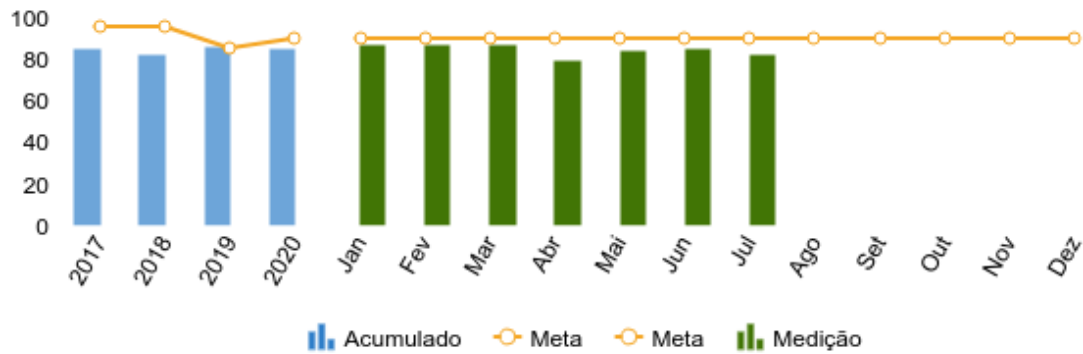


Figura 7 - OTIF

### 3.1. Recolha e análise de dados

A análise do estado atual foi feita através dos três métodos seguintes:

- 1) Análise de Não Conformidades;
- 2) Mapeamento dos processos com recurso a fluxogramas e à descrição do seu funcionamento;
- 3) Análise do fluxo produtivo e caracterização dos subprocessos;

#### 3.1.1. Análise de Não Conformidades

De modo a estabelecer critérios e prioridades para resolução de problemas e conseguir uma relação com os KPIs estudados, foram analisadas as não conformidades ocorridas durante o ano de 2019. As não conformidades na empresa resultam da aceitação de reclamações podem ser despoletadas por reclamações de cliente, registadas internamente ou decorrentes de auditoria, sempre que estas sejam consideradas aceites pela Qualidade.

O registo de não conformidades é efetuado pelos elementos da qualidade, na sequência de reclamações de produto/serviço não conforme, relatórios de auditorias, revisão do SGQ, análise de dados, monitorização dos processos, entre outros, sendo decorrente do registo a tipificação do problema, o processo que esteve na base do problema, a análise de causas e a definição do plano de ações para solucionar a causa. O tratamento de não conformidades é feito utilizando o software de gestão Soft Expert e o seu fluxograma está descrito na Figura 8.

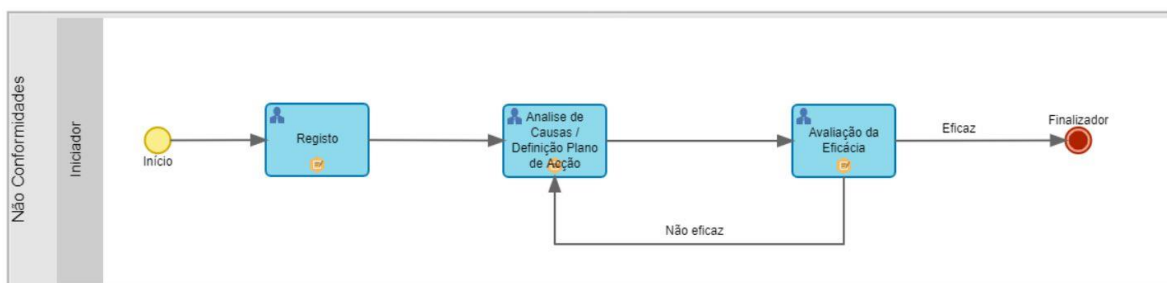


Figura 8 - Fluxograma de tratamento de Não Conformidades

A lista de todas as não conformidades estudadas pode ser vista no ANEXO A, e com base na análise de cada uma delas, foi construída a Tabela 7 onde se agruparam por processo origem.

Tabela 7 - Nº de não conformidades por Processo

Processo Origem	Não Conformidades
Compras e Subcontratação	10
Desenvolvimento de novos produtos	8
Expedição	1
Gestão de Créditos e Cobranças	0
Gestão de Infraestruturas	0
Gestão de pedidos	4
Planeamento de Produção	0
Produção - Acabamentos de superfície	6
Produção - Fabrico de Componentes	7
Produção - Fundição Inj. Alumínio	3
Produção - Fundição Injetada Zamak	3
Produção - Fundição por Gravidade	14
Produção - Montagem	2
Produção - Esmerilagem	6
Qualidade	1
Recursos Humanos	0

Desta análise inicial, verificou-se que os sectores de Compras e Subcontratação, Produção e Desenvolvimento de Novos Produtos são aqueles que apresentam um maior número de problemas (foram considerados os setores com mais de 5 não conformidades). Foram por isso estudadas para estes setores as causas das não conformidades, para poderem ser definidas as respetivas oportunidades de melhoria. Esta análise tem por base a metodologia utilizada na empresa para tratamento de não conformidades, em que é atribuída uma ou mais causas raiz que é imputada ao setor onde esta teve origem, e tipificada de acordo com causas pré-definidas. Um exemplo de análise de causas pode ser observado na Figura 9.

Causa						
<input type="checkbox"/>	T	Causa	Percentual	Área responsável	Ferramenta de análise	Descrição
<input checked="" type="checkbox"/>		NC-0023 - Interpretação	80	04 - Investigação e Desenvolvimento		O afinador ao guiar pelo desenho interpretou mal a tolerância presente no desenho por esta
<input type="checkbox"/>		NC-0002 - Afinação da Máquina	20	03.01 - Fundição		Não foi afinada a máquina conforme o que está especificado no desenho

Figura 9 - Exemplo de uma análise de causas de não conformidades

Com base nos resultados apurados desta análise, criou-se o gráfico da Figura 10, onde se agruparam as não conformidades por setor e pela causa raiz que a originou. Esta análise permitiu direcionar o estudo para os setores mais críticos da empresa e o seu detalhe está apresentado no APÊNDICE A, com o respetivo número de não conformidades por setor e o total global considerado para este trabalho.

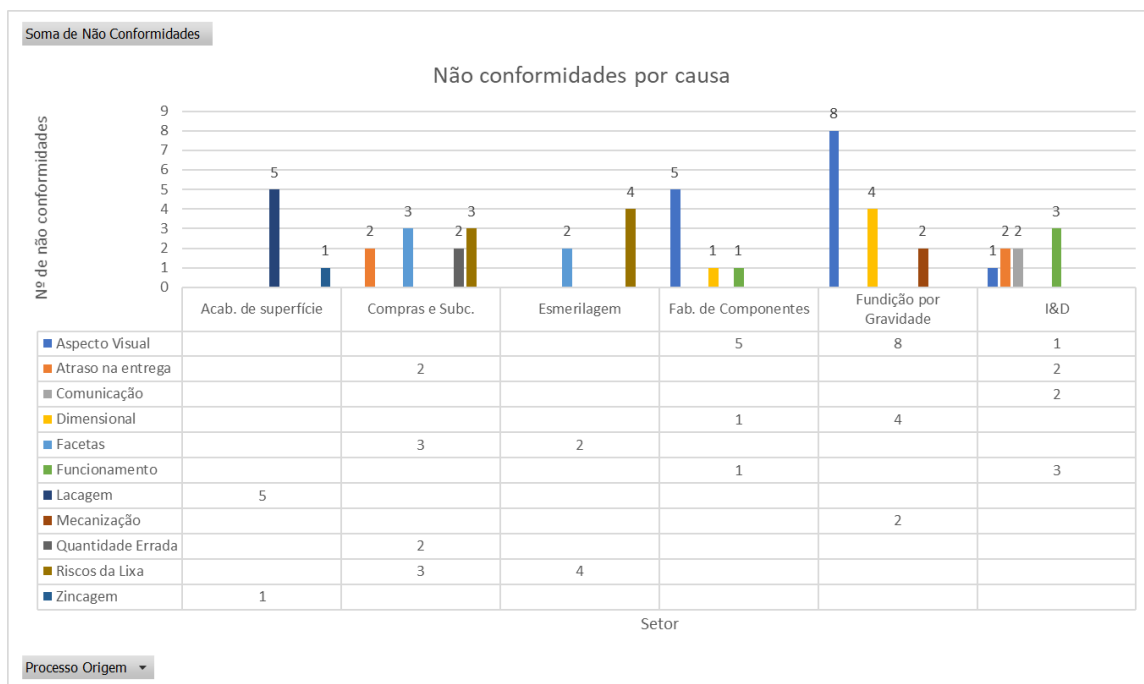


Figura 10 - Não conformidades por causa

Através do estudo do gráfico, são perceptíveis as causas dos problemas nos setores considerados. Este trabalho focou-se naturalmente na identificação de oportunidades de melhoria para estes setores, devido ao benefício inerente associado.

### 3.1.2. Mapeamento de Processos

Os processos de Gestão de Pedidos, Planeamento da Produção e Produção foram mapeados pois são os que estão diretamente relacionados com o indicador IQ. Os subprocessos associados à produção, desde o lançamento da Ordem de Fabrico até à expedição do produto são a Fundição, Fabrico de Componentes e Conformação de Inox, Esmerilagem, Acabamentos de Superfície, Montagem e Expedição.

Apresentamos na Figura 11 o layout fabril e respetiva legenda (detalhe no ANEXO B), para permitir a identificação dos setores que serão analisados no decurso deste trabalho.

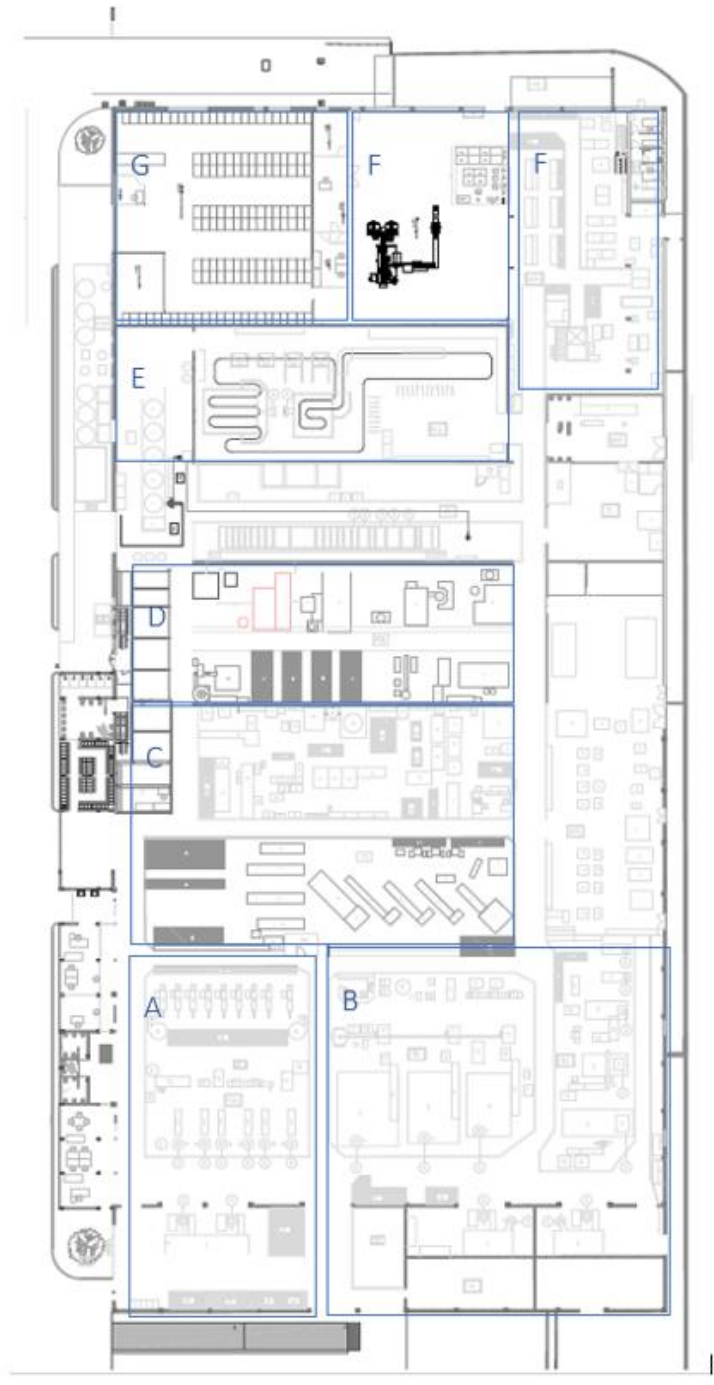


Figura 11 - Layout Fabril

Os setores identificados no layout da fábrica são:

- A: Fundição por Gravidade
- B: Fundição Injetada de Alumínio e Zamak
- C: Fabrico de Componentes e Conformação de Inox
- D: Robots de Esmerilagem
- E: Acabamentos de Superfície
- F: Montagem
- G: Armazém de Expedição

### • Processo de Gestão de Pedidos

O processo de Gestão de Pedidos descreve o fluxo desde que existe uma solicitação de cliente, até que essa solicitação, sob a forma de ordem de fabrico, é lançada pelo Planeamento da Produção. O fluxograma do processo e a respetiva descrição são apresentados na Figura 12.

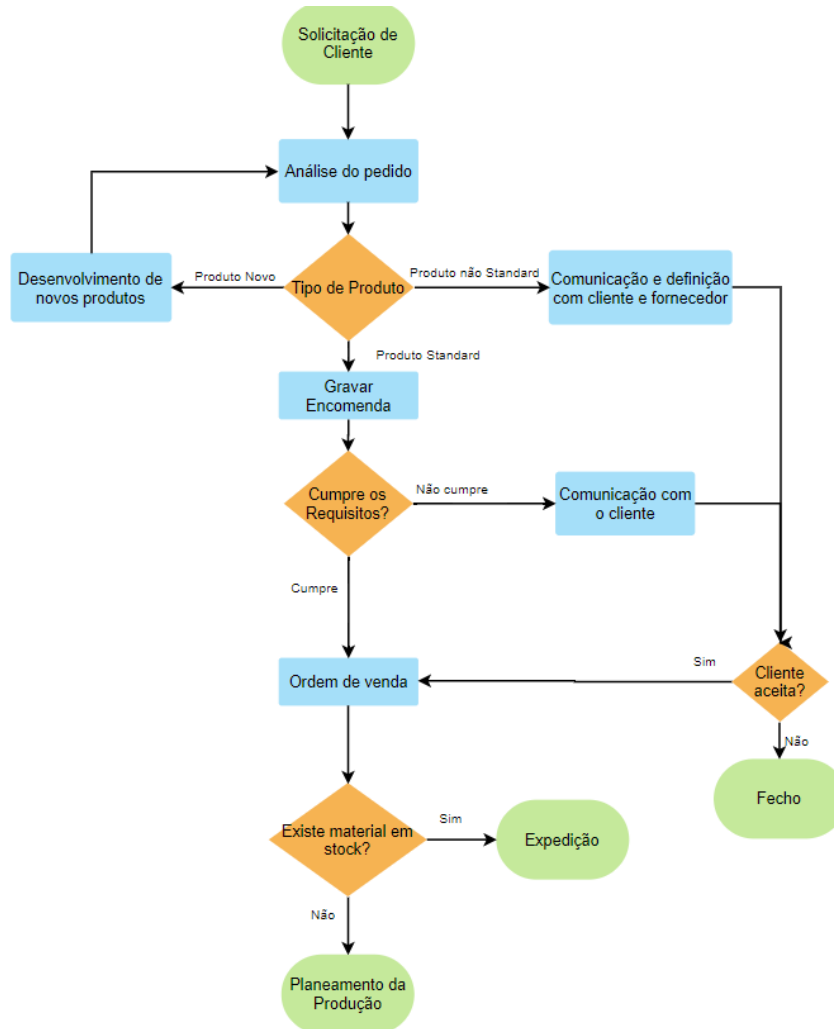


Figura 12 - Fluxograma do Processo Gestão de Pedidos

O processo tem início quando o cliente solicita uma informação, um pedido ou uma assistência técnica. Quando se trata de uma encomenda, é feita a análise para verificar especificações técnicas, quantidades, condições de pagamento e preços. Dependendo do tipo de produto, o pedido pode seguir três caminhos diferentes.

- No caso de produto standard, o setor Vendas Internas grava as encomendas em função das necessidades dos clientes e se todos os requisitos forem cumpridos, é gravada uma ordem de venda. Caso haja dificuldade no cumprimento de prazos, o Planeamento notifica a equipa Comercial, que comunica ao cliente as dificuldades, sendo propostas novas condições sempre que possível. Caso o cliente não aceite o processo é fechado.
- No caso de produtos novos, o processo segue para o I&D, que avalia e inicia o processo de industrialização de produto novo.

- No caso de produtos não standard, a tomada de decisão para comercialização passa pela intervenção do I&D e DG (Direção Geral) para elaboração de desenhos e atribuição de custos (a DG juntamente com a equipa da Comercial é responsável pela definição do preço de venda enquanto que o I&D é responsável pela definição do preço de custo). O resultado da análise é comunicado ao cliente.

É considerado produto novo, aquele que implica alteração ou criação de uma ferramenta para a sua produção. Um produto standard é um produto existente no ERP e finalmente um produto não standard, é aquele que difere de um existente apenas em pequenos detalhes, não envolvendo a criação de novas ferramentas.

Finalmente, a ordem de venda é validada no ERP, sendo que, se existir stock, é realizada a entrega, caso não exista, a ordem segue para o Planeamento da Produção. As entradas e saídas identificadas para este processo estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8 - Entradas e saídas do Processo Gestão de Pedidos

Entradas	Saídas
Solicitações do cliente	Orçamentos
Desenhos	Ordens de venda
Amostras	Assistência técnica
Assistência técnica	

#### • Processo de Planeamento da Produção

Na Figura 13 está descrito o fluxograma do processo de Planeamento da Produção.

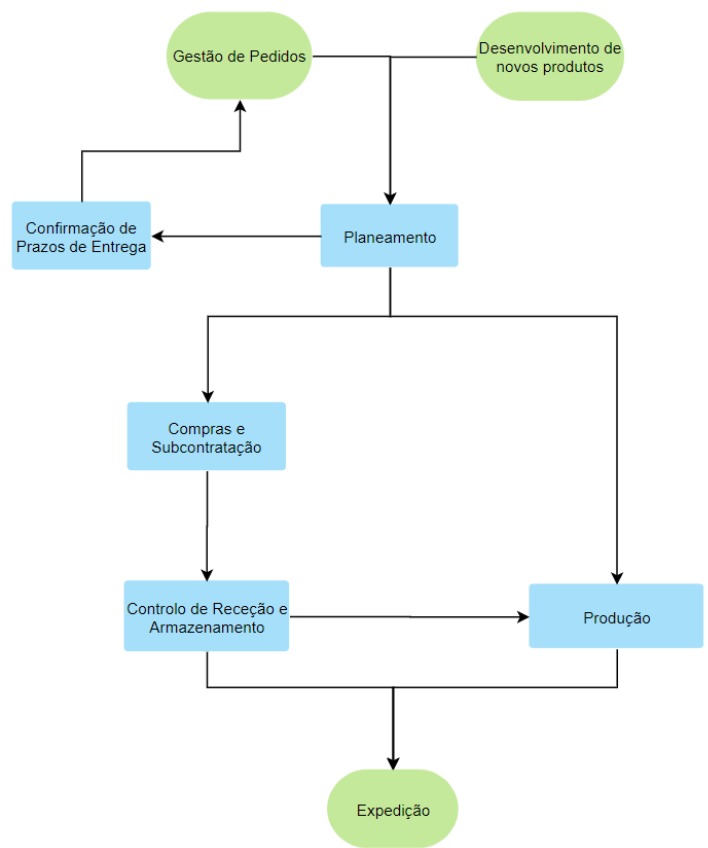


Figura 13 - Fluxograma do Processo Planeamento da Produção

Com base nas Ordens de Venda, necessidades para stock de segurança e o stock interno disponível, o ERP (Enterprise Resource Planning) sugere as atividades de Compras, Subcontratação e Produção. O processo pode também ser iniciado através de um pedido de ensaio do I&D. O planeador analisa as sugestões e determina a necessidade de compra/produção. No caso da produção, cria as ordens de fabrico (OF). Nos postos de trabalho críticos para a empresa é feito um planeamento semanal detalhado, com identificação do equipamento e sequência das OF a produzir, com base nas datas de entrega das ordens de venda. Semanalmente é realizada uma reunião de Planeamento da Produção com os responsáveis de cada setor para validar a disponibilidade de recursos para cumprir os prazos de entrega das Ordens de Venda. Caso algum prazo esteja comprometido a equipa comercial é avisada.

