



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA E
GESTÃO INDUSTRIAL

**Aplicação de ferramentas para análise
do processo produtivo: o caso da Roca
Torneiras**

Autor

Gabriela Cação Martinho

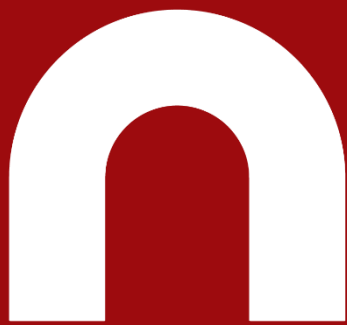
Orientador

Silvino Dias Capitão

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, abril de 2021



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
BIOLÓGICA

Aplicação de ferramentas para análise do processo produtivo: o caso da Roca Torneiras

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Autor

Gabriela Cação Martinho

Orientador

Silvino Dias Capitão

Coimbra, abril de 2021

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

AGRADECIMENTOS

O atual documento é dedicado a todos os que me apoiaram, direta ou indiretamente, ao longo destes últimos anos de estudo, nomeadamente ao longo destes últimos, e difíceis, meses desde o início do estágio até à entrega deste documento.

Um agradecimento à Roca Torneiras, S.A. pela oportunidade de realizar este estágio e a todos pela amizade e por facilitarem a minha integração na empresa. A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste projeto e aos que demonstraram disponibilidade para ajudar e transmitir conhecimentos.

Ao meu orientador, Sr. Doutor Professor Silvino Capitão, o meu especial agradecimento pela orientação indispensável e disponibilidade manifestados ao longo deste período e no desenvolvimento do presente documento.

A todos os que me acompanharam desde o início desta caminhada em Engenharia e Gestão Industrial no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

À minha família e amigos por todo o apoio e motivação.

A todos, o meu obrigada!

Gabriela Martinho

Coimbra, abril de 2021

RESUMO

A melhoria do fluxo de valor e a redução do desperdício são dois dos principais objetivos da filosofia *Lean* que assenta na criação de valor. Este conceito tem vindo a ganhar amplitude através do surgimento das terminologias *Lean Production*, *Lean Manufacturing* e *Lean Management*, mas é a constante competitividade no mercado que propicia a necessidade de reduzir desperdícios.

O presente documento pretende analisar o processo produtivo de duas peças produzidas na Roca Torneiras, S.A., cuja principal atividade se centra na produção de torneiras e cartuchos cerâmicos. Assim, abordam-se diversas metodologias *Lean*, com maior enfoque na implementação da ferramenta *Value Stream Mapping*, que se tem vindo a revelar-se eficaz na identificação e eliminação de desperdícios. Esta ferramenta de gestão visual permite visualizar o fluxo de valor ao longo do processo produtivo, desde a matéria-prima até ao cliente, e foi apresentada por Rother & Shook com base num modelo criado pela *Toyota*.

É feita ainda uma abordagem a um conjunto de ferramentas que auxiliam a resolução de problemas – as 7 Ferramentas da Qualidade. Estas ferramentas foram, inicialmente, propostas por Kaoru Ishikawa e são usadas para definir, medir, analisar e propor soluções para problemas que interferem com o desempenho de uma empresa através de técnicas gráficas.

O trabalho tem como objetivo a aplicação de ferramentas que possibilitem uma análise acerca da origem dos vários desperdícios que ocorrem ao longo de todo o processo produtivo. Para tal foi aplicado o *Value Stream Mapping*, assim como diversas ferramentas da qualidade que auxiliam na melhoria de serviços/processos e na resolução de problemas de qualidade. O estudo tem ainda o intuito de alertar para o impacto dos desperdícios gerados ao longo do processo produtivo, seja em termos de custos ou de tempos de espera.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean*, Melhoria Contínua, *Value Stream Mapping*, Qualidade, Ferramentas da qualidade.

ABSTRACT

Improving the value stream and reducing waste are two lean philosophy's main objectives based on value creation. This concept has been gaining amplitude through the emergence of *Lean Production*, *Lean Manufacturing* and *Lean Management* terminologies. However, it is the constant competitiveness in the market that provides the need to reduce waste.

This document aims to analyse the production process of two pieces produced at Roca Torneiras, S.A., whose main activity is focused on the production of faucets and ceramic cartridges. Thus, several *lean* methodologies are approached, with a greater focus on implementing of the *Value Stream Mapping* tool, which has proven effective in identifying and eliminating waste. This visual management tool allows the visualization of the value flow throughout the production process, from the raw material to the client, and was presented by Rother & Shook based on a model created by Toyota.

It is also proposed a set of tools that help in solving problems – the 7 Quality Tools. These tools are initially proposed by Kaoru Ishikawa and are used to define, measure, analyze and propose solutions to problems that interfere with a company's performance through graphic techniques.

The work aims to apply tools that analyse the origin of the various wastes that occur throughout the production process. For this purpose, *Value Stream Mapping* was applied, and several quality tools help improve of services/processes and solve quality problems. The study also aims to alert to the impact of waste generated throughout the production process, whether in costs or waiting times.

KEYWORDS: *Lean*, Continuous Improvement, *Value Stream Mapping*, Quality, Quality Tools.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xv
GLOSSÁRIO DE TERMOS	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia adotada	3
1.4. Organização do Relatório.....	3
2. O LEAN E A MELHORIA CONTÍNUA.....	5
2.1. TPS (<i>Toyota Production System</i>)	6
2.2. Princípios <i>Lean</i>	8
2.3. A identificação do desperdício	10
2.3.1. Os três MUDAS	11
2.3.2. Os sete desperdícios	12
2.4. A Melhoria Contínua.....	14
2.4.1. Ciclo PDCA	15
2.4.2. Kaizen	18
2.5. Ferramentas/soluções <i>Lean</i>	19
2.5.1. Mapeamento da Cadeia de Valor	21
2.5.2. Métricas <i>Lean</i> (KPI)	26
2.5.3. As sete ferramentas clássicas da qualidade.....	28
2.5.4. Diagrama de Pareto	33
2.5.5. Diagrama Causa-Efeito (<i>Ishikawa</i>).....	36
2.5.6. Os cinco “Porquê’s?” (5W)	39
2.6. <i>Outsourcing</i>	40

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	43
3.1. Apresentação do Grupo Roca.....	43
3.2. A Roca em Portugal.....	45
3.3. Apresentação da Roca Torneiras, S.A.....	46
3.4. Produtos	48
3.5. Departamentos e Atividades	49
3.5.1. Administração e Gestão Financeira	49
3.5.2. Manutenção	50
3.5.3. Moldes e Ferramentas	50
3.5.4. Logística e Planeamento	51
3.5.5. Qualidade	52
3.6. Processo Produtivo.....	53
3.6.1. Fundição e Mecanizado	54
3.6.2. Limado e Polido	56
3.6.3. Cromagem	58
3.6.4. Montagem de cartuchos	59
3.6.5. Montagem.....	59
4. A MELHORIA CONTÍNUA NA ROCA TORNEIRAS, S.A.	61
4.1. Value Stream Mapping Atual	61
4.1.1. Peça A.....	61
4.1.2. Peça B.....	68
4.1.3. Análise.....	73
4.2. Análise de não-conformidades	75
4.2.1. Tipos de não-conformidades.....	75
4.2.2. Análise de não-conformidades por setor produtivo	77
4.2.3. Conclusões.....	87
4.2.4. Causas e processos de recuperação para as diferentes não-conformidades....	90
5. CONCLUSÕES GERAIS E TRABALHOS FUTUROS	99

5.1. Síntese do Trabalho e Conclusões Gerais	99
5.2. Trabalhos Futuros	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
ANEXO A – <i>VALUE STREAM MAPPING</i> POR SETOR PARA A PEÇA A.....	a
ANEXO B – <i>VALUE STREAM MAPPING</i> POR SETOR PARA A PEÇA B.....	e

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – <i>Toyota Production System</i>	7
Figura 2.2 – Os 4 complementos à compreensão do <i>Toyota Production System</i> (Liker, 2004)8	
Figura 2.3 – Os 5 Princípios Lean	9
Figura 2.4 – Os sete princípios Lean Thinking	10
Figura 2.5 – Os três MU identificados pelo sistema TPS	12
Figura 2.6 – Os 12 princípios da melhoria contínua.....	15
Figura 2.7 – Ciclo PDCA.....	16
Figura 2.8 – Partes e etapas do Ciclo PDCA.....	17
Figura 2.9 – Ciclo PDCA em processo de melhoria contínua.....	18
Figura 2.10 – Conjunto de ferramentas <i>Lean</i>	20
Figura 2.11 – Exemplo de um <i>Value Stream Mapping</i> (ConceptDraw, 2020)	22
Figura 2.12 – As sete ferramentas da qualidade.....	29
Figura 2.13 – Estrutura de um fluxograma	29
Figura 2.14 – Exemplo de uma Folha de Verificação	30
Figura 2.15 – Exemplo de Histograma	30
Figura 2.16 – Distribuição simétrica ou em forma de sino	31
Figura 2.17 – Distribuição enviesada	31
Figura 2.18 – Distribuição bimodal.....	31
Figura 2.19 – Distribuição em forma de pente.....	31
Figura 2.20 – Distribuição truncada	31
Figura 2.21 – Distribuição em forma de planalto.....	31
Figura 2.22 – Exemplo de Diagramas de Dispersão.....	32
Figura 2.23 – Exemplo de Carta de Controlo.....	33
Figura 2.24 – Exemplo de Diagrama de Pareto.....	36
Figura 2.25 – Estrutura básica do Diagrama de Causa-Efeito	38
Figura 2.26 – Estrutura do Diagrama de Causa-Efeito	38
Figura 2.27 – Diagrama de Causa-Efeito.....	39
Figura 3.1 – Logótipo da <i>We are Water Foundation</i> (Roca, 2019).....	44
Figura 3.2 – Presença mundial da <i>We are Water Foundation</i> (Roca, 2019).....	44
Figura 3.3 – Distribuição Roca pelo Mundo (Roca, 2019)	45
Figura 3.4 – Roca Torneiras, S.A	46
Figura 3.5 – Cronograma da Roca Torneiras, S.A	47
Figura 3.6 – Família de produtos do modelo L20	48
Figura 3.7 – Organograma representativo da estrutura organizativa da Roca Torneiras, S.A	49
Figura 3.8 – <i>Layout</i> da Roca Torneiras, S.A.....	53
Figura 3.9 – Fluxograma Produtivo.....	54

Figura 4.1 – <i>Value Stream Mapping</i> da situação atual para a Peça A	66
Figura 4.2 – <i>Value Stream Mapping</i> da situação atual para a Peça B	72
Figura 4.3 – Diagrama de Pareto da Fundição e Mecanizado para a Peça A.....	78
Figura 4.4 – Diagrama de Pareto da Fundição e Mecanizado para a Peça B.....	79
Figura 4.5 – Diagrama de Pareto da Inspeção de LP para a Peça A.....	81
Figura 4.6 – Diagrama de Pareto da Inspeção de LP para a Peça B.....	82
Figura 4.7 – Diagrama de Pareto da Cromagem para a Peça A	83
Figura 4.8 – Diagrama de Pareto da Cromagem para a Peça B	84
Figura 4.9 – Diagrama de Pareto do setor da Montagem para a Peça A	86
Figura 4.10 – Diagrama de Pareto do setor da Montagem para a Peça B.....	87
Figura 4.11 – Diagrama Causa-Efeito para as não-conformidades Poros e Gretas.....	91
Figura 4.12 – Processo de recuperação das não-conformidades do tipo Poros e Gretas	92
Figura 4.13 – Diagrama Causa-Efeito para as não-conformidades originadas por Impurezas.....	93
Figura 4.14 – Processo de recuperação das não-conformidades originadas por Impurezas ...	94
Figura 4.15 – Processo de recuperação das não-conformidades do tipo Golpes.....	95
Figura 4.16 – Diagrama Causa-Efeito para as não-conformidades Recuperáveis e Não-recuperáveis.....	96
Figura 4.17 – Processo de recuperação das não-conformidades Fugas	97
Figura A.1 – VSM Fundição e Mecanizado Peça A.....	a
Figura A.2 – VSM Limado e Polido Peça A.....	b
Figura A.3 – VSM Cromagem Peça A.....	c
Figura A.4 – VSM Montagem Peça A.....	d
Figura B.1 – VSM Fundição e Mecanizado Peça B.....	e
Figura B.2 – VSM Limado e Polido Peça B.....	f
Figura B.3 – VSM Cromagem Peça B.....	g
Figura B.4 – VSM Montagem Peça B.....	h

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1 – Símbolos para utilização na construção de <i>Value Stream Mapping</i>	24
Tabela 2-1 – Símbolos para utilização na construção de <i>Value Stream Mapping</i> - Continuação.....	25
Tabela 2-1 – Símbolos para utilização na construção de <i>Value Stream Mapping</i> - Continuação.....	26
Tabela 2-2 – Esquematização da aplicação dos 5W	40
Tabela 4-1 - Tempos de Fundição e Mecanizado para a Peça A.....	62
Tabela 4-2 – Tempos Limado e Polido para a Peça A.....	63
Tabela 4-3 - Tempos de Cromagem para a Peça A	64
Tabela 4-4 - Tempos de Montagem para a Peça A.....	65
Tabela 4-5 – Procura anual da Peça A	67
Tabela 4-6 - Tempos Fundição e Mecanizado para a Peça B.....	68
Tabela 4-7 – Tempos de Limado e Polido para a Peça B.....	69
Tabela 4-8 - Tempos Cromagem para a Peça B	70
Tabela 4-9 - Tempos de Montagem para a Peça B	70
Tabela 4-10 – Procura anual da Peça B.....	73
Tabela 4-11 – Registo de não-conformidades na Fundição e Mecanizado para a Peça A.....	78
Tabela 4-12 – Registo de não-conformidades na Fundição e Mecanizado para a Peça B.....	79
Tabela 4-13 – Registo de não-conformidades na Inspeção de LP para a Peça A.....	80
Tabela 4-14 – Registo de não-conformidades na Inspeção de LP para a Peça B.....	81
Tabela 4-15 – Registo de não-conformidades no setor da Cromagem para a Peça A	83
Tabela 4-16 – Registo de não-conformidades no setor da Cromagem para a Peça B	84
Tabela 4-17 – Registo de não-conformidades no setor da Montagem para a Peça A	85
Tabela 4-18 – Registo de não-conformidades no setor da Montagem para a Peça B.....	86
Tabela 4-19 – <i>Top 3</i> de não-conformidades registadas para a Peça A.....	88
Tabela 4-20 – Relação entre as não-conformidades de cada setor e dos que estão a montante para a Peça A.....	88
Tabela 4-21 – <i>Top 3</i> de não-conformidades registadas para a Peça B	89
Tabela 4-22 – Relação entre as não-conformidades de um setor e dos que estão a montante, para a Peça B	89
Tabela 4-23 - Comparação das médias de % de Rejeição Mensal	100
Tabela 4-24 – Relação entre a origem dos defeitos e os custos associados (Suzaki, 2010)..	101

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

C/T – *Cycle Time* (tempo de ciclo)

JIT – *Just-In-Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

LE – Limador Externo

LP – Limado e Polido

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia Global do Equipamento)

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

S.A. – Sociedade Anónima

SCP – *Statistic Process Control* (Controlo de Processos Estatísticos)

TPM – *Total Production Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

VA – Valor Acrescentado

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work In Process*

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Bastidor – Suporte metálico onde são colocados os corpos a cromar/descromar.

Cycle Time (Tempo de Ciclo) – Período desde que uma atividade é iniciada até que é concluída.

Desperdício – Todas as atividades que não são reconhecidas pelo cliente como valor e que resultam num aumento de custos.

Downtime – Tempo de inatividade do equipamento.

Grenalhagem – Processo de limpeza de possíveis impurezas (óxidos, areias e água).

Histograma – Forma gráfica, de barras verticais, mais comum de representar distribuições de frequências de variáveis discretas e contínuas, podendo ser relativo a frequências absolutas ou relativas.

Impregnado – Processo de tapar a zona onde ocorreu a fuga com resina própria para o efeito.

Lead Time – Tempo decorrente desde a conversão de matéria-prima em produto acabado, incluindo o tempo não produtivo.

Lean Manufacturing – filosofia *Lean Thinking* aplicada a atividades produtivas.

Macho de areia – Molde que define um espaço vazio e que deve ser feito com um material resistente para não quebrar aquando da fundição.

Método científico – Conjunto de passos seguidos de forma organizada de modo a produzir novos conhecimentos, resolver problemas ou questionar conhecimentos anteriores. Fornece um conjunto de regras básicas para formular uma experiência para bem da ciência.

Stakeholder – Pessoa ou grupo de pessoas que possuem interesse nos processos e resultados de uma empresa.

Takt-time – Período máximo admissível gasto no fabrico de um produto para que seja cumprido o prazo de entrega ao cliente.

Tempo de valor acrescentado – Atividades que acrescentam valor ao processo produtivo.

Tempo de valor não-acrescentado – Atividades que não acrescentam valor ao processo produtivo.

Tempos de setup – Tempo decorrente durante as atividades de mudança, ajuste e preparação dos equipamentos para o fabrico de um novo lote ou produto.

Work in Process – Trabalho em curso. Designa todos os materiais, à exceção de matérias-primas e produto acabado, que se encontram no processo produtivo, mas aos quais não se está a acrescentar valor.

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A filosofia *Lean* deriva do Sistema de Produção da Toyota e é, neste momento, uma das mais utilizadas nas empresas para reformular os processos produtivos, reduzir custos e responder à competitividade exigida pelos mercados através da redução de desperdícios.

Este modelo de organização da produção privilegia o cliente e a entrega atempada dos produtos, através da eliminação de atividades que não acrescentam valor ao produto – os desperdícios, com o intuito de reduzir custos e aumentar a produtividade. Para tal, esta filosofia recorre a princípios e ferramentas que procuram melhorar os processos e os fluxos de materiais, de informação e de pessoas. Para esta eliminação de desperdícios, reduzindo custos e aumentando a produtividade, há que desenvolver uma cultura na qual toda a empresa, desde os gestores aos colaboradores, se mova numa constante procura pela melhoria contínua com o esforço de todos (Maia, Alves, & Leão, 2014).

A filosofia *Lean* incorpora a melhoria contínua como um dos seus pilares principais, devendo começar com a eliminação de desperdício e criação de condições que melhorem o desempenho. A sua implementação leva diretamente à procura da qualidade total e de uma preocupação constante em atingir a melhoria (António, Teixeira, & Rosa, 2019)

A melhoria contínua assenta em três componentes: o encorajamento ao erro, o incentivo na identificação e resolução de problemas e o encorajamento na identificação de melhores práticas. O primeiro componente assenta na tendência de rotular quem comete erros, o que fará com que o medo de falhar esteja presente e, por consequência, o receio de tentar melhorar. Assim, cada pessoa deveria perceber os seus erros e evitar a sua repetição. O segundo componente, o incentivo na identificação e resolução de problemas, pretende realçar que quem faz o trabalho é quem melhor o conhece. O terceiro componente, a identificação de formas de fazer melhor, suscita nas pessoas um sentimento de insatisfação, levando-as a superarem-se de forma constante (Pinto, 2014).

Assim, a melhoria contínua baseia-se numa evolução gradual, na qual as melhorias vão surgindo e, aos poucos, se vai fazendo a adaptação e a consequente aprendizagem. Cada passo dado no sentido da melhoria contínua deve ser apoiado pelo Ciclo PDCA - *Plan, Do, Check, Act* - que deve ser repetido até que a perfeição seja alcançada (Pinto, 2014).

No atual ambiente competitivo, o principal objetivo a atingir é a satisfação do cliente que não paga pelos desperdícios. Desta forma, a ferramenta mais comum para identificar e eliminar esses desperdícios é o Mapeamento do Fluxo de Valor.

O Mapeamento do Fluxo de Valor, mais conhecido como *Value Stream Mapping* (VSM), é uma ferramenta importante da filosofia *Lean* que permite identificar atividades de valor acrescentado e de valor não-acrescentado. Esta técnica auxilia na identificação de oportunidades de melhoria e na eliminação de desperdícios. Tem como objetivo principal a visualização do fluxo de valor em tempo real, desde os pedidos dos clientes até à entrega do produto acabado, fazendo uso de símbolos que permitem representar todo o processo.

Complementarmente aos conceitos apresentados pode referir-se ferramentas que permitem identificar problemas, elaborar e implementar soluções e analisar resultados – as sete ferramentas da qualidade. Esta é um dos fatores críticos quando se analisa a satisfação do cliente e, cada vez mais, as empresas procuram atingir um elevado grau de qualidade para que aquela satisfação seja cumprida. Assim, ao fazer uso destas sete ferramentas, as empresas conseguem gerir e assegurar a sua qualidade, estabelecendo uma cultura de melhoria contínua, de forma a subir os seus resultados e a reduzir os seus desperdícios.

É neste âmbito que se desenvolveu o seguinte relatório, resultado de um estágio curricular com duração presencial de cerca de 7 meses, com uma interrupção intermédia de 3 meses devido à crise sanitária associada à pandemia da COVID-19. Este período de permanência na unidade industrial da Roca Torneiras, S.A”, em Cantanhede, permitiu conhecer e acompanhar todos os seus processos com vista à implementação da ferramenta *Value Stream Mapping* e das sete ferramentas da qualidade, para uma análise do processo produtivo e das não-conformidades mais recorrentes.

1.2. Objetivos

O objetivo geral do estágio cujo relatório se apresenta neste documento era analisar o processo produtivo de duas peças produzidas na Roca Torneiras, S.A., com recurso à filosofia *lean*, assim como da implementação de ferramentas da qualidade para uma análise de não-conformidades.

Os objetivos específicos deste trabalho eram os seguintes:

- Acompanhar todo o processo produtivo;
- Analisar o processo produtivo referente a duas peças produzidas na Roca Torneiras, S.A.;
- Observar e medir tempos de ciclo de todas as atividades que fazem parte do processo produtivo;
- Identificar os elevados tempos de espera entre setores produtivos;
- Apresentar as não-conformidades presentes ao longo de todo o processo produtivo;
- Identificar as não-conformidades com maior impacto no desperdício total;
- Reunir as causas para a ocorrência dessas não-conformidades.

De notar que parte do trabalho realizado durante o estágio foi diretamente influenciado pela crise sanitária mundial, impedindo que fossem implementadas as ações de melhoria identificadas e a consequente apresentação de resultados. Por isso, optou-se pela realização de uma análise considerando quer dados de que a empresa já dispunha quer de outros obtidos ao longo do período de permanência na unidade industrial.

1.3. Metodologia adotada

Num primeiro momento, foi elaborada uma revisão da literatura para compreender e interiorizar os conceitos e as ferramentas *Lean* necessárias para a realização deste trabalho.

De seguida estudaram-se as ferramentas disponíveis, dentre as quais se selecionaram as que foram utilizadas nas análises efetuadas no caso de estudo.

Fez-se ainda uma análise do processo produtivo da Roca Torneiras, para servir de apoio ao subsequente estudo dos mapas de fluxo de valor.

Por fim, elaboraram-se os Mapas de Fluxo de Valor inicialmente pedidos pela empresa, com a devida descrição e análise, assim como a análise da aplicação das 7 Ferramentas da Qualidade.

1.4. Organização do Relatório

Ao longo de cinco capítulos e dois anexos apresenta-se o trabalho desenvolvido durante o estágio, destacando-se os aspetos principais da aplicação da filosofia *lean*.

Neste capítulo introdutório faz-se um enquadramento do tema em estudo, focado na filosofia *lean*, define-se os principais objetivos e apresenta-se uma síntese da organização do relatório.

O segundo capítulo descreve o pensamento *lean* e a melhoria contínua, complementados pela descrição das várias ferramentas *lean*.

O terceiro capítulo foca-se na apresentação do Grupo Roca, nomeadamente da Roca Torneiras, S.A., apresentando a sua estrutura e descrevendo todo o seu processo produtivo.

O quarto capítulo apresenta o trabalho desenvolvido durante o período de estágio. Inicialmente aborda-se a implementação de uma ferramenta *lean*, para a análise temporal do processo produtivo das duas peças em estudo. Depois faz-se uma análise das não-conformidades encontradas ao longo de todo o processo produtivo, para as mesmas duas peças, com o intuito de reunir todas as causas para a sua ocorrência. O capítulo foca-se na análise das ocorrências que afetaram os tempos e o desperdício ao longo do processo produtivo.

Por último, o quinto capítulo apresenta uma síntese do estudo realizado, resumindo as principais conclusões. São ainda descritas possíveis oportunidades de melhoria resultantes da análise efetuada.

O documento inclui ainda dois anexos – Anexo A e Anexo B – que ajudam na compreensão dos *Value Stream Mapping* apresentados no capítulo quatro.

2. O *Lean* e a Melhoria Contínua

O conceito *Lean* baseia-se na identificação e eliminação de processos de valor não-acrescentado, ou desperdícios, na perspetiva do cliente; todo o material e informação que está armazenado, em espera ou com defeitos, não acrescenta valor. Assim, o *Lean* é utilizado de forma a melhorar a qualidade dos produtos e serviços, eliminar desperdícios e reduzir tempos e custos, criando um processo contínuo para obter produtos acabados de qualidade, assim como uma prestação de serviços capaz de satisfazer de forma eficaz a procura (Zhou, 2012).

O termo *Lean* foi utilizado pela primeira vez por John Krafcik (Krafcik, 1988) na sua tese para o Massachusetts Institute of Technology para descrever o *Toyota Production System* (TPS – Sistema de Produção Toyota) (Shah & Ward, 2007). Foi, posteriormente, referenciado nos livros “*The Machine that Changed the World*” (Womack, Jones, & Roos, The Machine that Changes de World, 1990) e “*Lean Thinking: Banish Waste and create wealth in your corporation*” (Womack & Jones, 2003), de Womack & Jones, nos quais foram discutidas não só as operações de fabrico, mas também o desenvolvimento de produtos, expondo como o conceito pode melhorar o desempenho das empresas. Desde então o conceito é mundialmente aplicado, sendo um dos mais bem-sucedidos, quando se quer referir a filosofia de liderança e gestão que pretende eliminar desperdícios e, assim, criar valor.

Este conceito está maioritariamente associado à redução de desperdícios de maneira a atenuar os impactos da procura e do tempo na capacidade e na incerteza da oferta. A melhoria da qualidade dos produtos e dos serviços são os principais objetivos deste conceito, pois os produtos defeituosos, ou de má qualidade, devem sempre ser considerados como desperdício (Zhou, 2012).

Em português o conceito *Lean* significa ‘magro’, ou seja, fazer cada vez mais com cada vez menos, refletindo o objetivo de se utilizar metade do esforço humano, metade do espaço de fabrico, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo em engenharia, desenho e desenvolvimento de novos produtos (Moreira, 2011).

A filosofia *Lean* procura transferir, ao máximo, tarefas e responsabilidades aos colaboradores que adicionam valor ao produto/serviço, combinando um conjunto de ferramentas que tornam viáveis o uso de conceitos fundamentais, através de práticas direcionadas para a redução de desperdícios e na procura de soluções para a raiz dos problemas (Júnior, 2019).

Segundo Womack & Jones (2003), *Lean* é uma filosofia operacional que procura reduzir *lead-times* de produção de maneira a obter produtos e serviços com elevada qualidade e a custos reduzidos, melhorando o fluxo produtivo com a eliminação de desperdícios. Desta forma, a ideia é fazer mais com menos, reduzindo o esforço, a utilização de equipamentos e o tempo (Womack & Jones, 2003). Assim, foi adotado por muitas empresas com o intuito de direcionar as suas perspetivas e esforços para a melhoria das suas operações, mostrando que não se limita a de empresas de uma determinada dimensão, mas sim a todos os tipos, tamanhos e indústrias que se esforçam para ver as suas vantagens competitivas aumentarem (Alkhoraifa, Rashid, & McLaughlin, 2019).

2.1. TPS (*Toyota Production System*)

O *Toyota Production System* (TPS) foi criado por Taiichi Ohno nos anos 1940, associado à indústria automóvel japonesa. É reconhecido principalmente pela sua importância face à redução dos sete desperdícios, de modo a aumentar o valor para o cliente (Yamamoto, Milstead, & Lioyd, 2019) (Pinto, 2014) (Oliveira, 2012).

Este conceito está diretamente relacionado com a redução e eliminação de desperdícios para uma melhoria contínua, havendo necessidade de se criar um fluxo de produção flexível e rápido, de maneira a oferecer ao cliente o produto desejado, com qualidade e ao menor custo possível (Dekier, 2012).

O TPS é frequentemente representado na forma de uma casa (**Figura 2.1**), composta por várias divisões, cada uma com a sua função, mas interligadas entre si. Nela podemos diferenciar a base e os alicerces, nos quais se identificam os aspetos fundamentais da filosofia *Toyota*, como a gestão visual, a uniformização e a estabilização de processos para reduzir a variabilidade que é prejudicial ao desempenho dos processos e ao nivelamento da produção. Na base desta estrutura encontra-se o aspeto fundamental no desenvolvimento do TPS, o ‘respeito pelas pessoas’, que é também, atualmente, a base do *Lean Manufacturing*¹ (Pinto, 2014).

O TPS foi desenvolvido para proporcionar a melhor qualidade, o menor custo e menor tempo através da eliminação de desperdícios (Lean Enterprise Institute, s.d.) e está assente em dois pilares fundamentais, o *Just-in-time* (JIT) e o *Jidoka*, e pode produzir de forma eficiente e rápida produtos que satisfaçam plenamente os requisitos dos clientes (Toyota, s.d.).

O *Just-in-time* pretende refinar e coordenar cada processo de produção, de modo a que produza apenas o que é exigido pelo próximo processo, ou seja, produzir o que é necessário, quando é necessário, em todas as fases de produção. Assim, não existe desperdício, predomina uma qualidade consistente e um fluxo de produção uniforme (Toyota Europe, s.d.). A implementação desta abordagem permite que sejam produzidas pequenas quantidades que serão entregues aos clientes com prazos de entrega curtos, ou seja, permite reagir rapidamente à procura, produzindo o produto certo, na quantidade certa e no momento certo, eliminando atividades que não acrescentam valor, diminuindo defeitos e, por consequência, diminuindo custos de produção (Liker, 2004).

Jidoka é um termo japonês que pode ser traduzido como “autonomação” ou “automação com toque humano” e é um método para identificar e corrigir rapidamente quaisquer problemas que possam levar a uma produção defeituosa (Toyota Europe, s.d.), ou seja, significa que o operador ou a máquina têm autonomia para parar o processo caso seja detetada alguma anomalia e, assim, evitar a propagação de defeitos ao longo da linha de produção (Liker & Morgan, 2006) (Ghinato, 1995). Este conceito teve origem na Toyota através dos Ohno para que um

¹ *Lean Manufacturing* – filosofia *Lean Thinking* aplicada a atividades produtivas.

trabalhador pudesse operar mais que uma máquina em simultâneo e, assim, aumentar a eficiência da produção (Ghinato, 1995).

No telhado da representação esquemática do TPS estão representados os objetivos do sistema, suportados pelos pilares, o *Just-in-time* e o *Jidoka*.

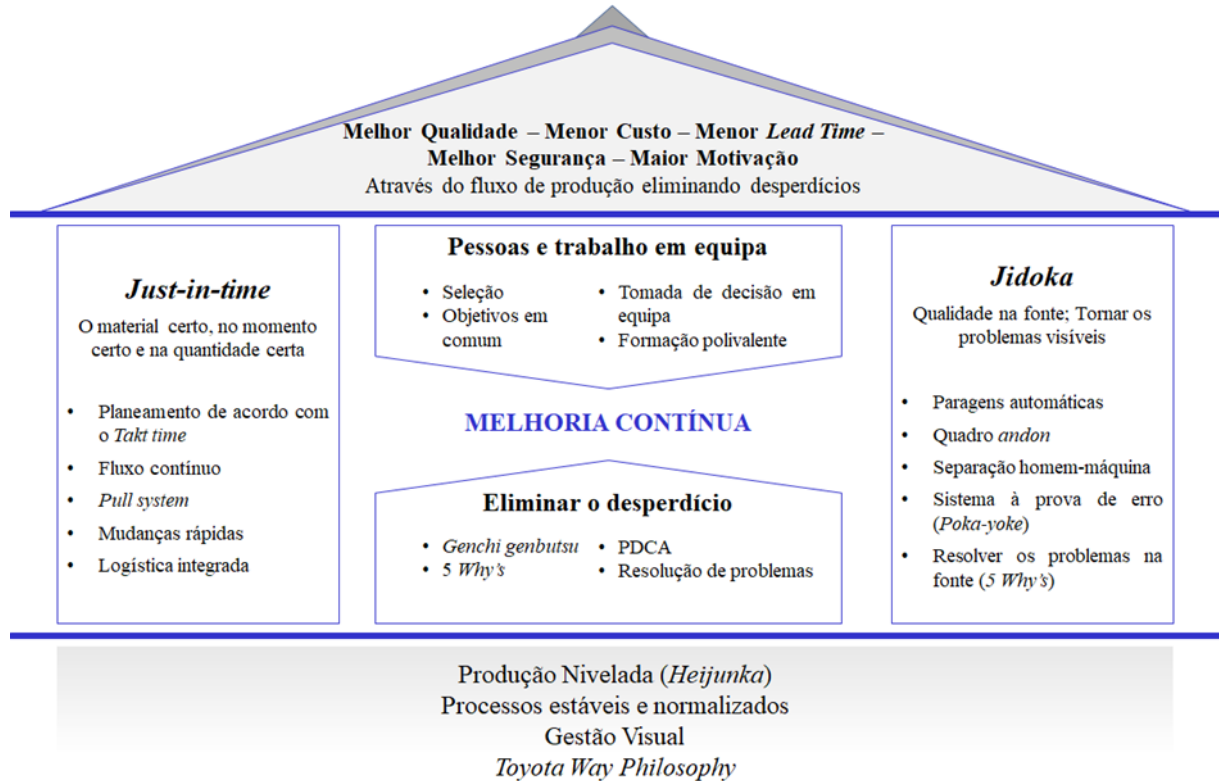


Figura 2.1 – Toyota Production System
[Adaptado de (Liker, 2004) (Pinto, 2014)]

Liker (2004) apresenta um modelo que complementa a compreensão do TPS e que assenta num conjunto de princípios que se dividem em quatro categorias (**Figura 2.2**), a Filosofia (*Philosophy*), Processo (*Process*), Pessoas e Parceiros (*People and Partners*) e Resolução de problema (*Problem Solving*).

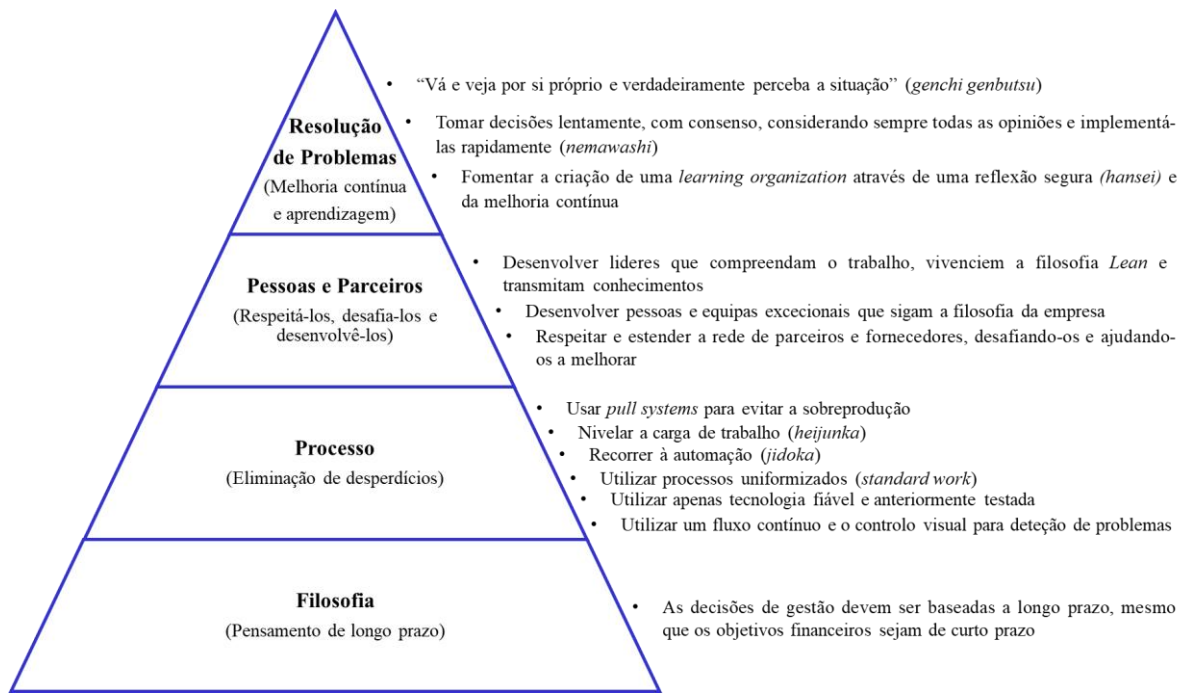


Figura 2.2 – Os 4 complementos à compreensão do *Toyota Production System*
[Adaptado de (Liker, 2004)]

As quatro regras do TPS são (Pinto, 2014):

- Todas as operações devem ser devidamente especificadas relativamente ao conteúdo, sequência, tempos e resultados;
- A relação cliente/fornecedor deve ser direta, inequívoca no envio de solicitações e no recebimento de respostas (ex: do tipo sim/não);
- O fluxo de cada produto ou serviço deve ser simples e direto;
- Qualquer melhoria deve ser feita de acordo com o método científico², sob a supervisão de um responsável, até ao mais baixo nível da hierarquia da empresa.