Na atividade de compras e subcontratação é feita a emissão da ordem de compra (OC) com as especificações do produto, preço e prazo de entrega. No caso da subcontratação é também emitida a guia de subcontratação ou guia de transporte. Após a confirmação do fornecedor é feito o acompanhamento do prazo de entrega até receção do material.

Na receção de compras e subcontratação é realizado o controlo de qualidade e de quantidades do produto rececionado. Na receção de produto semiacabado no supermercado é apenas realizado o controlo de quantidade. O material é armazenado em local definido no sistema informático. De acordo com as necessidades é realizada uma requisição de materiais ao armazém que fornece a produção. As entradas e saídas que foram identificadas para o Processo Planeamento de Produção estão descritas na Tabela 9.

Tabela 9 - Entradas e saídas do Processo Planeamento de Produção

Entradas	Saídas
Ordens de Venda	Plano de Produção
Necessidades de Stock Segurança	Ordens de fabrico
Stock Interno disponível	Ordens de Ensaio
Pedidos de Ensaio	Ordens de Compra
	Receções de material

- **Processo de Produção**

O Processo de Produção, cujo fluxograma de processo está definido na Figura 14, é realizado em função das encomendas, da matéria-prima, stocks intermédios e produto acabado existente. O Planeamento de Produção emite OF's através do sistema informático, que são distribuídas pelos respetivos centros de trabalho. As ordens de fabrico são compostas por: Vale de trabalho, Ficha de Afinação (se necessário), Requisição de Componentes (se necessário), Entradas Ordem Fabrico (se necessário). A Produção em série é iniciada no setor respetivo, de acordo com a Ordem de Fabrico.

Quando a produção está concluída nos setores Fabrico de Componentes e Fundição, os artigos são esmerilados caso necessário, e a produção é armazenada no supermercado intermédio ou encaminhada de imediato para os acabamentos de superfície previstos na OF. Estes podem ser compostos por várias tarefas, dependendo do acabamento pretendido (vibração, lacagem ou anodização), seguindo depois para a montagem. Quando o processo produtivo está concluído, o produto segue para o armazém de expedição. O setor Conformação de Inox gera produto acabado, que por isso é encaminhado diretamente para a expedição.

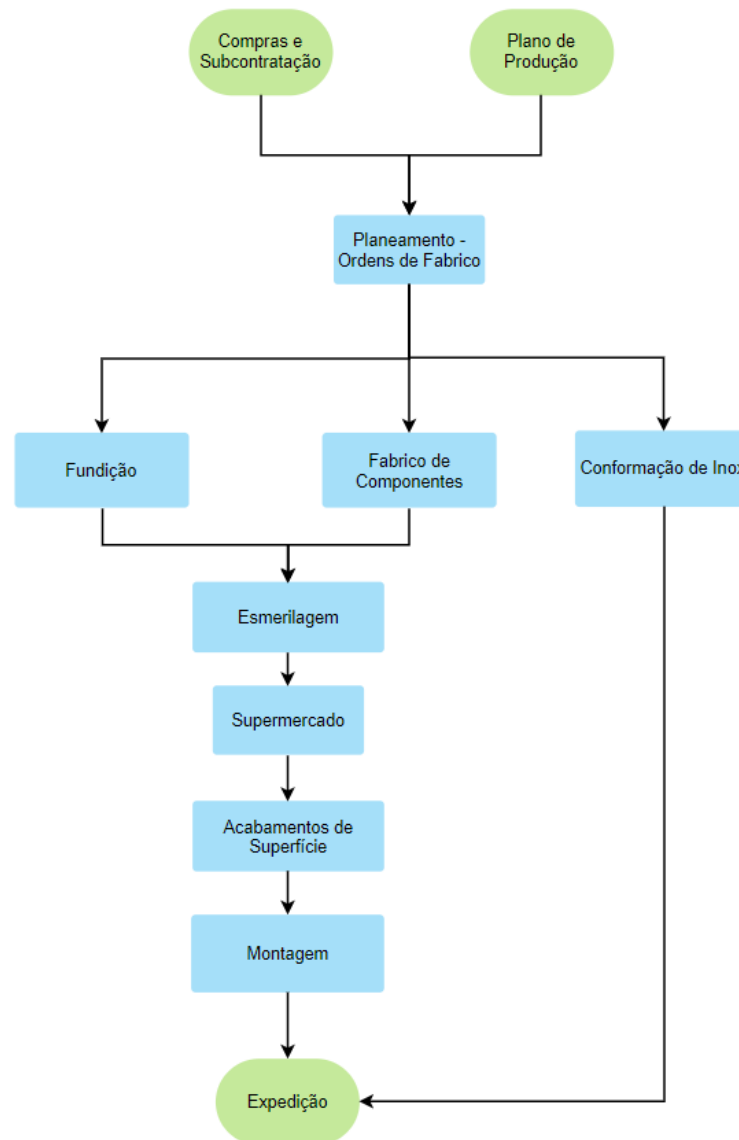


Figura 14 - Fluxograma do Processo Produção

As entradas e saídas do processo estão indicadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Entradas e saídas do Processo Produção

Entradas	Saídas
Matéria prima	Produto acabado
Ordens de fabrico	
Plano de Produção	

### 3.1.3. Análise do Fluxo Produtivo e subprocessos

A fábrica trabalha com dois sistemas (dividida ao meio) no que diz respeito ao sistema de fluxo: A Fundição, o Fabrico de Componentes e a Esmerilagem atuam sob o sistema *Push*, enquanto que para as operações posteriores, até ao armazém de produtos acabados funciona com o sistema *Pull* como podemos observar na Figura 15.

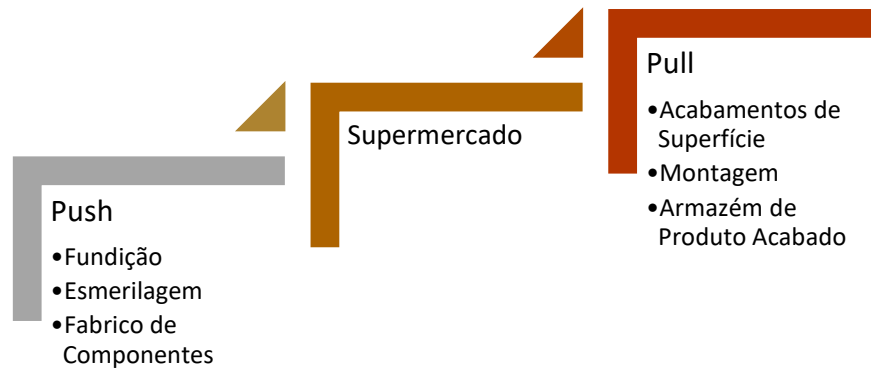


Figura 15 - Sistemas de fluxo de produção

#### • Fundição por Gravidade de Alumínio

O alumínio, vindo diretamente do fornecedor, é guardado no Armazém de Matérias Primas (AMP). Este chega sob a forma de lingotes em duas ligas: a liga AG4Z e a AM3ST. Há dois fornos onde se dá a fusão dos lingotes, sendo que a liga no seu estado líquido é transportada conforme as necessidades para os fornos de manutenção, situados junto das coquilhadoras. O transporte é feito através de uma colher de transporte, e remove-se a escória antes de se iniciar o transporte entre os fornos.

A operação que se segue é a moldação, na qual ocorre a fundição por gravidade. De seguida, as peças aguardam até arrefecerem, ou no parque, antes do corte de jito caso sejam cortadas no mesmo dia em que foram moldadas, ou no AMP se a operação de corte não ocorrer no mesmo dia.

As máquinas onde se verifica o corte dependem das peças a serem cortadas, mais especificamente do jito das peças, pois é este que define qual a máquina mais apropriada para cortar cada jito. Depois de terminar a operação de corte de um determinado lote (conjunto de peças), o destino do mesmo é, ou ser transportado para o parque do corte de jito, ficando a aguardar em stock, ou ser transportado para o parque da esmerilagem, de forma a dar andamento ao processo produtivo. As etapas do subprocesso estão representadas na Figura 16.

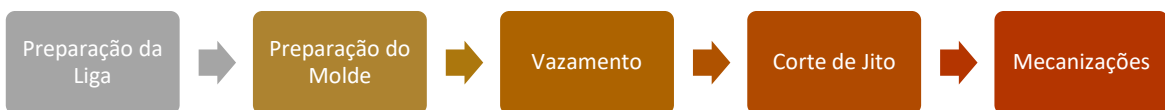


Figura 16 – Etapas do subprocesso Fundição por Gravidade de Alumínio

#### • Fundição Injetada de Alumínio

O processo é iniciado com a Fusão e Tratamento das Ligas. Existe para o efeito um forno de fusão para o Alumínio Injetado onde é verificada e regulada a temperatura com recurso a sonda e o forno é alimentado por refusão de peças e lingotes. A empresa usa unicamente uma liga para o alumínio injetado, a ALMg3. O material fundido é posteriormente transportado para os fornos de manutenção das duas máquinas de injeção (Figura 17) para se dar início à moldação.



Figura 17 - Máquina de Fundição Injetada

Após a montagem do molde, é verificada a referência a produzir cruzando a informação da OF com o desenho de peça e fichas técnicas de produto. Dá-se também início à afinação da máquina, com os parâmetros definidos nas fichas técnicas de máquina. Paralelamente são montados equipamentos de suporte à produção da referência em questão, nomeadamente sistemas de corte de jito e mecanizações.

A produção em série é iniciada após validação por parte da Qualidade ou do operador, no caso do produto se encontrar em autocontrolo. Após início da produção em série, são retiradas amostras das peças para efetuar ensaios de pintura que irão validar a conformidade da produção, ou dar informações úteis para ajustes de parâmetros de máquina a fazer pela produção no caso da deteção de defeitos. O operador é responsável por manter os parâmetros de trabalho definidos, assim como pelo controlo das peças durante a produção. Podemos observar as etapas do subprocesso na Figura 18.



Figura 18 – Etapas do subprocesso Fundição Injetada de Alumínio

- **Fundição Injetada de Zamak**

O processo de fundição injetado de Zamak é em tudo semelhante ao do alumínio, com a exceção das ligas utilizadas, que são neste caso, ligas de alumínio e Zinco, o Zamak 2 e o Zamak 5. O fluxograma do processo é também o mesmo.

- **Fabrico de componentes**

No setor de fabrico de componentes, a matéria prima são tiras e bandas de Alumínio e Inox que chegam sore a forma de bobinas. As máquinas do setor são prensas hidráulicas com as quais é executado o corte e estampagem de componentes (Figura 19), usando cortantes adequados para cada produto produzido.



Figura 19 - Prensa hidráulica de estampagem e corte

Tal como nos restantes setores, o afinador da ferramenta e operadores guiam-se por documentação técnica, tanto de máquina como de peça, para afinação e controlo durante o processo produtivo. Após corte e estampagem, há peças que sofrem operações de maquinação. A evidência do controlo efetuado nas peças é o registo visual e dimensional efetuado pelo operador. As etapas do subprocesso no setor estão representadas na Figura 20.



Figura 20 – Etapas do subprocesso Fabrico de Componentes

#### • Esmerilagem

A esmerilagem, está subdividida nas seguintes fases.

- 1ª fase corresponde à limagem do excesso de jito proveniente do corte, da rebarba existente e da linha de apartação;
- 2ª fase da esmerilagem, que pode ser feita manualmente ou no robot, dependendo da peça e da disponibilidade do robot;
- Envio para subcontratado - devido à falta de disponibilidade, as peças são enviadas para o exterior para que sejam realizadas as operações de mecanizar e/ou esmerilar totalmente a peça.
- Em alguns casos, as peças sofrem uma última esmerilagem, esta de recuperação, sendo que esta operação é uma consequência da esmerilagem no robot, pois por vezes verificam-se imperfeições.

Após esta operação as peças encontram-se no seu estado bruto, e independentemente do seu destino final, são armazenadas no supermercado, localizado no polimento ou embaladas no setor, nos casos em que são vendidas em bruto. As diferentes etapas do processo para o setor de Esmerilagem estão representadas na Figura 21.



Figura 21 – Etapas do subprocesso Esmerilagem

- **Acabamentos de Superfície**

Os acabamentos de superfície dividem-se na vibração mecânica por abrasivos e posterior pintura por lacagem em pó. A vibração mecânica tem como finalidade preparar a peça para a pintura, retirando-lhe limalhas, óleos e outros contaminantes provenientes de processos anteriores, como esmerilagem ou mecanização e conferindo à peça um pré acabamento mais rugoso que vai permitir uma boa aderência da tinta.

Já na linha de lacagem, o primeiro processo pelo qual as peças passam é a degaseificação: as peças começam por ser carregadas nos pendurais ou racks à entrada da estufa de polimerização e entram na estufa quando o mostrador da estufa de polimerização indicar  $200 \pm 10$  °C, ficando no interior da estufa 25 minutos. A degaseificação permite libertar gases aprisionados à superfície das peças, provenientes do processo de fundição que iriam causar defeitos, tais como bolhas ou poros após pintura.

Após degaseificação, as peças entram no tanque da plaforização, à velocidade de 1m/minuto e posteriormente passam na estufa de secagem à mesma velocidade e temperatura de  $130 \pm 10$  °C. A plaforização é um pré-tratamento químico que irá garantir bom acabamento e aderência da tinta em pó. Após secagem, é iniciado o processo de pintura, no qual a tinta em pó é projetada contra as peças que após passagem na estufa, irá polimerizar por ação da temperatura.

As peças são verificadas no fim da linha e são separadas as peças conformes das não conformes, de acordo com os critérios de aceitação definidos. As etapas do subprocesso Acabamentos de Superfície, estão descritas na Figura 22.



Figura 22 – Etapas do subprocesso Acabamentos de Superfície

- **Montagem**

A fase final do processo produtivo dá-se no sector da montagem, no qual tanto componentes produzidos internamente, como componentes comprados são montados para dar origem ao produto final. Existem diversos processos de montagem, tanto através da utilização de ferramentas manuais, como de linhas automatizadas dedicadas a determinados produtos específicos como se pode observar na Figura 23.



Figura 23 - Linha de montagem automatizada

No processo de montagem, os operadores têm disponíveis procedimentos operacionais, tanto para as máquinas como para as características do produto acabado, que utilizam para validação da produção. Por fim, após montagem, as peças são embaladas para serem depois enviadas para o armazém de expedição. As etapas do subprocesso Montagem estão descritas na Figura 24.



Figura 24 – Etapas do subprocesso Montagem

- **Compras e subcontratação**

Este procedimento aplica-se às compras de stock, subcontratação e compras diretas. Foi também tido em consideração pois os componentes comprados são incorporados no processo de fabrico para montagem. As Compras Planeadas são compras resultantes do planeamento da produção e podem ser compras de stock ou compra de subcontratação de um serviço. Compras de Stock aplicam-se às seguintes categorias de produto:

- Matérias-Primas
- Tintas e Pó
- Componentes
- Mercadorias
- Embalagens

As compras diretas são resultantes de pedidos pontuais.

As necessidades de compras planeadas são decorrentes do processo de Planeamento da Produção (sugestões de compra) e as necessidades de compras diretas resultam de pedidos pontuais. A seleção do fornecedor é feita em função das especificações do produto a comprar e/ou serviço a contratar e a lista de fornecedores qualificados. Após formalização da compra é emitido o documento de compra mediante as especificações do produto/serviço e envio ao fornecedor.

O acompanhamento do prazo de entrega é feito pelo emissor do documento de compra até à receção do material ou realização do serviço contratado. Por fim, existe a validação da receção pelo

departamento de Qualidade e o envio dos documentos comprovativos da receção (guia de remessa, guia de transporte ou fatura) para a área financeira desencadear o pagamento aos fornecedores.

### 3.2. Identificação de problemas

A principal fonte de recolha de dados foram as não conformidades registadas e análise de indicadores chave de desempenho, que funcionaram como guia e ponto de partida para a análise, suportados pelo mapeamento dos processos e subprocessos, que permitiram acompanhar todo o fluxo produtivo através da cadeia de valor.

Para o subprocesso de Compras e Subcontratação, observou-se que não existia acompanhamento dos prazos de entrega para todos os produtos, sendo que o alerta por falta de materiais é por vezes despoletado pela Produção. Ao mesmo tempo, o material que chega não é imediatamente verificado, o que leva a alguns atrasos de entradas em stock, com constrangimentos para o Planeamento da Produção. Verificou-se também que algumas compras diretas não são geridas pelo ERP o que diminui o poder de negociação com alguns fornecedores. Ainda no que diz respeito aos fornecedores, a avaliação existente é feita através de uma folha de excel, gerida pelo departamento de Planeamento da Produção, que apenas tem em consideração o fator preço como medida de análise. Ainda no que diz respeito ao Planeamento, não existe método de alerta sistemático para a equipa comercial, no caso de possibilidade de incumprimento dos prazos de entrega na Produção.

No Desenvolvimento de Novos Produtos, através do KPI tempo de industrialização, observou-se um diferencial de cerca de 180 dias entre o target planeado e o tempo real de aprovação. Além disso, a média de iterações para aprovação de novas ferramentas é de 4,53, o que é manifestamente lento em relação aos objetivos estipulados para a empresa que são de 2 iterações para moldes e ferramentas dos sectores do Alumínio Injetado, Zamak e Fabrico de Componentes e de 4 iterações para a Fundição por Gravidade. Constatou-se também, através de entrevistas para sugestões de melhoria do setor, que uma das principais observações estava relacionada com a falta de acompanhamento de elementos do I&D em todo o processo de industrialização no chão de fábrica. Existe a sensação de que a produção é deixada “sozinha” em ensaios de moldes e ferramentas, por vezes sem acompanhamento ou preparação eficaz da implementação nos novos produtos.

A nível dos Recursos Humanos, constatou-se, por análise de responsabilidades descritas no manual de funções, assim como dos Procedimentos Gerais da empresa, que em alguns sectores as responsabilidades não estão bem definidas, causando entraves principalmente na comunicação entre setores. Foram também detetados em chão de fábrica impressos que não se encontravam codificados e por isso não estavam inseridos no Sistema de Gestão. Em alguns casos tratava-se de modelos teste, no entanto, seria pertinente existir um processo de avaliação e aprovação gerido pela Qualidade para que tudo fique documentado.

Ao nível do processo produtivo, foram acompanhadas ordens de fabrico dos diversos setores, desde o início do processo, até à montagem do produto final e colocação no armazém de expedição. Fruto da observação sistemática efetuada, foram agrupados por tipo de processo onde tiveram origem, todos os problemas identificados que estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Identificação de Problemas por Processo

Processo origem	Problema detetado
Compras e Subcontratação	Processo de controlo de Qualidade para receção de produtos comprados e produtos de subcontratação pouco eficiente
	Gestão de entradas e saídas com falhas
	Planeamento de subcontratação pouco eficaz
	Algumas compras não são feitas através do ERP
	As responsabilidades dos Sectores de Compras e Subcontratação e Planeamento e Logística não estão bem diferenciadas
Desenvolvimento de novos produtos	Processo de aprovação de produtos novos é muito lento
	Pouco acompanhamento no chão de fábrica para implementação de produtos novos
	Processo de Industrialização pouco eficiente
Expedição	As responsabilidades no armazém de expedição não estão completamente definidas
Recursos Humanos	Plano de acolhimento não prevê acolhimento inicial por parte da Qualidade
	Alguns modelos utilizados pelos RH não estão codificados e não fazem por isso parte do Sistema de Gestão
Gestão de pedidos	A avaliação de fornecedores não é realizada para todos os fornecedores
	Avaliação de fornecedores pouco eficiente
Gestão de Infraestruturas	Existem equipamentos para os quais não são realizados backups automáticos, apesar de o equipamento ter possibilidades para isso
	Alguns planos de manutenção desatualizados – Fundição (máquinas novas sem PM 1º nível)
Planeamento de Produção	O planeamento não é transmitido de forma automática aos diversos sectores
	As prioridades de produção são feitas manualmente e não através do ERP
	Na eventualidade de incumprimento de prazos de entrega, não está previsto um alerta para os sectores da Produção e Comercial
Produção	Pequena quantidade de artigos em autocontrolo implementados no chão de fábrica
	Má ligação entre sectores - comunicação
	Deslocações desnecessárias de pessoas e materiais
	Falhas na identificação de material no chão de fábrica
	Algumas gamas operatórias não refletem todas as operações realizadas durante o curso de fabrico
Produção - Acabamentos de superfície	Equipamentos de pintura (estufas de polimerização) obsoletos
	Grande número de defeitos como inclusões e má aderência gerados pelo processo
Produção - Fabrico de Componentes	Critério de aprovação de peças pouco uniforme
	Existem registos não preenchidos pelos operadores que originam incerteza acerca das evidências do controlo efetuado durante a produção
Produção - Fundição Injetada Zamak	Documentação técnica com informação pouco clara
Produção - Fundição Injetada Alumínio	Muitas deslocações de operadores para procurarem ferramentas durante a montagem de moldes
Produção - Fundição por Gravidade	Deficiente separação de ligas – as caixas não estão sempre identificadas
	Alta taxa de rejeição
	Colaboradores com pouca formação
	Poucos ensaios e dificuldade em validar a qualidade dos artigos produzidos durante o curso de fabrico

Produção - Montagem	Documentação técnica com poucos detalhes de fabrico
Produção - Esmerilagem	Programas de esmerilagem dos Robots pouco eficientes
	Baixa formação dos operadores
Qualidade	Procedimentos operacionais com falhas a nível da descrição dos processos de fabrico
	A avaliação de eficácia após tratamento de não conformidades não é sempre realizada
	Nas Auditorias Internas não está clarificado o prazo limite da elaboração do programa anual de auditorias

### 3.3. Seleção de ações de melhoria e soluções

Dos problemas identificados, foram escolhidos sete para o desenvolvimento deste trabalho. O critério teve por base a escolha de problemas cuja resolução apresenta maior impacto a nível produtivo e financeiro, logo, com maior potencial para melhorar a Taxa de Qualidade e OTIF. Também foi considerada a facilidade de implementação, dada a impossibilidade de colocar em prática todas as ações. Estes problemas estão apresentados na Tabela 12, assim como a proposta de solução para resolver cada um deles.

Tabela 12 - Seleção de Ações de Melhoria e Soluções Previstas

Ação	Setor	Problema	Solução
1	Produção Esmerilagem	Programas de esmerilagem dos Robots pouco eficientes	Otimização de programas para melhorar Qualidade e eficiência
		Baixa formação dos operadores	Formação aos colaboradores
2	I&D	Processo de Industrialização pouco eficiente	Raio X ao I&D - Melhoria do Processo Industrialização de Novos Produtos
3	Produção - Fabrico de Componentes	Alta taxa de rejeição	Estudo Gage R&R para avaliar o estado atual
		Falta de conhecimento dos critérios de aceitação	Formação aos colaboradores
		Critérios pouco uniformes	Criação de padrões visuais
4	Produção - Fundição por Gravidade	Deficiente separação de ligas – as caixas não estão sempre identificadas	Reorganização do setor – 5S
		Alta taxa de rejeição	Alterações técnicas no processo produtivo
5	Gestão de pedidos	A avaliação de fornecedores não é realizada para todos os fornecedores e é pouco eficiente	Revisão do processo de avaliação de fornecedores
6	Produção – Todos os setores	Má ligação entre sectores – falta de comunicação	Melhorar comunicação entre sectores – Team Boards (ex. Quadros Kanban)
7	Produção - Lacagem	Grande número de defeitos como inclusões e má aderência gerados pelo processo	Melhorias no processo produtivo

### 3.4. Ações de melhoria – implementação, controlo e ajustamento

#### 3.4.1. Robots de Esmerilagem - Otimização

No setor da esmerilagem os problemas detetados foram as altas taxas de rejeição provenientes da subcontratação do serviço, e o longo tempo de espera do produto semi-acabado, devido a longos prazos de entrega da subcontratação e à ineficiência dos robots de esmerilagem. Aliado a esse facto, a esmerilagem representou um custo substancial que pode ser diminuído com otimização do processo. Existem 4 equipamentos de esmerilagem automática e o processo de fabrico consiste em dar um acabamento na peça próximo da sua geometria final, através da execução de diversas passagens em lixas de vários grãos, que retiram o excesso de material das peças proveniente da fundição, nomeadamente linhas de separação de molde e zonas de alimentação ou de jitage. Na Figura 25 está representado um dos robots de esmerilagem da empresa.



Figura 25 - Robot de Esmerilagem

Para esta ação de melhoria foi usado o A3 de 9 passos (Kaizen), cujas etapas descrevemos de seguida.

##### 1. Clarificar objetivos

Tendo em conta a rejeição detetada na esmerilagem e número de reclamações associadas, sendo uma grande percentagem destas proveniente da subcontratação da esmerilagem por falta de capacidade produtiva dos robots da empresa, foi realizado um estudo para reduzir o tempo de produção nos robots de esmerilagem através da otimização de operações. Além disso, a ineficiência do processo origina custos desnecessários no setor.

##### 2. Observar a realidade do estado atual (ano de 2019)

- Foram gastos 66.000€ em tempo de operação nos robots de esmerilagem
- Os custos de subcontratação de operações de esmerilagem foram 44.000€
- Nº total de reclamações = 7

Por comparação através de simulação com programas otimizados, verificou-se ser possível reduzir os tempos de esmerilagem entre 10% a 20%. Esta comparação foi feita usando a diferença entre o tempo de ciclo por peça atual e o tempo de ciclo por peça em programas realizados pelo fabricante.

##### 3. Definir objetivos

Reduzir o tempo de operação entre 10% a 20% (Tabela 13) no top 10 de artigos de esmerilagem, iria permitir melhorias a nível produtivo (tempos de entrega mais baixos) e a eliminação de subcontratação, através de maior controlo de operações e melhor qualidade de produto internamente.

Tabela 13 - Objetivos Robots de Esmerilagem

	Redução 10%	Redução 15%	Redução 20%
Poupança Anual	5752.09€	8628.14€	11504.19€

#### 4. Analisar diferenças e causas

Porque é que os programas de esmerilagem não estão otimizados?

- Os programas foram desenvolvidos internamente por colaboradores sem formação especializada em programação;
- Os programas foram desenvolvidos sem ter em mente a sua otimização;
- Os colaboradores têm acesso aos programas e podem alterá-los livremente.

#### 5. Desenhar as soluções

- Formar 2 colaboradores em programação de robots
- Custo formação: 2.400€
- Na formação vai ser otimizado o produto Man. 30900-650.2 SA que trará uma poupança anual estimada de 1.808,79€ (redução 15% tempo operação)
- Selecionar os produtos a otimizar (Tabela 14);
- Planejar intervenções nos robots;
- Bloquear o acesso aos programas dos robots para que não sejam alterados depois de otimizados.

Os produtos a otimizar foram definidos de acordo com o custo operacional para o ano de 2019. Na Tabela 14 apresentam-se os valores de custo atual assim como o tempo e redução prevista após otimização.

Tabela 14 - Seleção de Produtos a Otimizar

Cód.	Produto	Custo Op. 2019	Tempo Op. 2019	Tempo Op. Objetivo	Redução 10%	Redução 15%	Redução 20%
2A0109	MAN.82000-2AD SA	15'157.92 €	2.07	1.76	1'515.79 €	2'273.69 €	3'031.58 €
	MAN.30900-650.2 SA	12'058.58 €	1.15	0.98	1'205.86 €	1'808.79 €	2'411.72 €
2A0043	MAN.4000-217.2 SA	10'837.81 €	1.15	0.98	1'083.78 €	1'625.67 €	2'167.56 €
	MAN.30000-672AD.2 SA	4'650.69 €	1.94	1.65	465.07 €	697.60 €	930.14 €
2A0044	MAN.823AD/1.2 SA	3'533.62 €	1.67	1.42	353.36 €	530.04 €	706.72 €
2G0033	MAN.3253/1 SA	2'963.81 €	1.76	1.50	296.38 €	444.57 €	592.76 €
	MAN.4000-217.2 CYL SA	2'454.28 €	1.15	0.98	245.43 €	368.14 €	490.86 €
2A0055	MAN.4000-219.2 SA	2'239.07 €	0.86	0.73	223.91 €	335.86 €	447.81 €
	MAN.30000-670AD.2 SA	2'210.85 €	1.94	1.65	221.08 €	331.63 €	442.17 €
2A0115	MAN.30900-650.2 CYL SA	1'414.32 €	1.15	0.98	141.43 €	212.15 €	282.86 €

## 6. Testar as soluções

A solução vai ser ensaiada e testada em simultâneo. Após formação irão ser otimizados os programas previstos e analisado o impacto na redução de custos. A médio prazo irão também ser analisadas as reclamações para estudar o impacto desta medida.

## 7. Definir plano de ações (Tabela 15)

Tabela 15 - Plano de Ações - Robots de Esmerilagem

O Quê	Quem	Até Quando	Status
Contactar fornecedor de robots para agendar reunião	RH	12-04-2020	Concluído
Reunir com o fornecedor para clarificar as nossas necessidades de formação	RH + Engenharia	26-04-2020	Concluído
Análise de proposta e adjudicação	RH + Engenharia	03-05-2020	Concluído
Seleção de produtos para otimização de operações de esmerilagem	Produção	21/04//2020	Concluído
Formação dos colaboradores e otimização de programas	Engenharia	22/05/2020 a 24/05/2021	Planeado
Planear intervenções de melhoria nos robots	Engenharia	25/05/2020 a 09/06/2020	Não iniciado
Recolha de resultados	DQ	30-06-2021	Não iniciado

## 8. Confirmar a concretização de objetivos – Em curso.

## 9. Lições aprendidas – Em curso.

### 3.4.2. Melhoria do Processo – Industrialização de Novos Produtos (I&D)

Um dos problemas com maior impacto na produtividade e tempo de entrega está relacionado com os produtos novos e o seu processo de aprovação e consequente implementação em chão de fábrica. Verificou-se que o Processo de Industrialização de Novos Produtos no chão de fábrica apresentava os seguintes problemas:

- Elevado Lead Time de Industrialização que originava perda de vendas;
- Planeamentos irrealistas que levam a desvios entre duração planeada e duração real, o que causa insatisfação do cliente;
- Equipa de ID com muitos elementos novos que introduz elevada variabilidade;
- Processo de Industrialização pouco eficiente o que origina início de produção com muitos erros e altas taxas de rejeição para produtos novos.

Os desperdícios identificados no processo foram os seguintes:

- Falhas na comunicação na passagem de informação entre intervenientes;
- Elevado número de iterações do processo até peça aprovada;
- Descomprometimento e descoordenação da equipa de projeto;
- Elevada variabilidade devido à falta de normalização.

Para a melhoria do processo de Industrialização, estabeleceu-se como objetivo definir um plano de implementação de melhoria do processo para redução do tempo de industrialização dos produtos em 30% com foco nos processos de fundição. Foi utilizada uma estrutura de divisão de produto



Tabela 17 - Duração média Industrialização (estado atual)

Processo	Duração Média Real	Lead Time Situação Atual
Coquilha	300	211 - 312
Alumínio	206	186 - 257
Zamak	124	121 - 202

A fase seguinte passou por identificar e selecionar as ideias de melhoria:

- Onde pode ser eliminado o MUDA (desperdício)?
- Onde podem ser encurtadas atividades?
- Onde existe probabilidade de erros?
- Onde podem ser normalizadas variáveis?

E por quantificar o seu potencial de melhoria através de:

- Otimização interfaces;
- Redução Lead Time;
- Redução tempo processamento.

O processo de identificação de soluções teve por base reuniões com os responsáveis dos setores envolvidos, em que foram discutidas as ideias de melhoria e a melhor forma de as resolver. As soluções identificadas estão descritas na Tabela 18. O resultado foi obtido através da matriz de esforço benefício descrita na Figura 27, e tem em conta a facilidade de implementação da solução vs. O benefício obtido com a redução do Lead Time.

Tabela 18 - Soluções identificadas Processo de Industrialização

Solução	Facilidade	Benefício	Resultado
8. Processo de Industrialização	Fácil	Médio	12
1. Modelos standard de projetos	Médio	Alto	12
3. Planeamento Visual	Médio	Alto	12
6. Documentação de Projeto	Fácil	Baixo	8
5. Simulação	Difícil	Alto	8
9. Manual Ensaios	Difícil	Alto	8
2. Reunião de Arranque	Médio	Baixo	6
10. Aprovação de Amostras	Fácil	Muito baixo	4
4. Top Solid (externo)	Muito difícil	Muito baixo	1
7. Medição CMM	Muito difícil	Muito baixo	1



Do mapeamento da situação futura, surgiram também ideias que, por serem muito abrangentes e transversais a diversos setores da empresa, foram divididas em subprojetos para maior facilidade de tratamento e implementação. Os quatro subprojetos de melhoria descritos de seguida, irão ser implementados pela equipa de I&D, não só para a industrialização de novos produtos, mas também para todos os projetos da empresa.

#### **Subprojeto 1: Normalização**

Criar um procedimento operacional normalizado para gerir todos os projetos que passará a incluir as seguintes fases:

- Reunião de Arranque (documentação)
- Documentação de Projeto
- Procedimento de Industrialização
- Manual de Boas Práticas de Ensaios
- Aprovação de Amostras de Cliente

#### **Subprojeto 2: Planeamento**

- Modelos standard de projetos: criação de modelos padrão, usando o módulo de Planeamento de Projetos do software de gestão documental da empresa, o Soft Expert.

#### **Subprojeto 3: Acompanhamento**

Definir um método de acompanhamento do projeto até à sua aprovação, que inclui necessariamente:

- Reunião de Arranque (operacionalização)
- Planeamento Visual

#### **Subprojeto 4: Simulação**

- Simulação de Fundição – de modo a diminuir o número de iterações até à aprovação de moldes, será realizado um estudo dos benefícios da simulação com software, antes da fase da produção dos moldes.

### **3.4.3. Critério de aceitação - Fabrico de Componentes**

Uma das maiores causas da rejeição no setor Fabrico de Componentes está relacionada com a rejeição devida ao aspeto visual de coberturas em alumínio (Figura 29). Este produto é realizado por estampagem e corte de banda de alumínio e sofre diversas operações em matrizes de corte operadas em prensas hidráulicas. Esta rejeição é crítica porque este é o artigo com maior volume de produção no setor e o seu processo de fabrico é complexo porque envolve a utilização de diversas ferramentas e a intervenção de vários operadores.



Figura 29 - Coberturas de alumínio para puxadores

Após observação de quantidades rejeitadas por turno de trabalho e por operador, verificaram-se diferenças significativas no número de peças não aprovadas, o que levou a concluir que não existe uniformidade de critério entre operadores: podem estar a ser rejeitadas peças que cumprem os requisitos do cliente.

Com base nesta observação, realizou-se um estudo Gage R&R para validar a causa da falta de uniformidade de critérios e definir um plano de ações para a resolver. Este estudo mede repetibilidade e reprodutibilidade, quando estamos na presença de dados contínuos.

A repetibilidade e reprodutibilidade são os dois componentes da precisão num sistema de medição. Algumas questões a serem respondidas por este estudo foram:

- 1) O mesmo avaliador chega à mesma conclusão ao avaliar as mesmas amostras repetidamente? Resultado entre avaliadores (Repetibilidade);
- 2) Cada avaliador chega às conclusões corretas? Resultado para cada avaliador vs. standard;
- 3) Diferentes avaliadores chegam às mesmas conclusões? Resultado entre avaliadores (Reprodutibilidade);
- 4) Os avaliadores chegam à conclusão correta? Resultado todos os avaliadores vs. standard;
- 5) Taxa de Falha? Peças NOK vão para o cliente - Taxa de falha de classificação;
- 6) Taxa de alarme falso? Peças OK são rejeitadas - Taxa de falha de classificação.

Para o estudo, utilizou-se o coeficiente Kappa para avaliar a percentagem de concordância, sendo os limites utilizados apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Percentagem de concordância

Percentagem de concordância (Kappa Statistics)	Orientação
Acima de 90%	Excelente
De 80% a 90%	Aceitável
Abaixo de 80%	Não aceitável

Além do parâmetro anterior, considerou-se também a Estatística Fleiss-Kappa para estudar não só concordância observada, mas também a probabilidade de esta ter ocorrido por acaso. Para esse efeito, considerou-se:

- + 1: concordância perfeita
- 0: acaso
- 1: não concordância perfeita

Por fim, os limites da estatística Kappa considerados foram os apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Estatística Fleiss-Kappa

Estatística Kappa	Orientação
0.80 a 1.00	Concordância muito boa
0.60 a 0.80	Concordância boa
0.40 a 0.60	Concordância moderada
0.20 a 0.40	Concordância aceitável
Inferior a 0.20	Concordância baixa

A fase seguinte do estudo Gage R&R foi a preparação de testes onde diversos avaliadores escolhem peças para que sejam recolhidos os dados de concordância entre todos. O teste foi elaborado com os seguintes parâmetros:

- Amostra: 20 peças;
- Peças boas e peças no limite de aceitação;
- Peças de avaliação muito simples não foram incluídas;
- Dois testes;
- Cada avaliador escolhe as peças 2 vezes em dias diferentes e numa ordem diferente;
- Standard: foi escolhido um especialista como standard para a avaliação;
- Avaliadores: 8 pessoas;
- 4 colaboradores da área da Produção: P1 a P4;
- 4 Colaboradores de outras áreas, com responsabilidade na definição de critérios de aceitação: Q1 a Q4.

No APÊNDICE B está exposto todo o material de apoio utilizado nos testes executados pelos operadores, nomeadamente os formulários de registo para cada teste e respetivos resultados.

Após a realização dos testes, os resultados foram tratados utilizando o software de estatística Minitab. Para mais fácil compreensão dos resultados obtidos, a análise foi dividida em três itens distintos:

- Resultado entre avaliadores;
- Avaliador vs. Padrão e Todos os Avaliadores vs. Padrão;
- Taxas de classificação incorreta (Miss Rate) e Taxa de alarme falso (False Alarm Rate)

#### • Resultado entre avaliadores

Na Figura 30 apresentamos o resultado do teste entre avaliadores. A intenção foi a de comparar a percentagem de concordância obtida pelos diversos avaliadores nas duas escolhas efetuadas. A escolha, como foi referido, foi realizada com as mesmas peças, mas em dias diferentes. Desta forma, estamos no fundo a avaliar a consistência das respostas dos avaliadores nos dois testes.

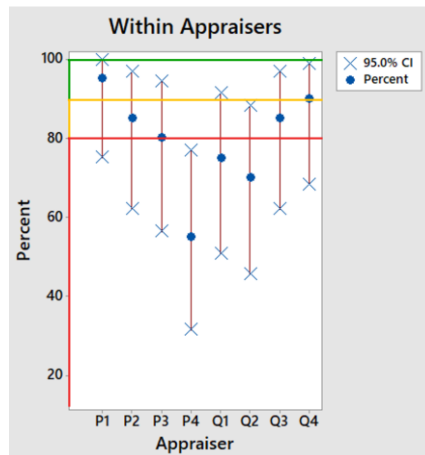


Figura 30 - Resultados entre avaliadores

Os valores Kappa obtidos no teste são dados na Tabela 22 e estimam a probabilidade de a concordância ter acontecido por acaso.

Tabela 22 - Valores Kappa obtidos

Avaliador	Kappa	Classificação
P1	-0.025	Fraco
P2	0.569	Moderado
P3	0.466	Moderado
P4	0.040	Fraco
Q1	0.430	Moderado
Q2	-0.176	Fraco
Q3	0.569	Moderado
Q4	-0.052	Fraco

Podemos então concluir através da análise dos dados obtidos, que os avaliadores P1, P2, P3, Q3 e Q4 têm bons resultados dentro da percentagem de avaliadores, com resultados acima dos 80%, o que significa que são consistentes nas suas decisões. No entanto, os avaliadores P1 e Q4 têm baixos valores de Kappa, o que significa que o mesmo resultado obtido nos dois testes pode ter ocorrido apenas por acaso.

- **Resultados Avaliador vs. Standard e Todos os Avaliadores vs. Standard**

De seguida procurou-se perceber se cada um dos avaliadores chega às conclusões corretas e se todos os avaliadores chegam à conclusão correta por comparação com o padrão de referência. Os resultados do teste avaliador vs. standard são apresentados na Figura 31 e o resumo dos resultados obtidos é dado pela Tabela 23.