2.2. Princípios *Lean*

A metodologia *Lean* é um modelo de gestão que se baseia em cinco princípios essenciais (**Figura 2.3**) que auxiliam as empresas a encontrar o caminho para atingir os seus objetivos (Womack & Jones, 2003):

- **Valor** - O valor é considerado o aspeto fundamental do pensamento *lean*, sendo uma referência em todo o processo produtivo. Só pode ser definido pelo cliente final, apesar de ser criado pelo produtor, sendo tudo aquilo a que aquele está disposto a pagar para satisfazer as suas necessidades (Womack & Jones, 2003). O valor é definido como o conjunto de características exigidas pelo cliente. Para tal devem ser identificadas as

² **Método científico** – Conjunto de passos seguidos de forma organizada de modo a produzir novos conhecimentos, resolver problemas ou questionar conhecimentos anteriores. Fornece um conjunto de regras básicas para formular uma experiência para bem da ciência.

funcionalidades dos produtos que satisfazem as expectativas e necessidades do cliente (Apolinário, 2018), cobrando um determinado preço, com o objetivo de manter a empresa e aumentar os lucros através da adoção de ferramentas como a melhoria contínua para melhorar a qualidade dos seus produtos e reduzir os custos (Guimarães, 2017).

- **Cadeia de Valor** - A cadeia de valor é constituída por todas as etapas da vida de um produto e consiste em analisar a cadeia produtiva e o fluxo de valor de cada produto para identificar e eliminar desperdícios no processo. São identificadas todas as atividades que acrescentam valor, as que não acrescentam mas são necessárias, e aquelas que não acrescentam valor e que são desnecessárias, devendo ser eliminadas imediatamente pois apenas acarretam custos à empresa.
- **Fluxo de Valor** - Com o valor especificado e a cadeia de valor identificada, é necessário que as atividades que acrescentam valor fluam num único fluxo, sem constrangimentos nem tempos de espera, de maneira a que seja produzido apenas o necessário, ou seja, produzir de acordo com a procura, evitando os chamados *stocks* (Abrantes, 2015) (Guimarães, 2017) (Apolinário, 2018).
- **Pull** - Este princípio dita que é o cliente que determina a produção para que apenas exista produção quando há procura por parte deste, para evitar desperdícios e *stocks* desnecessários. Se a procura aumentar, o fluxo deve aumentar e se a procura diminuir, o fluxo deve diminuir na mesma proporção (Abrantes, 2015) (Guimarães, 2017).
- **Perfeição** – Complementarmente aos quatro princípios anteriores, deve procurar-se a inovação e a melhoria contínua de forma persistente, ajudando na eliminação de desperdícios e na criação de valor. Este processo deve ser visto como um processo contínuo e permanente para atingir a perfeição ao nível de eficácia, eficiência e produtividade. Deve orientar todos os esforços da empresa através de processos transparentes em que todos os participantes no fluxo tenham conhecimento do processo completo, podendo dialogar e procurar melhores formas para a criação de valor (Ferreira, 2015).



Figura 2.3 – Os 5 Princípios Lean (Pinto, 2014)

Os princípios apresentados por Womack e Jones (Jedynak, 2015) apresentam algumas lacunas por considerarem apenas a cadeia de valor na perspetiva do cliente. Ora, numa organização não existe uma, mas várias cadeias de valor, uma para cada *stakeholder*³, ou seja, existem tantas cadeias de valor quantas as partes envolvidas.

³ *Stakeholder* – Pessoa ou grupo de pessoas que possuem interesse nos processos e resultados de uma empresa.

Além disso, tem-se verificado que os cinco princípios propostos inicialmente podem levar as organizações ao limite da criação de valor através da redução de desperdícios, mas ignorando a inovação de produtos, serviços e processos (Pinto, 2014).

Os dois novos princípios (**Figura 2.4**), propostos em 2008 pela Comunidade *Lean Thinking* (CLT), “Conhecer os *stakeholders*” e “Inovar sempre” procuram colocar a empresa no caminho certo rumo à excelência e ao desempenho extraordinário (Pinto, 2014).

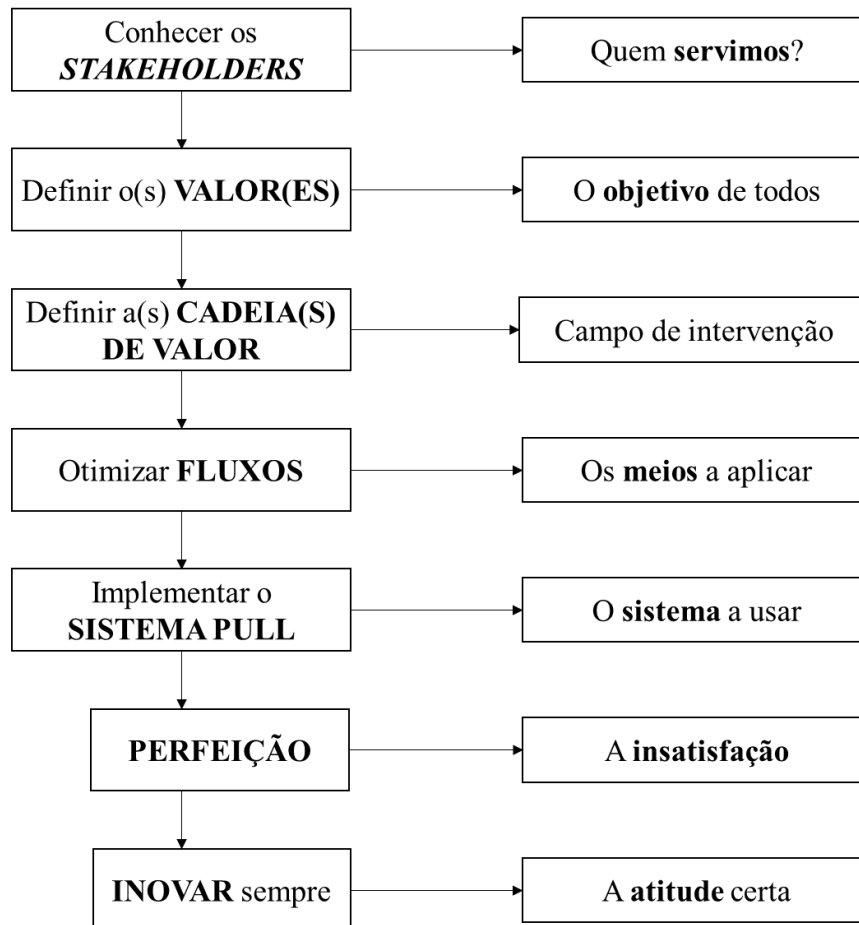


Figura 2.4 – Os sete princípios Lean Thinking
[Adaptado de (Pinto, 2014)]

2.3. A identificação do desperdício

O desperdício corresponde às atividades realizadas que não acrescentam valor, manifestando-se de várias formas, mas resultando em mais tempo despendido e mais custos sem benefícios. O desperdício pode ser classificado como visível ou invisível, sendo o invisível o mais abundante nas organizações e também o mais difícil de combater. Assim, qualquer que seja a atribuição, deve identificar-se sempre o desperdício (Pinto, 2014).

Uma vez que o conceito de desperdício está ligado à ideia de valor, a melhor maneira de identificar desperdícios é distinguir as atividades que acrescentam valor daquelas que não

acrescentam valor (Carvalho, 2008). As atividades que criam valor acrescentado são as que o cliente está disposto a pagar quando adquire um determinado produto ou serviço. Assim, as atividades que não acrescentam valor ao produto ou serviço geram custos que são rejeitados pelo cliente. Em relação a estas últimas há que considerar as necessárias e as inúteis. As necessárias são aquelas que são úteis para que o processo produtivo se inicie, enquanto as inúteis são as realizadas como consequência de erros de manuseamento dos equipamentos (António, Teixeira, & Rosa, 2019).

Para atingir o desperdício zero, a filosofia *Lean* pretende que a empresa inicie uma mudança na organização dos seus ativos, nas tecnologias presentes, na maneira como os fluxos de material e serviços são feitos, e no seu fluxo de valor. A não existência de desperdício no fluxo de valor leva a que os processos exijam menos esforço humano, menos espaço, menos capital e menos tempo para produzir produtos/serviços, com custos mais baixos e com defeitos reduzidos.

2.3.1. Os três MUDAS

Um dos objetivos é atingir uma situação em que a capacidade de produção seja igual à solicitada pelo cliente. Assim, as empresas devem dispor de pessoas, processos, materiais e tecnologia capazes de produzir a quantidade certa do produto/serviço pedido pelo cliente de modo a que lhe seja entregue no prazo estipulado. Não sendo possível, poderão ocorrer perdas para a empresa que resultam de desequilíbrios entre a carga e a capacidade (Pinto, 2014).

Para estes princípios de gestão de origem japonesa, os tipos de desperdícios são designados por *muda*, *mura* e *muri* (**Figura 2.5**), que estão interrelacionados entre si e significam o seguinte:

“**Muda**” significa desperdício, o mais conhecido dos 3 MUs, é definido como o consumidor de recursos de uma empresa, não agregando valor, inútil e desnecessário, devendo ser reduzido ou eliminado (Pinto, 2014). Para o evitar, as empresas devem identificar os processos que levam a custos desnecessários, mantendo apenas os indispensáveis e necessários para satisfazer as necessidades dos consumidores, e eliminando todas as atividades que não acrescentam valor de modo a tornarem-se mais competitivas (Kiger, 2016).

“**Mura**” direciona-se para o que é variável, ou seja, para as irregularidades e inconsistências na produção. Refere-se aos aspetos que originam inflexibilidade, às sobrecargas ou irracionalidades nos processos e nas pessoas. Para que este tipo de desperdício possa ser eliminado é necessário adotar um sistema JIT – *just in time* – utilizando apenas o necessário e quando pedido. É aplicado através do sistema pull, deixando o cliente puxar os produtos e/ou serviços (Pinto, 2014), ou seja, entender o que o mercado precisa, adaptando as empresas, de modo a regular e equilibrar os processos e produzir apenas o que lhes é exigido (Kiger, 2016).

“**Muri**” corresponde ao irracional, manifestando-se através de excesso ou de insuficiência (Pinto, 2014). Refere-se a todas as atividades consideradas densas ou que dependem de um grande esforço para serem realizadas, aumentando os custos de produção. Para que este desperdício seja eliminado, as empresas devem padronizar todas as etapas dos seus processos de modo a melhorar os tempos de produção (Kiger, 2016), uniformizar o trabalho, garantir que

os procedimentos são seguidos sempre de igual forma, tornando os processos mais previsíveis, estáveis e controláveis (Pinto, 2014).



Figura 2.5 – Os três MU identificados pelo sistema TPS
[Adaptado de (Pinto, 2014)]

A identificação destes três desperdícios representa uma forma simples de iniciar ações de melhoria contínua nas empresas, de forma a alcançar a competitividade e a excelência, sendo o **muda** o mais simples de eliminar, pois refere-se a alterações de comportamentos errados que se prolongam no tempo (Imai M. , 2012).

2.3.2. Os sete desperdícios

Os sete desperdícios mais importantes foram identificados por Taiichi Ohno (1912-1990) e por Shigeo Shingo (1909-1990) aquando do desenvolvimento do TPS (*Toyota Production System*).

- 1. Excesso de Produção** – Este desperdício centra-se na produção em excesso, ou seja, fazer o que não é necessário, quando não é necessário e em quantidades desnecessárias. Daí advêm problemas como o desperdício de tempo, custos ou consumos de matéria-prima desnecessários (Moreira, 2011). Assim, apenas se deve produzir o necessário quando for necessário. Esta situação pode dever-se a excessos de movimentações, ocupações desnecessárias em armazém, existência de produtos desatualizados ou problemas com quantidades. Desta forma a produtividade vai ser afetada de maneira negativa, assim como a qualidade dos produtos e serviços e, por consequência, haverá maior necessidade de capital e menor cumprimento de prazos de entrega, prejudicando a existência de um fluxo harmonioso (Brintrup, Ranasinghe, & McFarlane, 2010).
- 2. Esperas** – A espera dá-se quando existem desequilíbrios nos processos. O ideal será que estes desequilíbrios sejam nulos, ou seja, tempos de espera inexistentes e fluxo rápido e contínuo (Yamamoto, Milstead, & Liloyd, 2019) (Sehnem, Kipper, Silva, Freitas, & Choaie, 2020). Todas as formas de espera são desperdício (Yamamoto,

Milstead, & Liloyd, 2019), podendo estar associados a três entidades: à máquina, quando ocorre falta ou atraso de matérias-primas; ao lote, quando se encontra incompleto à espera das restantes peças para seguir para o armazém; ao operador, quando este tem de esperar que a máquina termine a sua operação.

3. **Transporte e movimentações** – Este tipo de desperdício ocorre quando existem transportes sem que haja um acréscimo de valor e, assim, a existência de perdas de tempo, esforços e custos. Estas movimentações, segundo o sistema de produção *Lean*, são desperdícios de tempo que devem ser eliminados, ou no limite, minimizados (Moreira, 2011). Os custos de transporte podem ser reduzidos se o material for entregue no local onde será usado (Ferreira, 2015).
4. **Desperdício do próprio processo** – Dá-se através de etapas do processo que são realizadas de forma errada, não agregando valor para o produto (Moreira, 2011), como operações a refazer, excesso de etapas de processamento ou o uso de material inadequado (Leitão, 2014).
5. **Stocks** – A existência de *stocks* desnecessários leva a um aumento de custos. Estes *stocks* advêm de previsões de vendas e não da procura real, levando a custos excessivos e custos de armazenagem, os quais possivelmente não terão retorno.
6. **Defeitos** – Derivam de problemas de qualidade, originando reclamações por parte dos clientes. Os defeitos levam a desperdícios de materiais, mão-de-obra, equipamentos, movimentações desnecessárias e, ainda, a um aumento de *stock* de produtos defeituosos. A metodologia *Lean* pretende otimizar os processos de maneira a que seja reduzida a existência de produtos com defeitos (Moreira, 2011).
7. **Trabalho desnecessário** – Este desperdício tem origem na existência de movimentos que não são necessários para a realização das diferentes operações e que não acrescentam valor (Moreira, 2011). Habitualmente este desperdício é originado pela desmotivação dos colaboradores, pela falta de um planeamento eficaz ou pela não normalização de processos. Uma solução para este desperdício é a criação de um fluxo contínuo que tenha o total envolvimento dos colaboradores, que deve ser complementado por formações para que estes estejam motivados.

Surgiu posteriormente o oitavo desperdício, a não utilização do potencial humano, ou seja, a não utilização do máximo das capacidades, aptidões e experiências dos colaboradores. Sendo eles quem melhor conhece o processo, estando numa melhor posição para indicar os erros do processo e ao mesmo tempo terem boas ideias e experiência, a pior coisa a fazer é ignorá-los, obtendo-se assim, muitas vezes, processos de fabrico ineficientes e obsoletos e uma mão-de-obra que não sente liberdade para dar sugestões. Havendo partilha de ideias, não só a empresa fica a ganhar como também se desenvolve um sentimento de valorização por parte dos colaboradores, que se mostram mais motivados e envolvidos com a empresa, elevando a eficácia operacional.

2.4. A Melhoria Contínua

A melhoria contínua é uma metodologia na qual as pessoas, sabedoras dos processos e conscientes da constante necessidade de mudar, trabalham em conjunto com o objetivo de melhorar o desempenho dos processos, aproximar o desempenho aos valores de referência e responder às necessidades dos clientes. Este conceito encoraja a proatividade das pessoas para resolver problemas e desafios, evitando que cruzem os braços ou tenham atitudes “para agradar a alguém”. Além disso, leva a que se desenvolvam hábitos de: procura de **conhecimento** e de melhor compreensão da necessidade de melhoria contínua; **desejo**, tendo vontade de fazer melhor voluntariamente; **saber fazer**, ao ter capacidades para que a melhoria contínua aconteça (Womack & Jones, 2003) (Pinto, 2014).

Esta metodologia deve ser implementada com foco no trabalho em equipa, sendo que as grandes conquistas resultam dos pequenos contributos de cada pessoa e não do esforço de apenas uma. Cada passo dado na direção da melhoria contínua é apoiado por um ciclo de melhoria contínua em que a última etapa se encontra novamente com a primeira, o ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Act*). Este ciclo funciona como um motor para atingir a perfeição e que já deu provas de como é o mais adequado para alcançar metas e objetivos (Pinto, 2014).

A melhoria contínua preocupa-se com todos os aspetos relacionados com as atividades da empresa, direcionando todos os seus esforços para a melhoria do desempenho do produto e do processo, aperfeiçoando a qualidade dos produtos/serviços e processos de modo a alcançar a satisfação do cliente. Assim, a melhoria contínua baseia-se em 12 princípios (**Figura 2.6**), que assentam no ciclo PDCA de maneira a facilitar a sua realização, e que se repetem continuamente até que seja atingida a perfeição.

O conceito de melhoria contínua baseia-se em três componentes (Doolen & Hacker, 2005) (Pinto, 2014):

- **Encorajar o erro.** É necessário dar oportunidade para que as pessoas percebam os motivos dos seus erros, para que se evite a sua repetição. Ao encorajar o erro, dá-se autonomia às pessoas para que aprendam e saibam distinguir o que agrega valor do que não agrega.
- **Incentivar e recompensar as pessoas por identificarem e solucionarem problemas.** As pessoas recebem incentivos e recompensas ao identificarem problemas e ao arranjarem soluções para eles, sendo que quem faz o trabalho é quem melhor conhece o processo. É nesta fase que as várias ferramentas *Lean* de resolução de problemas são aplicadas.
- **Pedir às pessoas para identificarem maneiras de fazer melhor.** Incentiva as pessoas a identificar formas de fazer melhor, incutindo-lhes um grau de insatisfação com os níveis de desempenho atuais, levando-as a superar-se constantemente e a proporcionar um ciclo com as três componentes.

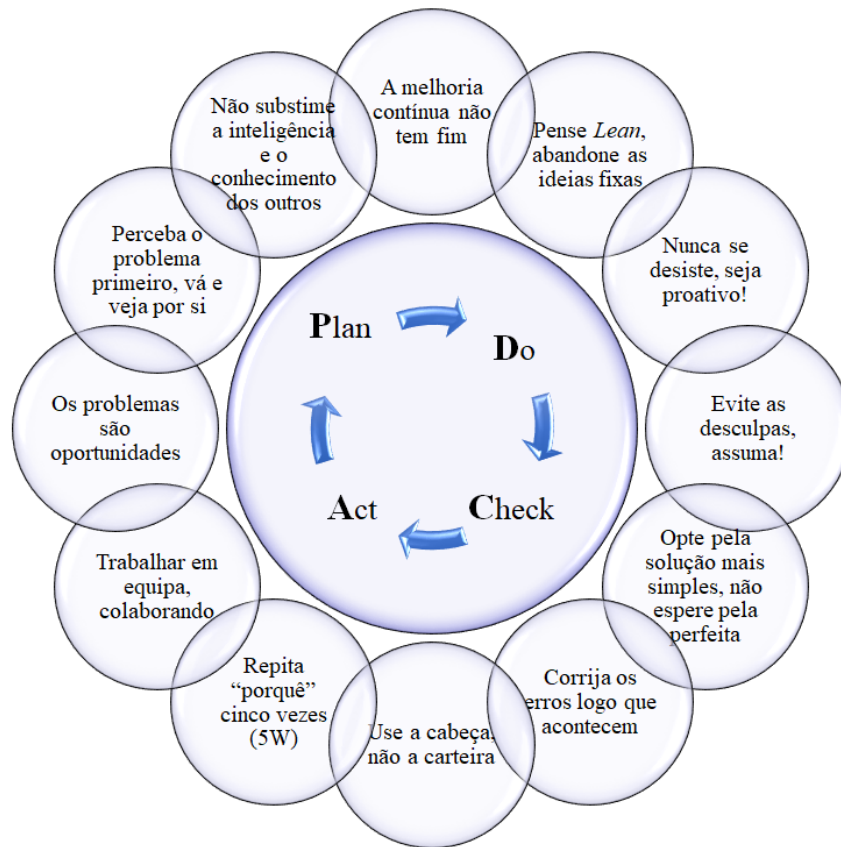


Figura 2.6 – Os 12 princípios da melhoria contínua
[Adaptado de (Pinto, 2014)]

2.4.1. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, também conhecido como “Ciclo de Deming” ou “Ciclo de Shewhart”, é um método de análise e melhoria criado em 1930 por Walter Shewhart, um estatístico americano. No entanto, apenas a partir dos anos de 1950, pela mão de W. E. Deming, uma das figuras estrangeiras mais influentes na recuperação económica e industrial do Japão após a 2ª Guerra Mundial, é que o ciclo começa a ser popularizado (Pinto, 2014) (Strotmann, et al., 2017) (Farinha, 2018).

Inicialmente, foi desenvolvido para controlar a qualidade dos produtos, mas rapidamente sobressaiu como um método que permite desenvolver melhorias de processos ao nível organizacional (Realyvásquez, Arredondo-Soto, Carrillo-Gutiérrez, & Ravelo, 2018). Atualmente, caracteriza-se pela abordagem de melhoria contínua e na criação de conhecimento, sendo conhecido como um método lógico que permite aumentar a eficácia das atividades (Sangpikul, 2017).

É uma ferramenta muito importante usada para analisar e melhorar os processos e a eficácia do trabalho em equipa e é fundamental no apoio à gestão e à tomada de decisão, tanto para o departamento de manutenção como para a organização (Farinha, 2018). Este ciclo ensina as organizações a planear uma ação, implementar a sua realização, verificar se corre consoante o planeado e atuar naquilo que está a ser alvo de aprendizagem (Pinto, 2008).

Este ciclo auxilia no diagnóstico, análise e resolução de problemas organizacionais. É uma das poucas ferramentas que se mostram eficazes na procura da melhoria contínua, tendo em conta que conduz a ações sistemáticas que agilizam a obtenção de bons resultados, com o intuito de alcançar as metas necessárias e garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações (Quinquiolo, 2002).

O Ciclo PDCA compreende 4 etapas: *Plan*, *Do*, *Check*, *Act* (Realyvásquez, Arredondo-Soto, Carrillo-Gutiérrez, & Ravelo, 2018) (Farinha, 2018), representadas na **Figura 2.7**.

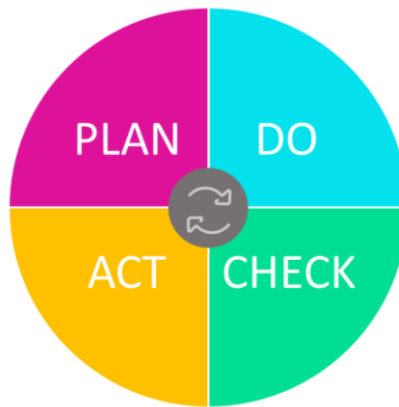


Figura 2.7 – Ciclo PDCA

- **Planear (Plan) – Identificar e Analisar o problema**

São identificadas propostas de melhoria de acordo com as prioridades definidas. Devem definir-se objetivos e métodos para os alcançar, formulando uma teoria e estabelecendo métricas de sucesso, e desenvolvendo um plano de ação.

- **Executar (Do) – Desenvolver soluções e plano de implementação**

Esta fase consiste na implementação do plano de ação, na seleção e na documentação de informação. Devem recolher-se dados para análise na próxima fase. Para que esta fase seja bem-sucedida é fundamental recorrer-se à formação das atividades por executar (Werkema, 2012), ou seja, esta etapa representa o “local” onde se motivam os trabalhadores a atuar como uma equipa, de modo a atingir os desafios propostos (Liker & Convis, 2011).

- **Verificar (Check) – Avaliar os resultados**

São implementadas as medidas planeadas e analisados os seus resultados, comparando os dados antigos e os novos dados, fazendo uma conclusão das melhorias e dos objetivos alcançados.

- **Atuar (Act) – Utilizar o *feedback* para melhorar e replanear**

São desenvolvidos métodos de modo a implementar as melhorias alcançadas. Após a análise dos resultados obtidos, atua-se sobre o processo, realizando ações corretivas para as falhas encontradas durante o processo. Após a realização da correção, deve repetir-se o ciclo.

O Ciclo PDCA divide-se ainda nas seguintes etapas, usadas na sua implementação (**Figura 2.8**):

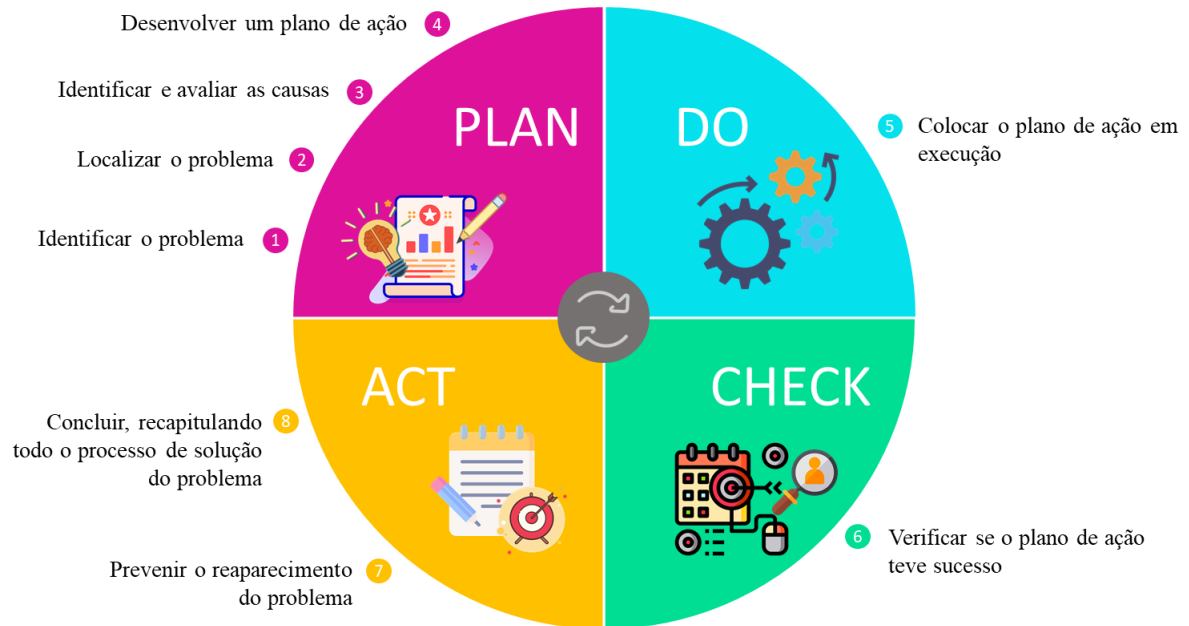


Figura 2.8 – Partes e etapas do Ciclo PDCA

Caso as medidas implementadas tenham sido eficazes, há que criar um padrão que possa ser mantido e auditado. Caso não tenham sido eficazes, deve iniciar-se um novo ciclo, começando pela fase *Plan*.

A implementação do ciclo PDCA permite dois tipos de ações corretivas, a temporária e a permanente. Uma ação corretiva temporária destina-se a obter resultados para eliminar um problema específico com soluções pontuais e imediatas. Uma ação corretiva permanente consiste na investigação e eliminação das causas fundamentais e, assim, preservar as melhorias implementadas no processo (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010).

O ciclo PDCA é mais do que apenas uma ferramenta, é um conceito para os processos de melhoria contínua que operam na empresa e que estão associados à cultura organizacional, e que devem ser repetidos continuamente até que seja atingida a perfeição. O ponto mais importante no decorrer de todo o ciclo está presente na fase “Act” (Agir), ou seja, no momento em que se conclui uma melhoria e se inicia uma nova melhoria do processo (**Figura 2.9**) (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010).

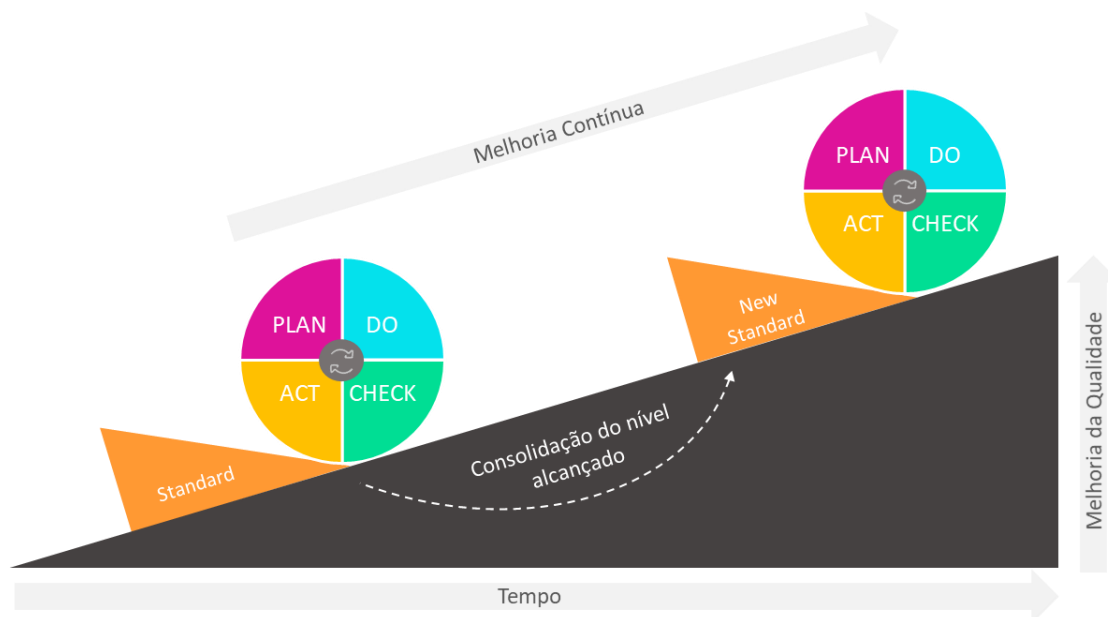


Figura 2.9 – Ciclo PDCA em processo de melhoria contínua

[Adaptado de (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010)]

A melhoria contínua padece de uma evolução gradual do desempenho e cada avanço dado no seu sentido é apoiado num ciclo de melhoria contínua (Ciclo PDCA) que é continuamente repetido até que a perfeição seja, aos poucos, atingida através das melhorias implementadas.

2.4.2. Kaizen

A metodologia *Kaizen* começou a ser aplicada nas organizações pouco depois da Segunda Guerra Mundial, no Japão, quando o país vivia uma situação difícil no pós-guerra e a sua economia estava devastada e com grandes dificuldades. Tinha perdido a guerra e a necessidade de as empresas crescerem era uma prioridade, mas não havia capital investido e os incentivos por parte do governo eram inexistentes. Assim, era preciso que as empresas produzissem com qualidade e a preços competitivos, mas não tendo máquinas sofisticadas ou automáticas, os japoneses viram na criatividade uma mais-valia para serem mais competitivos no mercado (Fonseca, Ribeiro, Reis, & Mesquita, 2016). Com o término da ocupação dos Estados Unidos, entre 1945 e 1952, o governo japonês iniciou um projeto de estudos na área da administração, totalmente focados na qualidade, com o intuito de reestruturar a economia e os processos industriais, como objetivo de elevar novamente as empresas japonesas para um patamar competitivo a nível mundial (Imai M. , 1986) (Costa, 2019).

Em 1985, três anos antes do aparecimento do conceito *Lean*, Massaki Imai fundou o *Kaizen Institute Consulting Group* (KICG) para ajudar as empresas ocidentais a introduzir conceitos, sistemas e ferramentas *Kaizen*. Desta forma, o conceito *Kaizen*, atualmente conhecido e adotado em todo o mundo, foi introduzido por Massaki Imai, no Japão, aquando da publicação, em 1986, do livro “*Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success*”, e da sua implementação na empresa japonesa Toyota de forma a melhorar a eficiência, produtividade e competitividade (Singh & Singh, 2009).

A palavra *Kaizen* envolve dois conceitos, o *Kai*, que significa mudança, e o *zen* que significa melhor, ou seja, mudar para melhor. Esta filosofia baseia-se no conceito de melhoria contínua e pretende, de forma constante, procurar e eliminar o desperdício através de soluções de baixo custo (Singh & Singh, 2009). Assim, esta filosofia⁴ tem como objetivo o desenvolvimento das capacidades criativas das pessoas que estão mais próximas dos processos, os colaboradores, de maneira a tornar estes processos mais eficazes e eficientes (Martin & Osterling, 2007).

Massaki Imai define *Kaizen* como “uma estratégia para vencer ao dar a capacidade a todos os colaboradores para resolver problemas” (Imai M. , 2012), ou seja, é dada a possibilidade a todos os colaboradores para encontrar problemas na sua metodologia de trabalho e para os resolver, implementando melhorias, de forma a que todos juntos sejam um só para no desenvolvimento da empresa. Com isto, o *Kaizen* pretende dar mais destaque às pessoas e à dignidade humana do que aos processos, permitindo eliminar o trabalho árduo e ensinar os colaboradores a resolver, de forma eficaz, os problemas à medida que eles surgem, utilizando uma abordagem científica e de aprendizagem (Martin & Osterling, 2007).

Massaki Imai aponta para a existência de dez mandamentos que devem ser seguidos na metodologia *Kaizen* (Imai M. , 1986) (Rebechi, 2006):

- O desperdício deve ser eliminado;
- Devem ser feitas melhorias contínuas;
- Todos os colaboradores devem estar envolvidos;
- Apoiar estratégias “baratas”, pois são as melhores, e o aumento da produtividade pode acontecer sem a necessidade de grandes investimentos;
- É aplicada em qualquer lugar ou cultura;
- Direciona a sua atenção para onde é criado valor, o “chão de fábrica”;
- Faz uso de uma gestão visual de maneira a que os desperdícios e os problemas sejam visíveis aos olhos de todos;
- Orienta-se para os processos;
- Sendo o esforço principal de melhoria o das pessoas, elas devem ser a prioridade;
- A aprendizagem deve ter como lema, aprender fazendo.

2.5. Ferramentas/soluções *Lean*

A metodologia *Lean* assenta no princípio de otimizar todos os processos relacionados com a produção, eliminando qualquer tipo de desperdícios e maximizando o lucro alcançado pelas empresas através a redução de custos.

⁴ Filosofia – Forma de pensar ou comportar-se.

De maneira a que as melhorias sejam atingidas e, assim, garantam a redução de custos, a metodologia *Lean* faz uso de um conjunto de ferramentas/soluções que têm vindo a provar a sua eficácia. Estas direcionam-se para reduzir os tempos de ciclo, os *stocks*, os tempos de *setup*⁵, o *downtime*⁶ dos equipamentos, os retrabalhos e outros desperdícios presentes (Antony, Escamilla, & Caine, 2003).

As ferramentas *Lean* pretendem satisfazer os requisitos dos clientes e podem ser usadas para (Tapping, 2006):

- Identificar e eliminar, rápida e eficazmente, desperdícios;
- Aumentar a comunicação entre todos os níveis da organização;
- Reduzir custos, melhorar a qualidade e a entrega num ambiente seguro;
- Dar início imediato a melhorias e capacitar os trabalhadores a tomar a iniciativa de fazer melhorias.

A **Figura 2.10** apresenta um conjunto de ferramentas/soluções *Lean* que podem ser aplicadas em qualquer tipo de organização, consoante as suas necessidades.

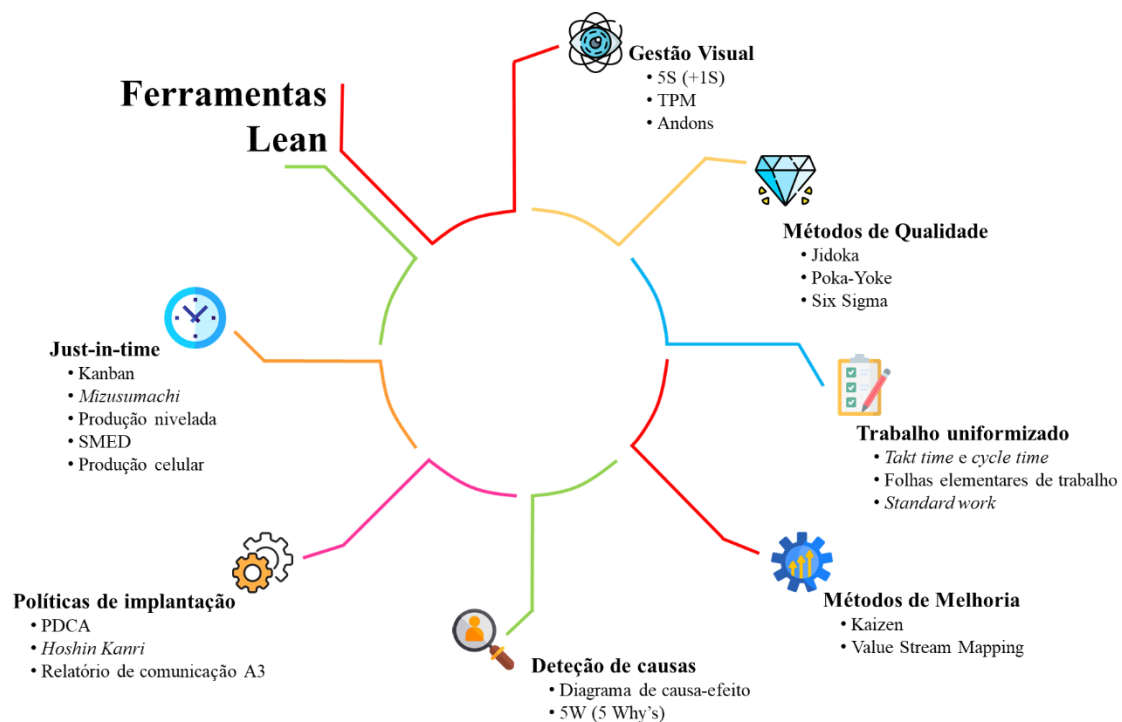


Figura 2.10 – Conjunto de ferramentas *Lean*
[Adaptado de (Hodge, Ross, Joines, & Thoney, 2011)]

⁵ **Tempos de setup** – Tempo decorrente durante as atividades de mudança, ajuste e preparação dos equipamentos para o fabrico de um novo lote ou produto.

⁶ **Downtime** – Tempo de inatividade do equipamento.

2.5.1. Mapeamento da Cadeia de Valor

A filosofia *Lean* engloba um conjunto de técnicas e metodologias que têm como principal objetivo a eliminação de desperdícios ao longo de todo o processo produtivo. Uma das principais ferramentas propostas por esta filosofia com foco na eliminação do desperdício é o Mapeamento da Cadeia de Valor⁷, mais conhecido como *Value Stream Mapping* (VSM). Foi originalmente desenvolvido pela Toyota, na década de 50, como um método pertencente ao Sistema de Produção da Toyota e posteriormente apresentado como uma metodologia por Rother & Shook (Sunk, Kuhlang, Edtmayr, & Sihn, 2016).

Uma cadeia de valor, ou fluxo de valor, é considerada uma sequência de atividades e operações, sejam elas de valor acrescentado ou de valor não acrescentado, necessárias à criação e entrega de um dado produto ou serviço, tendo sempre em consideração as necessidades do cliente (Pinto, 2014).

Um VSM é um fluxograma de processo que mostra cada passo na produção de um determinado produto ou serviço, assim como os recursos utilizados em cada passo, e as relações entre os recursos. Esta ferramenta é considerada uma componente muito significativa em qualquer atividade *lean*, pois realça o desperdício e os efeitos que ele tem no desempenho geral do processo (King & King, 2015).

O *Value Stream Mapping* é uma ferramenta gráfica que permite diferenciar as atividades de valor acrescentado das de valor não acrescentado, sendo criada com o auxílio de um conjunto de símbolos padronizados (**Tabela 2-1**) que ajudam a entender o fluxo de material e de informação à medida que o produto percorre as diferentes fases do processo (Silva, 2012). Desta forma, obtém-se uma visão geral gráfica do fluxo de material e de informação de um processo de produção, sendo usada como base para a análise de processos para permitir entender a forma como as atividades e as operações estão ligadas (Langstrand, 2016).

A **Figura 2.11** representa um exemplo de um *Value Stream Mapping*.

Alguns dos motivos para que o Mapeamento da Cadeia de Valor seja considerado uma ferramenta essencial, são (Rother & Shook, 1999):

- Permitir visualizar o fluxo total da produção;
- Permitir ver o desperdício e as fontes de resíduos no fluxo de valor;
- Mostrar a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- É uma ferramenta qualitativa que descreve com detalhe como o processo deve funcionar de forma a criar fluxo.

⁷ ou Mapeamento do Fluxo de Valor

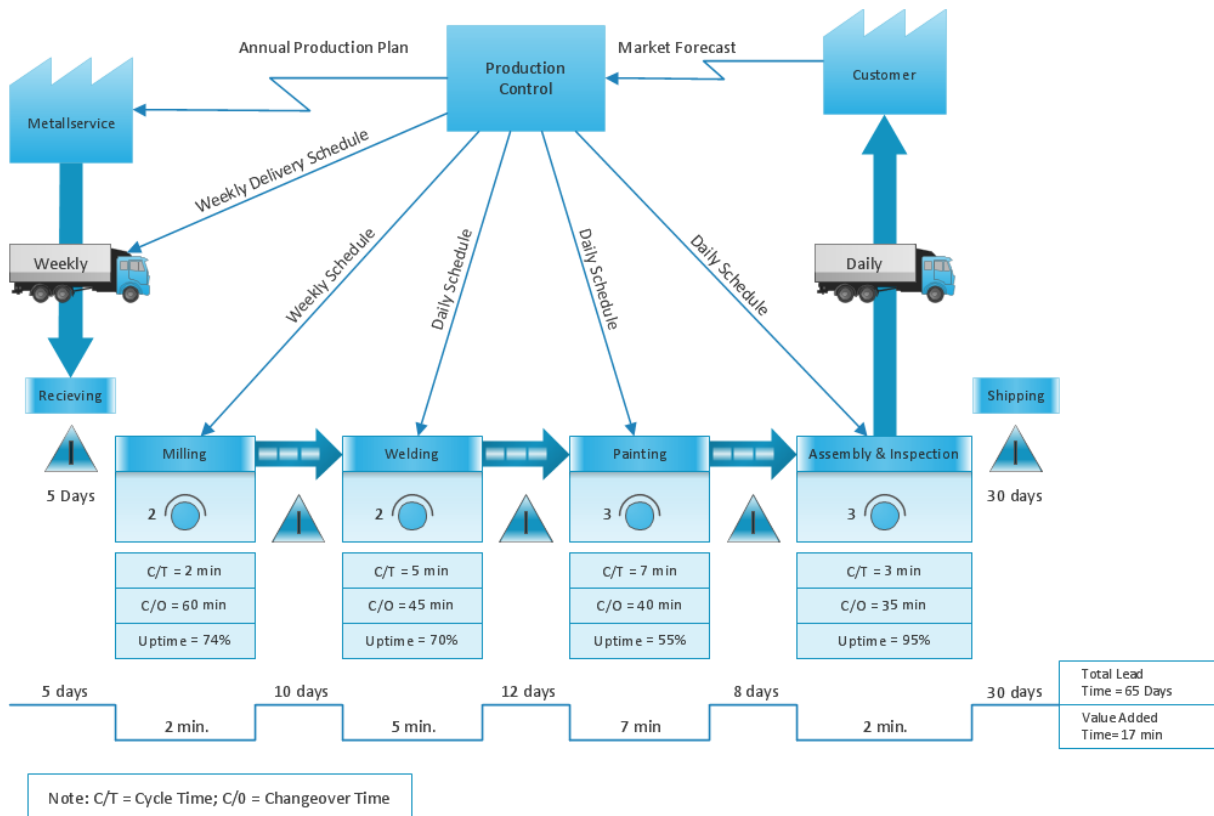


Figura 2.11 – Exemplo de um Value Stream Mapping (ConceptDraw, 2020)

Fazem parte de um VSM três componentes consideradas essenciais: o fluxo de materiais, o fluxo de informação e a linha de tempo.

O fluxo de materiais é visualizado ao longo do processo, iniciando-se na matéria-prima e terminando na entrega do produto ao cliente. Neste fluxo cada passo é representado por uma caixa de processo, acompanhada por uma caixa de dados que fornece as informações numéricas necessárias para compreender o fluxo de material, podendo incluir todos os parâmetros que influenciam o fluxo (exemplos: capacidade, *takt-time*, utilização, rendimento, fiabilidade, OEE, tempo de ciclo, ...) (King & King, 2015).

O fluxo de informação situa-se na parte superior de um VSM e representa o fluxo de toda a informação que programa, gere e controla o fluxo de material físico. As principais informações a indicar são as relativas às atividades a realizar, referindo-se às encomendas dos clientes, a todos os processos de planeamento e agendamento e às indicações de produção. Este fluxo deve fazer ainda referência a cada passo do processamento de informação, indicando quem executa as tarefas de acordo com o Planeamento de Necessidades de Produção (MRP) e se o planeamento das atividades é feito de forma diária, semanal ou mensal. As informações transmitidas de forma manual devem ser representadas por uma seta reta ao invés das informações adicionadas por meios eletrónicos que devem ser representadas por setas em zig-zag (King & King, 2015).

Da linha de tempo fazem parte os tempos de valor acrescentado e os tempos de valor não-acrescentado, representados na parte inferior do VSM, tendo a forma de uma onda quadrada. Esta linha é muitas vezes um indicador da presença da maioria dos desperdícios num processo.

Normalmente, o tempo de valor não-acrescentado é representado no topo da onda quadrada e o tempo de valor acrescentado na parte inferior da onda, embora esta opção não seja padronizada (King & King, 2015).

A implementação desta ferramenta é feita em quatro fases:

1. Identificar o produto ou família de produtos⁸ a mapear.
2. Desenhar a fase atual dos processos – VSM atual, que caracteriza o processo efetuado atualmente. Nesta fase identificam-se todas as etapas do processo produtivo.
3. Identificar as atividades de valor não-acrescentado e as melhorias que podem ser feitas para eliminar o desperdício.
4. Desenhar o estado futuro do VSM do processo após a aplicação das melhorias e implementá-lo.

Ao analisar o mapa de estado atual é necessário garantir o equilíbrio entre a procura do cliente e a capacidade total do processo, entre as operações (em termos de tempos de processo) e a sequência de produtos, de modo a garantir um ritmo de produção estável. De maneira a garantir este equilíbrio há que comparar o tempo de *takt* do cliente com os tempos de ciclo das operações no processo. Se o tempo de ciclo de qualquer operação for superior ao *takt time*, então não é possível garantir o fornecimento de produtos em quantidades suficientes para satisfazer a procura dos clientes (Langstrand, 2016).

O mapeamento do estado futuro apenas pode ser realizado quando o mapa do estado presente estiver concluído e tiverem sido encontradas as principais fontes de desperdício. Este mapa será uma ilustração das mudanças no fluxo do processo e como é que o desempenho deste vai ser melhorado (King & King, 2015).

Como referido, esta ferramenta faz uso de símbolos que fornecem uma linguagem comum, simples e intuitiva, permitindo representar de forma clara e simplificada todo o processo, desde o pedido do cliente até à sua entrega. Na **Tabela 2-1** são apresentados alguns dos símbolos que ajudam na construção de um VSM.

⁸ Família de produtos – conjunto de produtos que partilham uma sequência de operações.

Tabela 2-1 – Símbolos para utilização na construção de *Value Stream Mapping*

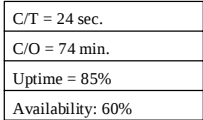
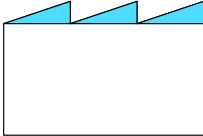
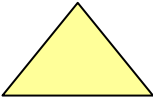
Símbolos	Descrição
Processos, entidades, stocks e dados	
	Caixa de processo → Equivale a uma atividade desempenhada internamente. Pode também representar um departamento.
	Caixa de dados → Esta caixa é colocada abaixo dos outros símbolos onde constam informações relativas a um processo de fabrico.
	Fonte externa (cliente ou fornecedor) → Esta atividade está relacionada com fontes externas e representa uma origem de matéria-prima – fornecedores – ou o destino do produto acabado – clientes. Quando colocado no canto superior esquerdo representa o ponto de partida do fluxo de materiais, o fornecedor, e quando colocado no canto superior direito representa o cliente.
	Stock → Representa o inventário entre dois processos e pode fazer referência a matérias-primas, componentes, produto inacabado ou produto acabado. Informações adicionais, como a quantidade e o tempo de inventário, devem ser colocadas abaixo deste símbolo.
	Supermercado → Representa um ponto de stock controlado ou bem organizado, onde o cliente a jusante se abastece consoante as suas necessidades, sendo sempre abastecido pelo fornecedor a montante.
	Stock de segurança/ Buffer stock → Representa um stock temporário de segurança utilizado para precaver possíveis problemas em caso de falhas do sistema.

Tabela 2-1 – Símbolos para utilização na construção de *Value Stream Mapping* - Continuação

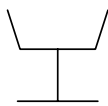
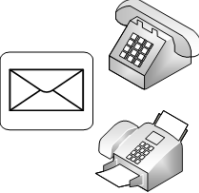
Fluxo, comunicação, sinais e etiquetas	
	Seta do <i>push system</i> → Este símbolo representa a movimentação de material de um processo para outro.
	Seta do <i>pull system</i> → É geralmente chamado símbolo de transporte por representar os movimentos das matérias-primas desde os fornecedores, ou os movimentos do produto acabado até aos clientes.
	Retirada de material → Representa a remoção física do stock presente nos supermercados.
	Linha de tempo (<i>Timeline</i>) → Esta linha é colocada na parte inferior do mapa e mostra os tempos de espera e os tempos de processamento do processo em estudo. É usada para calcular o <i>Lead time</i> e o Tempo de Ciclo (<i>Cycle Time</i>).
	Fila FIFO → Representa um sistema <i>First-In-First-Out</i> que limita a entrada de inventário entre duas etapas do processo. A capacidade máxima de inventário pode ser escrita abaixo do símbolo.
	Nivelamento da carga → Ferramenta que agrupa <i>kanbans</i> para nivelar o volume de produção.
	<i>Kanban</i> de produção → Indica a produção necessária para o fornecimento de peças, componentes ou produtos.
	<i>Kanban</i> de transporte → Indica ao operador a permissão de movimentar peças de um supermercado para um processo, utilizando um cartão <i>kanban</i> .
	Localização do <i>kanban</i> → Indica um local de recolha de sinais <i>kanban</i> . Num sistema de dois cartões <i>kanban</i> , pode ser usado para trocar a produção com a requisição.
	Agendamento do “vai e vê por ti” → Quando a informação é recolhida através da observação.
	<i>Kai-zen Blitz</i> (anotação de ideias) → Realça as necessidades de melhorias <i>Kaizen</i> em processos específicos, fundamentalmente na identificação de processos críticos para o desenvolvimento de um mapa de estado futuro de sucesso.

Tabela 2-1 – Símbolos para utilização na construção de *Value Stream Mapping* - Continuação

	Comunicação manual → Fluxo de informação manual, como por exemplo através de relatórios.
	Comunicação eletrônica → Fluxo de informação digital, como por exemplo através da internet.
Pessoas e transporte (métodos de entrega)	
	Operador → Este símbolo é utilizado para identificar processos auxiliados pelos operadores e quando operadores estão associados ao processo.
	Entrega por empilhador → Usado quando é necessário mover alguma coisa através do empilhador.
	Entregas externas → Símbolos que representam formas de transporte externas de mercadoria (ex: avião, caminhão, comboio, barco, ...). Estes símbolos devem, quando possível, ser acompanhados da sua frequência de utilização.
	Formas de comunicação → Representam a forma como as encomendas ou outras comunicações são feitas, seja através de carta, telefone ou fax.

2.5.2. Métricas *Lean* (KPI)

KPI significa indicador chave de desempenho (*Key Performance Indicator*), sendo uma técnica de gestão que permite avaliar e medir o nível de desempenho de processos chave da empresa, identificando as atividades/setores que se encontram com um nível de desempenho mais baixo.

Dependendo do objetivo desejado, os KPI podem ser classificados como operacionais, financeiros ou outros. Ao nível operacional, os KPI mais usados são os seguintes (Pinto, 2014) (Insightsoftware, 2020) (Karaivanov, 2019):

A **Eficiência (E)** que avalia a capacidade de um processo ou sistema alcançar os objetivos definidos, de modo a satisfazer os pedidos. Este valor pode ser superior a 100% apenas se os resultados alcançados superarem os resultados esperados. A eficiência é dada pela equação:

$$Eficiência (E) = \frac{Resultados alcançados}{Resultados esperados} \cdot 100\%$$

Equação 2-1

A **Disponibilidade** (ou utilização) (**D**) que mede a relação entre o tempo útil e o tempo disponível:

$$Disponibilidade (D) = \frac{Tempo\ útil}{Tempo\ disponível} \cdot 100\%$$

Equação 2-2

A **Ocupação** (**O**) que mede a relação entre a carga (L) e a capacidade (C), não podendo ser superior a 100%. Caso isso aconteça, indica que o número de encomendas em atraso está continuamente em fase crescente originando uma má qualidade de serviço, reclamação e consequente perda de clientes. A ocupação é dada pela seguinte equação:

$$Ocupação (O) = \frac{L}{C} \cdot 100\%$$

Equação 2-3

Eficiência global (OEE) que é uma métrica que mede o desempenho global de um processo e combina a sua eficiência, disponibilidade e qualidade, ou seja, os três elementos envolvidos na criação de valor de uma organização. Quanto maior for a OEE, mais eficaz é o processo. Quando uma organização atinge uma OEE de 100% significa que está a usar 100% do seu tempo, 100% da sua capacidade e com um rendimento de 100%, ou seja, sem produzir peças defeituosas.

$$OEE = E \cdot D \cdot Q$$

Equação 2-4

onde **Q – taxa de qualidade real** – representa a qualidade dos processos, sem considerar o retrabalho nas peças que apresentam defeitos, ou seja, a percentagem de unidades completas, com qualidade, que são produzidas bem à primeira – FTT (*First Time Through*). Ter esta taxa/medida alta deve ser uma das ambições de qualquer organização, pois indica a percentagem de peças com qualidade que não precisam de retrabalho.

$$Q = \frac{Unidades\ no\ processo - Total\ (defeitos + retrabalho)}{Unidades\ no\ processo}$$

Equação 2-5

O **Lead time** é um dos indicadores de desempenho mais importantes quando se quer acompanhar o tempo médio de produção de um produto, ou seja, o tempo que demora a converter a matéria-prima no produto acabado, incluindo o tempo não produtivo.

O **Tempo de ciclo (C/T)** representa o momento em que uma atividade é iniciada até que é concluída. Se uma atividade envolver várias tarefas, o tempo de ciclo total dessa atividade vai resultar da soma do tempo de ciclo de todas as tarefas envolvidas. A soma dos tempos de ciclo

das várias atividades de um processo é chamada *Lead time*. Desta forma, a redução de qualquer tempo de ciclo leva a uma redução do *Lead time* final.

Takt time é um conceito de origem alemã e representa o período de tempo máximo admissível que pode ser gasto para fabricar um produto enquanto se cumpre o prazo de um cliente, ou seja, é um tempo de ciclo calculado em função da procura.

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{Procura}$$

Equação 2-6

2.5.3. As sete ferramentas clássicas da qualidade

Para que as expectativas do cliente em relação a um produto sejam satisfeitas, ou até excedidas, o produto deve ser produzido por um processo estável e repetível, ou seja, um processo capaz de operar com pouca variabilidade nas dimensões de qualidade do produto (Montgomery, 2009).

O Controlo Estatístico de Processos (SPC) é uma poderosa ferramenta de resolução de problemas que faz uso das características de qualquer processo, através da análise das variações, que será a base para alcançar a estabilidade do processo. A melhoria leva à redução da variabilidade e à eliminação do desperdício. A aplicação sistemática das ferramentas que compõem o SPC fornece uma representação gráfica e uma análise dos dados do processo, contribuindo para uma análise controlada dos produtos e dos processos para que as empresas se tornem/mantenham competitivas (Montgomery, 2009) (Kerzner, 2003).

Em todos os processos produtivos, sejam eles muito bem concebidos e monitorizados, haverá sempre alguma variabilidade, consequência de inevitáveis pequenas razões. Um dos principais objetivos do SPC é detetar rapidamente a ocorrência de causas atribuíveis à mudança de processo, de maneira a que a sua análise e as consequentes ações corretivas sejam implementadas antes da ocorrência de não conformidades (Montgomery, 2009).

De maneira a que a implementação das ferramentas do SCP seja eficaz é necessário ter em atenção os benefícios e limitações da sua aplicação. Estas ferramentas permitem resolver problemas de qualidade no imediato, asseguram que o processo é estável, sensibilizam para o estado da qualidade, fornecendo dados sobre o desempenho e permitindo melhorar os produtos e processos. Por outro lado, o tratamento de dados pode ser demorado, é necessário ter conhecimento dos conceitos estatísticos envolvidos e, acima de tudo, por vezes, há falta de interesse da gestão de topo em relação à aplicação destas ferramentas (Putri & Yusof, 2011).

As ferramentas básicas de controlo de processos estatísticos são os fluxogramas, os histogramas, as folhas de verificação (*checklists*), o diagrama de Pareto, o diagrama de causa-efeito, o gráfico de tendências e o gráfico de dispersão. A **Figura 2.12** representa as relações entre estas sete ferramentas e a sua utilização para a identificação e análise de oportunidades de melhoria.

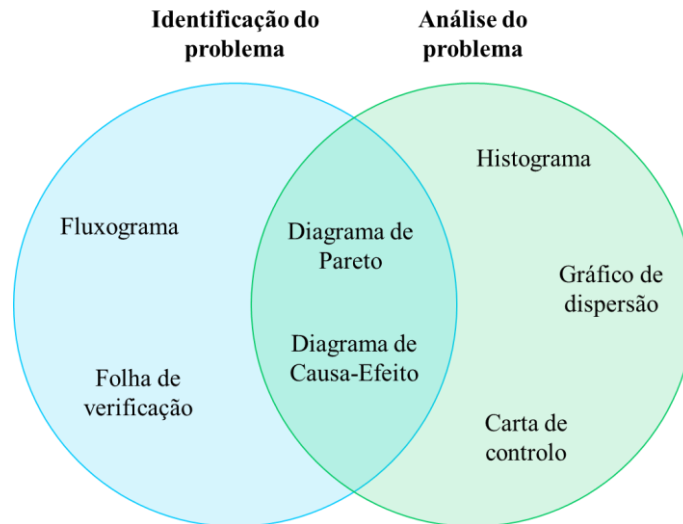


Figura 2.12 – As sete ferramentas da qualidade

Um **Fluxograma** é uma representação em forma de diagrama que faz uso de um conjunto de símbolos para descrever uma sequência de passos de um processo. Um fluxograma (**Figura 2.13**) inclui a entrada, as atividades, os pontos de decisão e as saídas para que a compreensão do processo representado seja objetiva (Neyestani, 2017).

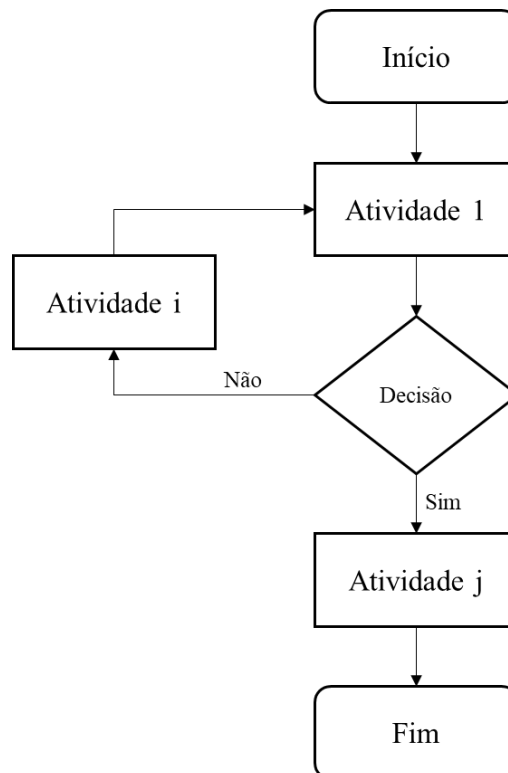


Figura 2.13 – Estrutura de um fluxograma

Um fluxograma permite identificar falta de coerência entre os elementos do processo, ineficiências físicas e técnicas, etapas ou atividades que não acrescentam valor e possíveis causas para a ocorrência de desvios. Aquando da sua construção há que ter em conta que se devem definir claramente os limites do processo, usar os símbolos adequados e predefinidos,

garantir que cada seta de retorno tem uma saída e garantir que há apenas uma seta de saída de cada atividade. Caso isso não aconteça, é necessária uma caixa de decisão.

Uma **Folha de Verificação (Checklist)** permite certificar que os procedimentos estão a ser cumpridos e que, assim, se cumpre o pretendido. É, normalmente, constituída por tabelas com o objetivo de facilitar a recolha, análise e interpretação de dados. Na fase de construção da folha de verificação, que deve ser simples, é necessário incluir alguns aspetos como: o tipo de dados a recolher, a peça ou número de operação, a data, o nome de quem recolhe os dados e outros aspetos considerados úteis, verificando sempre que a folha é adequada para o efeito (Montgomery, 2009). A **Figura 2.14** representa uma folha de verificação.

Causa	Dia					Total
	1	2	3	4	5	
A						26
B						16
C						20
D						10
E						8
F						10
Outros						14
Total	23	14	13	31	23	104

Figura 2.14 – Exemplo de uma Folha de Verificação
[Adaptado de (Folha de verificação, 2020)]

Um **Histograma** é uma representação gráfica de um conjunto de dados para análise de frequências. É a representação mais comum quando se pretende representar a distribuição de frequências de variáveis discretas e contínuas, podendo ser relativo às frequências absolutas (número de vezes que se repete cada classe de valores da variável) ou às frequências relativas (quociente da frequência absoluta pelo total das observações efetuadas, em percentagem) (Pinto, 2014). A **Figura 2.15** representa um exemplo de um histograma.



Figura 2.15 – Exemplo de Histograma

Algumas das formas que um histograma pode tomar são as seguintes:

Distribuição simétrica ou em forma de sino – Esta é a forma de variação de um processo (**Figura 2.16**). Pode ser caracterizada pela média, mediana ou moda na classe com maior frequência.

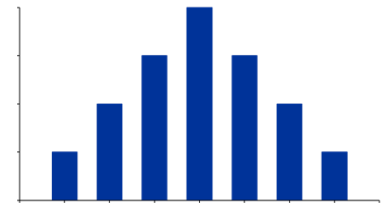


Figura 2.16 – Distribuição simétrica ou em forma de sino

Distribuição enviesada – Esta forma tem um padrão assimétrico com um lado de variação abrupta e outro de variação gradual (**Figura 2.17**). Esta distribuição ocorre quando o valor nominal está muito perto de um dos limites de especificação.

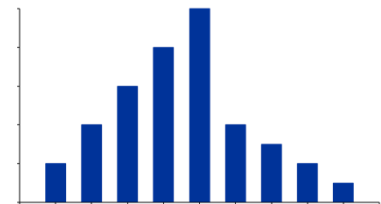


Figura 2.17 – Distribuição enviesada

Distribuição bimodal – É a combinação de duas distribuições em forma de sino (**Figura 2.18**). Nestes casos deve-se tentar isolar as duas distribuições e conjugar os dados que originam estas situações.



Figura 2.18 – Distribuição bimodal

Distribuição em forma de pente – Apresenta, de forma alternada, valores altos e baixos, normalmente devidos a erros de medição ou da maneira como os dados foram agrupados (**Figura 2.19**).

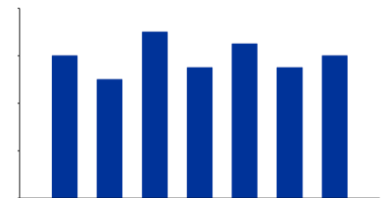


Figura 2.19 – Distribuição em forma de pente

Distribuição truncada – Neste tipo de distribuição os valores descem abruptamente (**Figura 2.20**); noutros casos também é possível aparecerem distribuições em forma de sino cortadas.

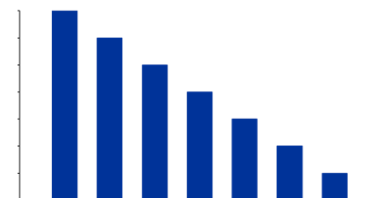


Figura 2.20 – Distribuição truncada

Distribuição em forma de planalto – Esta distribuição acontece quando as suas barras têm praticamente a mesma altura, ou seja, ocorre quando existem distribuições com médias diferentes (**Figura 2.21**).

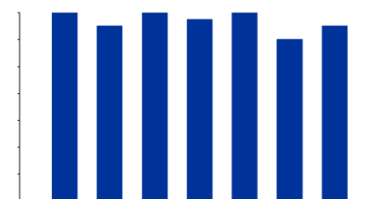


Figura 2.21 – Distribuição em forma de planalto

Um **Gráfico de Dispersão** é uma ferramenta que representa a distribuição da informação em duas dimensões, auxiliando na detecção e análise da relação do padrão entre duas variáveis de qualidade e conformidade, e também na verificação da existência de alguma relação entre elas e de que tipo é essa relação. Este tipo de diagrama permite a visualização da direção da relação entre as variáveis através da sua forma, podendo a correlação revelar as causas do problema. A correlação entre variáveis pode ser positiva (proporcional), negativa (inversa) ou pode não existir correlação entre ambas (Neyestani, 2017).

Na **Figura 2.22** observa-se vários exemplos de dispersões com correlações positivas (y cresce quando x cresce) e negativa (y decresce enquanto x decresce), correlações fortes – quando existe uma relação causa-efeito, correlações fracas – quando um aumento ou diminuição de x não influencia diretamente a variável y .

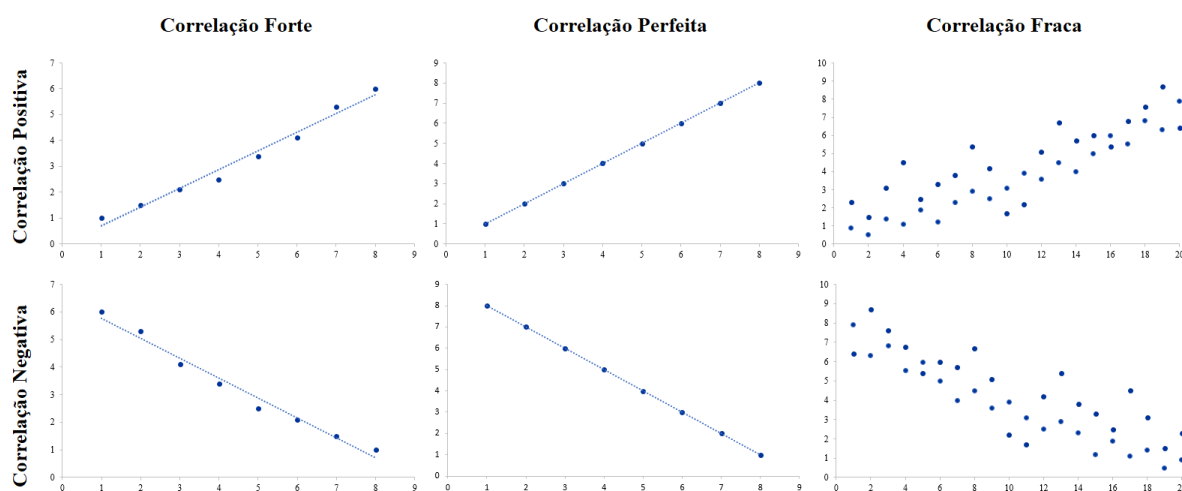


Figura 2.22 – Exemplo de Diagramas de Dispersão

Uma **Carta de Controle** é uma ferramenta muito utilizada no Controle Estatístico de Processos e é auxiliada por gráficos de dispersão, que permitem a visualização dos resultados de um processo e ajudam na identificação de possíveis alterações ao longo do tempo (Pinto, 2014).

Um gráfico de controle é composto por uma linha central que representa o valor médio da característica a analisar e outras duas linhas horizontais, as chamadas linhas de controlo superior (UCL) e inferior (LCL). Estes limites são escolhidos de forma a que, se o processo estiver em controlo, quase todos os pontos da amostragem se encontrem entre eles. Assim, enquanto todos os pontos da amostragem permanecerem dentro desses limites de controlo, supõe-se que o processo está dentro de controlo e que não é precisa qualquer ação. Caso exista um ponto fora destes limites, este pode ser um sinal de que o processo não está controlado e é necessária uma investigação para encontrar possíveis ações corretivas, de maneira a eliminar as causas do mesmo. Outra situação possível em que o processo pode não estar controlado está relacionada com o comportamento dentro dos limites de controlo. Para que o comportamento seja ordenado todos os pontos devem ter um posicionamento aleatório dentro dos limites de controlo (Montgomery, 2009).

Na **Figura 2.23** é possível observar um exemplo de uma carta de controle.

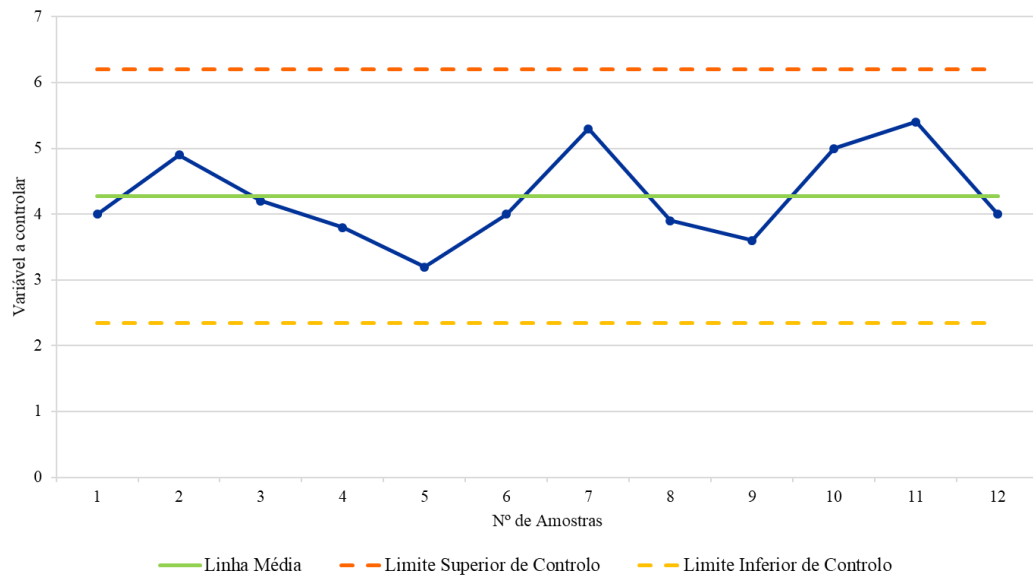


Figura 2.23 – Exemplo de Carta de Controlo

O **Diagrama de Pareto** e o **Diagrama Causa-Efeito** serão descritos, mais pormenorizadamente, de seguida.

2.5.4. Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto, também conhecido como análise ABC, baseia-se no princípio de Pareto, desenvolvido pelo economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923). Este princípio nasceu no final do século XIX, quando Pareto descobriu que 80% da riqueza de Itália pertencia a 20% da população, ou seja, concluiu que apenas um número reduzido de pessoas continha grande parte da riqueza existente. Essa conclusão podia ser aplicada de um modo geral, tendo sido estabelecido o método de análise de Pareto (ou Análise ABC), também denominado o método dos 80-20 (Joiner Associates Staff, 1995).