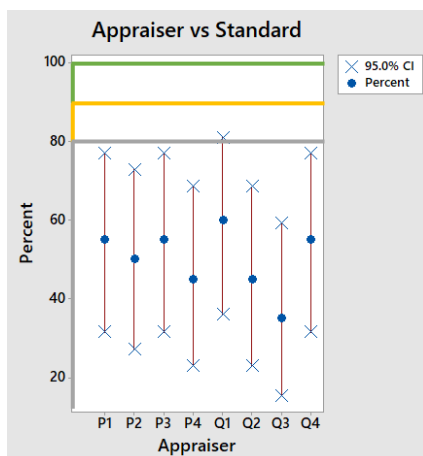


Figura 31 - Resultados Avaliador vs Standard

Tabela 23 - Resultado Todos os Avaliadores vs Padrão

Todos os Avaliadores vs. Padrão	
#Inspeccionada	20
#Coincidente	2
Percentagem	10% - Não aceitável
Kappa	0.556 - Fraca

Os resultados do acordo entre cada um dos avaliadores e o padrão são baixos (não aceitáveis), com percentagens sempre inferiores a 60% e como consequência, o resultado de todos os avaliadores versus o padrão também é inaceitável – a percentagem total é de 10%! Podemos então concluir que não está a ser cumprido o padrão existente na fábrica ao escolher peças OK/NOK.

Com estes resultados concluiu-se que o padrão do setor é diferente do padrão de referência, mas será que existe um critério interno padrão (reprodutibilidade)? Foi então estudada a reprodutibilidade entre operadores para responder a essa questão, sendo o resultado dado pela Tabela 24.

Tabela 24 - Reprodutibilidade entre operadores

Entre avaliadores	
#Inspeccionada	20
#Coincidente	3
Percentagem	15% - Não aceitável
Kappa	0.1749 - Fraca

A avaliação entre avaliadores mostra resultados baixos (15%), o que significa que também não existe concordância entre os diferentes avaliadores.

- **Taxas de Classificação Incorreta (Miss Rate) e Taxa de Alarme Falso (False Alarm Rate)**

A taxa de classificação incorreta identifica a probabilidade de peças NOK serem enviadas para o cliente e a taxa de alarme falso, a probabilidade que existe de peças OK serem rejeitadas.

Apenas o operador P1 tem uma taxa de classificação aceitável. As taxas de classificação obtidas são baixas para os avaliadores P2 e P3 (operadores de controlo do setor Fabrico de Componentes) e a taxa de erro é inaceitável, indicando que estamos a enviar peças más para os clientes (Tabela 25).

Tabela 25 - Miss Rate e False Alarm Rate

Avaliador	Miss Rate		False Alarm Rate	
P1	0.00 %	Aceitável	94.4 %	Não Aceitável
P2	18.2%	Não Aceitável	72.2 %	Não Aceitável
P3	13.6%	Não Aceitável	61.1 %	Não Aceitável
TOTAL	10.6%	Não Aceitável	75.9%	Não Aceitável

A taxa de Alarme Falso também mostra valores não aceitáveis para os três operadores. Isso significa que também rejeitamos peças boas, o que implica prejuízo para a empresa com a segregação de material que cumpre os requisitos do cliente.

- **Conclusão**

Todos estes resultados provam que a falta de critério está a ter um impacto significativo nos custos de rejeição e no desempenho OTIF das peças. Potencialmente poderíamos estar a rejeitar 75,9% das peças boas, mas não podemos fazer uma correlação direta porque a nossa amostra não foi aleatória.

Tendo em conta estes resultados, foi delineado um plano de ações para mitigar o problema descrito na Tabela 26.

Tabela 26 - Plano de Ações - Gage R&amp;R

Ação	Tópicos	Prazo
Formação - Controlo visual das coberturas de alumínio	- Defeitos em coberturas de alumínio, análise de amostras em bruto, anodizadas e lacadas - Definição dos padrões para controlo visual de coberturas (Figura 32) - Exercício prático: Avaliação de coberturas de alumínio com base nos padrões	Junho 2020
Avaliação de Eficácia - Formação	- Realização de novo estudo Gage R&R para avaliar a eficácia da formação	Outubro 2020
Avaliação de Eficácia - Análise KPI	- Análise do indicador da rejeição e não conformidades para validar a eficácia das melhorias implementadas no processo	Janeiro 2021

No APÊNDICE C está descrito o conteúdo da formação dada no setor.



Figura 32 - Padrões visuais colocados no setor para as diferentes referências de coberturas

#### 3.4.4. Diminuição da rejeição no setor de Fundição por Gravidade

Da análise ao Processo de Fundição por Gravidade, exemplificado na Figura 33, observou-se que para os produtos novos a taxa de rejeição, no ano 2019, situou-se em cerca de 60% o que representou um custo de rejeição de 19.163,84€. O custo de rejeição para produtos novos está detalhado no ANEXO C. De forma a investigar todas as causas desta rejeição, optou-se por realizar uma análise DMAIC, uma metodologia central do 6 Sigma, já anteriormente descrita, que consiste em cinco etapas operacionais específicas, percorridas em sequência (Define, Measure, Analyze, Improve, Control - Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). Utilizou-se esta metodologia devido à complexidade do problema:

- Processo pouco automatizado e muito dependente do operador: o operador vaza o material fundido com a ajuda de uma colher de vazamento para o molde de coquilha. Este processo é manual e a experiência do operador tem grande impacto no resultado;
- Grande número de variáveis de estudo sendo as mais importantes: a temperatura da liga e do molde, o tipo de die coat e a forma como é aplicado, o estado de conservação do molde, a pureza e composição químicas das ligas, a velocidade de rotação da máquina;
- Dimensão do problema que implica a criação de uma equipa multidisciplinar.



Figura 33 - Processo de Fundição por Gravidade

- **Define**

Para efetuar a análise de causas, foram recolhidos dados relativos aos defeitos detetados no ano de 2019, através do seguimento das ordens de fabrico declaradas pela produção no ERP (SAGE). O número de ocorrências por grupo de defeito está apresentado no diagrama de Pareto da Figura 34 e os tipos de defeitos mais comuns na Tabela 27.

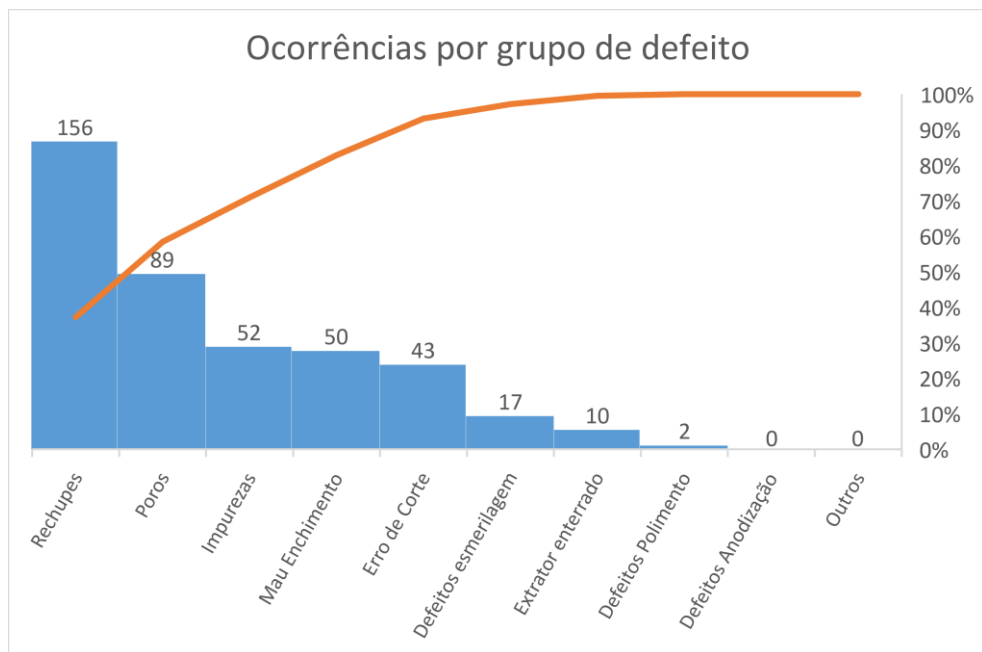


Figura 34 – Diagrama de Pareto: Ocorrências por grupo de defeito

Tabela 27 - Tipos de defeitos mais comuns

Impureza		Mau Enchimento	
Rechupes		Poros	

- **Measure**

Na fase de medição, foram recolhidos e registados todos os parâmetros de trabalho de uma ordem de fabrico (Tabela 28) e foi recolhida para análise uma amostra de 108 peças dessa produção. A finalidade é tentar posteriormente estabelecer uma relação entre os parâmetros de trabalho e os tipos de defeitos encontrados nas peças da amostra. Todos os dados foram recolhidos ou por observação direta do processo de fabrico, ou recorrendo a equipamentos de medição adequados, nomeadamente sondas pirométricas e de infravermelhos para os registos de temperatura.

Tabela 28 - Parâmetros do processo

Variáveis do processo	Valores
Tipo de liga	AG4Z
Volume de liga vazado	≈ 309 cm <sup>3</sup>
Temperatura da parte fixa do molde (cavidade superior)	≈ 350oC
Temperatura da parte fixa do molde (cavidade inferior)	≈ 347oC
Temperatura da parte móvel do molde (cavidade superior)	≈ 322oC
Temperatura da parte móvel do molde (cavidade inferior)	≈ 333oC
Temperatura da liga vazada	≈ 727oC
Velocidade de rotação	42,65 Hz
Tempo em alta pressão	30 segundos
Tempo de abertura dos cilindros	60 segundos
Tempo de ciclo	90 segundos
Inclinação da máquina rotativa	180°
Dimensão da amostra	108

- **Analyse**

Da amostra recolhida foram obtidos os valores de rejeição, calculados indicadores estatísticos apresentados na Tabela 29 e identificados os defeitos originados na fundição para as 108 amostras (Tabela 30). A análise de defeitos foi efetuada pelos operadores responsáveis pela escolha de peças, para deste modo poder replicar o critério e processo de escolha existentes.

Tabela 29 - Valores de rejeição (amostra 108 peças)

Valores	Dados obtidos
Puxadores produzidos	108
Número de puxadores defeituosos	78
Número total de defeitos	140
Número de oportunidades para defeito	6
Taxa de peças defeituosas	72,2%
Defeitos Por Unidade (DPU)	1,30
DPMO	216.049
Nível Sigma	2,3

Tabela 30 - Defeitos originados na fundição (amostra 108 peças)

Defeitos originados na fundição					
Erros de enchimento	Rechupes	Poros	Extrator enterrado	Escória e impurezas	Outros
10	6	55	6	62	1

Na posse dos parâmetros para estudo, importava tentar relacioná-los com os tipos de defeitos encontrados e tentar assim encontrar padrões que permitissem melhorar o processo e eliminar defeitos. Foi então elaborado o mapa do processo apresentado na Figura 35 que teve como foco os defeitos de fundição.



Figura 35 - Mapa de Processo Fundição por Gravidade

Das ideias recolhidas, foi elaborado o diagrama final com parâmetros do processo, tipos de defeito e sua relação (Figura 36).

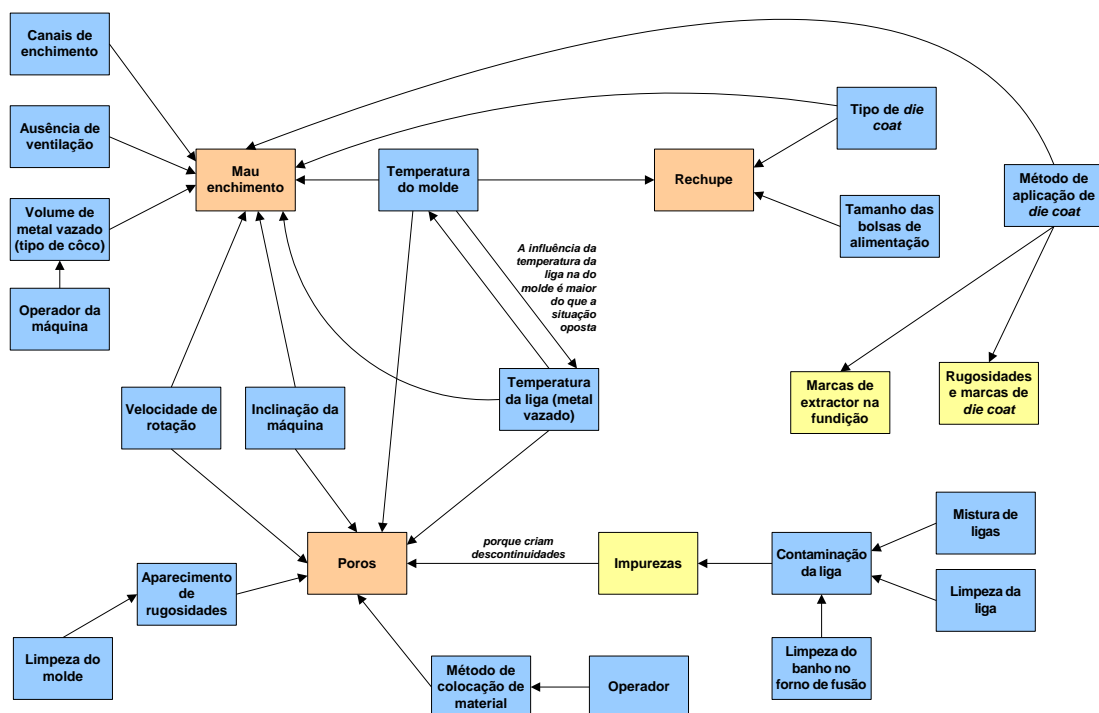


Figura 36 – Diagrama de Fundição por gravidade

Este mapa permitiu de uma forma mais visual, identificar as variáveis que se supõe terem mais influência nos resultados: o tipo de die coat (material que atua como uma barreira protetora entre o material fundido e o molde), o volume da liga, a temperatura da liga e a velocidade de rotação.

Estas variáveis estão representadas na Figura 37. A fase seguinte do estudo, passou pela realização de testes com diferentes valores das variáveis consideradas críticas, para tentar encontrar a combinação ideal e assim definir parâmetros de trabalho para o futuro.

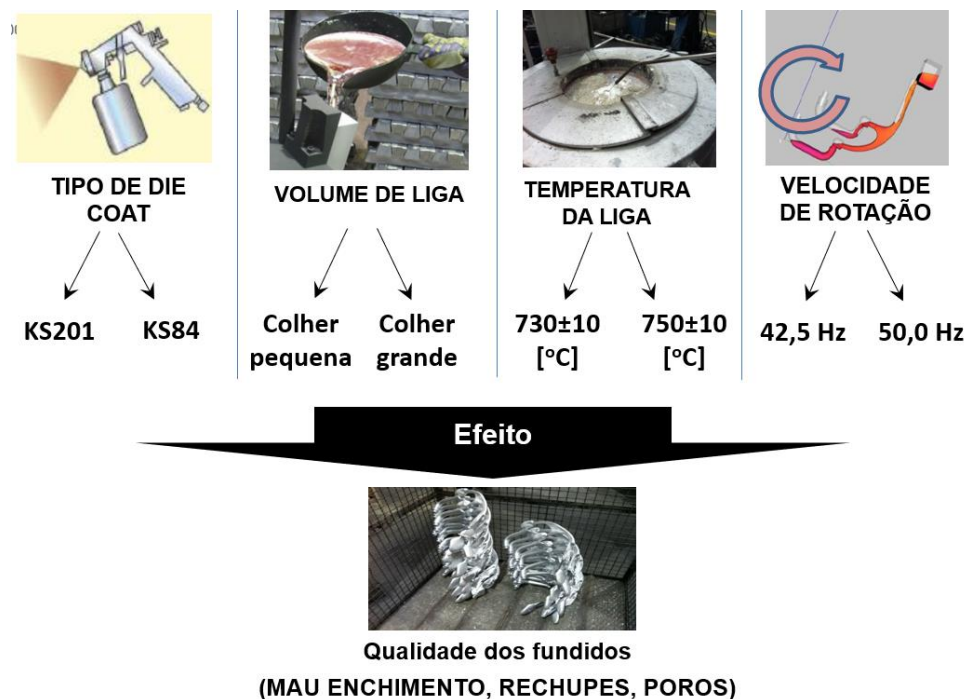


Figura 37 - Variáveis com mais influência no processo

Para estudar a influência de cada parâmetro nos resultados, foram idealizadas várias combinações possíveis dos parâmetros críticos para o processo de fabrico. Cada combinação possível teve dois ensaios para validação, exemplificados na Tabela 31.

Tabela 31 - Combinações das variáveis com mais influência no processo

Combinação	Volume	Temperatura	Velocidade rotação	Tipo de die coat	Réplicas	Dimensão amostral	Resultados Rejeição
1	Pequeno	730 °C	42,5 Hz	KS201	2	110	68%
2	Grande	730 °C	42,5 Hz	KS201	2	110	36%
3	Pequeno	750 °C	42,5 Hz	KS84	2	110	71%
4	Grande	750 °C	42,5 Hz	KS201	2	110	32%
5	Pequeno	730 °C	50,0 Hz	KS84	2	110	61%
6	Grande	730 °C	50,0 Hz	KS201	2	110	58%
7	Pequeno	750 °C	50,0 Hz	KS201	2	110	60%
8	Grande	750 °C	50,0 Hz	KS84	2	110	60%

Foram analisados pelo Departamento de Qualidade da empresa todos os resultados sendo que as combinações que produziram melhores resultados foram a 2 e a 4. Tendo por base a análise destas duas combinações, verificou-se que a temperatura é a única variável que difere entre os dois estudos.

- **Improve**

Para a fase de melhoria do ciclo DMAIC, foram definidas três soluções:

### 1) Melhorias no Processo de Fundição

Na Tabela 31 observou-se que todos os parâmetros de funcionamento são comuns às experiências 2 e 4, com exceção da temperatura. Sabemos que os erros de enchimento estão associados à zona funcional da peça, enquanto que os defeitos de rechupes e poros estão associados à zona estética e visível. Isto significa que a zona funcional precisa de estar a uma temperatura superior à do resto do molde para que sejam obtidos os melhores resultados possíveis no que diz respeito à redução da taxa de rejeição. A solução para contornar este diferencial, foi a de utilizar um maçarico para aquecer o molde na zona funcional, enquanto se mantém a temperatura de 730°C no resto do molde (Figura 38).

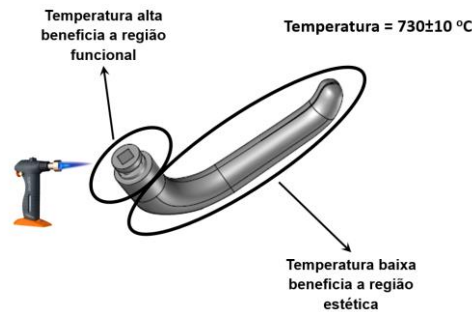


Figura 38 - Otimização de temperatura nas diferentes zonas da peça

### 2) Prevenção de mistura de Ligas

Outro problema de grande dimensão que se observou em chão de fábrica e que se confirmou com o mapa do processo, está relacionado com contaminação e mistura de ligas, devido a escórias e impurezas decorrentes do processo de fabrico. Para resolver este problema, implementou-se 5Ss no setor como se ilustra na Figura 39, além de terem sido introduzidas medidas para prevenir a contaminação e misturas de diferentes ligas. Foram adquiridas caixas de maiores dimensões para que o espaço ficasse organizado. Além disso, estas caixas assim como os locais de armazenamento foram pintados e identificados com as cores das ligas respetivas.



Figura 39 - Setor Fundição por Gravidade - Antes e Depois

### 3) Formação nos postos de trabalho

Para garantir que as medidas previstas são implementadas com sucesso, foi dada formação nos postos de trabalho a todos os operadores envolvidos no processo. Na formação também foram abordados temas referentes ao processo de fabrico, nomeadamente relativos à necessidade de validação e registo dos parâmetros de trabalho definidos, ao cuidado necessário para evitar misturas de ligas diferentes e à importância de seguir os planos de controlo definidos para o setor.

- **Control**

Para fazer o acompanhamento das ações tomadas, foi elaborado um plano de auditorias de seguimento, a realizar pela equipa de auditores internos da empresa, que será incluído no plano anual de auditorias internas. Além disso, foi incluído no Plano de Controlo em Produção do setor, a especificação relativa às características visuais a controlar, relacionadas com os defeitos mais comuns detetados (ANEXO D - PCP-0003 Plano de Controlo em Produção – Fundição por Gravidade de Alumínio). Estas características críticas têm de ser validadas pelos operadores de cada máquina no curso de fabrico.