Posteriormente, Joseph Juran ajustou este princípio à área da Gestão da Qualidade, considerando que 80% dos problemas detetados nos processos produtivos são causados por 20% das causas que os podem provocar. A maioria das perdas são devidas a um pequeno número de tipos de defeito, que estão relacionados com um pequeno número de causas, logo, ao identificar as causas dos problemas considerados “vitais”, pode eliminar-se a maior parte das perdas e deixar de parte os problemas considerados “triviais” (António, Teixeira, & Rosa, 2019).

A análise de Pareto é uma técnica estatística de tomada de decisões que pode utilizar-se na seleção de um número limitado de tarefas que produzem um efeito global significativo, ou seja, determinar quais as tarefas ou fatores de uma organização que têm mais impacto (Talib, Rahman, & Qureshi, 2010). Desta forma, deve dar-se prioridade aos poucos problemas “vitais” em detrimento dos “muitos triviais”.

O gráfico de Pareto é uma ferramenta gráfica que ajuda a partir um problema em parcelas mais pequenas, possibilitando a identificação das suas causas (Joiner Associates Staff, 1995). Estes

gráficos estão concetualmente interligados com a Lei de Pareto, ou seja, para fins de melhoria de qualidade, um número relativamente pequeno de causas é responsável pela maioria dos problemas ou defeitos encontrados (Project Management Institute, 2008). Este gráfico, em forma de histograma⁹, permite analisar os problemas de um determinado processo e hierarquizar os dados ordenando-os por ordem decrescente de frequência, da esquerda para a direita, representando a altura de cada barra a frequência relativa dessas mesmas características (Joiner Associates Staff, 1995) (Project Management Institute, 2008). Posteriormente é traçada a curva de percentagem acumulada.

Na situação em que se analisam defeitos, depois de identificados os mais importantes, torna-se necessária a identificação das causas que os originam, através do Diagrama de *Ishikawa*.

Alguns exemplos da aplicação do princípio de Pareto são:

- Produtos – 80% dos lucros provêm de 20% dos produtos;
- Trabalho – 20% do trabalho produz 80% de satisfação;
- Tempo – 20% do tempo produz 80% dos resultados;
- Liderança – 20% das pessoas tomam 80% das decisões.

A análise de Pareto é muito útil no auxílio à gestão, através da seleção dos problemas mais relevantes e impactantes, ajudando a direcionar as ações corretivas de forma eficaz. Para a construção de um gráfico de Pareto são tomados os seguintes passos (ASQ, 1996) (ASQ, What is Pareto Chart?):

1. **Definir as categorias a utilizar.**
2. **Definir qual a medição apropriada – frequência, custo ou tempo.**
3. **Definir o período de tempo ou ciclo a abranger no gráfico de Pareto** (ciclo de trabalho, dia, semana, mês, ...).
4. **Recolher informações e reunir os dados mais relevantes.**
5. **Organizar os dados por categorias.** Ordenar os dados, por ordem decrescente, de acordo com o número de ocorrências de cada categoria. Para categorias onde as frequências são baixas, estas podem ser agrupadas numa única categoria denominada de “Outros”.

⁹ **Histograma** – Forma gráfica, de barras verticais, mais comum de representar distribuições de frequências de variáveis discretas e contínuas, podendo ser relativo a frequências absolutas ou relativas. (Pinto, 2014)

6. **Rotular o eixo vertical esquerdo.** As etiquetas têm de ser espaçadas em intervalos iguais de 0 a um número inteiro maior ou igual ao total de todas as contagens. Legendar o eixo descrevendo a unidade de medida utilizada.
7. **Rotular o eixo horizontal.** As larguras das barras devem ser todas iguais e devem ser rotuladas todas as categorias, de forma decrescente de ocorrências. A categoria “Outros”, se usada, deve ser colocada em último lugar para contemplar os vários conjuntos de dados menos significativos. Legendar o eixo e as barras relativas às ocorrências. Caso os nomes sejam compridos estes devem ser marcados com letras (A, B, C, ...) que terão de ser identificadas através de uma chave.
8. **Inserir uma barra para cada categoria.** A altura de cada barra deve ser igual à contagem das ocorrências para essa mesma categoria. As larguras das barras devem ser idênticas.
9. **Determinar as contagens cumulativas.** Estas contagens representam a contagem de ocorrências para a categoria atual adicionada às contagens para as categorias maiores, e são calculadas através da **Equação 2-7**.

$$\text{Percentagem acumulada} = \frac{\text{Contagem individual da categoria}}{\text{Contagem total}} \cdot 100\%$$

Equação 2-7

10. **Adicionar a linha das contagens acumuladas.** Rotular o eixo vertical direito de 0 a 100%, que deve estar alinhado com o maior valor do eixo vertical esquerdo. Para cada categoria, adicionar um ponto alinhado com a percentagem acumulada que deve estar alinhada com o meio da barra correspondente. Por fim, devem ser ligados todos os pontos através de linhas retas.
11. **Adicionar o título e a legenda ao diagrama.**
12. **Analisar o diagrama.** Deve ser identificado o ponto de rutura no gráfico de percentagem cumulativa, ou seja, o ponto crítico. Este é normalmente identificado através de uma alteração acentuada do declive da curva, e separa os pontos “significativos” dos “triviais”, ou seja, é possível identificar as categorias mais importantes. Mesmo que nem sempre seja possível, identifica-se a representação da lei dos 80/20.

A **Figura 2.24** representa um Diagrama de Pareto.

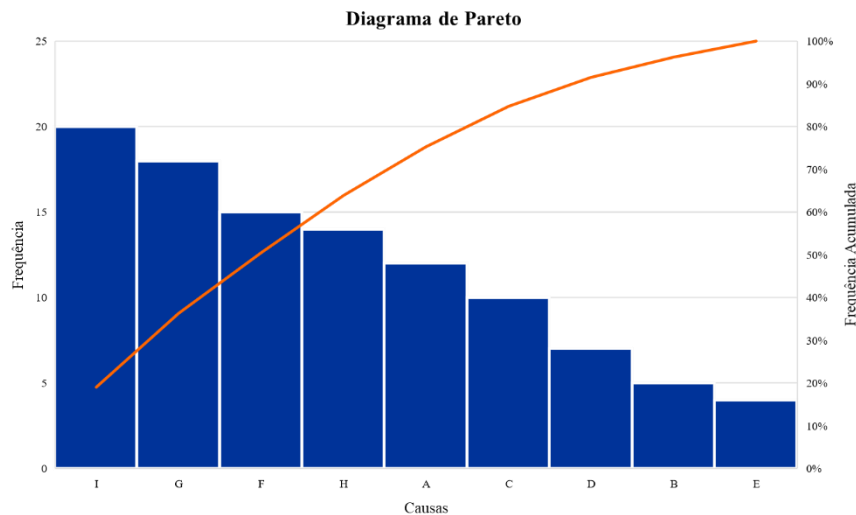


Figura 2.24 – Exemplo de Diagrama de Pareto

A aplicação desta análise pode ser vantajosa em alguns dos casos, mas também é possível existirem aplicações erradas. Este método pode ser aplicado em qualquer tipo de sistemas, processos ou atividades, sendo importante fazer uma análise precisa, capaz de ajudar a classificar os problemas, incentivando a aprendizagem (Ivančić, 2014). Providencia benefícios, sendo alguns deles os seguintes (Software Testing Help, 2020):

- Ajuda na identificação das causas raiz;
- Ajuda na priorização da questão principal de um problema;
- Ajuda na resolução de problemas e tomada de decisões;

Algumas das limitações são (Software Testing Help, 2020):

- Tem de ser usado juntamente com outras ferramentas para que se encontre a causa raiz dos problemas;
- Não mostra a gravidade do problema, apenas mostra a sua frequência;
- Não pode ser usado para cenários futuros pois faz uso de dados passados.

2.5.5. Diagrama Causa-Efeito (*Ishikawa*)

Um diagrama de Causa-Efeito é, provavelmente, uma das ferramentas mais poderosas no processo de melhoria contínua. Este ajuda a identificar, classificar e mostrar possíveis causas para um efeito (problema, defeito, acidente ou forma de desperdício) ou característica de qualidade, ilustrando graficamente a sua relação com todos os fatores que o influenciam e que podem afetar o bom funcionamento do processo (Loredana, 2017) (Pinto, 2014).

Esta ferramenta é também chamada Diagrama de *Ishikawa*, ou Diagrama Espinha de Peixe, em homenagem ao seu inventor Kaoru Ishikawa (1915-1989), pioneiro em técnicas de gestão da qualidade no Japão na década de 1960.

Aquando da sua utilização é aconselhável seguir um conjunto de recomendações (Pinto, 2014):

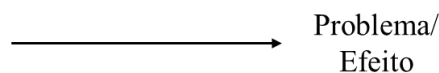
- Na identificação das potenciais causas, ter presente que são elas que importam e não os sintomas;
- Depois de identificar todas as potenciais causas é necessário agrupá-las, através da criação de categorias e da quantificação do peso de cada causa na criação do efeito;
- Rever e avaliar todas as categorias e eliminar possíveis duplicações;
- Quando o diagrama estiver composto, com as categorias e as suas causas, é fundamental avaliar e analisar cada causa, de modo a garantir que se trata de eventos únicos e discretos. Caso não se verifique é necessário continuar a subdividir as causas em sub-causas.

Alguns dos benefícios subjacentes à utilização do Diagrama Causa-Efeito são (ASQ, 1996):

- Ajuda a identificar as possíveis causas raiz para um efeito específico ou problema de qualidade, usando uma abordagem estruturada;
- Ordena e relaciona algumas das interações entre os fatores que afetam um determinado processo, assim como a sua variabilidade;
- Analisa os problemas existentes, nas diversas áreas, para que possam ser tomadas medidas corretivas.

O procedimento para a elaboração de um diagrama de causa-efeito é (Stefanovic, Kiss, Stanojevic, & Janjic, 2014) (Kollengode, 2010):

1. **Definir o problema (efeito) a analisar.** Este passo é uma das tarefas mais importantes na construção deste tipo de diagrama. O efeito é representado graficamente através de uma linha horizontal, em formato de seta, na direção de uma “caixa” que o designa.



2. **Identificar as principais causas que contribuem para o efeito estudado.** Neste passo dá-se a identificação das causas primárias do efeito (**Figura 2.25**), através de algum trabalho de *brainstorming*. Estas causas são identificadas graficamente através de sublinhas diagonais com direção ao efeito principal.

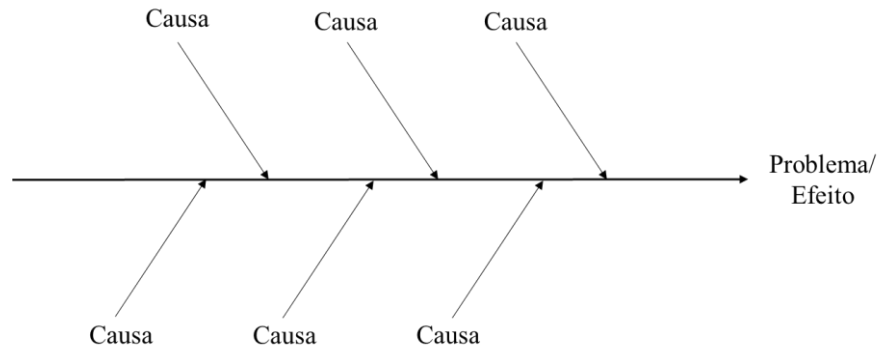


Figura 2.25 – Estrutura básica do Diagrama de Causa-Efeito

- 3. Identificar as subcausas do efeito.** O objetivo deste passo é a identificação de causas secundárias para cada uma das causas primárias (**Figura 2.26**). Cada uma das causas secundárias deve estar ligada, por meio de uma seta, às causas primárias a ela associadas.

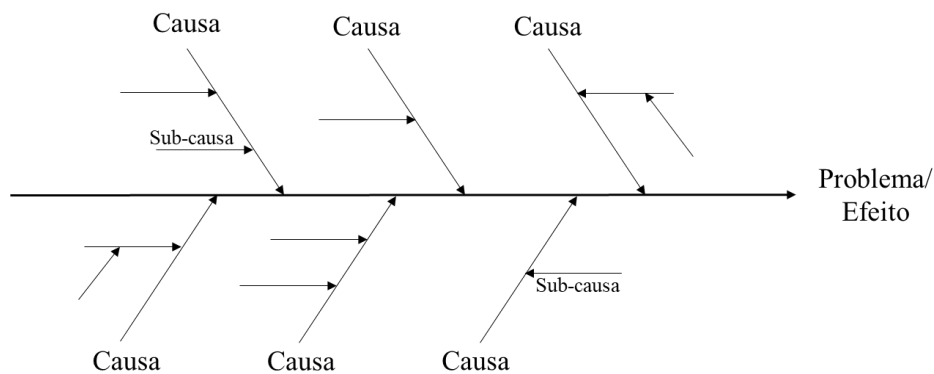


Figura 2.26 – Estrutura do Diagrama de Causa-Efeito

- 4. Analisar o diagrama.** Esta análise ajuda na identificação das causas que justificam uma investigação mais profunda, devendo existir uma concentração mais específica para aquelas que têm maior probabilidade de ocorrer.

Este diagrama é usado na concepção de produtos e na análise de defeitos de qualidade para identificar os mais importantes. As causas são, na maior parte das vezes, agrupadas em grandes categorias de forma a identificar as fontes de variação. As categorias (**Figura 2.27**) incluem normalmente (Loredana, 2017) (Pinto, 2014):

- **Medições** – Dados gerados a partir do processo que são utilizados para avaliar a sua qualidade e a forma como os resultados são medidos.
- **Pessoas/ Mão-de-obra** – Qualquer pessoa envolvida no processo. Características dos profissionais destinados à execução de um trabalho especializado ou não.

- **Máquinas** – Qualquer equipamento ou sistemas necessários para a realização do trabalho.
- **Ambiente** – Condições como a localização, o tempo, a temperatura e a forma como o processo funciona – características físicas do ambiente de trabalho bem como a relação das pessoas da organização.
- **Matérias-primas** – Todos os materiais e componentes usados na produção e suas características.
- **Processo/Métodos** – Como o processo é realizado e os requisitos específicos para o fazer, como políticas, procedimentos, regras, regulamentos, ...

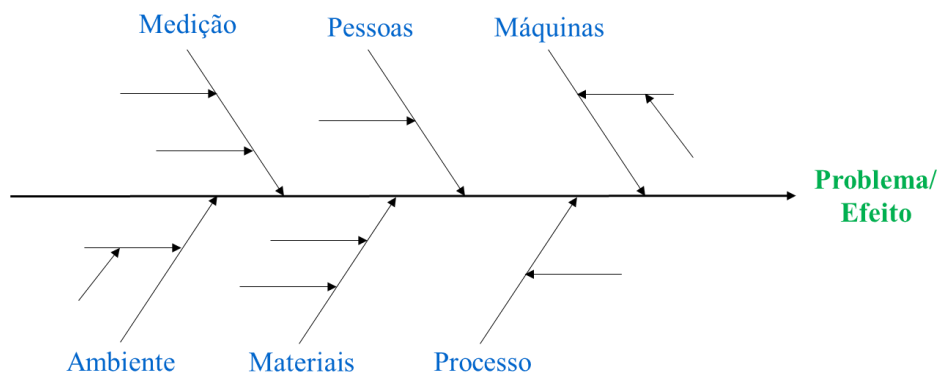


Figura 2.27 – Diagrama de Causa-Efeito

Este diagrama, por ser de fácil leitura e aplicação, ajuda no melhoramento do processo, aumenta o nível de compreensão das pessoas e melhora o entendimento das causas e efeitos.

2.5.6. Os cinco “Porquê’s?” (5W)

A ferramenta 5W foi popularizada no Japão na década de 1970 pelo Sistema de Produção da Toyota (TPS) e auxilia na resolução de problemas com o objetivo de descobrir a causa-raiz de um problema, perguntando “Porquê?” e “O que causou este problema?”. A atribuição do nome “5 Porquê’s” a esta ferramenta deve-se ao facto de que a resposta ao primeiro “porquê” vai suscitar um novo “porquê” e assim sucessivamente (Wang, 2008).

O conceito ligado à análise dos 5W é realizado da seguinte forma (Pinto, 2014):

1. Identificar o problema.
2. Identificar as causas perguntando “porque aconteceu?”.
3. Para cada causa identificada, perguntar de novo “porque aconteceu?”.
4. Repetir cinco vezes os passos 2 e 3. Após essa repetição a(s) causa(s) raiz do problema devem ser identificadas. Caso não aconteça deve voltar-se ao passo 3.
5. Identificar a(s) solução(s) e as contramedidas para resolver a(s) causa(s) raiz do problema.

Esta sequência pode ser esquematizada da seguinte forma (**Tabela 2-2**):

Tabela 2-2 – Esquematização da aplicação dos 5W
[adaptado de (Pinto, 2014)]

Passo	Razão ou Motivo	Porquê?
1	Razão número 1	Porque é que aconteceu?
2	Razão número 2	Porque é que aconteceu?
3	Razão número 3	Porque é que aconteceu?
4	Razão número 4	Porque é que aconteceu?
5	Razão número 5	Porque é que aconteceu?
6	Identificação da causa-raiz	

Esta ferramenta traz alguns benefícios tais como, ser uma ferramenta simples e de fácil aplicação, auxiliar na identificação da causa de um problema de forma relativamente rápida e determinar a relação entre as diferentes causas de um problema.

Além dos benefícios, a sua aplicação também apresenta um inconveniente, o facto da sua análise se basear na opinião pessoal de quem a aplica. Desta forma, uma aplicação simultânea por parte de duas pessoas distintas pode dar origem a diferentes causas-raiz o problema (Pinto, 2014).

2.6. Outsourcing

O *outsourcing* é descrito como um acordo contratual entre a empresa e um ou mais fornecedores para prestar serviços ou processos que a empresa produz internamente ou, por outras palavras, é uma técnica de aquisição de bens e serviços por contrato de um fornecedor externo (Kayumba, 2019). A principal diferença entre o *outsourcing* e qualquer outro contrato é que a empresa contrata uma parte da sua atividade interna já existente (Fan, 2000).

Existem várias razões para que as empresas optem pela subcontratação (Fan, 2000) (Power, Desouza, & Bonifazi, 2006):

- Redução de custos,
- Melhoria da qualidade, do serviço e da prestação;
- Melhoria do foco organizacional e das atividades centrais;
- Acesso a recursos e conhecimentos;
- Aumento da flexibilidade;
- Maior sofisticação das tecnologias de informação;

- Facilitar a mudança.

Segundo Marcia Robinson *et. al* [(Robinson, Kalakota, & Sharma, 2005) in (Boguslauskas & Kvedaravičienė, 2008)], para criar e implementar uma estratégia eficaz deve ser utilizada uma metodologia que consiste em quatro etapas principais:

1. **Conhecimento** – compreender as tendências que moldam o mercado, a indústria e a empresa.
2. **Planeamento** – analisar os objetivos de *outsourcing* e definir uma estratégia para estabelecer razões para o *outsourcing*, e que valor se espera receber; determinar o melhor modelo de negócio.
3. **Sourcing** – decidir acerca dos fornecedores e negociar o contrato de *outsourcing* que especifica o quadro geral, financeiro e legal.
4. **Execução** – fazer uma gestão da transição e da transferência de conhecimento, comunicando a mensagem certa; priorizar a gestão de relacionamentos de modo a fortalecer a ligação entre o fornecedor e a empresa; implementar auditorias de qualidade para confirmar que as necessidades dos clientes estão a ser satisfeitas e que está a ser feito um progresso constante em termos de qualidade.

Existem três níveis de *outsourcing*, o tático, o estratégico e o transformacional (Krstić & Kahrović, 2015). O *outsourcing* tático é usado para determinar e resolver problemas específicos que, geralmente, a empresa já enfrenta, sendo o *outsourcing* visto como uma abordagem direta para os resolver. O *outsourcing* estratégico é ajustado às estratégias corporativas de longo prazo da empresa, procurando-se um aumento de vantagens do *outsourcing*. O *outsourcing* transformacional é uma prática emergente que consiste na ajuda externa solicitada pela empresa para implementar novas estratégias, estabelecendo uma relação de longo prazo com o prestador de serviços, a qual vai ajudar a estimular a mudança e alcançar a eficácia operacional.

3. Apresentação da empresa e descrição do processo produtivo

Neste capítulo apresenta-se a empresa e o grupo empresarial onde se realizou o estágio descrito no presente documento. São abordados aspetos relacionados com a evolução histórica do Grupo Roca, nomeadamente da Roca Torneiras, S.A., assim como a descrição dos seus produtos e respetivo processo produtivo.

3.1. Apresentação do Grupo Roca

A ROCA é um grupo multinacional espanhol que produz e comercializa uma vasta gama de produtos para espaços de banho e instalações sanitárias, apresentando soluções de lavatórios, móveis, torneiras, banheiras e duches, assim como os seus acessórios, complementos e divisórias.

O grupo pretende manter a sua vontade de vencer e reforçar esse interesse realçando-o através da sua missão, visão e valores. Assim o grupo pretende fazer chegar à geração seguinte de empregados, clientes, fornecedores, acionistas e à comunidade, uma empresa que seja maior, mais forte e com rentabilidade sustentada (Missão). Pretende ainda ser um grupo industrial líder que apresenta as melhores soluções para espaços de banho a milhões de pessoas em todo o mundo (Visão). Deste modo, o grupo pretende estar comprometido, ter um espírito empreendedor, atuar com profissionalismo e liderar com o exemplo (Valores).

O grupo ROCA iniciou a sua atividade no ano de 1917 em Gavà, Barcelona, dedicando-se à produção de radiadores de ferro fundido para aquecimento doméstico e posteriormente alargando para a produção de caldeiras. No ano de 1929, apostou nos espaços de banhos, iniciando a produção de banheiras. Focado nas mudanças sociais relacionadas com o uso da água, o recurso natural com que trabalha, assumiu, em 1936, o desafio de produzir porcelana sanitária e em 1954 deu-se o início da produção de torneiras. Em 1963 o grupo transformou-se numa das primeiras empresas espanholas a produzir e comercializar sistemas de ar-condicionado.

Na década de 90, com o objetivo de se expandir, criou filiais e assinou acordos com marcas líderes nos mercados português e espanhol, onde já se encontrava, e passou a estar presente em países como o Reino Unido, Alemanha, Itália, Rússia, Marrocos, Argentina, Brasil e China. Apesar disto, o processo de internacionalização apenas foi consolidado em 1999 aquando da aquisição do quarto maior fabricante mundial de louças sanitárias, o grupo suíço Keramik Holding Laufen, que permitiu ao grupo reforçar a sua estratégia mundial, marcando presença em mercados onde ainda não se destacava como a Europa de Leste, o Brasil e os EUA.

Em janeiro de 2002 é iniciado um processo de reestruturação que levou à divisão das diferentes áreas de negócio do grupo em empresas independentes. Assim, deu-se a criação da Roca Corporação Empresarial, S.A, que é constituída por quatro empresas, uma de revestimentos cerâmicos, uma de aquecedores, uma de ar-condicionado e uma de porcelana sanitária.

Em 2005 abandonou a produção de radiadores e ar condicionado e anunciou um plano estratégico ambicioso direcionado para os espaços de banho. Em 2006 alcança a liderança do setor a nível mundial.

Em 2010 é fundada a “*We Are Water Foundation*” (**Figura 3.1**), uma organização sem fins lucrativos que pretende contribuir para a resolução de problemas decorrentes da falta de água e saneamento no mundo. A fundação é um pilar fundamental da política de sustentabilidade da Roca e foi fundada com o objetivo de mitigar os efeitos negativos



Figura 3.1 – Logótipo da *We are Water Foundation* (Roca, 2019)

associados à falta de recursos hídricos adequados, aumentar a consciencialização geral e motivar as pessoas a doar fundos para serem utilizados na implementação de projetos de cooperação. As áreas de atuação da fundação incluem intervenções no desenvolvimento de infraestruturas, educação, saúde e pesquisa nas áreas mais carentes do planeta. A *We are Water Foundation* já colaborou em 54 projetos englobados nos 24 países (**Figura 3.2**) onde atua, ajudando mais de 705 000 pessoas (We are Water Foundation, 2010).

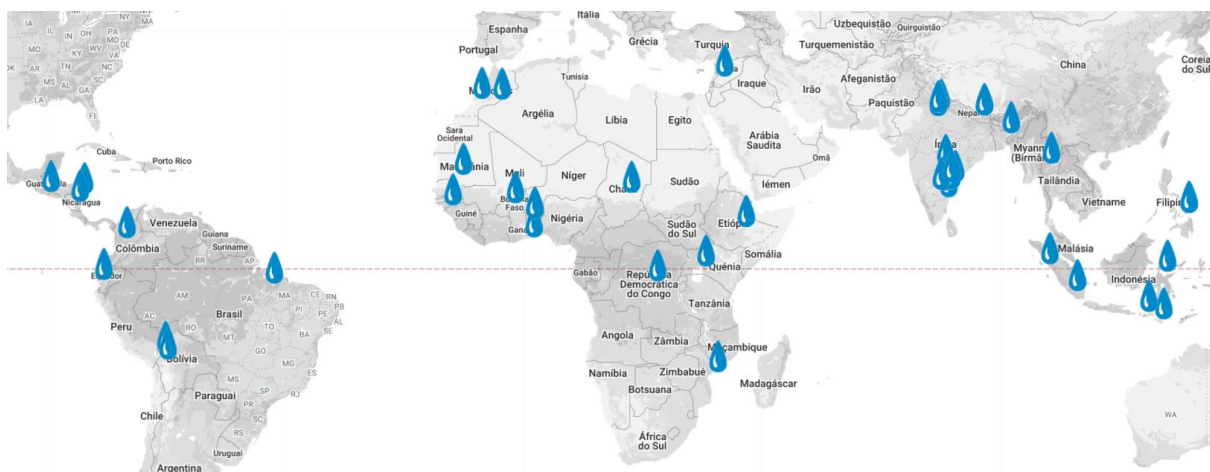


Figura 3.2 – Presença mundial da We are Water Foundation (Roca, 2019)

Esta fundação pode atuar diretamente ou em colaboração com ONGs ou outras instituições de qualquer natureza que, ao propor projetos que atendam aos requisitos desta organização sem fins lucrativos, receberão auxílio monetário para realizar esses projetos (We are Water Foundation, 2010).

Foi em 2019 que, para celebrar o dia mundial da água, a 22 de março, a Roca reforçou o foco no problema da falta de água, através da exposição *The Hidden Life of Water*, no Roca Lisboa Gallery. Esta exposição advém de uma parceria, entre a *We Are Water Foundation* com as Nações Unidas, que desenvolveu uma campanha (#TheHiddenLifeOfWater) que pretende valorizar a importância de alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), de modo a promover um acesso universal e equitativo à água (Roca, 2019).

A Roca é conhecida a nível mundial pelo seu elevado padrão de qualidade no desenvolvimento dos seus produtos e aposta num design vanguardista, no serviço ao cliente e na preocupação com o meio ambiente. Encontra-se, hoje, em 4 continentes (Europa, Ásia, América e África),

mais de 170 países, abastecidos por 82 fábricas e cerca de 23 900 trabalhadores, liderando na produção de produtos para espaços de banho. A **Figura 3.3** apresenta todas as empresas, espalhadas pelo mundo, que constituem o grupo Roca.



Figura 3.3 – Distribuição Roca pelo Mundo (Roca, 2019)

3.2. A Roca em Portugal

A Roca Portugal, Lda. foi criada em 1972 no seguimento do processo de expansão da empresa, dedicando-se à importação de produtos de aquecimento e comercialização de banheiras em ferro fundido.

Iniciou a comercialização de artigos sanitários em 1986 com a aquisição de uma fábrica em Leiria, que permitiu nesse ano uma produção de 200 mil peças por ano, aumentando, assim, o potencial comercial da empresa. Estes valores foram a prova da aposta do grupo em resultados a longo prazo sendo que, no ano seguinte, a produção aumentou para um milhão de peças.

Com vista à expansão nacional, foi inaugurada, em 1995, uma fábrica de banheiras em chapa de aço esmaltado em Águeda e, em 1996, foi contruída uma nova unidade fabril em Leiria, com uma capacidade de produção de 233 000 peças/ano, que viria a aumentar para 1 800 000 peças em apenas dois anos.

Com o foco em criar produtos pensando nas pessoas e no seu conforto, e privilegiando a qualidade dos seus produtos, sem esquecer as novas tecnologias e a inovação, foi inaugurada em 1999, em Cantanhede, uma unidade de fabrico de torneiras, considerada posteriormente umas das unidades europeias com equipamentos tecnológicos mais modernos e avançados.

De modo a cumprir o seu compromisso social de oferecer mais do que bons produtos, dá-se, em 2001, a abertura de um centro de formação e *showroom* para apoio e formação a profissionais do setor.

Aliado ao compromisso com o design e a qualidade, a Roca continuou a liderar, num mercado em constante evolução, nos campos da estética e da funcionalidade. Assim, todos os novos modelos foram exaustivamente testados e submetidos a provas de qualidade e durabilidade. No seguimento desta evolução, em 2007, foi apresentado ao mercado nacional uma linha de produtos de luxo direcionada para clientes mais exigentes, a Laufen.

Focada em motivar novos talentos nas áreas do design e da arquitetura, a empresa apresentou o Roca Concurso Nacional de Design.

Em 2011 dá-se mais um grande acontecimento na história da Roca em Portugal com a abertura do Roca Lisboa Gallery, onde se pode conhecer mais sobre a história do grupo e dos seus espaços de banho. Este espaço, situado na Avenida da Liberdade, recebe exposições e privilegia temas como o design e a arquitetura.

3.3. Apresentação da Roca Torneiras, S.A

A Roca Torneiras, S.A. encontra-se em Cantanhede, distrito de Coimbra, e foi fundada em 1998, tendo iniciado apenas a sua produção a 1 de setembro de 1999. É uma empresa que pertence ao grupo Roca e foi concebida para satisfazer a crescente procura de torneiras nos mercados europeus e externos. Foi projetada com um alto nível tecnológico e de automatização para aumentar, de forma significativa, a capacidade de produção de torneiras misturadoras com mecanismos interiores cerâmicos (cartuchos) do grupo.

Esta unidade fabril é especializada no fabrico de torneiras mono comando cromadas de lavatório, bidé, banho duche, duche e cozinha, permitindo-lhe ser competitiva no mercado das torneiras e tornando a fábrica a melhor do ramo dentro do grupo Roca. Na **Figura 3.4** é possível observar a Roca Torneiras, S.A exteriormente.

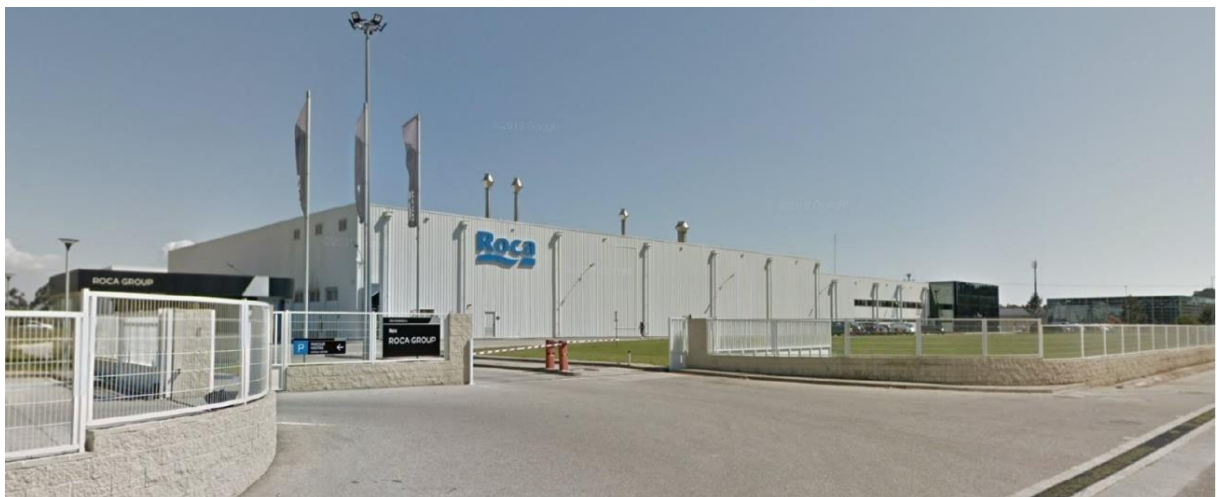


Figura 3.4 – Roca Torneiras, S.A

Algumas das ações mais relevantes, ordenadas cronologicamente, para a Roca Torneiras desde a sua fundação, estão representadas na **Figura 3.5**.

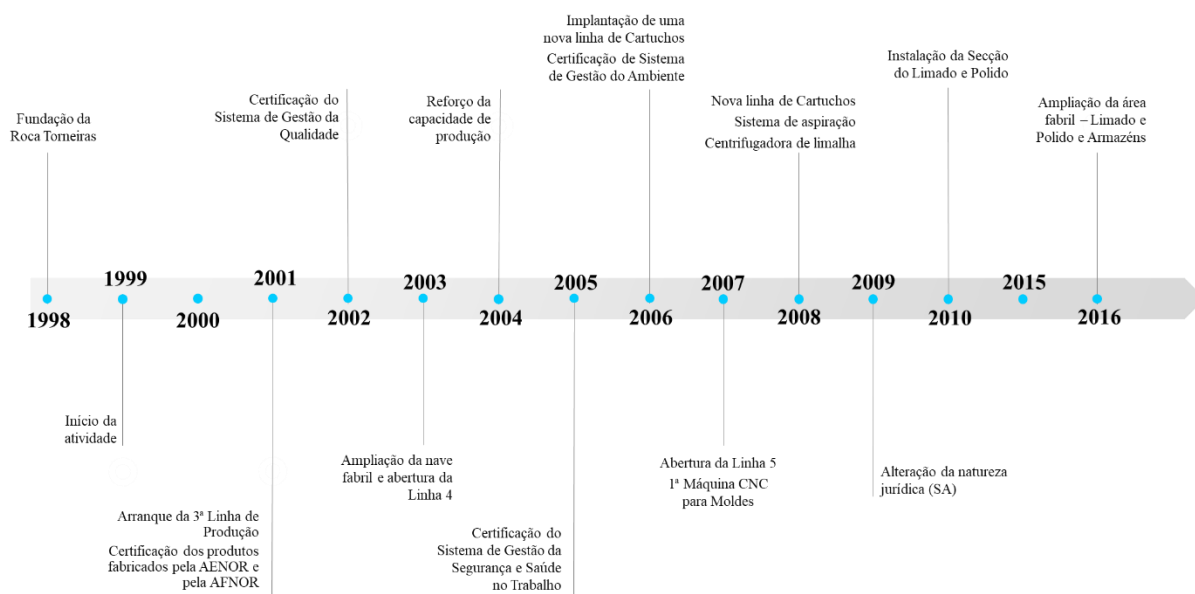


Figura 3.5 – Cronograma da Roca Torneiras, S.A

Nos últimos três anos a Roca Torneiras registou um volume de negócio no valor de €32.200.000 no ano de 2017, de €34.003.000 no ano de 2018 e de €32.575.000 no ano de 2019.

Os principais e mais importantes clientes da Roca Torneiras pertencem ao Grupo Roca, nomeadamente a Roca, S.A – Portugal, situada no distrito de Leiria e a Roca Sanitário, S.A – Espanha, situada em Gavá, Barcelona, representando aproximadamente 85% do Volume de Negócios da Roca Torneiras.

De modo a salvaguardar a cultura da empresa, a Roca Torneiras, S.A. considera que a Qualidade, o Ambiente, a Segurança e a Saúde no Trabalho são elementos chave para a alcançar. Assim, para estar alinhada com estes elementos, a empresa pretende:

- Assegurar a satisfação das necessidades e expectativas do grupo Roca e das restantes partes interessadas;
- Assegurar a melhoria contínua do desempenho da eficácia do sistema de gestão nos domínios da Qualidade, Ambiente e Segurança no Trabalho;
- Assegurar a proteção do ambiente, usando de modo sustentável os recursos naturais não renováveis e prevenindo a poluição pela minimização das emissões de CO₂, gases fluorados com efeito de estufa e outras substâncias perigosas;
- Assegurar a promoção do desempenho dos seus fornecedores e subcontratados;
- Assegurar a prevenção de incidentes de trabalho e doenças profissionais, minimizando os riscos com especial atenção para os que resultam do contacto com superfícies quentes, exposição a agentes químicos, exposição ao ruído, posturas e movimentos;
- Assegurar o cumprimento dos requisitos legais em matéria e produto, do ambiente e da segurança e saúde no trabalho, bem como outros requisitos que sejam subscritos;

- Assegurar o cumprimento dos requisitos das normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e OHSAS 18001:2007, sendo que:
 - O Sistema de Gestão Integrado é aplicado ao “Fabrico de Torneiras Sanitárias e cartuchos cerâmicos e às instalações que o suportam”;
 - O requisito 8.3 da Norma NP EN ISO 9001:2015 não é aplicável no Sistema de Gestão Integrado da empresa, uma vez que a organização não é responsável pelo projeto e desenvolvimento dos produtos e serviços que fornece;
 - A definição de requisitos do produto é realizada pelo Departamento de Desenvolvimento/Técnico da Roca Sanitário localizada em Espanha.

3.4. Produtos

A Roca Torneiras, S.A, como o próprio nome indica, dedica-se à produção de torneiras de casa de banho e cozinha, divididas por famílias (exemplo na **Figura 3.6**), e de cartuchos cerâmicos.



Figura 3.6 – Família de produtos do modelo L20

O modelo de torneiras apresentado, assim como outros, está equipado com o sistema *Cold Start*, no qual a abertura frontal é exclusivamente reservada à água fria, evitando um desperdício de energia desnecessária. A geração de torneiras *Cold Start* está projetada de modo a que, apenas ao virar o manípulo para a esquerda, se obtenha de forma gradual água quente e só nesse momento a caldeira se ligue. Este sistema permite que a caldeira não se ligue de forma involuntária, proporcionando uma poupança de energia que evita emissões desnecessárias de CO₂ para a atmosfera. Proporciona ainda uma melhoria estética visto que a abertura do manípulo para a direita está restringida, ou seja, permite que este se alinhe com o corpo e que abra sempre frontalmente e em água fria.

Com as diversas soluções apresentadas pela Roca no mundo das torneiras, como a opção de monocomando, abertura e fechos automáticos e limitador de caudal, é possível reduzir até cerca de 80% do consumo de água. Existem também algumas tecnologias e funções inovadoras, desenvolvidas exclusivamente pela Roca, para que seja proporcionada ao cliente a melhor experiência possível. Para tal, adaptaram os seus cartuchos através do sistema *Softurn*, os quais proporcionam altos níveis de suavidade e conforto no manuseamento do manípulo, assim como uma maior precisão na seleção do caudal e da temperatura. Só foi possível desenvolver esta

tecnologia pelo facto de a Roca ser um dos poucos fabricantes de torneiras que desenha, desenvolve e fabrica os seus próprios cartuchos.

Também o *Evershine*, um inovador e resistente acabamento cromado, confere às torneiras um aspeto brilhante duradouro. A sua cobertura eletrolítica garante uma torneira deslumbrante, mesmo com o passar do tempo, pois repele manchas riscos, proporcionando facilidade na sua limpeza.

3.5. Departamentos e Atividades

A Roca Torneiras, S.A, em 2020, conta com cerca de 200 colaboradores, distribuídos pelos vários departamentos, estruturas de apoio e estruturas de produção, representadas na **Figura 3.7**. Como estruturas de apoio estão a Qualidade, a Logística, a Manutenção, os Moldes e Ferramentas e a Administração. Já as estruturas produtivas são a Fundição e Mecanizado, o Limado e Polido/Recuperação Interna, a Cromagem, a Montagem de Cartuchos e a Montagem.

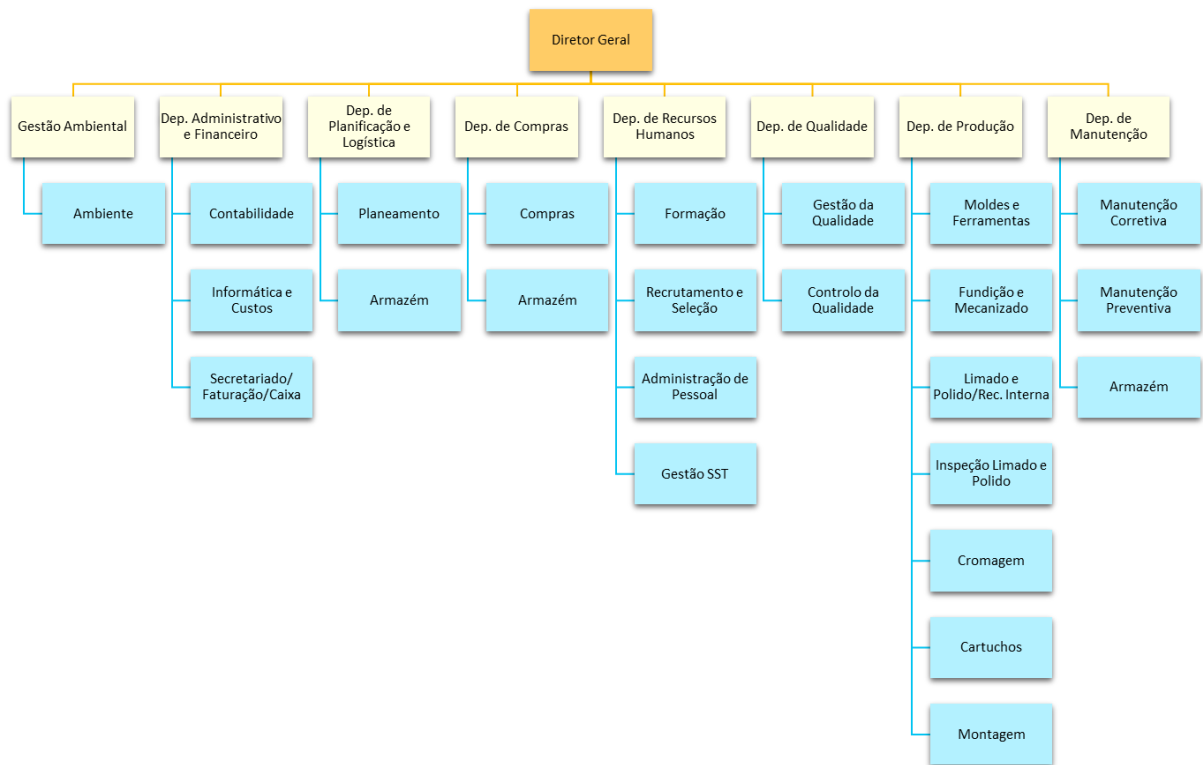


Figura 3.7 – Organograma representativo da estrutura organizativa da Roca Torneiras, S.A

3.5.1. Administração e Gestão Financeira

O Departamento Administrativo e Financeiro realiza todas as tarefas administrativas e engloba também os Departamentos de Compras e Recursos Humanos.

Este departamento dispõe de recursos humanos qualificados, nomeadamente: Responsável pelo Departamento Administrativo que assegura a gestão contabilística, fiscal e administrativa da empresa; Responsável de Compras que assegura o aprovisionamento dos meios necessários

para o normal funcionamento da produção, bem como proceder à aquisição e contratação de outros bens e serviços; Responsável de Recursos Humanos que assegura a gestão global e integrada dos recursos humanos nas diferentes vertentes; Técnico de Contabilidade que classifica e regista toda a documentação para efeitos de contabilização e prepara elementos financeiros para análise; Escriturário de Controlo de Custos que presta assistência ao nível de hardware e software instalado na empresa e garante as atividades necessárias para a obtenção de dados destinados ao controlo analítico dos custos de produção; Assistente Administrativo que apoia o funcionamento do departamento, no âmbito geral das suas atividades.

3.5.2. Manutenção

O Departamento de Manutenção tem como função garantir o cumprimento dos planos periódicos de manutenção dos equipamentos, de forma a garantir o seu bom funcionamento e maximizar o seu rendimento. Fazem parte desta estrutura de apoio: Técnicos de Manutenção – Gestão da Manutenção que acompanham a atividade de manutenção, ao nível preventivo e curativo, analisando, planeando e orçamentando os trabalhos a desenvolver; Técnicos de Manutenção que desenvolvem trabalho de manutenção, relativamente à preparação, inspeção e conservação dos equipamentos; Fiel de Armazém que gere o armazém associado ao funcionamento da manutenção, assegurando todas as atividades inerentes aos processos de compra, receção, armazenagem, distribuição dos materiais e equipamentos nele acondicionados.

3.5.3. Moldes e Ferramentas

O Departamento de Moldes e Ferramentas é responsável pelo fabrico, retificação e desenvolvimento de moldes e ferramentas para a Fundição e Mecanizado, assim como pelo fabrico de diversas peças necessárias ao funcionamento da empresa.

De maneira a que estas atividades sejam feitas o departamento conta com: Desenhadores CAD/CAM, que realizam, no suporte informático adequado, os desenhos necessários para a atividade do departamento, mantendo-os devidamente identificados e organizados; Operadores de Limpeza de Moldes que executam tarefas de montagem, desmontagem e limpeza dos moldes de fundição e dos utensílios de corte e mecanização; Operadores de Máquinas Ferramentas CNC que operam e regulam máquinas ferramentas CNC com vista à execução ou retificação de diversos moldes e peças em metal; Responsável de Moldes e Ferramentas que coordena a atividade geral da secção, garantindo a correta gestão de meios humanos e técnicos associados ao processo de fabrico/reparação de moldes e ferramentas.

3.5.4. Logística e Planeamento

Este departamento é responsável pelo armazém onde são controlados os volumes de produção, *stocks* de matérias-primas e componentes, pelo *Work-in-Progress*¹⁰ (WIP), pelo planeamento mensal do que tem de ser fundido, limado e polido, e pelo planeamento diário do que tem de ser cromado e montado.

Todo o planeamento da produção é revisto, no início de cada mês, aquando do recebimento, por parte da sede em Barcelona, do plano de vendas do mês e da previsão de vendas dos próximos quatro meses. Através destas informações são emitidas, para o Departamento de Compras, ordens de compra de matéria-prima e componentes para os próximos dois meses.

Com estas confirmações é, de seguida, realizado o plano mensal para o setor da Fundição e Mecanizado. Para o setor do Limado e Polido é entregue um plano mensal das peças que têm de ser entregues até ao final do mês, sendo depois os responsáveis pelo setor que definem o plano diário consoante o que lhes é transmitido para o mês. Aliado a este setor está a Inspeção, onde é feito um plano diário, por ordem de prioridade, do que tem de ser inspecionado, consoante o que chega dos Limadores Externos. No setor da Cromagem é também realizado um plano diário das peças a cromar de acordo com as prioridades comunicadas. Por último, no setor da Montagem, é também realizado um plano diário tendo em conta os corpos que já se encontram cromados, a quantidade de componentes disponíveis e os pedidos de entrega mais urgentes.

Para que todo este processo seja cumprido, é necessário planear as compras a realizar. Este plano é feito com base no programa de previsão de vendas e com o auxílio de um programa informático, no qual é gerado um Plano das Necessidades de Produção (MRP). Este plano transmite, em função das quantidades de produto acabado a fabricar, as quantidades totais necessárias de cada componente. Estas compras são feitas pelo Departamento de Compras e, sendo alguns fornecedores chineses, é necessária a realização prévia, normalmente com quatro meses de antecedência, do plano de compras para esses componentes, de modo a que sejam fornecidos a tempo.

O departamento de Logística está munido de um armazém automático de caixas cujo objetivo é abastecer de forma rápida, automática e eficiente as secções de cromagem e montagem, com corpos e componentes, de forma a existir o mínimo de desperdícios de tempo em movimentações longas ou abastecimentos manuais.

O armazém tem a seu cargo as mais diversas tarefas, seja na receção de matéria-prima, no armazenamento e expedição do produto acabado, bem como na distribuição aos seus clientes internos. Neste grupo de clientes internos estão todos os departamentos de produção, ou seja, a Fundição e Mecanizado, o Limado e Polido, a Inspeção, a Cromagem e a Montagem. Por outro lado, o grupo de fornecedores internos do armazém são o Departamento de Compras, o Departamento de Qualidade, o Mecanizado, o Limado e Polido e a Inspeção.

¹⁰ **WIP** – Trabalho em curso. Designa todos os materiais, à exceção de matérias-primas e produto acabado, que se encontram no processo produtivo, mas aos quais não se está a acrescentar valor. (<https://www.atec.pt/lexico/t-z-2/wip-work-in-process-inventory.html>)

O Departamento de Logística está dividido em dois tipos de funções, os Operadores de Armazém – Cargas e Descargas, encarregues de efetuar as movimentações de cargas relativas à receção e expedição de mercadorias, e os Operadores de Armazém – Receção e Preparação, responsáveis por preparar componentes e proceder à colocação dos diversos materiais nos armazéns automáticos.

3.5.5. Qualidade

O Departamento de Qualidade é responsável pelo controlo de todo o material recebido e expedido, assim como de todo o WIP (*Work in Process*). O material recebido é sujeito a uma inspeção visual e funcional, através de ensaios e testes dimensionais por parte do Técnico(a) de Qualidade dos Componentes e Metrologia. Ao longo dos processos, o controlo de qualidade é feito de forma a validar o padrão de qualidade previamente definido para matérias-primas, moldes, mecanizado e componentes. Por fim, faz-se o controlo de qualidade do produto acabado, onde é feita uma inspeção visual e funcional.

O Departamento de Qualidade é subdividido em quatro tipos de funções: componentes e metrologia - inspeção visual e funcional dos componentes rececionados, realizando ensaios e testes dimensionais a peças e componentes; qualidade – processo que tem como função validar o padrão de qualidade previamente estabelecido para matérias-primas, moldes, mecanizado e componentes; controlo de qualidade – Limado e Polido que consiste em efetuar a inspeção visual de peças limadas e polidas; controlo de qualidade – Produto Acabado que é responsável por efetuar a inspeção visual e funcional de produto final.

3.6. Processo Produtivo

A Roca Torneiras tem o seu processo produtivo dividido em quatro setores, a Fundição e Mecanizado, o Limado e Polido, dividido em interno e externo, a Cromagem e a Montagem. Na **Figura 3.8** é possível observar o *layout* da Roca Torneiras, assim como a distribuição dos vários setores que a compõem.

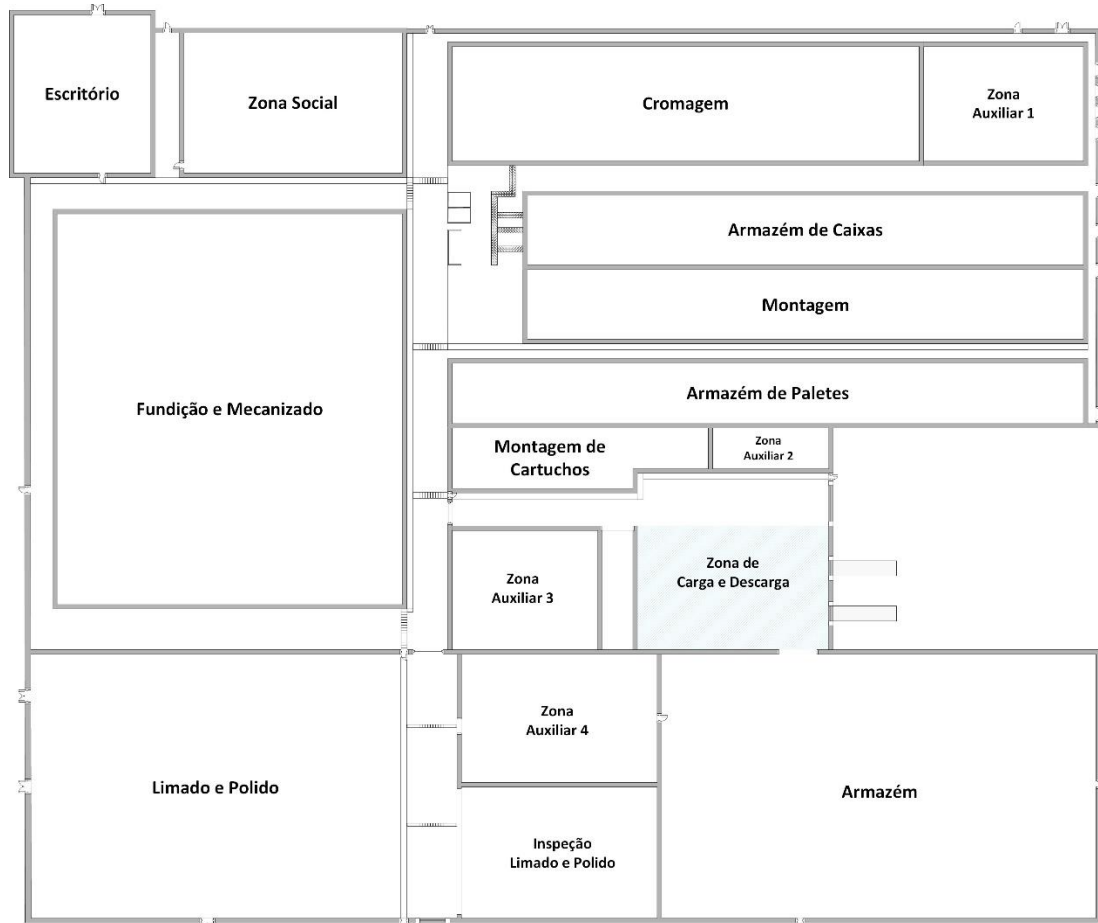


Figura 3.8 – *Layout* da Roca Torneiras, S.A

Uma peça inicia o seu percurso na Fundição e Mecanizado, segue para o Limado e Polido Interno ou Externo, continua para a Cromagem e termina a sua jornada na Montagem. Este processo pode ser ilustrado de uma forma mais clara no fluxograma da **Figura 3.9**, que demonstra a interação dos vários setores dentro da organização. Todo este processo é possível através da transformação de lingotes de latão, na Fundição e Mecanizado, que dão origem ao produto final, as torneiras, na Montagem.

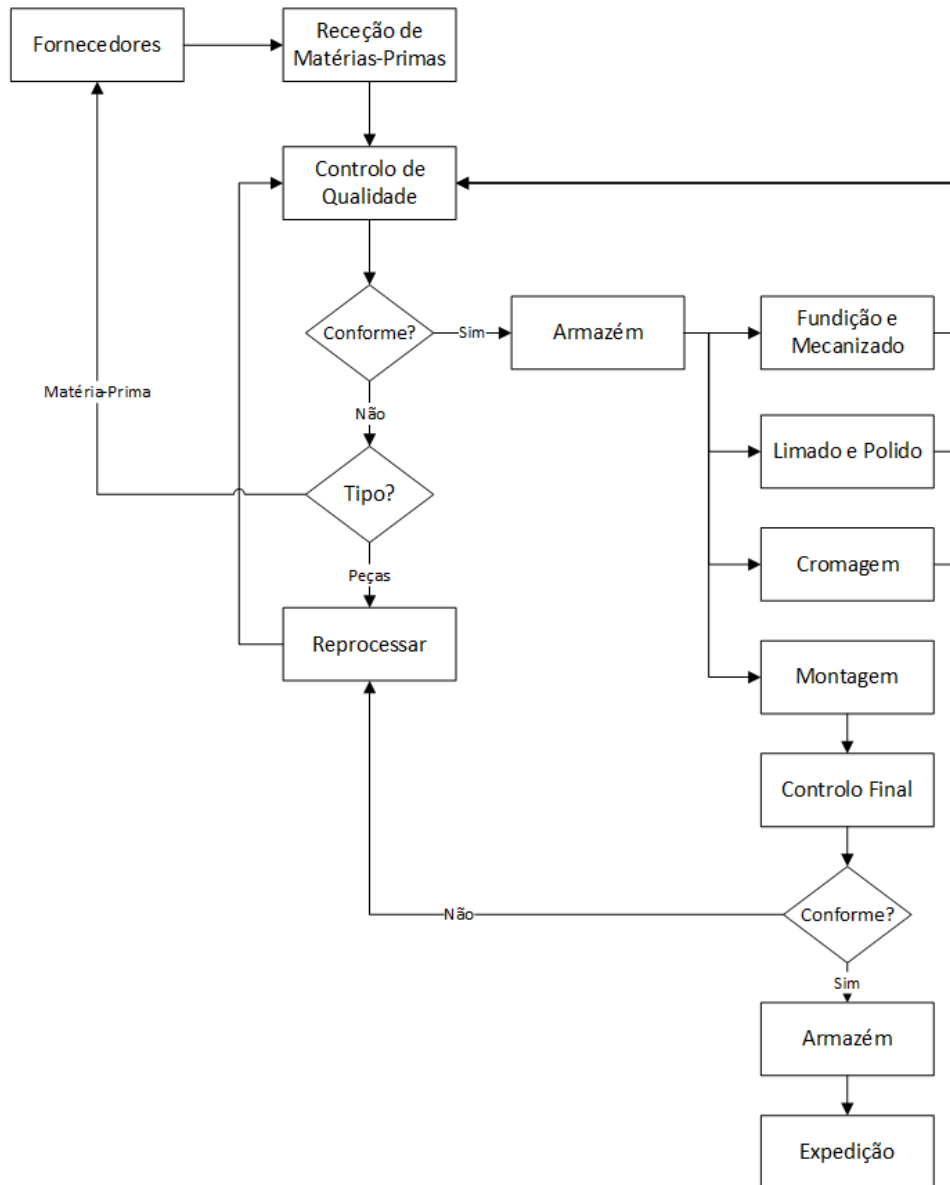


Figura 3.9 – Fluxograma Produtivo

3.6.1. Fundição e Mecanizado

O setor de Fundição e Mecanizado é responsável pela construção de machos de areia, pela injeção de latão no molde e pela mecanização do corpo. Todas as fases estão ligadas por meio de um processo automático que fornece o material, ou seja, os machos são levados automaticamente da Macharia para a Fundição e desta para o Mecanizado.

Um macho é um componente feito de areia e resina, com a forma do espaço oco da torneira, que é colocado dentro do molde e que será depois envolvido pelo metal fundido, definindo assim as cavidades e, como referido, os espaços vazios do corpo em produção. De forma a que os grãos de areia que constituem o macho se mantenham unidos, é-lhes adicionada resina,

endurecedor e conservador, que irão conferir-lhe dureza suficiente para que este resista ao manuseamento e mantenha a sua forma no momento da fundição.

O tipo de areia utilizada para este processo é de grande relevância, pois faz parte da quase totalidade da composição do macho, sendo maioritariamente composta por sílica, por ser de baixo custo e a sua abundância ser maior. Este componente tem de ser analisado pelo departamento de qualidade, pois o tamanho e a forma dos grãos vai influenciar a capacidade que o macho terá em deixar-se atravessar por gases, o que, caso não aconteça, irá provocar um aumento da pressão e, conseqüentemente, defeitos de fundição.

A resina permite que a areia cole entre si, ou seja, que endureça, sendo este processo acelerado através da junção de endurecedor. Já o conservador tem como objetivo manter as propriedades mecânicas do macho inalteráveis e, assim, que haja um aumento da sua vida útil.

Após o processo de criação dos machos de areia estes necessitam de um repouso, mais propriamente de uma cura, com duração mínima de 8 horas, de maneira a que o seu interior solidifique por completo. Esta cura é realizada num “armazém” próprio para o efeito e, depois de concluída, os machos são automaticamente transportados para a zona de Fundição.

No processo de Fundição a baixa pressão, a matéria-prima utilizada é o latão, em forma de lingotes, composto aproximadamente por 60% de cobre e 40% de outros componentes (estando o zinco em maior quantidade). O latão é colocado no formo, em estado sólido, numa quantidade que deve ser equilibrada com gitos (material reaproveitado que já passou pelo processo de grenalhagem¹¹) e, posteriormente com zinco (99,9%), de modo a equilibrar a quantidade perdida aquando da sua primeira fundição.

Este processo é realizado com o auxílio de um forno (por linha de fundição) e por uma máquina composta por dois moldes, com os machos de areia, abastecidos pelos operadores. De seguida, o molde direciona-se para o forno onde o latão, a altas temperaturas (1020°C/1030° C), é fundido a baixa pressão, preenchendo o molde e envolvendo o macho de areia. De realçar que antes deste processo, o molde é mergulhado numa solução aquosa de grafite que permite que o latão não adira ao molde, evitando danos. Depois do processo de injeção do latão, a peça é levada por um robot para um mergulho em água, promovendo o seu arrefecimento, seguindo depois para uma lavagem por jatos de água (a 100 bar) que permite a remoção dos machos de areia. Por fim, a peça é levada pelo robot para a secção de corte, onde é feita a divisão dos corpos, normalmente em dois, e retiradas as partes extra.

Assim como os machos de areia, também os corpos da torneira são levados para um armazém superior que depois os transporta para o passo seguinte, o Mecanizado. Este processo consiste na mecanização do corpo, ou seja, na remoção do material desnecessário e na realização de furações e roscas necessárias que permitirão a montagem dos componentes e o funcionamento adequado do produto final, a torneira. Nesta fase todo o processo é feito de forma automática, cabendo aos operadores colocar as peças já mecanizadas nas caixas próprias.

¹¹ Grenalhagem – Processo de limpeza de possíveis impurezas (óxidos, areias e água)

A mecanização das peças é realizada por uma máquina CNC (*Computer Numerical Control*) – Triplex – abastecida por um robot e com capacidade para 4 corpos em simultâneo, passando cada corpo por cada uma das estações (uma estação de carga e três de mecanização). Assim que o corpo percorre todas as estações, é retirada pelo robot e transportada para a etapa final. O corpo é depois sujeito a uma lavagem e a uma secagem, seguidas de dois testes de estanquicidade, o primeiro simulando torneira aberta e o segundo torneira fechada, de modo a encontrar possíveis fugas. Por fim, as peças são transportadas por um tapete rolante e deixadas numa das saídas, consoante o resultado dos testes de estanquicidade; na primeira saída ficam as peças para impregnar¹²; na segunda as peças para soldar; na terceira peças com fugas e numa última saída as peças que não apresentaram problemas nas estações dedicadas aos testes de estanquicidade.

A cada hora uma das peças é sujeita a um controlo visual, sendo verificados os calibres, a qualidade das furações e as roscas do corpo. Esta inspeção dá origem a aceitações ou rejeições do corpo, ou do lote de corpos ao qual pertence a peça. As peças dadas como defeituosas nas estações dos testes de estanquicidade serão sujeitas a um processo de “impregnação”, feito por um prestador de serviços, e posteriormente testadas. No caso de apresentarem novamente defeitos serão dadas como irrecuperáveis e seguirão para a fundição onde serão reaproveitadas.

A Fundição e Mecanizado conta com quatro tipos de colaboradores: os Operadores de Ropperwerk que têm como função garantir a fabricação de machos de areia, dentro dos parâmetros de qualidade e quantidades requeridas; os Abastecedores de Matérias-Primas que têm como função garantir os corretos níveis de enchimento e temperatura dos fornos, assim como garantir a limpeza do seu interior e dos moldes de fundição aí instalados; os Operadores de KWC que estão encarregues de garantir a cadência de fundição requerida, mediante as especificações de cada modelo a fabricar; os Operadores de *Triflex* que garantem a inspeção visual das peças, assim como a realização de amostragens periódicas e respetiva verificação dimensional.

3.6.2. Limado e Polido

O setor do Limado e Polido é onde se inicia o tratamento da superfície do corpo, sendo uma das mais importantes tarefas nas quais os defeitos têm maior relevância. O início da jornada neste setor dá-se com o lixamento, ou seja, a remoção de material da superfície para eliminar resíduos, e posterior polimento e abrilhantamento que dão maior qualidade aos acabamentos, através do brilho dado ao corpo da torneira.

O processo de lixamento pode ser feito de forma manual ou automática. O processo automático é auxiliado por *robots* articulados que permitem colocar o corpo da torneira em diversos ângulos e que fazem o seu lixamento ou polimento. A utilização de *robots* permite que o trabalho seja feito mais rapidamente do que se fosse efetuado por um operador. O lixamento manual é difícil, pelo que a solução mecanizada foi a opção seguida.

¹² Impregnar – Processo de tapar a zona onde ocorreu a fuga com resina própria para o efeito.

No lixamento e polimento automáticos as peças estão dispostas numa mesa, com um determinado número de posições, conforme o modelo a produzir, e são trabalhadas uma a uma com recurso a *robots* com braços articulados. O lixamento é feito através do método de cinta rotativa, de maneira a que sejam atingidos todos os contornos e superfícies pretendidas.

Para o lixamento das peças existem *robots* dotados de sistemas de compensação pneumática, usados para peças de lavatório e bidé, para as quais a precisão é menor, sendo usadas lixas de grão 100 (lixa grossa) e lixas de grão 280 (lixa fina). Existem também os *robots* com sistemas de compensação elétrica, usados para nas peças mais complexas e que exigem um elevado nível de precisão, sendo usados os mesmos tipos de lixa. O lixamento manual é feito pelos colaboradores, que usam o mesmo tipo de grão de lixa, em peças mais complexas em que o *robot* não consegue satisfazer o resultado pretendido, e em peças que precisam de ser reprocessadas por apresentarem defeitos.

O uso inicial da lixa de grão 100 é feito para remover a película de fundição, rebarbas e outros materiais excedentes que provêm da fundição. A lixa de grão 280 é usada para o acabamento final do lixamento, conferindo uma menor rugosidade à peça, preparando-a para o polimento. Em algumas peças, devido à dificuldade que os *robots* têm em chegar a zonas difíceis, depois do lixamento automático com lixa de grão 100, é feito um lixamento manual de maneira a que os acabamentos nessas zonas sejam de boa qualidade.

De referir que aquando do descarregamento das peças no *robot*, a peça é sujeita a um controlo visual por parte do(a) colaborador(a) de maneira a detetar defeitos maiores que, em caso de existirem, serão assinalados e as peças seguirão para lixamento manual.

Após o lixamento segue-se o polimento e abrillhantamento que, assim como o lixamento, pode ser feito de forma automática ou manual.

Os *robots* de polimento fazem uso de pastas e panos e são abastecidos consoante as peças já limadas e prontas a polir. As pastas usadas são de cor amarela ou verde. A amarela é usada para polir, sendo mais gordurosa, e a verde é usada para abrillhantar, sendo mais seca, o que permite tirar a gordura deixada pela pasta amarela. Esta pasta é colocada nos panos para auxiliar no polimento. Os panos usados são de dois tipos, uns mais ásperos, para peças com grande grau de polimento para chegar a partes específicas da peça, e outros compostos por uma tela semirrígida, mais solta, que permite a ventilação de modo a que haja um arrefecimento do pano. Por fim, para o abrillhantamento é usado um pano mais suave que permite retirar a massa do polimento e dar brilho à peça. Dependendo do tipo de peça, os panos de polimento são mudados, em média, a cada 1000 peças, e os de abrillhantamento são mudados, em média, a cada 3000 peças. As peças que têm arestas vivas originam maior desgaste ao pano, exigindo maiores frequências de substituição.

Este setor conta ainda com uma máquina CNC que faz o polimento inicial dos corpos e na qual é usada uma pasta de polimento cor-de-rosa e panos muito soltos entre si, com elevado grau de desgaste, podendo atingir elevadas temperaturas durante o processo. Esta máquina representa um grande perigo, estando para isso equipada com um sensor de fumo e uma câmara térmica, para emitirem alertas no caso de existirem problemas. O polimento dos corpos de peças

complexas (baterias e banho duche) com o auxílio desta máquina é feito apenas de um lado, visto ela não ser articulada. O polimento das restantes zonas do corpo é feito de forma manual pelos colaboradores com essas funções.

Para além do trabalho elaborado neste setor, a empresa conta com o apoio de prestadores de serviços para a realização total de lixamento, polimento e lavagem de determinadas peças. Estes prestadores de serviços têm também a função de lavar a totalidade das peças que são limadas e polidas internamente.

Finalizado o processo de lixamento e polimento interno, as peças são totalmente verificadas pela secção de inspeção, que tem como função controlar a superfície das peças e o seu acabamento, antes de estas seguirem para os prestadores de serviços para serem lavadas, e regressarem à empresa para serem inspecionadas à sua chegada. Todas as outras peças que são enviadas para prestadores de serviços, para que todo o processo de limado e polido seja realizado, são também verificadas pela secção de inspeção antes de seguirem para a etapa seguinte do processo produtivo. As peças que apresentem irregularidades são devolvidas, quer as tratadas interna quer externamente. Se estas apresentarem irregularidades passíveis de recuperação, seguem para o polimento manual. Caso os defeitos sejam irrecuperáveis, seguem para a fundição onde serão derretidas e, assim, reaproveitadas.

O setor do Limado e Polido conta com três tipos de operadores: os Operadores de Limado e Polido que executam tarefas inerentes ao limado e polido, como o abastecimento dos *robots*; os Operadores de Lixamento e Polimento que executam operações inerentes à recuperação de peças não conformes e aos testes para a produção; os Soldadores que executam operações inerentes à recuperação de peças por meio de soldadura. Este setor conta ainda com a Inspeção Limado e Polido que garante os padrões de qualidade determinados pelas normas de certificação para os corpos limados e polidos, através da inspeção visual das peças.

3.6.3. Cromagem

O setor da Cromagem é responsável por preparar o corpo, através de banhos de limpeza, para que este possa receber os metais que lhe proporcionam um acabamento cromado, e pela sua cromagem. Este setor é responsável por cromar e descromar os corpos das torneiras com o auxílio de produtos químicos, o que leva a que existam controlos em toda a linha galvânica.

O setor é constituído por três zonas distintas: a zona de cargas e descargas, onde são abastecidos os bastidores¹³ com os corpos e, posteriormente, são descarregados nas zonas de preparação e de tratamento; a zona de preparação que tem como objetivo preparar os corpos para os banhos de níquel e cromo, retirando-lhes previamente as impurezas que possam ter, recorrendo a banhos desengordurantes químicos, ultrasons (que ajudam a retirar todas as partículas indesejadas através das vibrações e a aumentar a eficiência do processo), hidrasons e anódicos, intercalados com banhos de água; a zona de tratamento na qual os corpos são imersos em banhos que lhe conferem o aspeto brilhante e prateado/cromado desejado, sempre intervalados por

¹³ Bastidores – Suportes metálicos onde são colocados os corpos a cromar/descromar.

banhos de lavagem. O primeiro banho, o de níquel, tem como objetivo transferi-lo para os corpos através de um processo de eletrólise/corrente elétrica, no qual os bastidores são o polo negativo e o banho o polo positivo. Este banho tem de estar em perfeitas condições para que o metal do banho seguinte consiga aderir. Findado o processo de niquelagem dos corpos, estes são sujeitos a lavagens e posteriormente a um banho de ativação crómica. De seguida são mergulhados num banho de crómio exavalente para que o metal resista à corrosão e, novamente, sujeitos a banhos de lavagem, de modo a seguirem para o próximo banho que tem como intuito neutralizar o crómio, ou seja, transformá-lo em crómio trivalente. Por último, são feitas as últimas lavagens e ainda a secagem dos corpos antes de serem transportados para a zona de descarga.

Depois do descarregamento dos corpos, os bastidores seguem para um último banho, denominado de “Stripper pontas bastidores”, para que tenham condições de receber novos corpos. Este banho tem como objetivo proteger as pontas dos bastidores da deposição de material, uma vez que são revestidas por plástico, impedindo que sejam condutores elétricos. Assim, apenas o corpo do bastidor em contacto com o níquel e o crómio será condutor elétrico e não as suas pontas, pelo que não haverá passagem de corrente elétrica para os corpos.

Existe ainda um outro banho, o de descromagem, que faz todo o processo inverso à cromagem. Os corpos que passam por este processo são posteriormente devolvidos ao setor do limado e polido para que possam ser retrabalhados.

Este setor conta com dois tipos de funções: operador(a) de carga e descarga da linha galvânica, que executa a carga e descarga; operador(a) de manutenção dos banhos da linha galvânica, que executa as operações de manutenção dos banhos químicos e águas de lavagem da instalação da linha galvânica.

3.6.4. Montagem de cartuchos

Este setor tem como função garantir a montagem de um componente vital para qualquer torneira, o cartucho, fazendo com que este funcione corretamente no que toca à sua estanquicidade e caudal de água.