A implementação das medidas propostas levará a uma redução da rejeição para os produtos novos em cerca de 30% o que representa uma poupança de cerca de 5.749€

### 3.4.5. Revisão do Processo de Avaliação de Fornecedores

A avaliação de fornecedores na empresa era feita unicamente com base no custo dos componentes fornecidos, isto é, tendo em conta apenas o critério preço. Sendo este um critério extremamente importante, se pensarmos na competitividade a nível de custo de fabrico do produto final, não pode ser, no entanto, o único fator decisor para compra de produtos ou serviços. Constatou-se mesmo, que grande parte das não conformidades geradas por alguns setores, nomeadamente no sector da esmerilagem, provinha da subcontratação de serviços porque se subcontratava sempre ao mesmo fornecedor, que apesar de ter um preço competitivo, não prestava de uma forma global um serviço de qualidade.

Deste modo procedeu-se a uma revisão do Processo de Qualificação de Fornecedores, que passa a ser constituído pelas seguintes fases:

- 1) Informação: apresentação do fornecedor;
- 2) Ensaio de amostras e verificação do 1º fornecimento: realização de ensaios com base em amostras enviadas pelo fornecedor e/ou acompanhamento e controlo reforçado das primeiras unidades compradas;
- 3) Auditoria/Visita: realização de auditorias/visitas a fornecedor com o intuito de avaliar a qualidade do produto e/ou serviço, a sua organização interna e a sua preparação;
- 4) Certificado do Produto/Relatório de Controlo da Qualidade: evidencia a implementação de um sistema da qualidade para garantir a conformidade do produto e respetivo processo produtivo.

São abrangidos para avaliação todos os fornecedores de compras de stock, subcontratação e transportadores do mercado nacional. Para efeitos da revisão do sistema de gestão são analisados anualmente os fornecedores que cumpram os seguintes requisitos: volume de compras anual superior a 5.000€; e número de linhas compradas superior a 3 (ERP).

O método de avaliação proposto utiliza cinco critérios para a classificação dos fornecedores: Qualidade, Quantidade, Prazo, Preço e Nº de entregas por encomenda. De seguida descreve-se a fórmula de cálculo para cada um deles, assim como o cálculo para Índice de Qualidade global.

### Método de avaliação

Definiu-se, com apoio das Compras e Planeamento, o seguinte método de avaliação:

$$IQ = \frac{\sum (\text{critérios} \times \text{peso critérios})}{\sum \text{peso dos diferentes critérios}}$$

### Critérios e Pesos

Os critérios são calculados com base nos deméritos dos seguintes itens:

- 1) Qualidade: deméritos atribuídos mediante a existência de reclamações ao fornecedor (Peso do critério: 1)

$$\text{Critério Qualidade} = 20 - \sum (\text{deméritos relativos a Qualidade} \div n^{\circ} \text{ de fornecimentos})$$

- 2) Quantidade: deméritos atribuídos quando quantidade recebida é superior à encomendada (Peso do critério: 0.5)

$$\text{Critério Quantidade} = 20 - \sum (\text{deméritos relativos a Quantidade} \div n^{\circ} \text{ de fornecimentos})$$

- 3) Prazo: deméritos atribuídos quando prazo de entrega não é cumprido (Peso do critério: 1)

$$\text{Critério Prazo} = 20 - \sum (\text{deméritos relativos a Prazo} \div n^{\circ} \text{ de fornecimentos})$$

- 4) Preço: deméritos atribuídos quando preço da encomenda é superior ao preço médio móvel no ERP (SAGE) (Peso do critério: 1)

$$\text{Critério Preço} = 20 - \sum (\text{deméritos relativos a Preço} \div n^{\circ} \text{ de fornecimentos})$$

- 5) Nº de entregas por encomenda: deméritos atribuídos quando existem entregas parciais da quantidade (Peso do critério: 0.5)

$$\text{Critério Entregas} = 20 - \sum (\text{deméritos relativos a Entregas} \div n^{\circ} \text{ de fornecimentos})$$

Após cálculo automático efetuado pelo ERP, é utilizado o critério ABC seguinte:

A (Qualificado):  $IQ \geq 18$

B (Alternativo):  $15 \leq IQ < 15$

C (Não Qualificado):  $IQ < 15$

Para fins de análise, o registo é feito de forma gráfica no ERP - um exemplo está representado na Figura 40 onde estão elencadas as notas de um fornecedor nos diferentes critérios considerados.

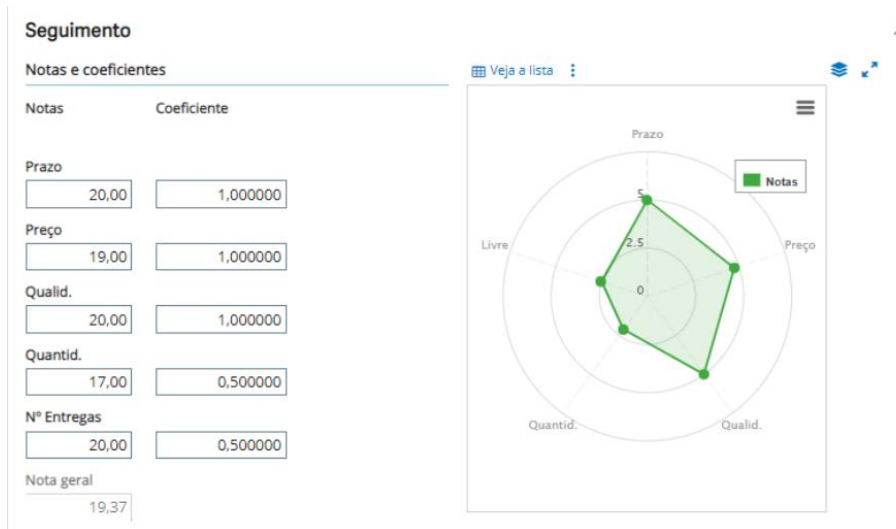


Figura 40 - Exemplo de análise gráfica de fornecedor

### 3.4.6. Produção - Melhorar comunicação entre sectores

Na ótica de melhorar a comunicação não só entre sectores, mas também dentro de cada sector e com o princípio chave de tornar os assuntos visíveis, foi proposta a elaboração de quadros de equipa para cada secção. Aproveitou-se o facto de a empresa já ter preparada informação relevante a cada sector, tendo sido sugerida a melhor forma de a organizar e implementar em chão de fábrica.

A decisão foi a de dar indicações e formação acerca do método de funcionamento de quadros de equipa e da forma de os tornar eficientes. No entanto, foi dada liberdade a cada sector para organizar o seu próprio quadro, tornando-o efetivamente reflexo do trabalho da equipa do sector e deste modo mais útil para cada equipa.

Na realização deste trabalho participou-se na elaboração do quadro de equipa do sector da Fundição Injetada de Alumínio e Zamak apresentado na Figura 41, com sugestões acerca da composição do mesmo.



Figura 41 - Quadro de Equipa da Fundição

O quadro de equipa foi então dividido em diferentes temas afetos ao sector, que no caso da Fundação são:

- 1) **Planeamento da Produção:** neste quadro estão todas as ordens de fabrico definidas semanalmente pelo Planeamento da Produção para o sector. Estão organizados por ordem de prioridade para cada uma das máquinas, tendo em conta o prazo de entrega ao cliente e a capacidade disponível dos equipamentos.
- 2) **Carga de máquina:** carga das diversas máquinas do setor. Neste caso, e como a empresa utiliza seguimentos para todas as ordens de fabrico, esta será uma solução provisória para acompanhamento da produção, uma vez que os dados recolhidos irão passar a ser registados no ERP.
- 3) **Qualidade:** com a finalidade de tornar os problemas visíveis, são transmitidos pelo Departamento de Qualidade ao setor os principais defeitos ocorridos durante o mês. O Sistema de Gestão da empresa prevê o tratamento de não conformidades através da análise de causa e definição de Planos de Ação para cada não conformidade detetada, no entanto, desta forma os problemas são visíveis para todos os colaboradores do sector que podem participar, durante as reuniões semanais com sugestões para solução dos problemas detetados. São então afixadas fotografias com os defeitos detetados, a quantidade de produto não conforme e a causa provável para a ocorrência.
- 4) **Projeto Champions Lean:** este projeto tem como objetivo o aumento da produtividade, qualidade e segurança através da identificação de oportunidades de melhoria e implementação de ações de melhoria pelas equipas da empresa. O registo das ações implementadas no âmbito desta iniciativa é realizado em documentos próprios para o efeito e a avaliação de eficácia das mesmas é garantida pela equipa auditora do projeto. As ações mais relevantes de cada equipa são incluídas ao nível do Plano de Iniciativas apresentado na Revisão do Sistema de Gestão.
- 5) **KPIs definidos para cada setor:** os KPIs são calculados automaticamente pelo software da empresa Soft Expert, que faz também a sua representação gráfica para uma rápida análise. Para os setores da fundição, são indicados entre outros, a Produtividade, Taxa de Qualidade e Desvio em relação ao Budget.
- 6) **Higiene e Segurança no Trabalho:** foi colocado no quadro a cruz de acidentes e os exercícios de ergonomia previstos para o sector.

### 3.4.7. Melhorias no sector da Lacagem

Os dados relativos a 2019 mostram que o custo anual de baixa qualidade devido à taxa de rejeição na operação de lacagem, ultrapassou 21.000€ em apenas dois artigos: manípulo 30900-650.2 (Alumínio Injetado) e Base 30900-650.1 (Zamak), que podemos observar na Figura 42. Na operação de lacagem, o revestimento em pó é o método de tratamento de superfície utilizado que é depois tratado por meio de polimerização numa estufa, tendo sido consideradas para esta análise, todas as etapas do processo a montante da lacagem. Outro fator importante é o de que as melhorias encontradas para os produtos em estudo, podem ser aplicadas a outros, uma vez que o processo produtivo é independente do material base, geometria das peças e da cor ou textura do acabamento utilizado.



Figura 42 - Peças analisadas para o estudo - manípulo e base

Na Figura 43 podemos observar que os artigos em estudo (manípulo e base) têm respectivamente 28.9% e 23.7% de rejeição, o que justifica a sua escolha para a análise.

Posto Nº	Posto Nome	Código	Designação	Qtd Rej.	Qtd Apr.	% Rej.
661	LACAGEM	2A0113	MAN.30900-650.2 SA	48 585	119 710	28.9%
661	LACAGEM	2Z0210	BASE 30900-650.1 SA	28 595	92 245	23.7%
479	MAQ.ESMERILAR MEPSA III	2A0113	MAN.30900-650.2 SA	12 166	223 205	5.2%
661	LACAGEM	2Z0330	BASE 30900-655.1 SA	7 726	32 000	19.4%
352	MAQ.AUTOMATICAS COQUILHA	2G0133	BASE 4000-214.1 SA	5 580	64 800	7.9%
170	MAQ.FUNDICAO ALUMINIO	2A0043	MAN.4000-217.2 SA	4 955	89 070	5.3%
352	MAQ.AUTOMATICAS COQUILHA	2G0162	MAN.82000-2AG SA	4 045	35 290	10.3%
352	MAQ.AUTOMATICAS COQUILHA	2G0033	MAN.3253/1 SA	3 915	35 420	10.0%
170	MAQ.FUNDICAO ALUMINIO	2A0110	MAN.4000-217.2 CYL SA	3 755	44 470	7.8%
605	AUTOMATO ANODIZACAO	2G0162	MAN.82000-2AG SA	3 441	15 499	18.2%
605	AUTOMATO ANODIZACAO	2G0133	BASE 4000-214.1 SA	3 499	10 506	24.7%
170	MAQ.FUNDICAO ALUMINIO	2A0118	ASA 74000.5 SA	3 183	39 890	7.4%
352	MAQ.AUTOMATICAS COQUILHA	2G0195	MAN.80200-50.2AG SA	3 090	2 787	52.1%
661	LACAGEM	2A0006	MAN.7745.1 SA	2 699	24 810	9.8%
661	LACAGEM	2A0043	MAN.4000-217.2 SA	2 577	6 458	28.5%
477	MAQ.POLIR MEPSA I	2G0162	MAN.82000-2AG SA	2 495	17 636	12.4%
477	MAQ.POLIR MEPSA I	2G0133	BASE 4000-214.1 SA	2 377	12 164	16.3%
352	MAQ.AUTOMATICAS COQUILHA	2G0189	MAN.82000B-2 SA	2 265	13 280	14.6%
352	MAQ.AUTOMATICAS COQUILHA	2G0159	MAN.82002.2 SA	2 250	8 770	20.4%
352	MAQ.AUTOMATICAS COQUILHA	2G0094	MAN.10943/1 SA	2 218	9 650	18.7%
352	MAQ.AUTOMATICAS COQUILHA	2G0153	MAN.11357/1 SA	2 133	13 710	13.5%
170	MAQ.FUNDICAO ALUMINIO	2A0068	MAN.10784/1 SA	2 065	30 780	6.3%
661	LACAGEM	2A0115	MAN.30900-650.2 CYL SA	1 874	5 670	24.8%
675	PINT.ELECTROSTÁTICA LÍQUIDA	2A0043	MAN.4000-217.2 SA	1 800	7 930	18.5%
661	LACAGEM	2Z0483	CORPO 11545/1 SA	1 677	5 682	22.8%
661	LACAGEM	2Z0213	CORREDICA 10293 SA	1 662	8 240	16.8%
661	LACAGEM	2Z0217	BASE 4000-217.1 SA	1 570	7 441	17.4%

Figura 43 - % de rejeição para os artigos estudados

Os defeitos mais comuns da linha de lacagem já estão definidos na empresa e em todos os seguimentos das ordens de fabrico, o operador regista o número de peças não conformes de acordo com o defeito que origina a rejeição. Na Tabela 32 podemos observar a tipificação desses defeitos em função da operação em que têm origem.

Tabela 32 - Defeitos característicos em cada operação

Defeitos de Fundição	Defeitos de Esmerilagem	Defeitos de Pintura	Outros
Poros	Facetas	Gota	Inclusão ou lixo
Bolhas	Linha de separação	Casca de laranja	Mossa – antes de pintura
Mau enchimento	Riscos de lixa	Excesso de tinta – escorrido	Pancada – após pintura
Rechupes		Falta de tinta	
Má ligação		Má aderência	

Com base nesta classificação, foram recolhidos do ERP os dados de rejeição relativos a 2019 e elaborados os diagramas de Pareto com os principais defeitos para cada uma das peças em estudo, como se pode observar nas Figura 44 e Figura 45.

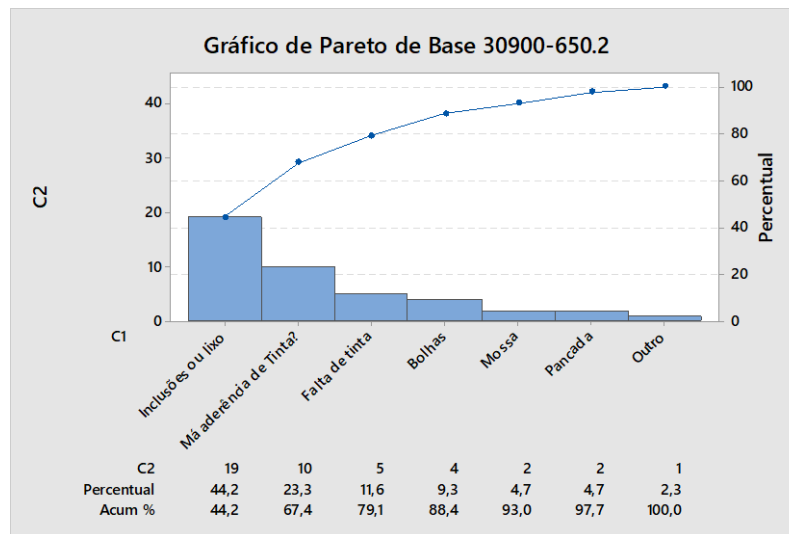


Figura 44 – Diagrama de Pareto - Defeitos Base

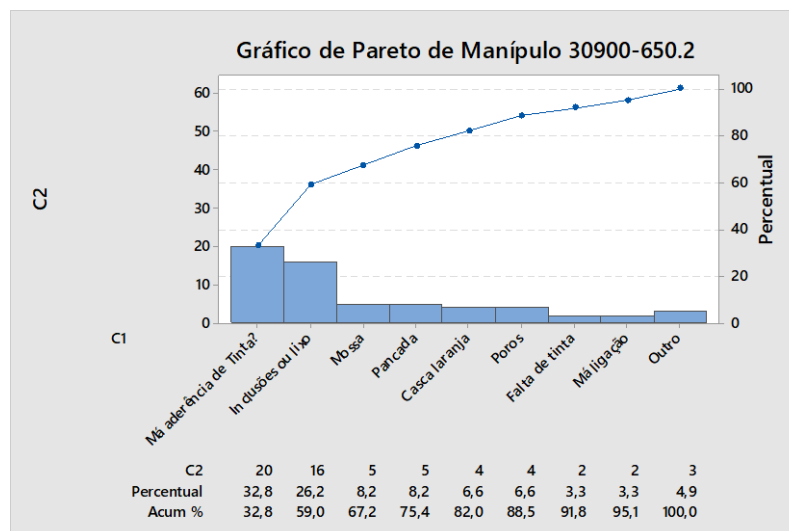


Figura 45 -Diagrama de Pareto - Defeitos Manípulo

Através desta análise foi possível verificar que existem defeitos comuns aos dois artigos e com um grande peso na rejeição, nomeadamente as inclusões ou lixo, a má aderência e a falta ou excesso de tinta.

No caso de falta ou excesso de tinta, as causas são conhecidas. Uma vez que o processo de pintura é manual, estes problemas estão relacionados com a experiência e conhecimento do operador. A empresa já utilizou pistolas de pintura automáticas, mas essa solução foi abandonada devido ao grande número de artigos com diferentes geometrias, o que impedia uma boa qualidade no acabamento final. Desta forma, a solução passou pela sensibilização dos operadores para o defeito e pelo planeamento de ações de formação para os operadores da linha de lacagem. Essa necessidade foi transmitida aos Recursos Humanos da empresa que irão incluir no plano de formação de 2021.

Relativamente à análise de causas para os defeitos “inclusões” e “má aderência”, uma vez que existem diversas variáveis que podem ter influência no estudo e as causas não são facilmente determináveis, foi decidido utilizar o diagrama causa-efeito.

Para auxiliar na realização dos diagramas causa-efeito, procurou-se detalhar o estudo das operações para manípulo e base, tendo sido realizados diagramas SIPOC dos respetivos processos e que incluem: supplier (fornecedores), input (entradas), process (processo), output (saídas) e customer (clientes). De seguida, na Figura 46 e na Figura 47 apresentam-se os respetivos diagramas.