Este setor conta com operadores de Máquina Semiautomática e Automática de Cartuchos, executando tarefas de pré-montagem, montagem e embalamento de cartuchos, procedendo também à recuperação de peças não conformes.

3.6.5. Montagem

O setor da Montagem tem a tarefa de fazer a montagem de todos os componentes de uma torneira, do embalamento das mesmas e da sua preparação para expedição. Este setor é composto por 9 linhas de montagem, divididas por várias estações, que fazem a montagem dos cinco tipos de corpos – lavatório, bidé, cozinha e banho (banheira e duche).

Todos os componentes necessários à montagem e embalagem das torneiras são disponibilizados pelo armazém automático que, ao receber a ordem de referência a produzir, abastece os 10 postos que constituem cada linha de montagem. Estes postos estão programados de modo a que cada tipo de componente ocupe apenas aquela posição, e que estes estejam distribuídos de acordo com as etapas a realizar pelo operador.

Cada linha de montagem é constituída por 3 Postos e 10 Estações. As tarefas destinadas aos postos de trabalho são feitas pelos colaboradores, ou seja, o visionamento do corpo para deteção de possíveis defeitos, colocação de flexíveis e parafuso de apoio. O visionamento do corpo é feito de forma a que a primeira zona a observar seja a frontal, que é a que o cliente vê diretamente, seguida das zonas laterais e, por fim, da parte de trás. Fazem ainda parte dos postos de trabalho a colocação dos componentes finais e o embalagem. Na última estação é feita uma gravação a laser, constituída pelo ano, semana e o país de origem, ou seja, AASSP e, em baixo, pela inscrição “Made in Portugal”.

No meio do processo automático, caso algum dos testes falhe, ou seja, algum dos dois testes ao cartucho ou algum dos dois testes de estanquicidade, o suporte onde estão inseridos todos os componentes não para em mais nenhuma estação, não sendo realizada mais nenhuma tarefa, com exceção da gravação. Ao chegar ao final do percurso automático, o colaborador é alertado para o erro detetado para que seja corrigido e que volte a entrar em linha.

Na parte do embalagem são colocadas dentro de cada caixa a torneira já montada, os respetivos acessórios para montagem pelo cliente final, a garantia do produto e o manual de instruções. Na garantia do produto é incluído um número de rastreabilidade que permite saber todos os detalhes do fabrico daquela torneira, sendo constituído pelo número de fábrica (0X), a linha de montagem (0Y), a data (DDMMAA) e o número do operador (ZZZZ) que fez o embalagem, ou seja, 0X0YDDMMAAZZZZ. Cada caixa é depois inserida numa outra caixa, denominada de caixa múltipla, com capacidade para 6 unidades, ou seja, cada caixa múltipla tem capacidade para 6 torneiras. Estas caixas múltiplas fazem também referência ao mesmo número de rastreabilidade que segue no folheto de garantia do produto.

Para finalizar o processo é feito um controlo de qualidade antes de estas seguirem para o cliente.

4. A melhoria contínua na Roca Torneiras, S.A.

O presente estudo pretende através da aplicação de ferramentas *lean* contribuir para a análise e melhoria do processo produtivo da unidade industrial Roca Torneiras, S.A. Uma das melhores ferramentas para estudar o fluxo de valor é o Mapeamento da Cadeia de Valor – *Value Stream Mapping*, que permite mapear o processo desde o pedido do cliente até que este lhe é entregue e encontrar desperdícios.

Também ao longo do processo produtivo existem atividades que provocam desperdícios – as não-conformidades, as quais são também objeto de estudo neste documento. A melhoria contínua é uma das premissas aliadas à qualidade que procura sempre um aperfeiçoamento dos processos, de maneira a alcançar níveis elevados de qualidade que respondam às necessidades dos clientes. Aliadas à melhoria contínua estão as sete ferramentas da qualidade que permitem analisar, encontrar problemas e implementar mecanismos que evitem a sua reincidência para alcançar melhores níveis de produtividade.

4.1. *Value Stream Mapping* Atual

Com o intuito de analisar o processo produtivo de duas peças fabricadas na Roca Torneiras, foram construídos para cada uma dessas peças um VSM (*Value Stream Mapping*). Esta ferramenta *Lean* permite analisar a informação relativa ao processo produtivo de um dado produto, assim como observar o fluxo produtivo, o fluxo de informação interna entre o controlo da produção e as várias áreas produtivas, e o fluxo de informação externa entre os clientes e os fornecedores. A linha de tempo que faz parte do fluxo de informação interna mostra, para cada posto de trabalho/setor, o tempo necessário para produzir uma unidade do produto – Tempo de Ciclo (*Cycle Time*) – assim como o tempo de espera entre eles.

Os VSM foram elaborados com informações acerca da Peça A e da Peça B. Estas peças foram escolhidas por serem duas das que apresentam maior volume de vendas e por terem uma produção constante. No caso da Peça A, além das razões enumeradas, dá-se também o caso de ser utilizada na montagem de variados modelos de torneiras.

Para a construção do *Value Stream Mapping* é necessária uma recolha de dados que englobe os mais variados tipos de informação como por exemplo, os tempos de ciclo por processo e o número de operadores. Os dados recolhidos foram obtidos por observação direta, por cronometragem e registo de dados.

Durante a recolha de informação foi desenvolvido um VSM por processo para cada uma das peças e, posteriormente, através da sua compilação foi construído o VSM geral.

4.1.1. Peça A

O processo produtivo da Peça A começa no setor da Fundição e Mecanizado com o fabrico de machos de areia. Segue-se o processo de fundição do latão, em que são utilizados os machos de areia produzidos anteriormente, composto por dois moldes de fundição simultâneos. Após o

processo de fundição a peça é sujeita a um arrefecimento e a uma lavagem, para retirada dos machos de areia, e posterior separação dos corpos (cada macho dá origem a dois corpos). O processo neste setor termina com a mecanização dos corpos onde são feitas as furações e os testes de estanquicidade para deteção de fugas.

Na **Tabela 4-1** são apresentados os tempos de ciclo médios registados, em segundos.

Tabela 4-1 - Tempos de Fundição e Mecanizado para a Peça A

Fundição e Mecanizado		
	Atividade	TC (s)
Macharia	Fabrico de machos de areia	42
	Rebarbagem de machos de areia	25
	Cura	43 200
Fundição	Colocação dos machos no molde	5
	Injeção do latão no molde	45
	Arrefecimento	12
	Lavagem	27,5
	Separação dos corpos	29,657
Mecanizado	Maquinação dos corpos	29,55
	Lavagem	30,66
	Secagem	
	Testes de estanquicidade	
	Controlo	300
Total		43 746,37

O processo segue para o Limado e Polido onde as peças são entregues pelo armazém cerca das 6/7 horas da manhã para serem processadas nesse mesmo dia. No mínimo, existe um tempo de espera de 12 horas entre o setor da Fundição e Mecanizado e o Limado e Polido, uma vez que a produção no setor da Fundição e Mecanizado termina às 22h do dia anterior. As peças são então carregadas no primeiro *robot* para serem limadas com recurso a uma lixa grossa (grão 100). Posteriormente são enviadas para outro *robot* onde as peças serão sujeitas a uma lixa mais fina (grão 280). Assim estão prontas para seguirem para o *robot* de polimento e abrilhantamento onde vão ser eliminadas as texturas provocadas pelas lixas de lixamento. Ao saírem deste último *robot*, as peças são limpas e sopradas de maneira a retirar os resíduos, provocados pelas pastas de polimento e abrilhantamento.

Depois, as peças seguem para a inspeção onde são vistas antes de seguirem para a lavagem em limadores externos. Destas, as que forem dadas como conformes seguem para a lavagem, enquanto as que são dadas como não-conformes são entregues ao setor de Limado e Polido para que sejam retrabalhadas. As peças enviadas para a lavagem são recolhidas cerca das 18h de cada dia para seguirem para os limadores externos localizados no norte do país. As peças são devolvidas cerca de 46 horas depois, considerando 4 horas para cada viagem (Roca Torneiras → LE e LE → Roca Torneiras), perfazendo um total de 8 horas em viagem. Destas 46 horas

ficam disponíveis 38 horas, das quais é retirado o tempo de espera após a viagem para entrega na manhã seguinte aos LE, sendo este tempo variável consoante as rotas previstas para o dia. Quando as peças retornam à Roca Torneiras são sujeitas a uma inspeção visual, peça a peça, para identificação de não-conformidades. Todas as peças dadas como conformes seguem para a receção do armazém automático (AR03) para estarem disponíveis na manhã seguinte, pelas 6 horas, para serem cromadas. Todas as outras que apresentem não-conformidades são sujeitas a retrabalho consoante a não-conformidade apresentada.

Na **Tabela 4-2** estão todos os tempos registados para o setor do Limado e Polido, em segundos.

Tabela 4-2 – Tempos Limado e Polido para a Peça A

Limado e Polido		
	Atividade	TC (s)
Limar	Carregar robot de Limar (MCL1)	1,230
	Robot lima as peças (Lixa 100)	67,721
	Descarregar robot	4,269
	Carregar robot de Limar (MCL2)	1,375
	Robot lima as peças (Lixa 280)	65,219
	Descarregar robot	3,048
Polir	Carregar robot de polir	1,367
	Robot pole e abrilhanta as peças	115,898
	Descarregar robot	23,551
Inspeção	Inspeção visual pré-lavagem	6,176
	Transporte Roca Torneiras → LE	14 400
	Tempo até entrega	39 600
	Lavagem em LE	180
	Tempo no LE + Tempo até início de viagem	97 020
	Transporte LE → Roca Torneiras	14 400
	Inspeção visual pós-lavagem	6,529
Total pré-lavagem		289,854
Transporte e pós-lavagem		165 606,53
Total		165 896,383

Entre o final da inspeção das peças e o início da sua cromagem passam cerca de 12 horas. A cromagem inicia-se com a carga dos corpos nos bastidores, cerca de 90 corpos/carga. De seguida os corpos são sujeitos a banhos de preparação e a banhos de tratamento que lhes vão conferir o aspeto brilhante e cromado característico das torneiras.

Na **Tabela 4-3** estão registados os tempos de ciclo, em segundos, de cada banho a que os corpos são sujeitos.

Tabela 4-3 - Tempos de Cromagem para a Peça A

Cromagem					
	Atividade	TC (s)		Atividade	TC (s)
Carga	Carga dos corpos nos bastidores	2,978			
Preparação	Desengordurante químico	670	Tratamento	Banho de níquel	1 160
	Lavagem 1	391		Lavagem 9	6
	Desengordurante ultrasons	199		Lavagem 10	10
	Lavagem 2	1		Ativação crômica	56
	Desengordurante hidrososns	243		Banho de crômio	245
	Lavagem 3	1		Lavagem 11	2
	Desengordurante eletrolítico/anódico	21		Neutralização de crômio 1	2
	Lavagem 4	1		Lavagem 12	5
	Lavagem 5	1		Neutralização de crômio 2	30
	Banho ácido 1 (decapagem)	69		Lavagem 13	12
	Lavagem 6	6		Lavagem 14	5
	Desengordurante aódico	21		Lavagem a quente	334
	Lavagem 7	1		Secagem	826
	Lavagem Transfer	48		Transferência	98
	Banho ácido 2 (decapagem)	75			
	Lavagem 8	9	Descarga	Descarga dos corpos	4,167
					Total 4 555,14

Os corpos cromados seguem novamente para o armazém automático (AR03) para serem, praticamente *on-time*, montados no setor da Montagem. Aqui, os corpos e componentes respetivos de cada torneira são dispostos, automaticamente, em cada linha de montagem. O primeiro passo consiste na análise do corpo por parte do operador de montagem para deteção de possíveis não-conformidades. Nos corpos conformes colocam-se os flexíveis e o parafuso de apoio. De seguida, o corpo é posto num suporte que percorrerá toda a linha de montagem, em simultâneo com o cartucho, a tuerca, a carperusa e a manete. Já na linha automática, efetua-se o aperto total da tuerca, os testes ao cartucho e de estanquicidade, a colocação da carperusa e da manete, seguida do aperto da manete e da gravação a laser. Após a gravação o operador de montagem instala os componentes finais e, por fim, procede ao embalamento da torneira. Esta é acompanhada pelos restantes elementos para montagem, pela garantia e pelo manual de instruções. Cada torneira é colocada numa outra caixa, uma caixa múltipla, que tem capacidade para 6 torneiras.

Na **Tabela 4-4** estão registados os tempos de ciclo, em segundos, referentes à montagem da Peça A.

Tabela 4-4 - Tempos de Montagem para a Peça A

Montagem		
	Atividade	TC (s)
Posto 1	Colocação de flexíveis e parafuso de apoio	10,527
	Colocação do cartucho, pré-aperto da tuerca e colocação do corpo, carperusa e manete no suporte	5,790
Estação 2	Aperto da tuerca	9,183
Estação 3	Teste ao cartucho	7,818
Estação 4	Teste ao cartucho	8,581
Estação 5	Teste de estanquicidade (simulação de torneira fechada)	16,779
Estação 6	Teste de estanquicidade (simulação torneira aberta)	21,230
Estação 7	Colocação da carperusa	9,036
Estação 8	Colocação da manete	13,023
Estação 9	Aperto da manete	9,487
Estação 10	Gravação a laser	16,658
Posto 2	Colocação de componentes finais	8,208
Posto 3	Embalamento	26,473
Total		162,793

Os dados apresentados nas tabelas anteriores permitem construir um *Value Stream Mapping* referente à Peça A, de acordo com a simbologia adequada. A Roca Sanitário, S.A, sediada em Espanha, transmite ao departamento de Planeamento e Logística da Roca Torneiras, o plano de vendas do mês e a previsão de vendas dos próximos quatro meses. Com base nessa informação, o departamento realiza um plano mensal para a Fundição e Mecanizado e para o Limado e Polido, e um plano diário para a Cromagem e Montagem. É ainda elaborado um plano de compras, construído através da combinação entre as quantidades necessárias para os pedidos do mês e os *stocks* de componentes e matérias-primas, que é depois transmitido ao Departamento de Compras para encomendar as quantidades necessárias.

Assim que a matéria-prima e os componentes chegam aos respetivos armazéns, o Departamento de Qualidade tem a responsabilidade de confirmar se estão de acordo com as especificações adotadas pela Roca Torneiras. O mesmo ocorre com o produto acabado para o qual é realizado um controlo em função do número de torneiras/caixas por palete.

O *Value Stream Mapping* da **Figura 4.1** foi elaborado com recurso ao *software Microsoft Visio*, e representa o fluxo produtivo e de informação relativos à Peça A. O fluxo produtivo mais pormenorizado pode ser consultado no **ANEXO A – Value Stream Mapping por setor para a Peça A**.

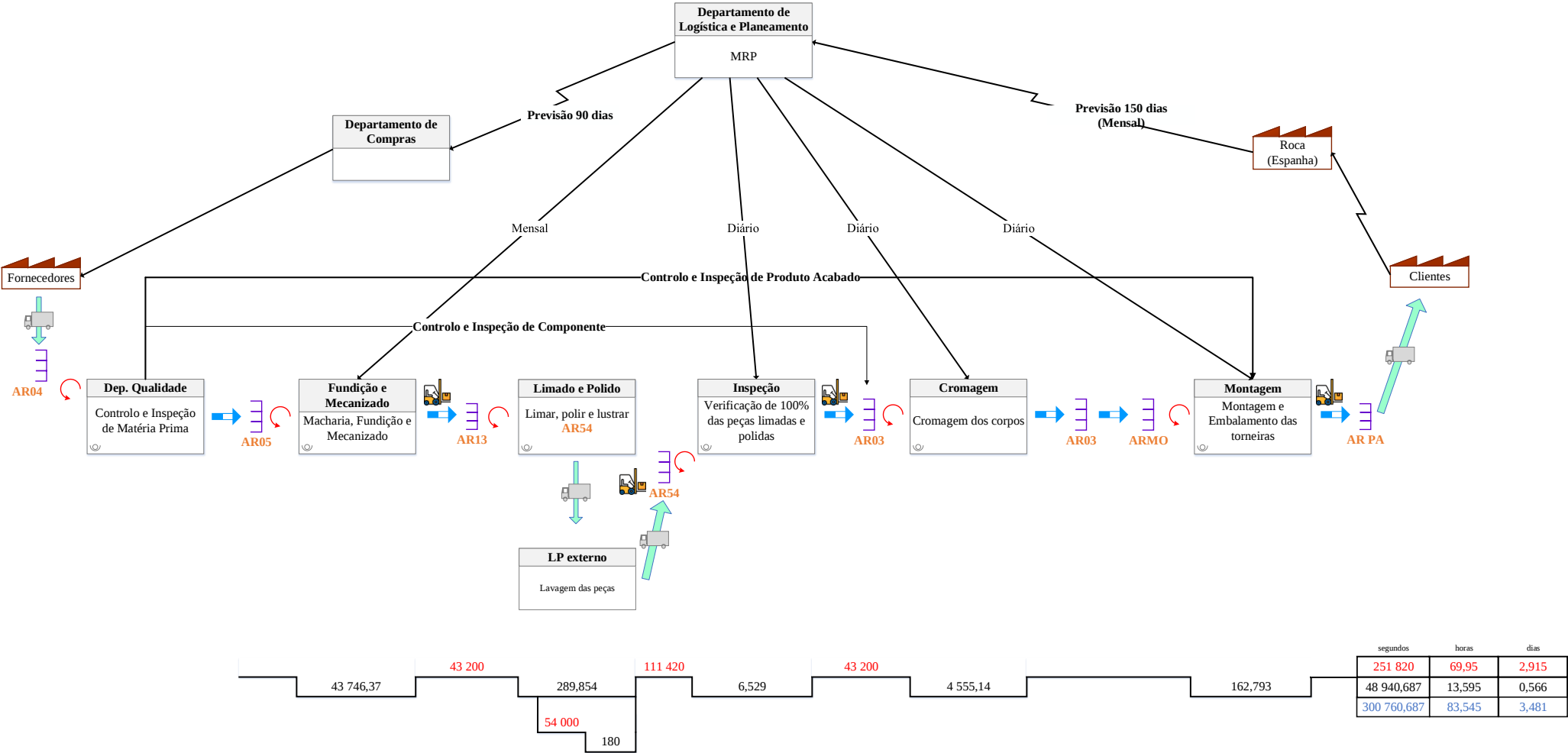


Figura 4.1 – Value Stream Mapping da situação atual para a Peça A

Como ilustrado, o processo inicia-se com a previsão a 90 dias das encomendas, fornecida pela Roca Espanha, ao planeamento da produção da Roca Torneiras, sendo possível, no final do ano, saber a procura total de peças nesse mesmo ano.

Na **Tabela 4-5** está presente a procura anual, referente aos últimos 4 anos, para a Peça A.

Tabela 4-5 – Procura anual da Peça A

Ano	2017	2018	2019	2020
Quantidade	130 651	112 331	104 451	94 287

Tendo em conta a procura anual, em 2020, transmitida pela Roca Sanitários à Roca Torneiras, e considerando uma eficiência global de 85%, temos:

$$Necessidade\ anual = \frac{94\ 287}{85\%} \approx 110\ 926\ torneiras/ano$$

Ou seja, a necessidade anual face à procura em 2020, foi de 110 926 torneiras. Consequentemente, a necessidade diária é dada por:

$$Necessidade\ diária = \frac{110\ 926}{10\ meses * 21\ dias} \approx 528\ torneiras/dia$$

Assim, para satisfazer a procura foi necessário produzir 528 torneiras por dia.

Por sua vez, o tempo de resposta ao cliente, deve ser calculado usando a Equação 2-6, considerando dois turnos de 8 horas por dia:

$$Takt - time_{Peça\ A} = \frac{Tempo\ disponível}{Necessidades\ do\ cliente} = \frac{2 \cdot [8\ (horas) - 30\ (min)] \cdot 21\ dias}{110\ 926\ torneiras/ano} = 10,223\ s$$

Desta forma, a unidade tem de produzir uma peça a cada 10,223 segundos para satisfazer os pedidos dos clientes.

No estado atual, considerando os dados observados na **Figura 4.1** pode destacar-se os elevados tempos de espera. A empresa não tem utilizado qualquer método para melhorar estes tempos de espera entre setores, que é um dos desperdícios que mais visível.

4.1.2. Peça B

O processo produtivo da Peça B é em grande parte idêntico ao da Peça A. O processo inicia-se no setor da Fundição e Mecanizado e apresenta os tempos médios de ciclo, em segundos, registados na **Tabela 4-6**.

Tabela 4-6 - Tempos Fundição e Mecanizado para a Peça B

Fundição e Mecanizado		
	Atividade	TC (s)
Macharia	Fabrico de machos de areia	42
	Rebarbagem de machos de areia	25
	Pintura de machos e secagem	600
	Cura	43 200
Fundição	Colocação dos machos no molde	5
	Injeção do latão no molde	45
	Arrefecimento	12
	Lavagem	27,5
	Separação dos corpos	42
Mecanizado	Maquinação dos corpos	29,5
	Lavagem	29,58
	Secagem	
	Testes de estanquicidade	
	Controlo	300
Total		44 357,58

Após o término do processo neste setor as peças são enviadas do armazém para o Limado e Polido, por volta das 6/7 horas da manhã, para serem processadas nesse mesmo dia. Desta forma existe um tempo de espera de cerca de 12 horas entre o setor da Fundição e Mecanizado, e o Limado e Polido, uma vez que a produção no primeiro termina cerca das 22 horas.

O primeiro passo do processo consiste em limar as partes salientes do corpo (chamados de gitos) que resultam do processo de fundição. As peças são então carregadas no primeiro *robot* para serem limadas com recurso a uma lixa grossa (grão 100), sendo a peça, posteriormente processada manualmente com recurso a duas lixas, primeiro com lixa grossa e depois com uma lixa fina (grão 280). As peças são depois enviadas para o *robot* de polimento e abrillantamento onde vão ser eliminadas as texturas provocadas pelas lixas, conferindo aos corpos uma superfície lisa. Ao saírem deste *robot* as peças são limpas e sopradas de maneira a retirar o mais possível os resíduos provocados pelas pastas de polimento e abrillantamento.

De seguida as peças são levadas para uma inspeção visual que segue procedimentos idênticos aos referidos para a Peça A, sendo depois enviadas para a lavagem em prestadores de serviços. Ao retornarem à Roca Torneiras são sujeitas a nova inspeção para identificação de não-conformidades.

Todas as peças conformes são enviadas para a receção do armazém automático (AR03) para estarem disponíveis na manhã seguinte, pelas 6 horas, para serem cromadas. Todas as outras

que apresentem não-conformidades são sujeitas a retrabalho consoante a não-conformidade apresentada.

Na **Tabela 4-7** estão os tempos registados para o setor do Limado e Polido, em segundos.

Tabela 4-7 – Tempos de Limado e Polido para a Peça B

Limado e Polido		
	Atividade	TC (s)
Limar	Tirar o gito	7,500
	Carregar robot de Limar	5,155
	Robot lima as peças (Lixa 100)	175,939
	Descarregar robot	11,258
	Limar à mão (Lixa 100 + 280)	57,761
Polir	Carregar robot de polir	1,650
	Robot pole e abrilhanta as peças	176,087
	Descarregar robot	30,262
Inspeção	Inspeção visual pré-lavagem	12,081
	Transporte Roca Torneiras → LE	14 400
	Tempo até entrega	39 600
	Lavagem em LE	180
	Tempo no LE + Tempo até início de viagem	97 020
	Transporte LE → Roca Torneiras	14 400
	Inspeção visual pós-lavagem	12,781
Total pré-lavagem		477,693
Transporte e pós-lavagem		165 612,78
Total		166 090,474

Tal como para a Peça A, entre o final da inspeção das peças e o início da sua cromagem passam cerca de 12 horas.

Na **Tabela 4-8** estão registados os tempos de ciclo, em segundos, de cada banho a que os 90 corpos são sujeitos, desde banhos de preparação a banhos de tratamento.

Concluído o processo de Cromagem, os corpos são devolvidos ao armazém automático para serem, *on time*, entregues ao setor da Montagem. Todo o processo de montagem para a Peça B é similar ao da Peça A, à exceção da ordem de colocação de alguns componentes, como é o caso da manete que, neste caso, é colocado manualmente.

Tabela 4-8 - Tempos Cromagem para a Peça B

Cromagem					
	Atividade	TC (s)		Atividade	TC (s)
Carga	Carga dos corpos nos bastidores	2,978			
	Desengordurante químico	670			
Preparação	Lavagem 1	391	Tratamento	Banho de níquel	1 160
	Desengordurante ultrasons	199		Lavagem 9	6
	Lavagem 2	1		Lavagem 10	10
	Desengordurante hidrososns	243		Ativação crômica	56
	Lavagem 3	1		Banho de crômio	245
	Desengordurante eletrolítico/anódico	21		Lavagem 11	2
	Lavagem 4	1		Neutralização de crômio 1	2
	Lavagem 5	1		Lavagem 12	5
	Banho ácido 1 (decapagem)	69		Neutralização de crômio 2	30
	Lavagem 6	6		Lavagem 13	12
	Desengordurante aódico	21		Lavagem 14	5
	Lavagem 7	1		Lavagem a quente	334
	Lavagem Transfer	48		Secagem	826
	Banho ácido 2 (decapagem)	75		Transferência	98
	Lavagem 8	9			
			Descarga	Descarga dos corpos	4,167
					Total 4 555,14

Na **Tabela 4-9** estão registados os tempos de ciclo, em segundos, referentes à montagem da Peça B.

Tabela 4-9 - Tempos de Montagem para a Peça B

Montagem		
	Atividade	TC (s)
Posto 1	Colocação de flexíveis, cartucho e parafuso de apoio	21,928
	Pré-aperto da tuerca e colocação do corpo, carperusa e manete no suporte	9,687
Estação 2	Aperto da tuerca	19,708
Estação 3 e 4	Testes ao cartucho	20,027
Estação 5	Teste de estanquicidade (simulação de torneira fechada)	20,370
Estação 6	Teste de estanquicidade (simulação torneira aberta)	25,424
Estação 7	Colocação da carperusa	10,098
Estação 9	Gravação a laser	11,674
Posto 2	Colocação e aperto da manete	4,032
Posto 3	Colocação de componentes finais	24,052
Posto 4	Embalamento	22,470
Total		189,47

Com os dados apresentados nas tabelas anteriores é possível construir um VSM para a Peça B.

Do mesmo modo que para a Peça A, o departamento de Planeamento e Logística realiza, com base na previsão, um plano mensal para a Fundição e Mecanizado, e para o Limado e Polido, e um plano diário para a Cromagem e Montagem. Como complemento, é elaborado um plano de compras que é transmitido posteriormente ao Departamento de Compras, responsável pela realização das encomendas.

À chegada das matérias-primas e dos componentes, o Departamento de Qualidade tem a responsabilidade de confirmar se estão de acordo com as especificações adotadas. O mesmo ocorre com o produto acabado para o qual é realizado um controlo em função do número de torneiras/caixas por palete.

O *Value Stream Mapping* da **Figura 4.2** foi elaborado com recurso ao *software Microsoft Visio*, e representa o fluxo produtivo e de informação relativos à Peça B. O fluxo produtivo mais pormenorizado pode ser consultado no **ANEXO B – Value Stream Mapping por setor para a Peça B**.

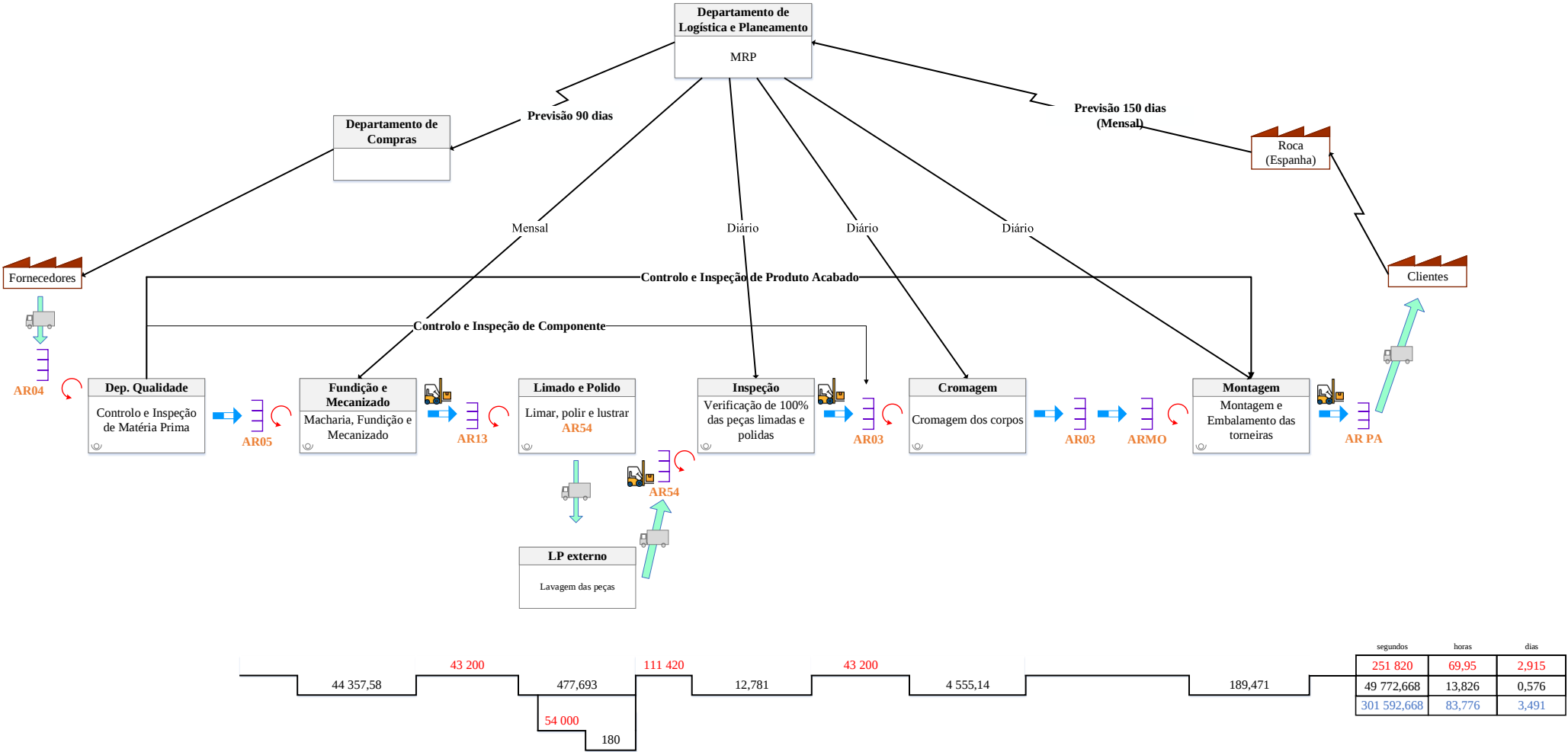


Figura 4.2 – Value Stream Mapping da situação atual para a Peça B

Como ilustrado, o processo inicia-se com a previsão a 90 dias das encomendas, fornecida pela Roca Espanha, ao planeamento da produção da Roca Torneiras, sendo possível, no final do ano, saber a quantidade total de peças procuradas nesse mesmo ano.

Na **Tabela 4-10** está presente a procura anual, nos últimos 4 anos, para a Peça B.

Tabela 4-10 – Procura anual da Peça B

Ano	2017	2018	2019	2020
Quantidade	70 228	87 536	80 070	89 104

Assim, tendo em conta a procura anual transmitida pela Roca Sanitários à Roca Torneiras, e considerando uma eficiência global de 85%, temos:

$$Necessidade\ anual = \frac{89\ 104}{85\%} \approx 104\ 828\ torneiras/ano$$

A necessidade anual face à procura registada em 2020 foi de 104 828 torneiras e, consequentemente, a necessidade diária é dada por:

$$Necessidade\ diária = \frac{104\ 828}{10\ meses * 21\ dias} \approx 499\ torneiras/dia$$

Desta forma, para satisfazer a procura foi necessária uma produção de 499 torneiras por dia.

O tempo de resposta ao cliente deve ser calculado usando a Equação 2-6, considerando dois turnos de 8 horas por dia

$$Takt - time_{Peça\ A} = \frac{Tempo\ disponível}{Necessidades\ do\ cliente} = \frac{2 \cdot [8\ (horas) - 30\ (min)] \cdot 21\ dias}{104\ 828\ torneiras/ano} = 10,818\ s$$

Desta forma, a unidade tem de produzir uma peça a cada 10,818 segundos para satisfazer os pedidos dos clientes.

No estado atual, considerando os dados observados na **Figura 4.2** pode destacar-se, como se mostrou para a Peça A, os elevados tempos de espera.

4.1.3. Análise

Os processamentos de ambas as peças, Peça A e Peça B, são praticamente iguais, diferindo apenas em algumas atividades nos setores da Fundição e Mecanizado e do Limado e Polido, e nos tempos de ciclo dos processos.

Na Peça A é obtido um *Lead Time* de 83 horas e 32 minutos (83,545 horas), sendo 13,595 horas correspondentes a tempos de processamento e 69,95 horas a tempos de espera. Nesta janela

temporal, 16,27% do tempo refere-se a atividades que acrescentam valor e 83,73% a atividades que não acrescentam valor.

Na Peça B é obtido um *Lead Time* de 83 horas e 46 minutos (83,776 horas), sendo 13,826 horas correspondentes a tempos de processamento e 69,95 horas a tempos de espera. Nesta janela temporal, 16,50% do tempo refere-se a atividades que acrescentam valor e 83,50% a atividades que não acrescentam valor.

As elevadas percentagens de tempo consumido em atividades que não acrescentam valor devem-se sobretudo ao setor do Limado e Polido, mais propriamente ao tempo despendido no transporte e permanência em LE para Lavagem. Outro dos contribuidores os valores obtidos são os elevados tempos de espera entre setores, consequência da inexistência de um fluxo contínuo entre eles.

Os tempos de espera de 12 horas entre setores são iguais para ambas as peças, ocorrendo entre o setor da Fundição e Mecanizado. Também se verificam 12 horas de espera entre a Inspeção de Limado e Polido e a Cromagem, perfazendo um total de 24 horas. Acresce ainda o tempo de transporte entre a Roca Torneiras e os LE e vice-versa, num total de 8h. Uma vez que as peças seguem por volta das 18 horas do dia x e regressam por volta das 16 horas do dia $x + 2$, este tempo em que as peças estão fora totalizam 46 horas.

Subtraindo destas 46 horas o tempo de viagem de 8 horas até ao norte do país e o de regresso à Roca Torneiras, obtém-se 38 horas. Estas correspondem à noite entre o dia x e o dia $x + 1$, cerca de 10 horas (22 horas do dia x até às 8 horas do dia $x + 1$), à entrega nos LE e o tempo de permanência nos LE, o qual inclui a lavagem das peças. As peças lavadas são recolhidas nos LE na manhã do dia $x + 2$, ou seja, permanecem no LE cerca de 24 horas. Após a recolha no LE, decorrem ainda cerca de 7/8 horas até à entrega das peças, das quais 4 horas são relativas ao trajeto Norte do país $\rightarrow$ Roca Torneiras.

As 46 horas são quase na totalidade atividades de valor não acrescentado. Assim, pode concluir-se que das 24 horas necessárias para a Lavagem das peças apenas 0,21% dizem respeito a atividades de valor acrescentado – a própria Lavagem.

Os elevados tempos de espera devem-se também ao transporte intersectorial uma vez que o transporte da Fundição e Mecanizado para o Limado e Polido é feito pelos colaboradores afetos ao armazém que funciona apenas em dois turnos (das 6h às 22h), enquanto o Limado e Polido trabalha em três turnos. Esta situação leva a que o setor do Limado e Polido apenas seja abastecido às 6 horas da manhã de cada dia.

O mesmo acontece relativamente ao tempo de espera entre a Inspeção de Limado e Polido e a Cromagem. Como a Cromagem labora apenas das 6 horas às 22 horas e a Inspeção labora em contínuo, todas as peças inspecionadas desde as 22 horas do dia x até às 6 horas do dia $x + 1$ entram no armazém automático apenas no início do turno da manhã do armazém.

4.2. Análise de não-conformidades

Durante o processo produtivo ocorrem defeitos nas peças que originam incumprimento das normas de qualidade pré-estabelecidas para o produto acabado. Por essa razão, é necessário identificar, através de uma análise, as não-conformidades mais frequentes e as suas causas. Esta identificação permite conhecer os setores nos quais existem mais não-conformidades detetadas, e a percentagem de não-conformidades encontradas a jusante de processos dos quais provêm os defeitos. Encontrando-se as causas das não-conformidades é possível estudar soluções para que possam diminuir-se e/ou eliminar os problemas.

4.2.1. Tipos de não-conformidades

No primeiro setor do processo produtivo, a Fundição e Mecanizado, são considerados dois tipos de não-conformidades – as recuperáveis e as não-recuperáveis. Ambas se referem a peças nas quais foram encontradas fugas nos testes de estanquicidade. As não-conformidades recuperáveis são atribuídas a peças que apresentem fugas que podem ser eliminadas e as não-conformidades não-recuperáveis referem-se a peças com fugas impossíveis de eliminar.

No setor do Limado e Polido existe uma secção de inspeção das peças já limadas e polidas. Esta inspeção tem como objetivo encontrar não-conformidades antes que as peças sigam para a Cromagem. Nesta etapa podem encontrar-se não-conformidades produzidas no Limado e Polido, ou na Fundição e Mecanizado.

- **Pasta** – Esta não-conformidade deve-se à presença de pasta nas peças (detritos do polimento), consequência da sua má lavagem.
- **Golpes** – Devem-se sobretudo ao mau manuseamento das peças, a quedas e a embates.
- **Poros** – As não-conformidades denominadas por “poros” são provocadas na fundição e são pequenas cavidades redondas. Os “Poros não recuperáveis” são poros fundos que não têm possível recuperação, exigindo a fundição das peças.
- **Gordura** – Pode ser provocada pelo líquido usado na lavagem das peças ou pela deficiente limpeza das peças no final da lavagem.
- **Mecanizado** – Esta não-conformidade corresponde a peças demasiado limadas em torno das partes mecanizadas do corpo. As peças que apresentam esta não-conformidade não têm recuperação possível, procedendo-se à sua fundição.
- **Raias** – São zonas com deficiente lixamento por se ter utilizado uma lixa usada ou mesmo pela falta de polimento.
- **Ondulações/Deformações** – São provocadas pelo deficiente lixamento ou polimento das peças.
- **Riscos** – Advêm de toques que possam existir ou podem ser provocados pelos panos de polimento quando estes não possuem pasta suficiente.

- **Oxidação** – Esta não-conformidade pode ser provocada na lavagem, pela humidade presente no ar no local onde são armazenados, ou mesmo pelo contacto direto com a pele humana antes do processo de cromagem.
- **Bolhas** – São bolhas de gás provocadas na fundição, não recuperáveis, levando a que as peças que apresentem esta não-conformidade sejam fundidas.
- **Outros** – Estas não-conformidades englobam as peças inacabadas e aquelas que são danificadas pelos limadores.

No setor da **Cromagem** as não-conformidades a ele associadas são:

- **Impurezas** – Partículas de areia (sílica), oriundas da fundição, ou limalhas de latão, oriundas do Limado e Polido que se encontram alojadas no interior dos corpos, contaminando os banhos e provocando rugosidade na camada superior. Na etapa do mecanizado (fundição) é usado um óleo de corte que, depois de seco, promove a aderência, no interior dos corpos, das partículas metálicas do latão geradas no lixamento (limado e polido). Durante a fase de preparação da cromagem (banhos de lavagem, de desengorduramento e ataque de ácido) estas partículas soltam-se, limpando o interior dos corpos. As partículas fragilizadas, que não se eliminam nesta etapa, acabam por chegar aos banhos de níquel, onde se libertam, alojando-se nos corpos aquando da deposição metálica.
- **Golpes** – São pequenos embates que podem ser provocados pela rapidez do processo de carga ou descarga, durante a colocação das peças nos ganchos dos bastidores ou nas caixas de produto já cromado. Os golpes provocados no setor são facilmente identificados devido às suas características e recorrência da sua forma.
- **Falhas no recobrimento (“Amarelas”)** – Não-conformidade que ocorre quando o crómio não cobre totalmente a camada de níquel devido à sua dificuldade de penetração. As zonas onde ocorre são, maioritariamente, aquelas que ficam junto aos ganchos dos bastidores, orifícios ou zonas de difícil contacto.
- **Falhas de aderência (“Bolhas”)** – Ocorrem quando não há aderência, total ou parcial, das camadas de metal, provocando descolamentos em forma de bolha (não-conformidade localizada), ou descolamentos de maior dimensão. A sua formação pode ser imediata na cromagem, ou pode ocorrer posteriormente, influenciada pela temperatura ambiente ou pelas condições ambientais.
- **Corpos “Queimados”** – Não-conformidade localizada que ocorre geralmente nas zonas de alta concentração de corrente elétrica (extremidades dos corpos).
- **Manchas** – Manchas com diversos aspetos, observadas de forma localizada ou com maior dimensão na superfície dos corpos cromados. A sua origem é muito diversa, indo desde problemas com a fase de preparação, até problemas com os banhos de níquel/crómio ou, ainda, paragens do ciclo automático.

No setor da **Montagem** as não-conformidades são maioritariamente produzidas nos setores transatos, à exceção dos golpes feitos pela linha de montagem automática e pela falta de gravação. As **Fugas** são não-conformidades detetadas aquando da realização, por parte da linha de montagem automática, dos testes de estanquicidade e que têm origem no setor da Fundição e Mecanizado. Estas peças foram consideradas como “boas” aquando da realização dos testes de estanquicidade no mecanizado e percorreram o resto do processo até à montagem, sendo dadas como não-conformes. Estas serão descromadas e são enviadas para a primeira etapa do processo, a fundição, onde serão fundidas. O **Mal Mecanizado** são não-conformidades relativas aos elementos mecanizados, correspondendo a zonas mecanizadas do corpo que não apresentam as condições ideais para receber os componentes constituintes de uma torneira. Os **Golpes** são não-conformidades que podem ter origem na linha de montagem automática, sendo denominadas de “golpes máquina”, ou podem ter origem no armazém, sendo denominadas “golpes armazém”. As **Gretas**, os **Poros**, as **Raias**, as **Deformações**, o **Crómio Solto**, as **Manchas**, as **Amarelas** e as **Roçadas/Riscos** são não-conformidades que advém de setores anteriores. Depois de descromadas, as peças são distribuídas pelos setores que poderão levar à sua recuperação. No caso de deformações as peças são enviadas para a fundição, não havendo recuperação. A não-conformidade denominada de **Roca** está relacionada com a deficiente gravação, ou a sua falta, em cada corpo.

4.2.2. Análise de não-conformidades por setor produtivo

De seguida analisam-se as não-conformidades registadas em cada setor durante os seis meses em estudo.

Fundição e Mecanizado

No setor da Fundição e Mecanizado as não-conformidades são apenas analisadas na parte do mecanizado, estando divididas em recuperáveis e não recuperáveis. As não-conformidades recuperáveis são atribuídas aos corpos que apresentem pequenas fugas e que são sujeitas a um processo de impregnação. Todos os outros corpos que apresentem fugas consideradas não recuperáveis são reutilizados na produção, passando por um processo de grenalhagem que tem como objetivo dividir os corpos em vários pedaços para que possam ser reutilizados nos fornos de fundição.

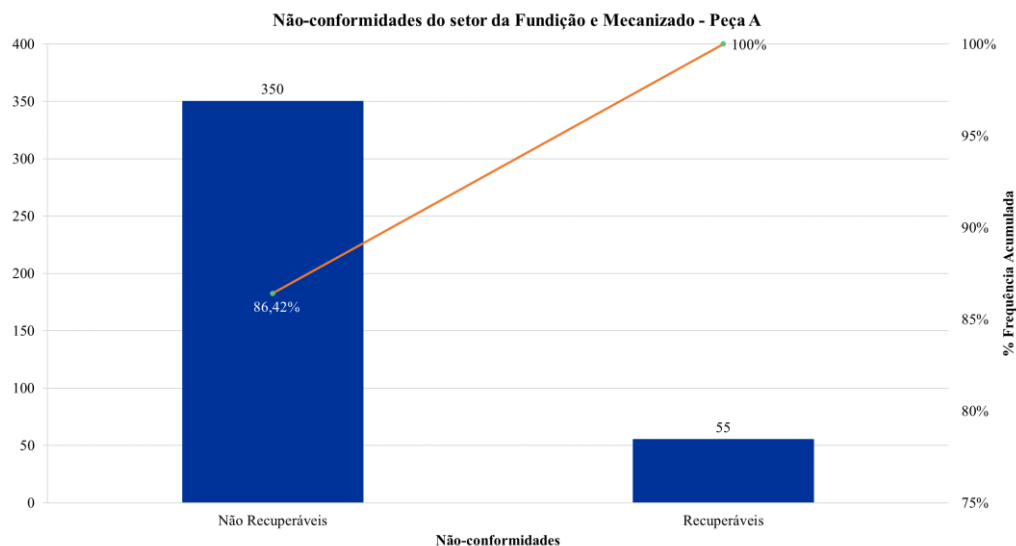
Em relação à Peça A estão presentes na **Tabela 4-11** todos os dados relativos às não-conformidades recuperáveis e irrecuperáveis encontradas.

Tabela 4-11 – Registo de não-conformidades na Fundição e Mecanizado para a Peça A

	Total Mecanizado	Total Boas	Total Rejeitado	% Rejeição Mensal	Recuperáveis		Não Recuperáveis	
					Total	% Recuperáveis	Total	% Não Recuperáveis
Janeiro	12 851	12 706	145	1,13%	11	7,59%	134	92,41%
Fevereiro	9 087	9 066	21	0,23%	7	33,33%	14	66,67%
Março	3 345	3 336	9	0,27%	0	0%	9	100%
Julho	27 860	27 720	140	0,50%	27	19,29%	113	80,71%
Agosto	6 848	6 838	10	0,15%	0	0%	10	100%
Setembro	13 098	13 018	80	0,61%	10	12,50%	70	87,50%
Total	73 089	72 684	405	0,48%	55	12,12%	350	87,88%
Valor médio		99,45%	0,55%	-	13,58%		86,42%	

Pela observação da tabela, concluímos que no conjunto dos meses em observação foram mecanizados 73 089 corpos, dos quais 405 foram rejeitados por apresentarem não-conformidades, totalizando uma rejeição mensal média de 0,48%. Do total de corpos rejeitados, 55 referem-se a não-conformidades recuperáveis, perfazendo uma percentagem de 13,58%, e 350 a não-conformidades não recuperáveis, com uma percentagem de 86,42%. Desta forma concluímos que a maior percentagem se refere a não-conformidades não recuperáveis e que estas são as que têm um impacto maior no desperdício do setor.

Através desta tabela foi contruído o Diagrama de Pareto da **Figura 4.3**, na qual se pode observar o número de ocorrências de não-conformidades consideradas, por ordem decrescente, assim como as suas frequências acumuladas.

**Figura 4.3** – Diagrama de Pareto da Fundição e Mecanizado para a Peça A

Assim é possível confirmar os dados da **Tabela 4-11**, onde a maior causa para a ocorrência de não-conformidades são as fugas não recuperáveis, 350 ocorrências, perfazendo um total de 86,42%.

Na **Tabela 4-12** são apresentados os valores relativos às não-conformidades registadas para a peça B.

Tabela 4-12 – Registo de não-conformidades na Fundição e Mecanizado para a Peça B

	Total Mecanizado	Total Boas	Total Rejeitado	% Rejeição Mensal	Recuperáveis		Não Recuperáveis	
					Total	% Recuperáveis	Total	% Não Recuperáveis
Janeiro	8 354	7 967	387	4,63%	1	0,26%	386	99,74%
Fevereiro	17 631	16 668	963	5,46%	11	1,14%	952	98,86%
Março	7 896	7 721	175	2,22%	5	2,86%	170	97,14%
Julho	12 301	11 681	620	5,04%	2	0,32%	618	99,68%
Agosto	11 595	11 395	200	1,72%	1	0,50%	199	99,50%
Setembro	4 477	4 380	97	2,17%	1	1,03%	96	98,97%
Total	62 254	59 812	2 442	3,54%	21	1,02%	2 421	98,98%
Valor médio		96,08%	3,92%	-	0,86%		99,14%	

De um total de 62 254 peças mecanizadas, verificou-se a ocorrência de 2 442 não-conformidades, repartidas em 21 recuperáveis e 2 421 não recuperáveis. As não-conformidades recuperáveis perfazem um total de 0,86%, enquanto que as não recuperáveis perfazem a quase totalidade das não conformidades registadas.

Na **Figura 4.4** encontra-se representado o Diagrama de Pareto, contruído com recurso aos dados da tabela anterior, relativamente à Peça B.

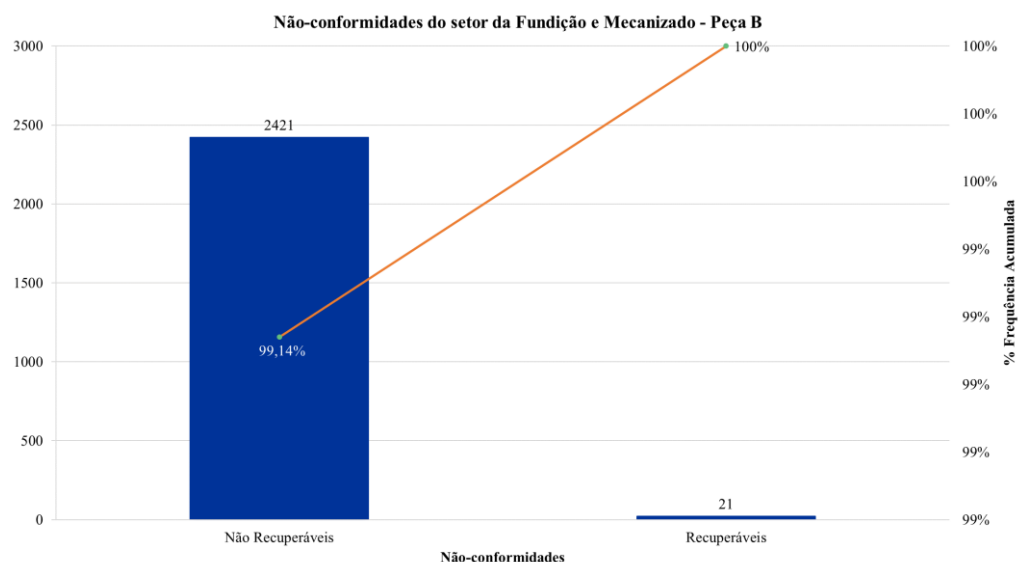


Figura 4.4 – Diagrama de Pareto da Fundição e Mecanizado para a Peça B

Relativamente a esta peça, e com o auxílio da figura anterior, reforça-se a ideia também encontrada para a Peça A, de que as não-conformidades irrecuperáveis são as que mais contribuem para o desperdício do setor.

De referir que existem outras não-conformidades, como Poros e Gretas, que serão analisadas posteriormente, embora sejam geradas neste setor mas não detetadas na sua inspeção pelo facto

de muitas não serem visíveis, tornando-se visíveis apenas aquando do lixamento e polimento. Estas não-conformidades, se detetadas antes no mecanizado poderiam baixar os custos relativos a não-conformidades. Contudo, a sua difícil visualização antes do lixamento e polimento dificulta muito que se detetem precocemente.

Inspeção do Limado e Polido Interno

A inspeção do Limado e Polido consiste na inspeção visual, peça a peça, de todos os corpos limados e polidos de modo a garantir os padrões de qualidade determinados pela normas de certificação. Esta inspeção é planeada diariamente consoante o material lavado que chega no próprio dia dos Limadores Externos. Após a comunicação sobre os corpos recebidos no dia, é elaborada uma lista, por ordem de prioridades, com as referências e a quantidade de peças a inspecionar, que deve ser seguida. Esta lista também é elaborada tendo em conta o tipo de corpo pois, uma vez inspecionados, os corpos seguem para a Cromagem onde tem de ser seguida uma ordem de Cromagem consoante os tipos de corpos. Os primeiros devem ser aqueles que apresentam um histórico de menos acumulação de areias no interior, para que os banhos não sejam contaminados com impurezas ao início do dia. A contaminação precoce dos banhos iria interferir na cromagem dos restantes corpos ao longo do dia de trabalho.

Relativamente à Peça A, na **Tabela 4-13** estão presentes todos os dados relativos aos corpos inspecionados e às não-conformidades encontradas.

Tabela 4-13 – Registo de não-conformidades na Inspeção de LP para a Peça A

	Total Inspecionado	Total Rejeitado	% Rejeição Mensal	Não-conformidades												Recuperáveis	Não Recuperáveis
				Pasta	Golpes	Poros	Cordura	Gretas	Mecanizado danificado	Raias	Ondulação/Deformação	Riscos	Oxidação	Outros	Fundir		
Janeiro	2 673	345	12,91%	0	66	227	0	0	0	52	0	0	0	0	0	345	0
Fevereiro	12 014	506	4,21%	0	132	310	0	1	5	58	0	0	0	0	0	506	0
Março	11 925	801	6,72%	0	147	642	0	4	0	8	0	0	0	0	0	801	0
Julho	15 030	1 238	8,24%	0	163	942	0	13	0	120	0	0	0	0	0	1 238	0
Agosto	10 897	1 020	9,36%	0	108	646	0	47	16	203	0	0	0	0	0	1 020	0
Setembro	22 334	1 427	6,39%	13	209	889	0	20	11	280	0	5	0	0	0	1 427	0
Total	74 873	5 337	7,97%	13	825	3 656	0	85	32	721	0	5	0	0	0	5 337	0
	92,87%	7,13%	-	0,24%	15,46%	68,50%	0,00%	1,59%	0,60%	13,51%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%

Valor médio

A **Tabela 4-13** indica o número total de corpos inspecionados, por mês de observação, e a soma de corpos inspecionados. Foram inspecionados 74 873 corpos, dos quais 7,13% apresentaram não-conformidades, todas elas recuperáveis. A não-conformidade mais recorrente é a existência de Poros, com 3 656 ocorrências (68,50%), seguida por Golpes, com 825 ocorrências (15,46%) e Raias (13,51%), com 721 ocorrências.

Na **Figura 4.5** está representado o Diagrama de Pareto para a Peça A, na qual se pode observar o número de ocorrências, por ordem decrescente de não-conformidade registada, e a frequência acumulada.

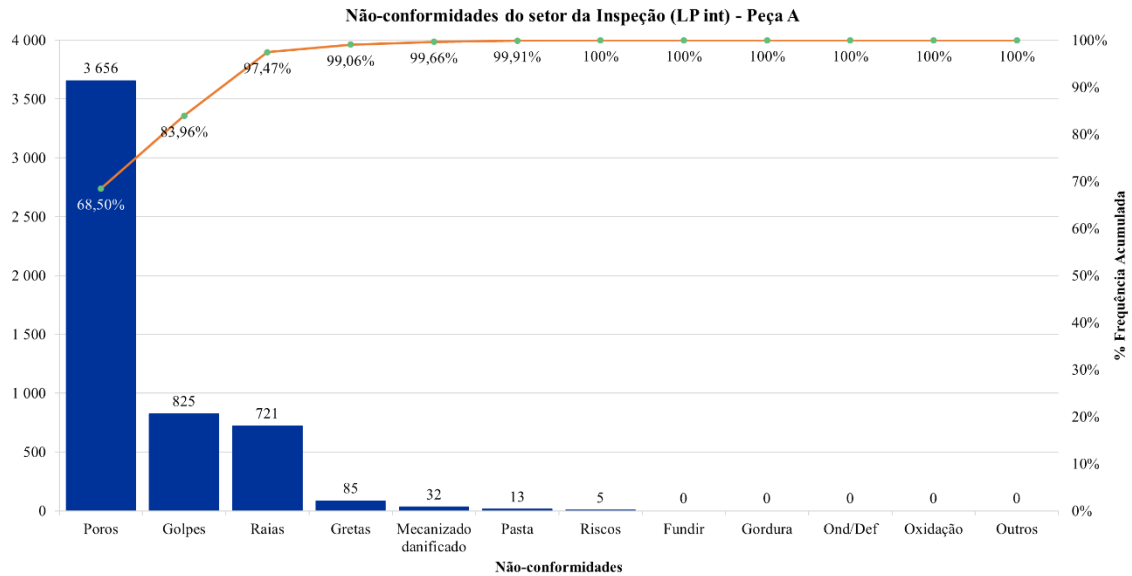


Figura 4.5 – Diagrama de Pareto da Inspeção de LP para a Peça A

Verifica-se que 3 causas (poros, golpes e raias) representam 25% das 13 não-conformidade detetadas e originam cerca de 98% das ocorrências registadas, enquanto que as restantes 75% das causas originam cerca de 2% dos problemas.

Para a Peça B é possível visualizar os dados relativos às não-conformidades na **Tabela 4-14**.

Tabela 4-14 – Registo de não-conformidades na Inspeção de LP para a Peça B

	Total Inspeccionado	Total Rejeitado	% Rejeição Mensal	Não-conformidades												Recuperáveis	Não Recuperáveis
				Pasta	Golpes	Poros	Gordura	Gretas	Mecanizado danificado	Raias	Ondulação/ Deformação	Riscos	Oxidação	Outros	Fundir		
Janeiro	17 513	3 017	17,23%	0	359	2 108	70	118	33	216	8	0	48	57	0	3 017	0
Fevereiro	9 314	1 521	16,33%	0	101	1 167	0	78	19	110	0	0	0	46	0	1 521	0
Março	8 890	1 291	14,52%	0	113	997	0	134	0	30	0	0	0	17	0	1 291	0
Julho	14 779	2 447	16,56%	0	251	1 956	0	156	3	50	0	0	30	1	0	2 447	0
Agosto	4 179	714	17,09%	0	44	558	0	27	25	52	8	0	0	0	0	714	0
Setembro	12 028	1 331	11,07%	0	76	1 166	0	67	2	12	8	0	0	0	0	1 331	0
Total	66 703	10 321	15,46%	0	944	7 952	70	580	82	470	24	0	78	121	0	10 321	0
				0,00%	9,15%	77,05%	0,68%	5,62%	0,79%	4,55%	0,23%	0,00%	0,76%	1,17%	0,00%	100,00%	0,00%

Valor médio

Desta tabela pode concluir-se que dos 66 703 corpos inspeccionados, 10 321 apresentaram não-conformidades perfazendo um total de 15,47% dos corpos. Destas não-conformidades a mais frequente é o aparecimento de Poros, com 7 952 ocorrências (77,05%), seguida de Golpes, com 944 ocorrências e de Gretas, com 580 ocorrências. Estes detalhes podem ser vistos de forma mais simples no gráfico da **Figura 4.6**.

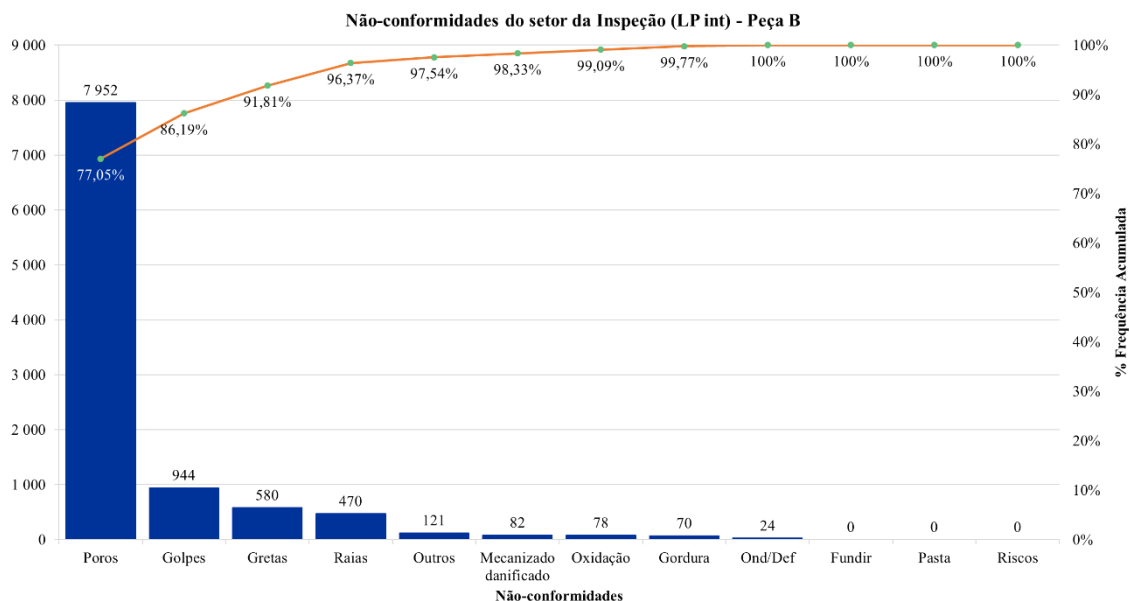


Figura 4.6 – Diagrama de Pareto da Inspeção de LP para a Peça B

No Diagrama de Pareto relativo à Peça B podem observar-se os resultados, por ordem decrescente de frequência de não-conformidades, o número de ocorrências e a frequência acumulada. Conclui-se que existem quatro não-conformidades com maior incidência neste setor, Poros, Golpes, Gretas e Raias, perfazendo em conjunto um total de 96,37%. Destas a que apresenta maior relevância são os Poros, com uma incidência de 77,05%, ou seja, apenas uma das doze não-conformidades (8%) representa cerca de 80% dos problemas.

Cromagem

O setor da cromagem é aquele que confere o acabamento e o aspeto brilhante ao corpo. Este processo é iniciado com a carga dos corpos nos bastidores, seguida de uma fase de preparação, uma de tratamento e, por último, a descarga dos corpos, sendo efetuada uma inspeção visual de acordo com o intervalo de tempo disponível. Habitualmente, descarregar as peças dos bastidores recebidos, inspecionar os corpos e carregar novamente os bastidores com novos corpos tem uma duração de 7 minutos, sendo impossível fazer uma inspeção visual a 100% das peças. Assim, as principais não-conformidades encontradas neste setor são impurezas e golpes, sendo as não-conformidades denominadas por “Falhas na Instalação” impossíveis de controlar, pois são provocadas por falhas de eletricidade. As não-conformidades denominadas por “Ensaio de Qualidade” correspondem a peças retiradas para fazer o controlo das espessuras das camadas metálicas. Quando ocorre uma Falha na Instalação a peça é sujeita a um choque térmico. Este último acontecimento é considerado uma não-conformidade porque os corpos necessitam de passar por uma recuperação devido à formação de uma película na sua superfície que exige nova Lixagem e Polimento antes de voltarem a ser cromados.

Na **Tabela 4-15** estão presentes as não-conformidades encontradas no setor da Cromagem para a Peça A, durante o período analisado.

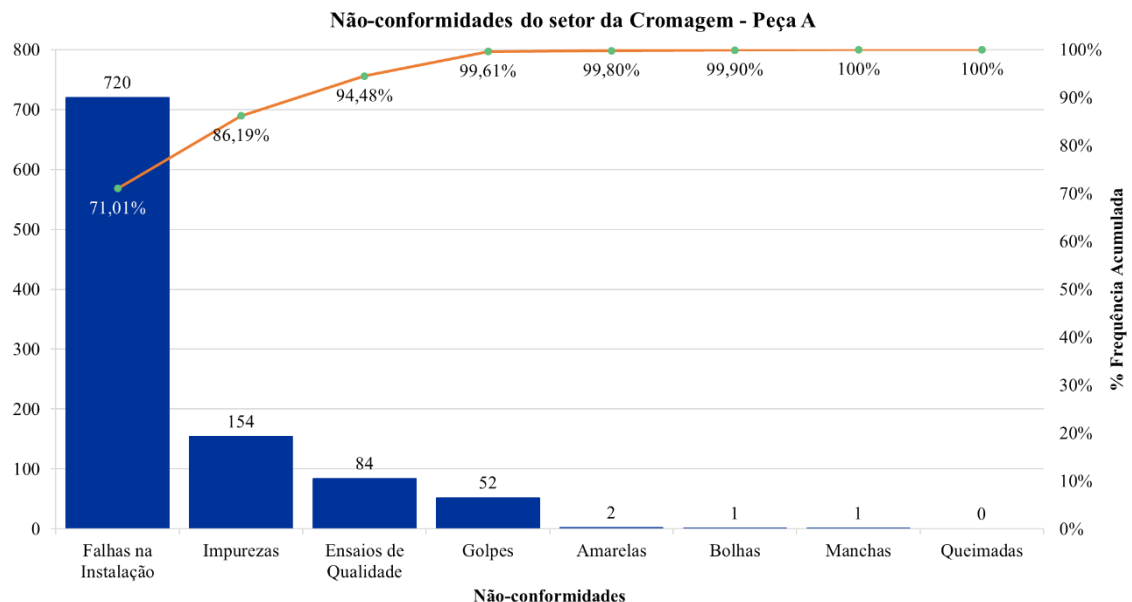
Tabela 4-15 – Registo de não-conformidades no setor da Cromagem para a Peça A

	Total Cromado	Total Rejeitado	% Rejeição Mensal	Não-conformidades							
				Golpes	Impurezas	Ensaio de Qualidade	Amarelas	Queimadas	Bolhas	Manchas	Falhas na Instalação
Janeiro	2 466	19	0,77%	9	7	3	0	0	0	0	0
Fevereiro	12 109	48	0,40%	6	30	12	0	0	0	0	0
Março	11 922	47	0,39%	9	20	18	0	0	0	0	0
Julho	14 867	531	3,57%	9	50	21	0	0	0	1	450
Agosto	10 991	40	0,36%	2	22	15	0	0	1	0	0
Setembro	21 529	329	1,53%	17	25	15	2	0	0	0	270
Total	73 884	1 014	1,17%	52	154	84	2	0	1	1	720
	98,63%	1,37%	-	5,13%	15,19%	8,28%	0,20%	0,00%	0,10%	0,10%	71,01%

Valor médio

Nela podemos observar que a não-conformidade com mais peso no total de peças rejeitadas ao longo dos seis meses de observação são as “Falhas na Instalação”, com 71,01%. A não-conformidade mais registada é a que resulta de eventos que não é possível prever quando irão acontecer.

De seguida, com o auxílio da **Tabela 4-15**, construiu-se o Diagrama de Pareto da **Figura 4.7**.


Figura 4.7 – Diagrama de Pareto da Cromagem para a Peça A

É possível concluir que a grande maioria das não-conformidades ocorridas se deveu a falhas na instalação, com um total de 720 ocorrências, repartidas pelos meses de julho e setembro, perfazendo um total de 71,01%. Assim, apenas uma das oito causas (12,50%) é responsável por cerca de 70% dos problemas encontrados. Das restantes não-conformidades realçam-se as

Impurezas, os Ensaios de Qualidade e os Golpes com um total de 290 ocorrências, correspondentes a 28,60% dos problemas.

Fazendo a mesma análise para a Peça B, obtém-se a **Tabela 4-16**, na qual são apresentados os dados relativos aos registos de não-conformidades ocorridas.

Tabela 4-16 – Registo de não-conformidades no setor da Cromagem para a Peça B

	Total Cromado	Total Rejeitado	% Rejeição Mensal	Não-conformidades							
				Golpes	Impurezas	Ensaios de Qualidade	Amarelas	Queimadas	Bolhas	Manchas	Falhas na Instalação
Janeiro	15 259	280	1,83%	35	76	21	70	1	5	0	72
Fevereiro	10 790	97	0,90%	17	33	9	26	0	8	4	0
Março	9 789	151	1,54%	12	16	20	6	0	6	1	90
Julho	13 861	471	3,40%	11	37	26	4	1	17	2	373
Agosto	5 484	127	2,32%	3	4	12	36	8	2	0	62
Setembro	13 870	189	1,36%	22	9	24	6	0	1	0	127
Total	69 053	1 315	1,89%	100	175	112	148	10	39	7	724
	98,10%	1,90%	-	7,60%	13,31%	8,52%	11,25%	0,76%	2,97%	0,53%	55,06%

Valor médio

Também para a Peça B, a não-conformidade mais registada foi a resultante de Falhas na Instalação, tendo uma percentagem de ocorrência de 55,06% em relação ao total de peças rejeitadas. Com os dados presentes na tabela é possível construir um gráfico (**Figura 4.8**) no qual se apresentam os valores de ocorrências por não-conformidades por ordem decrescente.

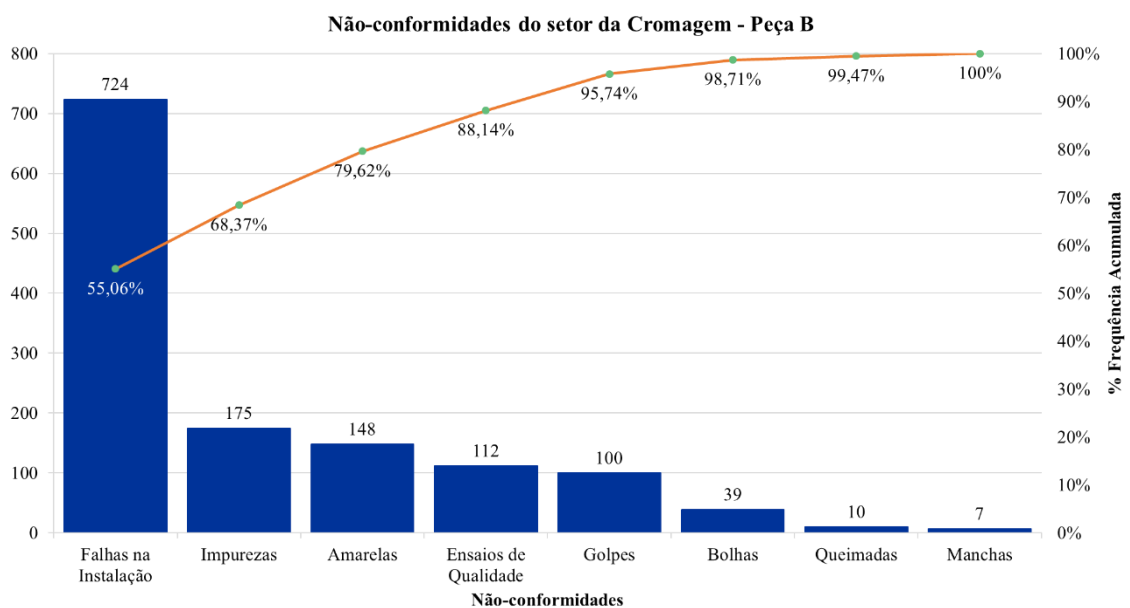


Figura 4.8 – Diagrama de Pareto da Cromagem para a Peça B

Este diagrama permite identificar as principais causas para a origem de não-conformidades no setor da Cromagem para a Peça B. Verifica-se que 37,5% das causas (3) originam

aproximadamente 80% dos problemas, sendo a principal causa destes problemas as Falhas na instalação, que ocorreram maioritariamente no mês de julho (51,5% das 724 ocorrências) e que são incontrolláveis. Analisando apenas as restantes não-conformidades, realçam-se as Impurezas, as peças com manchas Amarelas, os Ensaios de Qualidade e os Golpes, com um total de 30,68% dos problemas ocorridos.

Montagem

Na montagem, a última fase do processo produtivo, efetua-se a montagem da torneira, com a colocação de todos os componentes inerentes a cada modelo, e faz-se o embalamento que deve assegurar o cumprimento de todas as especificações do produto.

O processo de montagem é iniciado com a visualização, por parte dos colaboradores, do corpo da torneira. Sempre que é detetado alguma não-conformidade o(a) colaborador(a) deve separar esse corpo, colocando-o numa caixa de forma a que não prossiga na linha de montagem. Pode também dar-se o caso de a não-conformidade ocorrer durante o processo de montagem na linha automática – golpes máquina ou gravação a laser. No final de cada turno são comunicadas as não-conformidades encontradas para que as peças sejam encaminhadas para o ponto apropriado do processo, para recuperação interna ou para a fundição. De notar que todos os corpos não-conformes terão de ser descromados, para que possa ser feita a sua recuperação.

Na **Tabela 4-17** indicam-se as não-conformidades encontradas para a Peça A no setor da Montagem durante o semestre analisado.