- **SIPOC – Manípulo**

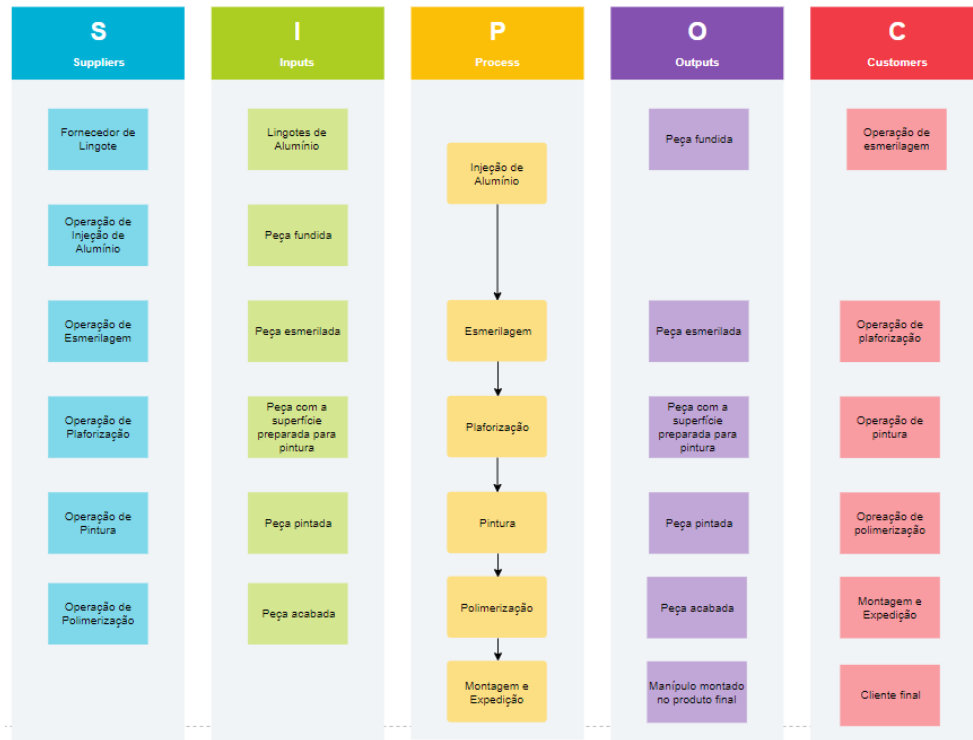


Figura 46 - SIPOC Manípulo

• SIPOC Base

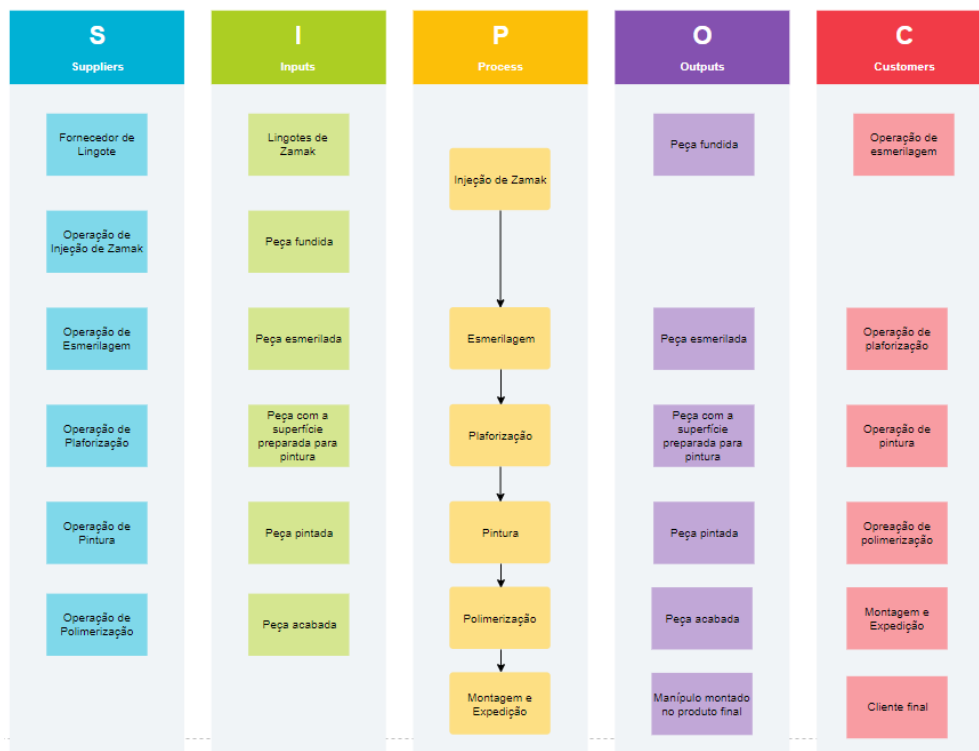


Figura 47 - SIPOC Base

Uma vez conhecidos os processos, as suas entradas, saídas e sequência de operações, foi estudada toda a sequência de fabrico em chão de fábrica. Desta forma, através de observação, acompanhamento de ordens de fabrico e reunião com uma equipa multidisciplinar (Produção, Engenharia e Qualidade), foram organizadas, classificadas e documentadas graficamente todas as causas do problema e agrupados nas respetivas categorias. Os dados, sob a forma de diagramas causa-efeito, estão apresentados na Figura 48 e Figura 49.

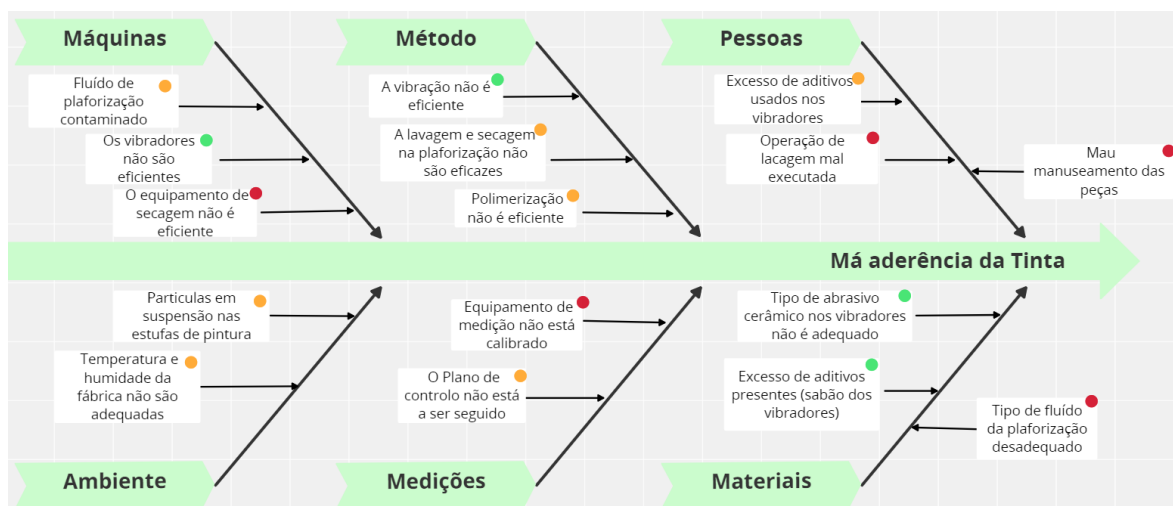


Figura 48 - Diagrama Causa-Efeito para má aderência de tinta

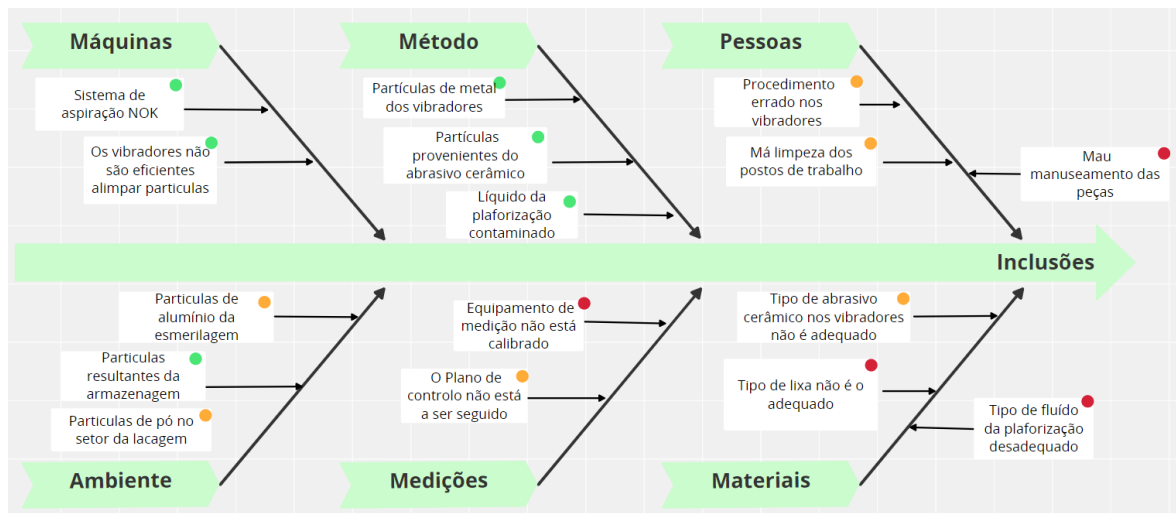


Figura 49 - Diagrama Causa-Efeito para Inclusões

A metodologia considerada para avaliar a criticidade de cada causa foi a seguinte:

- Causa significativa potencial que deve ser mais explorada
- Eventualmente, uma causa que pode ser mais explorada
- É muito provável que não seja uma causa significativa

Da análise dos diagramas de causa-efeito foi estabelecido um plano de ações para resolver os dois defeitos mais críticos.

- **Má aderência de tinta**

Do diagrama causa-efeito, identificou-se como causa para este problema o facto de o tipo de abrasivo não ser o mais adequado. Foi contactado o fornecedor de abrasivos (Rosler) usados no processo da vibração, que sugeriu uma alternativa (abrasivo RKB/W3 40K - Figura 50), um abrasivo plástico de forma cónica e 40mm. Em relação ao abrasivo que era anteriormente usado, este, pela forma e tamanho, corta de uma forma mais agressiva e deixa uma superfície mais rugosa, logo com maior capacidade de aderência para a tinta em pó. No ANEXO E podemos verificar as características dos diferentes abrasivos da marca Rosler considerados para o trabalho.



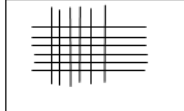
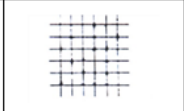
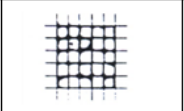

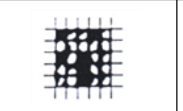
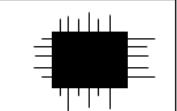
Figura 50 - Abrasivo antigo vs novo

Para validar os resultados com o novo abrasivo, foram efetuados testes de aderência, segundo a Instrução de trabalho IT-0042 (Controlo de aderência peças lacadas, ANEXO F).

O teste de aderência é feito com um equipamento que risca a peça atravessando o revestimento e torna visível o metal base. É depois aplicada uma fita-cola (ISO 2409 ou fita com força de adesão entre 6-10N/25 mm) sobre o riscado. Após remover a fita-cola com um movimento rápido e contínuo, é feita a análise de resultado o critério da Figura 51.

#### Com o Riscador Elcometer

A área testada deve ser analisada, se necessário com uma lupa e classificada de acordo com a tabela abaixo.

0	1	2	3	4	5
					

Os valores 0 e 1 são aceitáveis  
Os valores 2 a 5 são inaceitáveis

Figura 51 - Critério de aceitação do Teste de Aderência

Foram realizados testes diários nos dois turnos da pintura durante duas semanas, sendo que todas as peças passaram no teste com grau 0 da tabela de classificação (foram testados um total de 60 manípulos e 60 bases). Na Figura 52 pode ser verificado o resultado de uma peça com o abrasivo novo, em que o revestimento se mantém com uma excelente aderência e o antigo (NOK). Desta forma, o novo abrasivo foi considerado aprovado e foi estabelecido no Plano de Controlo em Produção PCP04-Lacagem, a periodicidade para realização do teste de aderência como forma de validação desta solução ao longo do tempo.

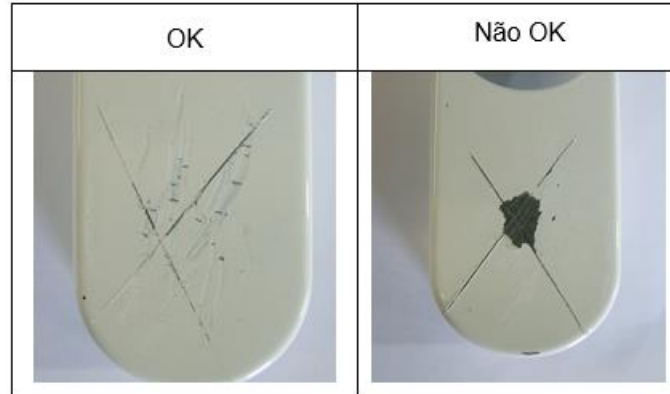


Figura 52 - Peça OK (abrasivo novo) vs Peça NOK (abrasivo antigo)

#### • Inclusões

Relativamente às inclusões, as principais causas estão relacionadas com partículas depositadas nas peças provenientes dos Robots de Esmerilagem (Figura 53) e do acondicionamento entre etapas do processo de fabrico. Assim, foi definido:

- Após colocar as peças robô de esmerilagem, usar um sistema de ar comprimido para limpá-las.
- As caixas com peças devem ser tapadas sempre que não sejam utilizadas de imediato.

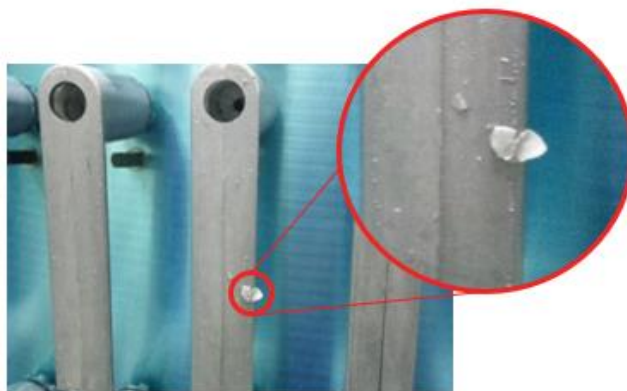


Figura 53 - Exemplo de inclusões nos robots de esmerilagem

Do gráfico de Pareto, podemos concluir que os defeitos identificados como má aderência de tinta e inclusões representam cerca de 60% do total de defeitos para estes dois produtos. Desta forma, uma vez que o valor inicial da rejeição rondava os 21.000€, podemos estimar no mínimo uma poupança de cerca de 12.600€, uma vez que as ações propostas serão aplicadas não só para os produtos em estudo, mas para a gama total de produtos com este acabamento.

### 3.5. Análise dos resultados das ações de melhoria

Na Tabela 33 apresenta-se um resumo do impacto real ou estimado de cada uma das melhorias propostas, tanto qualitativamente como quantitativamente.

Tabela 33 - Análise dos resultados das ações de melhoria

Ação	Ganhos Qualitativos e Quantitativos
Otimização de programas dos Robots de esmerilagem	Redução do tempo de operação em 20%, o que se traduz numa poupança anual de 11.504,19€ Redução dos custos de subcontratação Redução da rejeição que existia na subcontratação do serviço de esmerilagem
Raio X ao I&D: Melhoria do Processo Industrialização de Novos Produtos	Normalização do procedimento Criação de um modelo standard para projetos Redução do tempo de industrialização em 30%.
Estudo Gage R&R no setor Fabrico de Componentes	Criação de padrões visuais e critérios uniformes de aceitação de peças no setor Redução da taxa de rejeição
Melhoria de Processo no setor Fundição por Gravidade	Redução da rejeição para os produtos novos em cerca de 30% o que representa uma poupança de cerca de 5.749€ Reorganização do setor com recurso aos 5S Separação de ligas o que diminui a possibilidades de contaminação
Revisão do processo de avaliação de fornecedores	Processo de compras mais eficiente Identificação dos fornecedores mais capazes e competitivos
Melhorar comunicação entre sectores de produção	Criação de team boards Implementação de uma cultura Lean, transversal em toda a organização
Otimização do processo de lacagem	Redução da taxa de rejeição, com uma poupança estimada de 12.600€



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentadas as ações de melhoria implementadas, que são no fundo o fruto deste trabalho. É também exposta a informação relativa ao seu estado de implementação. De seguida, são interpretados os resultados deste trabalho, tentando inseri-los no contexto global que lhes deu origem.

### 4.1. Apresentação de resultados

As melhorias identificadas na Tabela 33, os problemas que lhes deram origem, assim como a análise de causas, encontram-se em níveis distintos de implementação na empresa. Na Tabela 34 procurou-se apresentar um resumo do estado de implementação para cada uma das ações identificadas.

Tabela 34 - Estado da implementação das ações de melhoria

Ação	Estado de Implementação
Otimização de programas dos Robots de esmerilagem	Foram selecionados os produtos a otimizar e agendada a formação para dois colaboradores que está prevista realizar-se até dezembro de 2020. Após formação, iniciar-se-á a otimização dos programas para os artigos escolhidos.
Raio X ao I&D: Melhoria do Processo Industrialização de Novos Produtos	Os mapeamentos da situação atual e futura foram concluídos. Atualmente está a decorrer com a liderança do responsável do departamento a fase de implementação das soluções identificadas. O ponto de partida é a elaboração do PE-0017, procedimento específico para Industrialização de Produtos Novos.
Estudo Gage R&R no setor Fabrico de Componentes	Foram concluídos os primeiros testes e através deles foi possível definir padrões para apoio aos operadores do setor. Esses padrões foram codificados no Sistema de Gestão da empresa e colocados em chão de fábrica. O passo seguinte é a realização de um novo estudo Gage R&R para verificar a eficácia da formação dada e o conhecimento adquirido através da análise dos padrões.
Melhoria de Processo no setor Fundição por Gravidade	A implementação dos 5Ss está em curso, tendo já sido pintadas caixas de acordo com a cor da liga para receber peças, assim como jitos e não conformes do setor. A implementação do sistema de aquecimento de molde com diferentes zonas de temperatura está em estudo pelo departamento de Engenharia. Esta ação terá de ser equacionada juntamente com o projeto de automatização do processo de Fundição por Gravidade que está em análise pela empresa.
Revisão do processo de avaliação de fornecedores	Esta ação de melhoria foi totalmente implementada no ERP da empresa. Os benefícios a médio prazo deverão ser quantificados no próximo ano, após ter sido realizada a avaliação de fornecedores.
Melhorar comunicação entre sectores de produção	Os team boards previstos nesta ação foram implementados para os setores da Fundição Injetada de Alumínio e Zamak, assim como no setor Fabrico de Componentes. Espera-se concluir a implementação para os restantes setores da empresa até ao final do ano 2020.

---

Otimização do processo de lacagem	A ação prevista de alteração do abrasivo foi implementada. Relativamente à limpeza das peças no robot de esmerilagem, a empresa está a equacionar a instalação de um sistema de ar comprimido automático. Está também a ser estudada a aquisição de caixas plásticas com tampa, para substituir as atuais em madeira, que iriam proteger as peças de lixo e inclusões.
-----------------------------------	--

---

## 4.2. Discussão de resultados

A realização deste trabalho apoiou-se nos fundamentos do pensamento Lean e na redução de desperdícios. A principal preocupação foi a de selecionar áreas de intervenção que levem a empresa a tomar consciência das vantagens de adotar este pensamento de melhoria contínua, para alavancar a sua posição no mercado, através de mudanças na cultura e da sua manutenção de forma sustentável.

Deste trabalho constatou-se que é possível vencer os habituais paradigmas tão presentes em diversas organizações tais como a dificuldade para conseguir ver ou decidir o que mudar, o medo de falhar na implementação das ideias, a ideia de nunca existir tempo ou energia para mudar. Provou-se com este trabalho e com a implementação das diversas oportunidades identificadas, que é possível melhorar métodos de trabalho e processos, mudando comportamentos e reforçando-os para em última análise transformar a própria cultura da empresa.

Com a realização do trabalho, conseguiu-se pôr em marcha e transmitir, ainda que por vezes indiretamente, alguns dos princípios do Lean. Através da redução de tempos de industrialização e otimização do processo de esmerilagem, com a procura da causa dos problemas e com a sua resolução, evitando que se repitam no futuro, ajudou-se a criar valor para o cliente.

Com a redução da taxa de rejeição, por exemplo nos processos de Lacagem e Fundição por Gravidade de Alumínio, ajudou-se a eliminar MUDA, o desperdício. Em todas as oportunidades de melhoria identificadas foram envolvidas pessoas, quer individualmente, quer em equipas, sempre no local onde os problemas ocorrem, que é no fundo o local onde se acrescenta valor. Por fim, importa salientar os benefícios da gestão visual que se procurou implementar em diversas soluções, para tornar processos e desperdícios visíveis.

A ideia fundamental que se tentou alcançar, é a de que eliminar desperdício traz uma grande redução no tempo de processamento e aumenta drasticamente a rentabilidade da organização, cuja competitividade depende do valor acrescentado dos seus processos e métodos de trabalho.



## 5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo apresenta-se um sumário do trabalho realizado, assim como as conclusões mais relevantes que foram obtidas. São também referidas as principais limitações e dificuldades sentidas durante a realização do trabalho, assim como propostas de trabalho futuro que podem ser equacionadas.

### 5.1. Conclusões finais

A presente dissertação permitiu trabalhar em ambiente fabril, com o propósito de aumentar o Índice de Qualidade numa empresa metalomecânica, com recurso a metodologias Lean para redução de desperdícios e melhorias de processo. Após estudo do estado atual e caracterização de processos e subprocessos associados à métrica Índice de Qualidade, foram identificados os principais problemas e oportunidades de melhoria assim como as diversas ações capazes de trazer melhorias ao processo. As sete ações de melhoria selecionadas foram abordadas tendo por base o pensamento Lean e a melhoria contínua, para encontrar soluções e implementar esta cultura de forma sólida na empresa.

Finalmente, importa referir os principais contributos para a empresa atingidos com este trabalho:

- Redução do Lead Time na Industrialização dos novos produtos em cerca de 30%;
- Melhorias a nível da gestão visual com criação de Team Boards e definição de padrões para controlo;
- Redução de tempos de esmerilagem nos Robots na ordem dos 20%;
- Redução da taxa de rejeição nos setores de Fundição por Gravidade e da Lacagem, e implementação de 5Ss;
- Melhorias na comunicação entre setores e no Processo de Avaliação de Fornecedores.

### 5.2. Limitações e investigação futura

Durante a realização deste trabalho o mundo conheceu uma crise de saúde originada pela disseminação do COVID-19 que causou uma crise económica mundial. A extensão do surto levou a Organização Mundial da Saúde (OMS) a declará-lo como uma emergência global em 30 de janeiro de 2020. Numa tentativa para achatar a curva de transmissão, os governos impuseram o fecho de fronteiras, restrições de viagens e quarentena obrigatórias em todo o mundo, gerando temores de uma grave crise económica e iminente recessão (Sohrabi et al., 2020). Neste momento é consensual, que quanto mais o vírus se espalha, maior será o seu impacto no desempenho económico, levando a preocupações com a sustentabilidade financeira.

Foi neste contexto de dificuldades acrescidas e inesperadas que o trabalho foi desenvolvido. Esta crise de saúde originou diversas mudanças, tanto nos processos produtivos, como na interação dos recursos humanos da empresa. Foram diversas as limitações introduzidas, nomeadamente através do distanciamento social, cancelamento de reuniões ou entrevistas. Os postos de trabalho tiveram de sofrer adaptações através da introdução de barreiras físicas entre operadores, houve alteração de turnos de trabalho para que houvesse desfasamento e foi introduzido o teletrabalho para

diversos colaboradores. Esta situação originou diversos constrangimentos e dificuldades, tanto na fase de investigação e desenvolvimento de soluções, assim como na sua colocação em prática.

Outras barreiras encontradas neste trabalho prenderam-se com a cultura da empresa e hábitos de trabalho que criam uma natural resistência à mudança. Estas limitações provam que é necessário o envolvimento de todos, começando com a gestão de topo para que se criem mudanças consistentes.

Os trabalhos futuros recomendados começam pela continuação da implementação das ações de melhoria apresentadas. Além disso, foram identificados outros tópicos que não foram abordados com detalhe neste trabalho por questões relacionadas com o tempo e prioridades, mas cujo benefício é evidente. Assim, destacam-se os seguintes tópicos:

- Início da implementação da Indústria 4.0 como motor do desenvolvimento e competitividade da empresa.
- Implementação do SMED para os setores da fundição de Alumínio Injetado e Zamak, por serem setores onde existem constantes mudanças de moldes, por vezes para fabrico de séries pequenas.
- Automatização do setor da Fundição por Gravidade, por ser um processo com grande componente manual.
- Estudar as vantagens e o retorno do investimento em máquinas mais modernas no setor do fabrico de componentes.
- Concluir a implementação do projeto de autocontrolo, que atribui a responsabilidade da verificação do trabalho realizado a cada operador, libertando assim recursos de outros setores.
- Melhorar a documentação técnica, particularmente no setor da montagem, com a implementação de instruções de montagem mais claras para artigos complexos, nomeadamente através de novos suportes (ex. tablet) que permitam a utilização de vídeos e instruções mais objetivas.
- Com a introdução da Indústria 4.0 no setor da fundição, trabalhar no princípio “Beat the System”, onde a melhoria continua de processos será um fator chave de desenvolvimento. O princípio “Beat the System” procura comparar resultados produtivos reais em relação a um target pré-definido, podendo deste modo ser realizada uma análise da produtividade em tempo real.
- Introdução de controlos automáticos durante a produção, recorrendo nomeadamente a sensores ou ferramentas Poka-Yoke, para tornar menos subjetivo o critério de aceitação dos produtos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., & Nelder, G. (2006). Critical success factors for Lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*. <https://doi.org/10.1108/17410380610662889>
- Aguilar-Savén, R. S. (2004). Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 90(2), 129-149. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00102-6)
- Atmaca, E., & Girenes, S. S. (2013). Lean Six Sigma methodology and application. *Quality and Quantity*, 47(4), 2107-2127. <https://doi.org/10.1007/s11135-011-9645-4>
- Beckhard, R., & Harris, R. . (1987). *Organizational transformation: Managing complex change*. Addison-Wesley, 1977. 110 pp
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of Lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research* , 52(18), 5346-5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Bhuiyan, N., & Baghel, A. (2005). An overview of continuous improvement: From the past to the present. *Management Decision*. <https://doi.org/10.1108/00251740510597761>
- Bortolotti, T., Boscari, S., & Danese, P. (2015). Successful Lean implementation: Organizational culture and soft Lean practices. *International Journal of Production Economics* , 160, 182-201. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>
- Coghlan, D., & Shani, A. B. (2014). Creating Action Research Quality in Organization Development: Rigorous, Reflective and Relevant. *Systemic Practice and Action Research* , 27(6), 523-536. <https://doi.org/10.1007/s11213-013-9311-y>
- Coghlan, D., Shani, A. B., & Roth, J. (2016). Institutionalizing Insider Action Research Initiatives in Organizations: The Role of Learning Mechanisms. *Systemic Practice and Action Research* , 29(2), 83-95. <https://doi.org/10.1007/s11213-015-9358-z>
- Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company. DAAAM International Scientific Book, 17, 001-012. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- Coughlan, P., & Coghlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 220-240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Dahlgaard, J. J., & Dahlgaard-Park, S. M. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *TQM Magazine*. <https://doi.org/10.1108/09544780610659998>
- Damij, N., & Damij, T. (2014). *Process Management: A multi-disciplinary Guide to Theory, Modeling, and Methodology*. *Metal Finishing*. [https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(01\)80179-3](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(01)80179-3)
- Davis, J., Edgar, T., Porter, J., Bernaden, J., & Sarli, M. (2012). Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. *Computers and Chemical Engineering*, 47, 145-156. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2012.06.037>
- De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604-614. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.035>
- Diego Fernando, M. D., & Rivera Cadavid, L. (2007). Lean manufacturing measurement: the

- relationship between Lean activities and Lean metrics. *Estudios Gerenciales*, 23(105), 69-83. [https://doi.org/10.1016/s0123-5923\(07\)70026-8](https://doi.org/10.1016/s0123-5923(07)70026-8)
- El-Namrouty, K. A. (2013). Seven Wastes Elimination Targeted by Lean Manufacturing Case Study "Gaza Strip Manufacturing Firms". *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*. <https://doi.org/10.11648/j.ijefm.20130102.12>
- Elnadi, M., & Shehab, E. (2014). A conceptual model for evaluating product-service systems Leanness in UK manufacturing companies. In *Procedia CIRP*, 22, 281-286. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.132>
- Glover, W. J., Farris, J. A., & Van Aken, E. M. (2015). The relationship between continuous improvement and rapid improvement sustainability. *International Journal of Production Research*, 53(13), 4068-4086. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.991841>
- Gross, J., & McInnis, K. (2003). *Kanban made simple: demystifying and applying Toyota's legendary manufacturing process*. New York: Amacom. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Guiffrida, D., Douthit, K., Lynch, M., & MacKie, K. (2011). Publishing action research in counseling journals. *Journal of Counseling and Development*, 89(3), 282-287. <https://doi.org/10.1002/j.1556-6678.2011.tb00090.x>
- Gupta, S. M., Al-Turki, Y. A. Y., & Perry, R. F. (1999). Flexible kanban system. *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443579910271700>
- Hedman, R., Subramaniyan, M., & Almström, P. (2016). Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE. In *Procedia CIRP*, 57, 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.023>
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace*. 5 Pillars of the Visual Workplace. CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9781482278057>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. *Becoming Lean Inside stories of US manufacturers*.
- Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>
- Kuhlang, P., Hempen, S., Sihh, W., & Deuse, J. (2013). Improving processes on the basis of a short cyclic improvement routine, value stream mapping and a process management system. In *22nd International Conference on Production Research, ICPR 2013*.
- Lewis, P., & Cooke, G. (2013). Developing a Lean measurement system to enhance process improvement. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 4(3), 145-151. <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2013058>
- Li, B. hu, Hou, B. cun, Yu, W. tao, Lu, X. bing, & Yang, C. wei. (2017). Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: a review. *Frontiers of Information Technology and Electronic Engineering*, 18(1), 86-96. <https://doi.org/10.1631/FITEE.1601885>
- Lindberg, C. F., Tan, S., Yan, J., & Starfelt, F. (2015). Key Performance Indicators Improve Industrial Performance. In *Energy Procedia*, 75, 1785-1790. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.474>
- Low Sui Pheng. (2001). Towards TQM - Integrating Japanese 5-S principles with ISO 9001:2000 requirements. *TQM Magazine*. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000005859>
- Maarof, M. G., & Mahmud, F. (2016). A Review of Contributing Factors and Challenges in

- Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 35, 522-531. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(16\)00065-4](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(16)00065-4)
- Mansur, A., Mu'Alim, & Sunaryo. (2016). Plastic Injection Quality Controlling Using the Lean Six Sigma and FMEA Method. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 105, No. 1, p. 012006). IOP Publishing. . <https://doi.org/10.1088/1757-899X/105/1/012006>
- Mardan, N., & Klahr, R. (2012). Combining optimisation and simulation in an energy systems analysis of a Swedish iron foundry. *Energy*, 44(1), 410-419. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.06.014>
- Meier, H., Lagemann, H., Morlock, F., & Rathmann, C. (2013). Key performance indicators for assessing the planning and delivery of industrial services. In *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.07.056>
- Mohamad, N., Ahmad, S., Samat, H. A., Seng, C. K., & Lazi, F. M. (2019). The Application of DMAIC to Improve Production: Case Study for Single-Sided Flexible Printed Circuit Board. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 530, No. 1, p. 012041). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/530/1/012041>
- Mostafa, S., & Dumrak, J. (2015). Waste Elimination for Manufacturing Sustainability. *Procedia Manufacturing*, 2, 11-16. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.003>
- Moyano-Fuentes, J., & Sacristán-Díaz, M. (2012). Learning on Lean: A review of thinking and research. *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443571211226498>
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. In *Procedia Engineering*, 182, 466-473. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.135>
- Murphy, S. A., Moeller, S. E., Page, J. R., Cerqua, J., & Boarman, M. (2009). Leveraging measurement system analysis (MSA) to improve library assessment: The attribute gage R&R. *College and Research Libraries*, 70(6), 568-577. <https://doi.org/10.5860/0700568>
- Netland, T. H., & Powell, D. J. (2016). *The Routledge Companion to Lean Management*. The Routledge Companion to Lean Management. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9781315686899>
- Neyestani, B. (2017). Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Techniques for Solving Quality Problems in the Organizations. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2955721>
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System Summary. In *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. crc Press. <https://doi.org/10.1108/eb054703>
- Osada, T. (1991). The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment. *Asian Productivity Organisation*.
- Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of Lean Six Sigma. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 27(2), 138. <https://doi.org/10.1108/02656711011014276>
- Poppendieck, M., & Llc, P. (2002). Principles of Lean Thinking Origins of Lean Thinking. *System*, 18(2011), 1-7.
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174-180. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(13)00232-3)
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance:

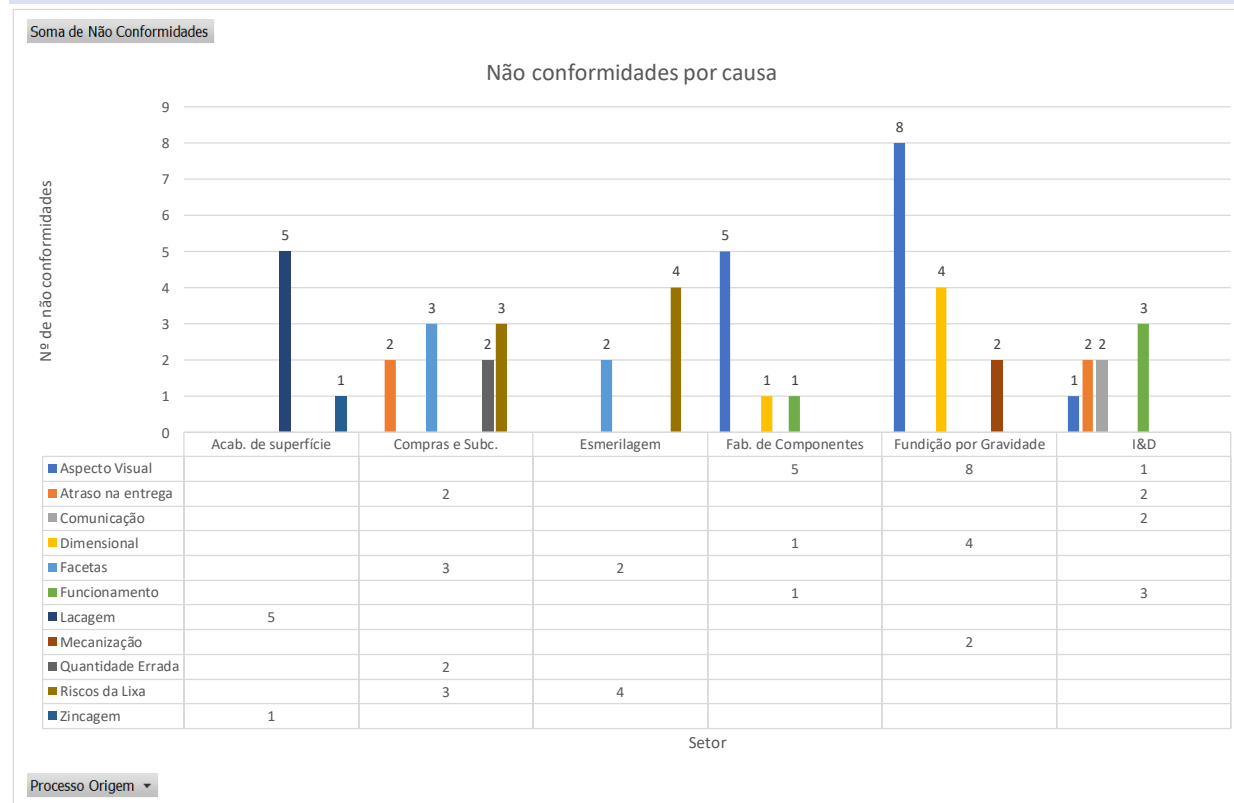
- literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045>
- Rawson, J. V., Kannan, A., & Furman, M. (2016). Use of Process Improvement Tools in Radiology. *Current Problems in Diagnostic Radiology*, 45(2), 94-100. <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2015.09.004>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to See Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. *Lean Enterprise Institute Brookline*. <https://doi.org/10.1109/6.490058>
- Sabaghi, M., Rostamzadeh, R., & Mascle, C. (2015). Kanban and value stream mapping analysis in Lean manufacturing philosophy via simulation: A plastic fabrication (case study). *International Journal of Services and Operations Management*, 20(1), 118-140.. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2015.065977>
- Salehi, F., & Yaghtin, A. (2015). Action Research Innovation Cycle: Lean Thinking as a Transformational System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 181, 293-302.. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.891>
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies Lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for Lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 9(3), 811-833.. <https://doi.org/10.3926/jiem.1940>
- Saravanan, V., Nallusamy, S., & George, A. (2018). Efficiency Enhancement in a Medium Scale Gearbox Manufacturing Company through Different Lean Tools - A Case Study. *International Journal of Engineering Research in Africa (Vol. 34, pp. 128-138)*. *Trans Tech Publications Ltd.*. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.34.128>
- Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*, 26(4), 536-554.. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.06.007>
- Simon, K. (2019). SIPOC Diagram | iSixSigma. *iSixSigma*. Recuperado de: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/sipoc-copis/sipocdiagram>.
- Sohrabi, C., Alsafi, Z., O'Neill, N., Khan, M., Kerwan, A., Al-Jabir, A., ... Agha, R. (2020). World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). *International Journal of Surgery*. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.02.034>
- Soković, M., Jovanović, J., Krivokapić, Z., & Vujović, A. (2009). Basic quality tools in continuous improvement process. *Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 55(5), 1-9..
- Soliman, M., & Saurin, T. A. (2017). Lean production in complex socio-technical systems: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, 45, 135-148.. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.09.002>
- Spinks, N. (2013). Managing Processes and Systems. *Study Guide*. <https://doi.org/MPS-SG-7B>
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. In *Procedia CIRP*, 40, 536-541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on Lean manufacturing implementation techniques. In *Procedia Engineering*, 97(1), 1875-1885.. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>

- Thorsen, W. C. (2005). Value stream mapping & VM. In *45th Annual Conference of SAVE International 2005*. <https://doi.org/10.1201/b15781-6>
- Trenkner, M. (2016). Implementation of Lean leadership. *Management*, 20(2), 129-142.. <https://doi.org/10.1515/manment-2015-0055>
- Tsung, F. (2006). Six Sigma. In *Springer Handbook of Engineering Statistics*. [https://doi.org/10.1007/978-1-84628-288-1\\_50](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-288-1_50)
- Wadhwa, R. S. (2013). Implementing continuous improvement in metal casting: Case study of an aluminum foundry. In *Advanced Materials Research (Vol. 622, pp. 433-436)*. *Trans Tech Publications Ltd*. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.622-623.433>
- Weigel, A. L. (2000). A Book Review : Lean Thinking by Womack and Jones. In *Research Seminar in Engineering Systems*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society* , 48(11), 1148-1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Wyrwicka, M. K., & Mrugalska, B. (2017). Mirages of Lean Manufacturing in Practice. In *Procedia Engineering*, 182, 780-785.. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.200>
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616-630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2016). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, (FSKD) (pp. 2147-2152)*. *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>
























## APÊNDICE A – NÃO CONFORMIDADES POR PROCESSO

Soma de Não Conformidades	Rótulos de Coluna											
Rótulos de Linha	Aspecto Visual	Atraso na entrega	Comunicação	Dimensional	Facetas	Funcionamento	Lacagem	Mecanização	Quantidade Errada	Riscos da Lixa	Zincagem	Total Geral
Acab. de superfície							5				1	6
Compras e Subc.		2				3			2	3		10
Esmerilagem					2					4		6
Fab. de Componentes	5			1			1					7
Fundição por Gravidade	8			4					2			14
I&D	1	2	2				3					8
<b>Total Geral</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>51</b>



## APÊNDICE B - MATERIAL PARA O ESTUDO GAGE R&R

			Estudo R&R Fabrico Componentes		Pág. 1 de 1	
Produto: Coberturas de alumínio			Avaliador:		Data:	
Peça	OK	NOK	OK p/lacar	Observações		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Numeração			Avaliação			Observações
1º ensaio	2º ensaio	3º ensaio	OK	NOK	OK p/lacar	
1	6	7			x	Marca visível AN
2	17	8	x			Aceitável AN
3	7	15			x	ex: 2º ensaio p.24
4	8	12	x			2 riscos aceitável, ex: 2º ensaio p.23
5	1	13		x		
6	9	14		x		Aceitável LA
7	10	19			x	Uma das marcas será visível AN
8	11	1	x			
9	18	2		x		
10	19	3		x		
11	2	16			x	Banda marcada, visível AN
12	12	9			x	Marca visível AN
13	20	10		x		Limite máx. LA
14	13	11	x			Aceitável AN
15	14	20			x	Marca ferramenta, visível AN
16	3	4		x		Marca, ex: 2º ensaio p.29
17	15	5			x	Marca ferramenta, visível AN
18	16	6			x	Marca ferramenta e banda, visível AN
19	4	17	x			
20	5	18			x	Pequenos riscos visível NA

**APÊNDICE C – CONTEÚDO DA FORMAÇÃO SETOR FABRICO DE COMPONENTES**

Formação - Controlo visual das coberturas de alumínio				
Conteúdos	Formador	Formandos	Local	Dias e horários
Defeitos em coberturas de alumínio, análise de amostras em bruto, anodizadas e lacadas; Definição dos padrões para controlo visual de coberturas; Exercício prático: Avaliação de coberturas de alumínio com base nos padrões.	CM	TC BL BN JM	Sala reuniões	Dia 26-06-2020 Das 14:00 às 15:00



## ANEXO A – LISTA DAS NÃO CONFORMIDADES ESTUDADAS

Estado	Identificador	Título	Início	Término	Processo	Tipo de problema
Encerrado	NC-0571	Au Forum du Bat. - 11282 PB	31/01/2019 17:20:30	06/02/2020 10:59:12	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0572	8963 RAL9016 - LUIS DE ALMEIDA	31/01/2019 17:21:04	06/02/2020 10:59:33	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0573	27510-6 ZP - NAVARRA II	31/01/2019 17:21:22	06/02/2020 10:58:54	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0574	JOSE A LOPES - 11329E PP	31/01/2019 17:21:39	15/05/2019 13:02:13	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0577	Cogeferm - 10961 AN	07/02/2019 15:36:07	06/02/2020 10:58:08	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0578	Cogeferm - 11001 200VI Inox	07/02/2019 15:36:14	06/02/2020 10:59:23	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0579	Schüco - 236482	13/02/2019 14:56:34	25/06/2019 15:22:54	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0580	Sobinco - Puxadores horizon 82010L vi 9005_1252_617140 trocados	14/02/2019 09:44:40	26/02/2019 17:31:55	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0581	Fechadura 7170 CB - Problemas de montagem	18/02/2019 13:25:40	06/02/2020 10:57:59	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0582	Cobertura horison com riscos	27/02/2019 16:20:20	25/06/2019 15:24:16	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0583	Fechadura 7000.1 - dificuldades de montagem	19/03/2019 16:46:17	02/04/2020 10:57:10	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0584	Somalu - 68 11564	28/03/2019 10:36:33	06/02/2020 11:00:17	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0585	JMF - 8416.6 Q8	28/03/2019 10:36:55	06/02/2020 10:57:49	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0588	CREMONE ROT.BAIXO 11350 - Dificuldade de montagem	24/05/2019 14:30:40	24/05/2019 16:17:49	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0589	Pux. Tubular - manípulo 7694 fora de cota (altura)	28/05/2019 13:58:42	18/03/2020 10:09:18	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0590	35000-720 - NAVARRA II	31/05/2019 09:54:02	31/01/2020 16:21:12	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0591	35140-30 - NAVARRA II	31/05/2019 09:54:57	31/01/2020 16:25:26	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0592	02524L - LUIS DE ALMEIDA	31/05/2019 10:13:02	31/01/2020 18:28:39	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0593	7756 - LUIS DE ALMEIDA	31/05/2019 10:36:32	06/02/2020 10:52:00	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0596	DUARTE LUCAS - 8050 / 80 AN	31/05/2019 16:40:49	31/01/2020 18:31:03	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0597	ALBERTO ARAÚJO - 7539.1 AN	31/05/2019 16:51:19	31/01/2020 18:32:25	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0598	ALBERTO ARAÚJO - 1400S.35.25	31/05/2019 16:52:55	31/01/2020 18:33:34	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0599	ALBERTO ARAÚJO - 2120/533H	31/05/2019 16:54:37	31/01/2020 18:34:56	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0600	JOMARPOR - 11545 RAL7011	31/05/2019 16:59:12	31/01/2020 18:36:24	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0601	ALBERTO ARAÚJO - 11338.42 PP	31/05/2019 17:02:30	17/02/2020 15:46:43	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0602	DUARTE LUCAS - 11358 PP	31/05/2019 17:03:32	31/01/2020 18:38:27	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0603	CARLOS ADRIANO - 3668 PB	31/05/2019 17:05:11	17/02/2020 15:53:27	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0604	CARLOS ADRIANO - 7071 AN	31/05/2019 17:06:01	06/02/2020 11:08:55	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0605	11545 Branco - LUIS DE ALMEIDA	31/05/2019 17:10:20	06/02/2020 11:13:36	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0606	8704.63 Branco - LUIS DE ALMEIDA	31/05/2019 17:54:10	17/02/2020 16:48:58	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0607	JOBRAJA - 11278L SU AN	03/06/2019 09:28:18	17/02/2020 17:01:04	PR-0011.1	NC
Cancelado	NC-0608	Rotor 7133.1 fora de especificação na mecanização do rasgo	05/06/2019 15:42:46		PR-0011.1	NC

Encerrado	NC-0609	Efapel - rotor 7133.1 com rasgo fora de especificação	05/06/2019 16:29:17	25/09/2019 09:06:59	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0610	Sobinco Envio artigo errado 7810 (11479)	13/09/2019 11:02:25	28/02/2020 17:23:11	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0611	82000L VI Brut com base errada	26/09/2019 09:34:46	28/02/2020 17:23:19	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0612	Cobertura 82608.3 Brut com marcas de cola	26/09/2019 09:35:01	28/02/2020 17:23:25	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0613	Estampaciones - 11052 1000-1200	30/09/2019 13:54:37	03/02/2020 17:10:35	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0615	Estampaciones - 11229 1000-1200	30/09/2019 13:55:22	03/02/2020 17:14:11	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0616	Estampaciones - 11579 esq.	30/09/2019 13:55:39	03/02/2020 17:14:21	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0617	MABALGARVE - 10128/1	30/09/2019 13:56:39	06/02/2020 11:23:36	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0618	MABALGARVE - 19209 SATIN	30/09/2019 13:57:05	06/02/2020 11:40:47	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0619	MABALGARVE - D86CP/B	30/09/2019 13:57:19	17/02/2020 17:08:07	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0620	JOSE A LOPES - 11516 - 15X1000	30/09/2019 13:57:30	06/02/2020 11:20:21	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0621	SAIPLAST - 11589	30/09/2019 13:58:23	31/01/2020 18:12:06	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0622	H. Europeos - 11221/92 PB	03/10/2019 12:01:20	17/02/2020 17:15:51	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0623	H. Europeos - 11472 PP	03/10/2019 12:01:41	17/02/2020 17:38:43	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0624	Aldahayan - 7539.2 AN	03/10/2019 12:03:52	06/02/2020 12:44:45	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0625	Al Zamil - 9626.1 AN	03/10/2019 12:04:02	06/02/2020 12:46:52	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0626	Au Forum du Bat - 11282 PB	03/10/2019 12:04:42	17/02/2020 17:44:35	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0627	Projecto PS-0077	03/10/2019 16:21:11	29/01/2020 16:20:17	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0628	FERRO FERNANDES - 11403.35 BRANCO	10/10/2019 10:07:59	06/02/2020 11:32:35	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0629	ILIDIO RAMOS & RAMOS - 98110 25 080	10/10/2019 10:08:29	18/03/2020 09:38:30	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0630	JOSE A LOPES - 11516 - 7.5 / 1600	10/10/2019 10:08:44	18/03/2020 10:58:35	PR-0011.1	NC
Andamento	NC-0631	Base 82000L.1 - Falha nos testes de ciclos	28/10/2019 10:50:13		PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0632	Não evidência do controlo da tampa 10920/2.1	11/11/2019 18:03:46	15/07/2020 17:00:06	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0633	Ausência de teste de aderencia	11/11/2019 18:05:54	05/02/2020 15:10:52	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0634	Material em curso de fabrico sem identificação	11/11/2019 18:08:35	05/02/2020 15:10:22	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0635	70002CYL - ECOSTEEL	14/11/2019 10:42:36	06/02/2020 11:38:18	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0636	Sobinco - Coberturas 82820L.3 - Marcas da ferramenta	25/11/2019 09:32:30	28/02/2020 17:23:32	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0639	11286 L SU Branco - V. PAPIZES	20/12/2019 10:01:11	06/02/2020 11:34:52	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0640	PERFIL 11278L SU BRANCO - V. PAPIZES	20/12/2019 10:01:20	17/02/2020 18:22:04	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0641	Duval - 11524-300VI AN	20/12/2019 10:01:32	17/02/2020 18:26:47	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0643	H. Europeos - 11371 ESQ. SATIN	20/12/2019 10:02:53	06/02/2020 18:27:14	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0644	H. Europeos - 11371 DTO	20/12/2019 10:03:02	06/02/2020 18:28:44	PR-0011.1	NC
Encerrado	NC-0645	ASA C/ATIVADOR 11616 - Parafuso errado	20/12/2019 10:03:26	17/02/2020 18:31:44	PR-0011.1	NC

## ANEXO B – LAYOUT FABRIL



## ANEXO C – CUSTO DE REJEIÇÃO COQUILHA (PRODUTOS NOVOS 2019)

Data	Data	Centro	Artigo	Descrição	Boas	Rejeita	Custo Reje	Custo U	Tempo
2019	12	COQUILHA	2G0197	MAN.30000-670AG.2 CYL SA	1 330	186	360,23 €	7,75	4,22
2019	12	COQUILHA	2G0200	MAN.30000-671AG.2 SA	550	200	275,34 €	4,13	4,54
2019	12	COQUILHA	2G0214	MAN.30000-680.2AG SA	970	107	161,72 €	4,53	2,43
2019	12	COQUILHA	2G0159	MAN.82002.2 SA	1 650	390	461,74 €	5,92	7,10
2019	12	COQUILHA	2G0189	MAN.82000B.2 SA	1 850	362	517,03 €	8,57	7,71
2019	12	COQUILHA	2G0220	MAN.30000-682.2AG SA	2 000	243	354,31 €	5,83	5,52
2019	11	COQUILHA	2G0212	MAN. EDGE 82600.2AG SA	1 850	464	676,54 €	5,83	10,53
2019	11	COQUILHA	2G0214	MAN.30000-680.2AG SA	3 050	255	385,41 €	13,60	5,79
2019	11	COQUILHA	2G0189	MAN.82000B.2 SA	1 300	306	437,05 €	7,14	6,52
2019	10	COQUILHA	2G0189	MAN.82000B.2 SA	2 230	154	219,95 €	8,57	3,28
2019	10	COQUILHA	2G0197	MAN.30000-670AG.2 CYL SA	4 010	514	995,47 €	23,24	11,67
2019	10	COQUILHA	2G0212	MAN. EDGE 82600.2AG SA	650	208	303,27 €	2,92	4,72
2019	9	COQUILHA	2G0162	MAN.82000-2AG SA	2 094	244	337,88 €	6,92	5,20
2019	9	COQUILHA	2G0159	MAN.82002.2 SA	2 360	648	767,21 €	5,92	11,79
2019	9	COQUILHA	2G0197	MAN.30000-670AG.2 CYL SA	3 220	520	1 007,09 €	15,49	11,80
2019	8	COQUILHA	2G0162	MAN.82000-2AG SA	1 560	272	376,65 €	5,54	5,79
2019	8	COQUILHA	2G0212	MAN. EDGE 82600.2AG SA	3 300	155	226,00 €	5,83	3,52
2019	7	COQUILHA	2G0197	MAN.30000-670AG.2 CYL SA	1 230	381	737,89 €	9,68	8,65
2019	7	COQUILHA	2G0159	MAN.82002.2 SA	700	146	172,86 €	2,37	2,66
2019	7	COQUILHA	2G0162	MAN.82000-2AG SA	6 030	726	1 005,33 €	13,85	15,46
2019	7	COQUILHA	2G0189	MAN.82000B.2 SA	3 160	399	569,88 €	7,14	8,50
2019	6	COQUILHA	2G0212	MAN. EDGE 82600.2AG SA	2 900	414	603,63 €	10,21	9,40
2019	6	COQUILHA	2G0162	MAN.82000-2AG SA	5 500	633	876,55 €	12,46	13,48
2019	6	COQUILHA	2G0214	MAN.30000-680.2AG SA	2 850	194	293,21 €	10,58	4,40
2019	5	COQUILHA	2G0162	MAN.82000-2AG SA	6 020	589	815,62 €	19,39	12,55
2019	4	COQUILHA	2G0162	MAN.82000-2AG SA	2 000	67	92,78 €	6,92	1,43
2019	4	COQUILHA	2G0212	MAN. EDGE 82600.2AG SA	3 130	567	826,71 €	13,12	12,87
2019	4	COQUILHA	2G0220	MAN.30000-682.2AG SA	1 610	175	255,16 €	5,83	3,97
2019	3	COQUILHA	2G0159	MAN.82002.2 SA	2 050	355	420,31 €	7,10	6,46
2019	3	COQUILHA	2G0162	MAN.82000-2AG SA	3 000	142	196,63 €	11,08	3,02
2019	3	COQUILHA	5826002A	MAN. EDGE 82602.2AG BRUT PVD	20		- €	1,34	0,00
2019	3	COQUILHA	2G0202	MAN.30000-670AG.2 CYL B SA	1 160	183	362,46 €	7,92	4,15
2019	2	COQUILHA	2G0159	MAN.82002.2 SA	150	86	101,82 €	1,18	1,57
2019	2	COQUILHA	2G0189	MAN.82000B.2 SA	3 480	319	455,61 €	10,00	6,79
2019	2	COQUILHA	2G0197	MAN.30000-670AG.2 CYL SA	190	36	69,72 €	1,94	0,82
2019	2	COQUILHA	2G0202	MAN.30000-670AG.2 CYL B SA	1 850	363	718,97 €	13,86	8,24
2019	1	COQUILHA	2G0162	MAN.82000-2AG SA	2 710	188	260,33 €	5,54	4,00
2019	1	COQUILHA	2G0197	MAN.30000-670AG.2 CYL SA	7 720	1 171	2 267,90 €	30,99	26,58
2019	1	COQUILHA	2G0213	MAN. EDGE 82602.2AG SA	1 620	202	197,57 €	4,89	3,37
							19 163,84 €		

## ANEXO D – PCP-0003 FUNDIÇÃO POR GRAVIDADE DE ALUMÍNIO



### Plano de Controlo em Produção

PCP-0003

Fundição por Gravidade de Alumínio

Pág. 1 de 2

Fluxograma do Processo	Caraterísticas a Controlar	Especificações	Ações /Correções	Quem	Periodicidade	Instrumento	Registo
PREPARAÇÃO DA LIGA	Temperatura	<a href="#">IT-0003</a> - Fusão e tratamento das ligas de alumínio	Regular a temperatura	Forneiro	No curso da produção	Sonda (em alternativa)	---
		<a href="#">IT-0011</a> - ECO-LASER	Verificar o estado da sonda Verificar o estado do eco laser	Resp. Sector		Cana pirométrica	
PREPARAÇÃO DO MOLDE	Montagem do Molde	<a href="#">IT-0064</a> – Montagem e desmontagem de Moldes – Fundição por gravidade <a href="#">MOD-0025</a> – Ficha Téc. Fund. Grav	Efetuar movimentos em vazio para validar funcionamento do molde, corrigindo as anomalias detetadas. Informar o Responsável do Sector, no caso de não conseguir corrigir as anomalias detetadas.	Operador	Arranque de produção	---	---
	Aplicação Dycoat	<a href="#">IT-0063</a> – Aplicação de Dycoat – Fundição por gravidade de Alumínio	Retocar daycoat ou mesmo substituir a totalidade	Operador	Aquando da aplicação	---	---
VAZAMENTO	Parâmetros da máquina	<a href="#">MOD-0025</a> - Ficha Téc. Fund.Grav. Aceita-se $\pm 10\%$ de oscilação nos parâmetros definidos na FT, desde que estes não tenham nenhuma tolerância associada.	Ajustar parâmetros Informar o Responsável do Sector	Operador	Arranque Em produção	---	---
	Dimensões (cotas)	Desenho <a href="#">MOD-0025</a> - Ficha Téc. Fund.Grav. <a href="#">MOD-0024</a> - Ficha Visual e Dimensional	Se molde não conforme ajustar Informar o Responsável do Sector	C.Q (*)	Arranque (**)	EMM's ver <a href="#">MOD-0014</a> <a href="#">MOD-0207</a>	<a href="#">MOD-0014</a> <a href="#">MOD-0207</a>
	Aspetto Visual	<a href="#">MOD-0024</a> - Ficha Visual e Dimensional	Assinalar peça não conforme com marcas que a inutilizem	Operador	Em produção	Inspeção visual	---
	Retirar peças para ensaios de esmerilagem ou satinagem	Quant: as peças de um gito	Se as peças não OK, retocar o molde nas zonas com defeito, se o defeito persistir remover todo o daycoat existente e aplicar novo Atenção ao tempo de enchimento	Operador Resp. Sector	1 vez de manhã e uma vez de tarde	Inspeção visual	<a href="#">MOD-0239</a>



# ANEXO E – ABRASIVOS ROSLER PARA VIBRAÇÃO MECÂNICA

**Abrasivos plásticos**

Tipologie e dimensioni speciali per specifici corpi di applicazione: contattate il nostro servizio vendite!

*rimando a verter way*

Esempio di ordinazione: Qualità RKM Taglia 40 Forma P				Forme						
Qualità	Peso specifico g/cm <sup>3</sup>	Capacità abrasiva	Azione abrasiva	K Conica	P Piramidale	PA Paraboloidale	PDZ Piramidale a base stellata e tre punte	DK Cuneo	OZ Quinto	L A lenta
				Diagramma	Diagramma	Diagramma	Diagramma	Diagramma	Diagramma	Diagramma
RKF	1.51			10 20 12 25 15 30 18	6 PQ 20 50 10 25 60 12 30 15 40	16/10 20/11 29/17 40/23				
RKM	1.72			10 25 60 12 30 70 15 35 18 40 20 50	6 PQ 25 60 10 30 70 12 40 80 15 45 20 50	16/10 40/23 20 20/11 50/27 30 29/17 60/33 40 35/19 70/39 60	65/25 DZ		16	
RKH/4	1.97			6 18 10 20 12 25 15 30	6 PQ 20 10 12 15	16/10 20 20/11 30 29/17	10/20 12/16 15/20 20/36	20	16	
RKK	1.79			10 25 12 30 15 40 20 50	10 25 60 12 30 15 40 20 50	20/11 60/33 30 29/17 30 40/23 40 50/27				
RKB/W	1.78			10 20 40 12 25 50 15 30 60 18 35 70	6 PQ 20 50 10 25 60 12 30 15 40	16/10 40/23 20 20/11 50/27 30 29/17 60/33 40 35/19 70/39 60	10/20			
RKG	1.72			6 15 25 10 18 30 12 20	6 PQ 20 30 10 30 12 15	16/10 20 20/11 30 29/17	10/20		16	
RKB/W2	1.80			12 30 60 15 35 20 40 25 50	12 30 15 40 20 45 25 50	20/11 60/33 20 29/17 70/39 30 40/23 40 50/27 60	10/20		16	

## ANEXO F – CONTROLO DE ADARÊNCIA PARA PEÇAS LACADAS



**Instrução de Trabalho**  
Controlo de Adarência - Peças Lacadas

**IT-0042**  
Pág. 2 de 3

### 1 Objetivo e Âmbito

Definir a forma de efetuar o controlo de adarência das peças lacadas para controlo de processo.

### 2 Responsáveis

Controlo de processo (Qualidade)

### 3 Modo de Proceder

Uma vez por semana recolher 1 peça lacada da linha de pintura.

16 Horas após a pintura da peça efetuar o teste abaixo:

1. Colocar a peça sobre um suporte fixo e fazer sobre esta uma cruz, assegurando que esta atravessa o revestimento e o metal base fica visível.
2. Mergulhar a peça riscada em água destilada aquecida à ebulição (a peça tem que ficar totalmente coberta).
3. Manter a peça na água em ebulição durante 15 minutos.
4. Retirar a peça da água e aguardar que esta arrefeça ( $\pm 30$  minutos)
5. Sobre a cruz raspar com a faca, o metal não pode ficar visível.
6. Numa outra zona da peça efetuar o teste da adarência com o riscador elcometer (EMM DV230):
  - a. Colocar a peça sobre um suporte fixo
  - b. Mover o punho riscador sobre a superfície a ensaiar num comprimento de  $\approx 20$  mm, assegurando que atravessa o revestimento e o metal base fica visível.
  - c. Repetir a riscagem agora na perpendicular ao riscado feito inicialmente.
  - d. Aplicar a fita-cola (ISO 2409 ou fita com força de adesão entre 6-10N/25 mm) sobre o riscado friccionando a fita sobre a quadricula de modo assegurar um bom contacto entre esta e o revestimento
  - e. Remover a fita adesiva com um movimento rápido e continuo.
7. Registrar os resultados obtido em [MOD-0211](#)

As peças ensaiadas devem ser guardadas até que se execute o ensaio seguinte e sobre elas deve estar registada a data em que o teste foi executado tal como o resultado do teste.



**Instrução de Trabalho**  
Controlo de Aderência - Peças Lacadas

IT-0042

Pág. 3 de 3

**ANÁLISE DOS RESULTADOS****Com o Riscador Elcometer**

A área testada deve ser analisada, se necessário com uma lupa e classificada de acordo com a tabela abaixo.

0	1	2	3	4	5

Os valores 0 e 1 são aceitáveis  
Os valores 2 a 5 são inaceitáveis

**Com a faca (após ebulição)**