Tabela 4-17 – Registo de não-conformidades no setor da Montagem para a Peça A

	Total Montado	Total Rejeitado	% Rejeição Mensal	Não-conformidades													Recuperáveis	Não Recuperáveis
				Fundir	Golpes	Gretas	Poros	Bolhas	Impurezas	Rais	Ondulação/ Deformação	Roca	Crómio Solto	Manchas	Amarelas	Reçadas		
Janeiro	2 490	45	1,81%	5	17	2	8	0	11	0	0	1	0	0	0	1	40	5
Fevereiro	12 560	144	1,15%	24	35	22	20	1	41	0	1	0	0	0	0	0	119	25
Março	9 133	67	0,73%	17	34	4	2	0	6	0	0	0	0	0	0	4	50	17
Julho	12 432	109	0,88%	23	36	17	8	0	22	0	0	0	0	0	0	3	86	23
Agosto	10 676	121	1,13%	20	24	23	22	4	27	0	0	0	0	0	1	0	101	20
Setembro	15 758	149	0,95%	24	42	20	20	0	34	2	0	1	0	1	4	1	125	24
Total	63 049	635	1,11%	113	188	88	80	5	141	2	1	2	0	1	5	9	521	114
	98,99%	1,01%	-	17,80%	29,61%	13,86%	12,60%	0,79%	22,20%	0,31%	0,16%	0,31%	0,00%	0,16%	0,79%	1,42%	82,05%	17,95%

Valor médio

Através da **Tabela 4-17** pode-se observar que os Golpes, com 29,61%, foram a não-conformidade mais encontrada no setor da montagem. O segundo maior nível de ocorrências observa-se para a não-conformidade denominada por Impurezas, com uma percentagem de 22,20% (141 não-conformidades), tendo o terceiro uma percentagem de 17,80% (113 não-conformidades) correspondente a peças a fundir. Destas últimas, 106 devem-se a fugas e 7 à zona mecanizada do corpo, podendo concluir-se que os 106 corpos que apresentaram fuga

fizeram todo o caminho desde o Mecanizado até à Montagem sendo considerados como “bons” e que acabam por ser rejeitados e fundidos.

Através dos dados da **Tabela 4-17** foi construído o seguinte Diagrama de Pareto da **Figura 4.9**.

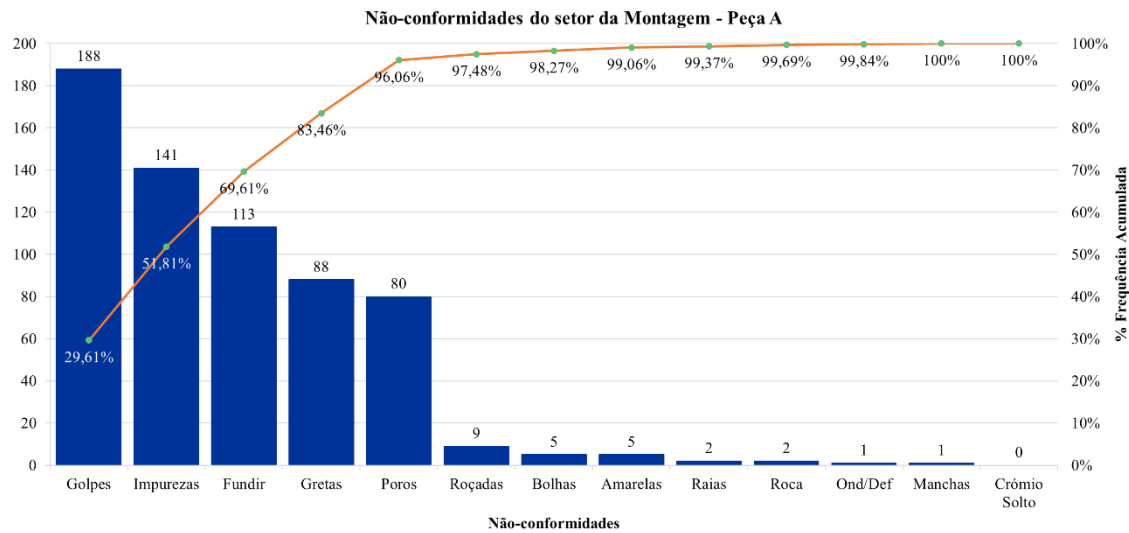


Figura 4.9 – Diagrama de Pareto do setor da Montagem para a Peça A

Observando a **Figura 4.9** podemos verificar que 38% das causas (5) originaram 96,06% de não-conformidades, ou seja, 62% (8) das causas apenas originaram 3,94% de não-conformidades.

As não-conformidades mais encontradas no setor da Montagem relativamente à Peça A são os Golpes, impurezas, não-conformidade irrecuráveis (fundir peças), Gretas e Poros. De notar que destas, apenas os Golpes com 29,61% podem ser diretamente relacionados com o setor da montagem, tendo os restantes defeitos origem em setores a montante deste, num total de 66,46%.

Na **Tabela 4-18** estão presentes todas as não-conformidades encontradas no setor da Montagem durante o semestre analisado para a Peça B.

Tabela 4-18 – Registo de não-conformidades no setor da Montagem para a Peça B

				Não-conformidades															
	Total Montado	Total Rejeitado	% Rejeição Mensal	Fundir	Golpes	Gretas	Poros	Bolhas	Impurezas	Raias	Ondulação/ Deformação	Roca	Crómio Solto	Manchas	Anarelas	Roçadas	Recuperáveis	Não Recuperáveis	
Janeiro	9 727	238	2,45%	44	47	16	79	0	39	0	0	1	1	0	1	10	194	44	
Fevereiro	10 923	458	4,19%	38	46	49	185	15	84	2	3	4	1	26	0	5	417	41	
Março	8 104	128	1,58%	8	21	14	55	8	16	0	0	0	1	0	0	5	120	8	
Julho	8 947	371	4,15%	7	80	50	57	20	116	1	0	2	6	9	3	20	364	7	
Agosto	3 716	208	5,60%	26	27	8	72	6	57	0	0	1	1	0	3	7	182	26	
Setembro	9 964	212	2,13%	24	40	10	40	0	55	1	0	1	1	1	27	12	188	24	
Total	51 381	1 615	3,35%	147	261	147	488	49	367	4	3	9	11	36	34	59	1 465	150	
	96,86%	3,14%	-	9,10%	16,16%	9,10%	30,22%	3,03%	22,72%	0,25%	0,19%	0,56%	0,68%	2,23%	2,11%	3,65%	90,71%	9,29%	

Valor médio

Verifica-se que das 51 381 peças montadas foram detetadas não-conformidades em 3,14% das peças, o que corresponde a um total de 1 615 peças ao longo dos seis meses em análise. Relativamente às não-conformidades mais frequentes podemos verificar que os Poros, as Impurezas e os Golpes são as que se destacam dentro das treze não-conformidades consideradas.

Através dos dados da **Tabela 4-18** foi construído o seguinte Diagrama de Pareto representado na **Figura 4.10**.

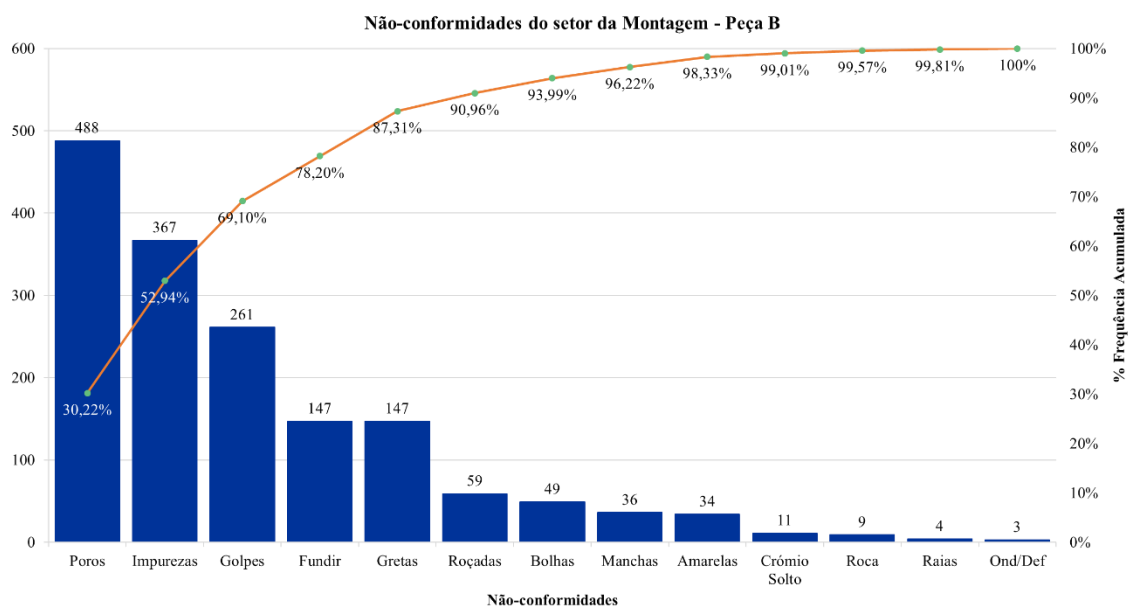


Figura 4.10 – Diagrama de Pareto do setor da Montagem para a Peça B

O Diagrama de Pareto permite verificar que 38% das causas (5) originaram 87,31% de não-conformidades, ou seja, 62% (8) das causas apenas originaram 12,69% de não-conformidades.

As não-conformidades mais encontradas no setor da Montagem relativamente à Peça B são os Poros, as Impurezas, os Golpes, não-conformidade irreversíveis (peças a fundir) e Gretas. Estas não-conformidades foram também as mais encontradas em relação à Peça A, sendo o número de ocorrências nessa peça menor. Apenas os Golpes, com 16,16%, podem estar diretamente relacionados com não-conformidades ocorridas no setor da montagem, sendo as restantes, com 83,84%, originados em setores a montante do processo. A não-conformidade mais encontrada são os Poros, com um total de 488 ocorrências (30,22%), seguida das impurezas e dos golpes.

4.2.3. Conclusões

Para comparar as não-conformidades mais frequentes nos diferentes setores para as Peças A e B, apresentam-se de seguida as três não-conformidades mais encontradas.

Na **Tabela 4-19** encontra-se a percentagem de ocorrências do *Top 3* de não-conformidades nos quatro setores em análise, assim como a percentagem total das três não-conformidades mais frequentes.

Tabela 4-19 – *Top 3* de não-conformidades registadas para a Peça A

Peça A							
Fundição e Mecanizado		Inspeção LP		Cromagem		Montagem	
Recuperáveis	13,58%	Poros	68,50%	Falhas na instalação	71,01%	Golpes	29,61%
Não recuperáveis	86,42%	Golpes	15,46%	Impurezas	15,19%	Impurezas	22,20%
	100,00%	Raias	13,51%	Ensaio de qualidade	8,28%	Não recuperáveis	17,80%
			97,47%		94,48%		69,61%

Nesta tabela pode identificar-se que na Fundição e Mecanizado apenas existem dois tipos de não-conformidades agregadas, as recuperáveis e as não-recuperáveis, totalizando uma percentagem de 100%. Apenas são identificadas não-conformidades com origem do setor, com uma maioria de não-conformidades não recuperáveis, correspondente a fugas grandes demais para serem recuperadas.

Quanto à Inspeção de LP constata-se que o *Top 3* totaliza 97,47% das não-conformidades encontradas, sendo a ocorrência de Poros a que mais contribui para esta percentagem. Na Cromagem, obteve-se uma percentagem de 94,48%, sendo as não-conformidades originadas pelas Falhas na Instalação as mais frequentes. Na Montagem nota-se um maior equilíbrio nas percentagens totais das diferentes não-conformidades do *Top 3*, as quais totalizam 69,61%, sendo os Golpes os que mais contribuem, com uma percentagem de 29,61%.

Na **Tabela 4-20** indicam-se as relações entre as não-conformidades de cada setor em análise e setores a montante para a Peça A.

Tabela 4-20 – Relação entre as não-conformidades de cada setor e dos que estão a montante para a Peça A

Peça A							
Fundição e Mecanizado		Inspeção LP		Cromagem		Montagem	
NC do setor	100%	NC do setor	29,91%	NC do setor	5,52%	NC do setor	31,34%
	100%	NC Fundição	70,09%	NC Fundição + LP	15,19%	NC Fundição	43,15%
			100,00%	NC do setor (Falhas na instalação)	79,29%	NC Limado e Polido	0,47%
					100,00%	NC Fundição + LP	23,30%
						NC Cromagem	1,74%
							100,00%

No setor da Fundição e Mecanizado, como se pode observar, todas as não-conformidades encontradas tiveram origem no próprio setor e são todas fugas, sejam recuperáveis ou não-recuperáveis. No momento da Inspeção do Limado e Polido observa-se que apenas 29,91% das não-conformidades encontradas estão relacionadas com o próprio setor, sendo as restantes 70,09% – Poros e Gretas – originadas aquando da Fundição dos corpos. No setor da Cromagem,

a principal origem de não-conformidades é a ocorrência de Falhas na Instalação e os Ensaios de Qualidade, os quais totalizam 79,29% das não-conformidades registadas. A segunda origem mais importante é a Fundição, e o Limado e Polido, por causa das impurezas deixadas nos corpos que resultam em corpos com partículas de sílica e latão, contaminando os banhos e deixando os corpos cromados com relevos. Por fim, no setor da Montagem nota-se, uma vez mais, que os defeitos originados na Fundição são preponderantes na ocorrência de não-conformidades. Neste caso, o setor da Fundição foi responsável por 43,15% das não-conformidades registadas – Poros, Gretas e Fugas – na Montagem. As não-conformidades com ocorrência no próprio setor são o segundo maior valor percentual.

Para a Peça B foi feita uma análise semelhante que se apresenta na **Tabela 4-21**, na qual estão presentes as três principais não-conformidades registadas nos quatro setores em análise.

Tabela 4-21 – Top 3 de não-conformidades registadas para a Peça B

Peça B							
Fundição e Mecanizado		Inspeção LP		Cromagem		Montagem	
Recuperáveis	0,86%	Poros	77,05%	Falhas na instalação	55,06%	Poros	30,22%
Não recuperáveis	99,14%	Golpes	9,15%	Impurezas	13,31%	Impurezas	22,72%
	100,00%	Gretas	5,62%	Amarelas	11,25%	Golpes	16,16%
			91,82%		79,62%		69,10%

No setor da Fundição e Mecanizado verifica-se que a percentagem de peças recuperáveis é quase insignificante de, apenas, 0,86%. Na Inspeção de LP a existência de Poros, com 77,05%, foi o defeito mais frequente, sendo de 91,82% as três não-conformidades com maior frequência. Já na Cromagem mantém-se a preponderância das Falhas na instalação, como se tinha verificado para a Peça A, com 55,06% do total de não-conformidades. Na Montagem mantém-se o equilíbrio também registado na Peça A, com os Poros a predominarem na percentagem de ocorrências no top 3.

Analisaram-se também as percentagens de não-conformidades originadas em cada setor em análise em comparação com os que estão a montante, apresentando-se na **Tabela 4-22** os resultados para a Peça B.

Tabela 4-22 – Relação entre as não-conformidades de um setor e dos que estão a montante, para a Peça B

Peça B							
Fundição e Mecanizado		Inspeção LP		Cromagem		Montagem	
NC do setor	100%	NC do setor	17,33%	NC do setor	23,11%	NC do setor	20,37%
	100%	NC Fundição	82,67%	NC Fundição + LP	13,31%	NC Fundição	43,59%
			100,00%	NC do setor (Falhas na instalação)	63,58%	NC Limado e Polido	0,44%
					100,00%	NC Fundição + LP	27,55%
						NC Cromagem	8,05%
							100,00%

No que diz respeito ao setor da Fundição e Mecanizado todas as não-conformidades são originadas no próprio setor. Para a Inspeção de LP a incidência de não-conformidades provocadas durante a Fundição dos corpos é, para a peça B, de 82,67%. Trata-se de um valor demasiado elevado e que revela a importância que a fundição do latão têm no registo/aparecimento de não-conformidades. Já no que toca ao registo de não-conformidades no setor da Cromagem, as mais frequentes são as Falhas na instalação e as peças retiradas para os Ensaio de qualidade, com um total de 63,58% das não-conformidades. Na Montagem continua a observar-se a preponderância que a Fundição têm no aparecimento de não-conformidades, com um total de 43,59%, quase metade do total de não-conformidades registadas na inspeção da montagem ao longo do período em análise. Àquela percentagem acresce a devida aos defeitos originados de forma repartida pela Fundição, e Limado e Polido.

4.2.4. Causas e processos de recuperação para as diferentes não-conformidades

No seguimento da análise anteriormente apresentada, interessa analisar a forma como todas as não-conformidades são originadas e como podem ser, ou não, mitigadas ou eliminadas.

Poros e Gretas

Começamos por aquelas que são duas das mais frequentes não-conformidades registadas no momento de Inspeção de Limado e Polido, os **Poros** e as **Gretas**. Estas duas não-conformidades têm origem no início do processo produtivo, aquando da fundição do latão.

Os Poros podem ser provocados por uma má evacuação dos gases, pela turbulência do fluxo de metal (latão) ou, mesmo, pelos gases resultantes da queima dos machos durante o processo de injeção. Esta não-conformidade, em forma de pequenas cavidades, pode ser pouco profunda, sendo considerada recuperável, ou pode ser mais profunda, sendo considerada não-recuperável.

As Gretas são normalmente provocadas pela ocorrência de fissuração a quente, sendo esta uma possível consequência da inadequada composição química da liga metálica – o latão. Esta não-conformidade tem a forma de cavidades não uniformes.

As causas para o aparecimento deste tipo de não-conformidades podem ser observadas na **Figura 4.11**.

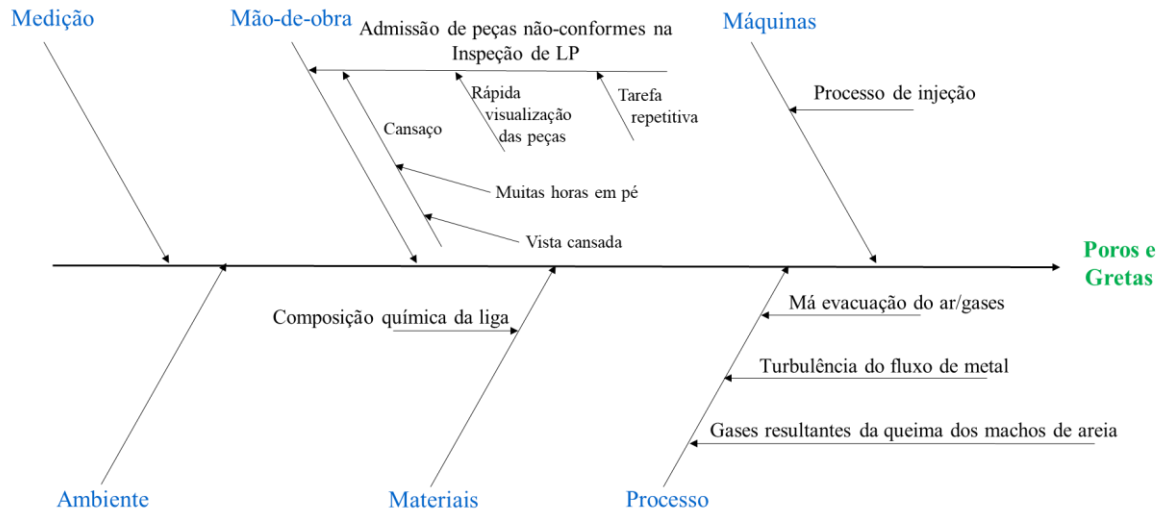


Figura 4.11 – Diagrama Causa-Efeito para as não-conformidades Poros e Gretas

Devido à sua localização, estas não-conformidades podem não ser facilmente detetadas no setor da Fundição e Mecanizado. O aspeto rugoso dos corpos no final da fundição também contribui para a difícil deteção dos defeitos. No processo de Limado e Polido o latão é desgastado e torna visível aquelas não-conformidades, o que permite identificá-las na inspeção final.

De salientar que as peças com poros e gretas detetados na Montagem foram dadas como conformes aquando da inspeção no Limado e Polido. Este tipo de acontecimento pode dever-se à rapidez com que são vistas as peças, ou ao facto de as pastas de polimento, que não foram removidas na lavagem, taparem os orifícios (dos Poros e Gretas), tornando-os impercetíveis a olho nu. A deteção tardia daqueles defeitos pode dever-se também ao processo de cromagem das peças. Como os corpos passam por vários banhos, incluindo os banhos hidra e ultrasons, ocorrem vibrações que soltam as partículas tornando visíveis as não-conformidades Poros e Gretas depois de os corpos estarem cromados. Todas as peças com estas não-conformidades detetadas aquando do descarregamento dos corpos dos bastidores na cromagem são enviadas para o setor seguinte – a Montagem – para que os defeitos sejam lá detetados. Quando essa identificação acontece, as peças têm de voltar ao setor da Cromagem para descromagem e posterior recuperação.

O processo de recuperação deste tipo de não-conformidades é representado na **Figura 4.12**.

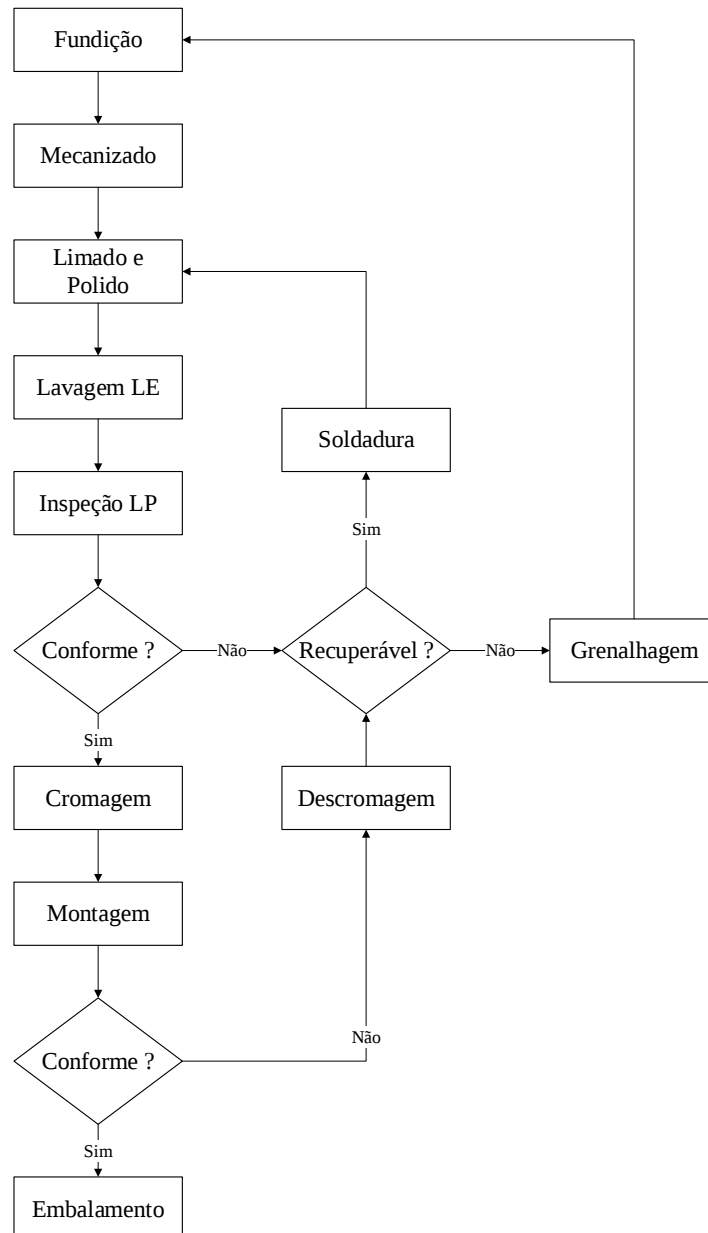


Figura 4.12 – Processo de recuperação das não-conformidades do tipo Poros e Gretas

Uma vez que estas duas não-conformidades são detetadas numa primeira fase na Inspeção de Limado e Polido, todas as ocorrências registadas nesta etapa devem ser classificadas como recuperáveis ou não-recuperáveis. Se forem consideradas recuperáveis, são sujeitas a um processo de soldadura, sendo posteriormente direcionadas para o setor do Limado e Polido que será responsável pela continuação da sua recuperação. Caso as peças sujeitas em recuperação não apresentem outras não-conformidades, seguirão o processo até ao seu embalamento. Pelo contrário, se forem consideradas não-recuperáveis, as peças são sujeitas a um processo de grenalhagem, no qual são destruídas para que possam ser reaproveitadas na fundição, como gitos.

Quando os defeitos são identificados na Montagem, uma vez que as peças estão já cromadas, estas têm de passar por um processo de descromagem, ou seja, de retirada de todas as camadas

metálicas que foram aplicadas no processo de cromagem. Depois deste processo, as peças podem ser consideradas recuperáveis ou irrecuperáveis, seguindo o percurso aplicado na recuperação das peças com defeitos identificados na inspeção de Limado e Polido.

Impurezas

As **impurezas** ocorrem com muita frequência nas Peças A e B. São pequenas partículas de areia ou latão, oriundas da Fundição e do Limado e Polido, que se alojam nos corpos e que, no processo de cromagem, podem soltar-se nos banhos a que são sujeitos, podendo chegar a contaminar o banho de níquel. Estas partículas afetam as camadas de metal aplicadas aos corpos, ficando visíveis e tornando-se não-conformidades.

Uma vez que estas partículas muitas vezes se alojam em locais de difícil acesso, a lavagem e posterior sopragem que é aplicada às peças após o Limado e Polido pode não ser suficiente para que se consiga eliminar a totalidade das impurezas.

Um dos fatores que favorece o alojamento de impurezas é o óleo usado no processo de mecanização dos corpos. Este óleo ajuda a que as partículas de latão, geradas no processo de Limado e Polido, se colem, promovendo a sua acumulação e difícil desalojamento.

As causas identificadas para a acumulação de impurezas podem ser observadas na **Figura 4.13**.

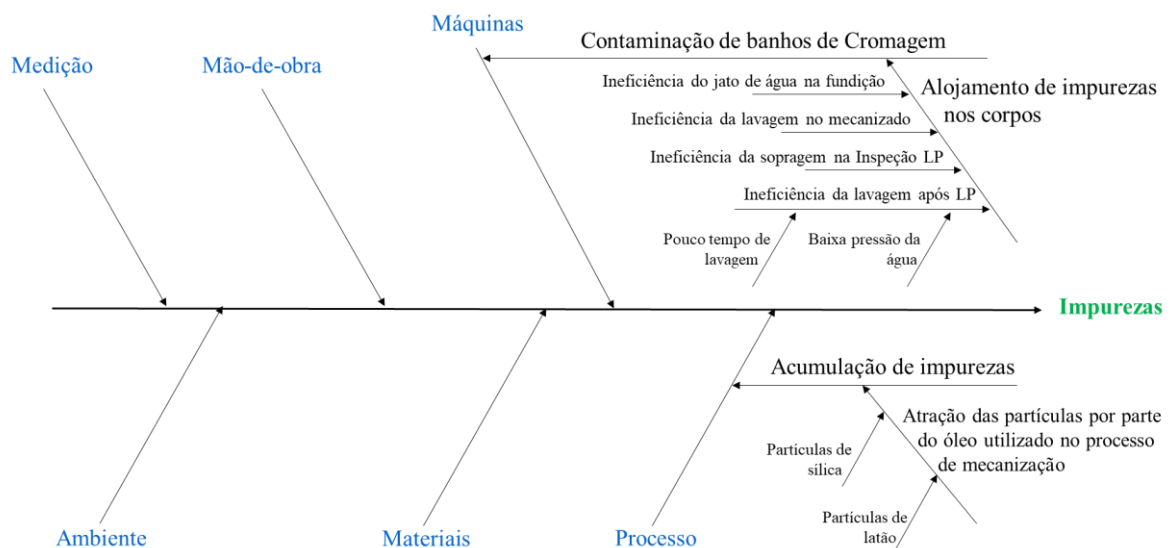


Figura 4.13 – Diagrama Causa-Efeito para as não-conformidades originadas por Impurezas

O processo de recuperação deste tipo de não-conformidades é representado através da **Figura 4.14**.

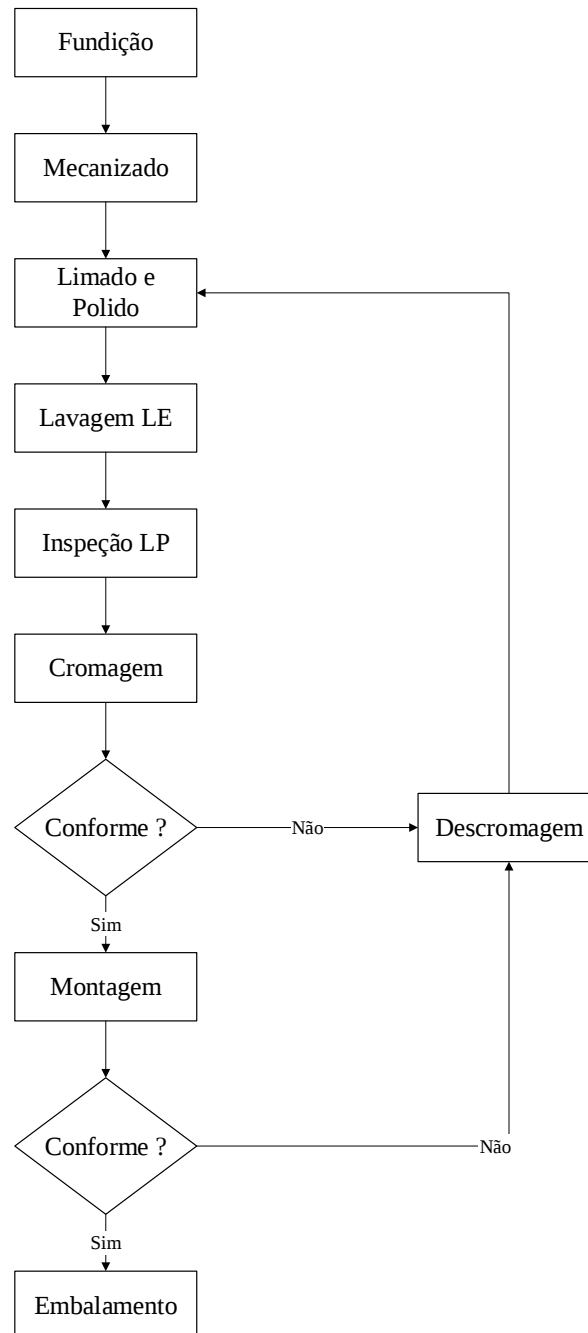


Figura 4.14 – Processo de recuperação das não-conformidades originadas por Impurezas

O processo de recuperação de não-conformidades geradas por impurezas pode seguir-se à Cromagem ou à Montagem. Durante o tempo disponível no processo de descarregamento dos corpos na Cromagem são detetados alguns corpos com este tipo de não-conformidades, os quais são enviados para o processo de recuperação, assim como todos aqueles que são originados na Montagem.

Este processo de recuperação inicia-se com a descromagem dos corpos que seguem depois para o setor do Limado e Polido para a conclusão da recuperação. Todas as peças descromadas devem seguir para o Limado e Polido pois, nesse processo, adquirem uma película que tem de ser retirada recorrendo-se ao processo de lixamento e posterior polimento.

Golpes

Os Golpes são não-conformidades devidas ao inadequado manuseamento dos corpos ao longo de todo o processo e são fundamentalmente detetadas na Inspeção de Limado e Polido, na Cromagem e na Montagem.

O processo de recuperação deste tipo de não-conformidades está representado na **Figura 4.15**.

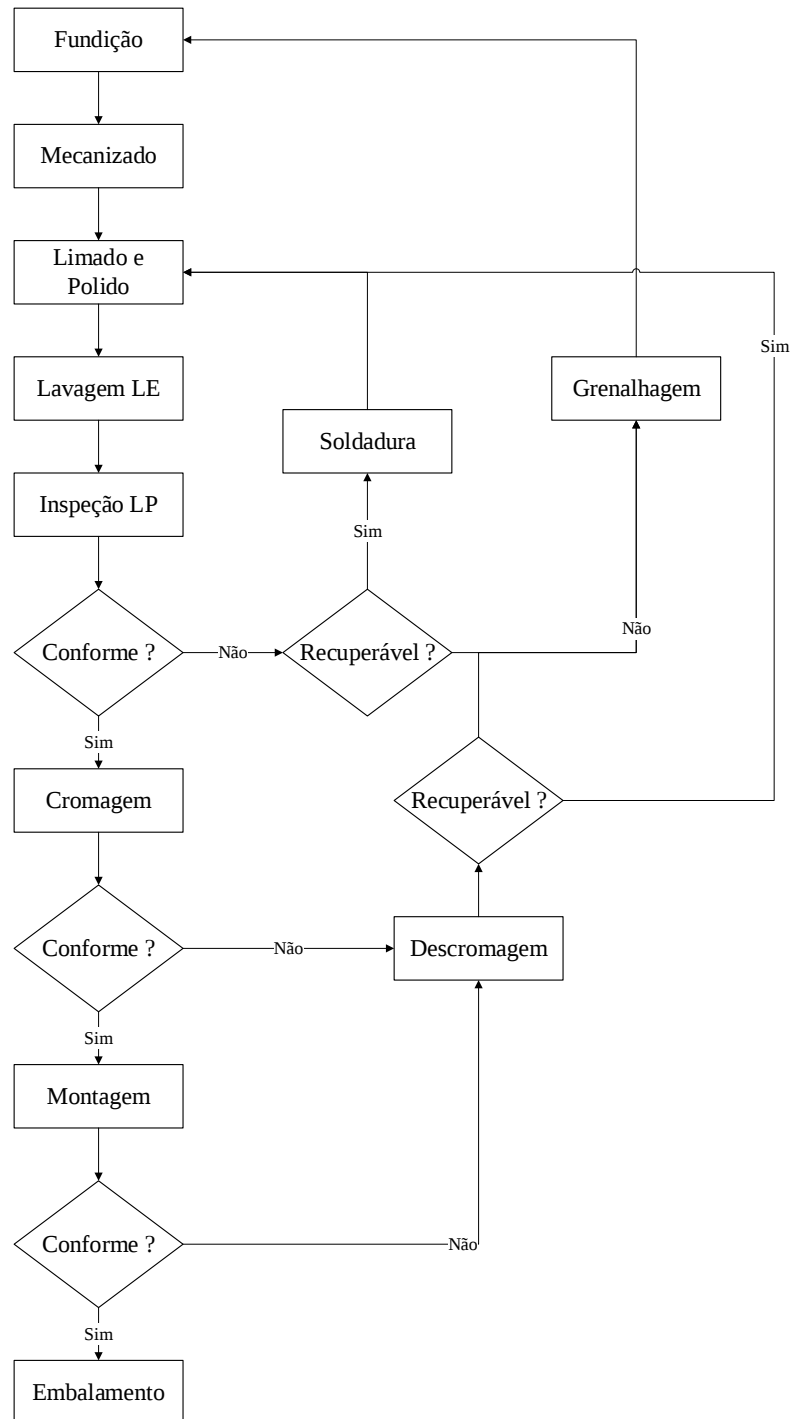


Figura 4.15 – Processo de recuperação das não-conformidades do tipo Golpes

O processo de recuperação desta não-conformidade está também associado ao setor onde é detetada. Quando detetada na Inspeção de Limado e Polido, a peça pode ser classificada como recuperável ou não-recuperável. Caso seja recuperável deve seguir para o processo de soldadura e voltar ao Limado e Polido. Caso seja considerada como não-recuperável, deve seguir para a grenalhagem para poder voltar a ser reutilizada.

Quando esta não-conformidade é detetada na Cromagem ou na Montagem, a peça é sujeita a um processo de descromagem, de modo a que possa decidir-se se é recuperável ou irrecuperável. Ao ser considerada irrecuperável segue para a grenalhagem de maneira a que os corpos sejam fundidos na fundição. Pelo contrário, ao serem consideradas como recuperáveis, após serem descromadas, as peças seguem para o Limado e Polido para que possam entrar no fluxo produtivo a partir daí.

Recuperáveis e Não-recuperáveis

A não-conformidade Fugas tanto pode fazer parte do grupo das anomalias recuperáveis como das não-recuperáveis, podendo ser detetada aquando do processo de mecanização dos corpos ou na Montagem, pois é nestes processos que os corpos são sujeitos a testes de estanquicidade para deteção de possíveis fugas.

Duas das não-conformidades consideradas não-recuperáveis são as deformações e a danificação da parte mecanizada do corpo, a qual é normalmente causada pelo deficiente manuseamento das peças.

As causas para a ocorrência de peças com anomalias não-recuperáveis estão reunidas num Diagrama Causa-Efeito que é representado na **Figura 4.16**.

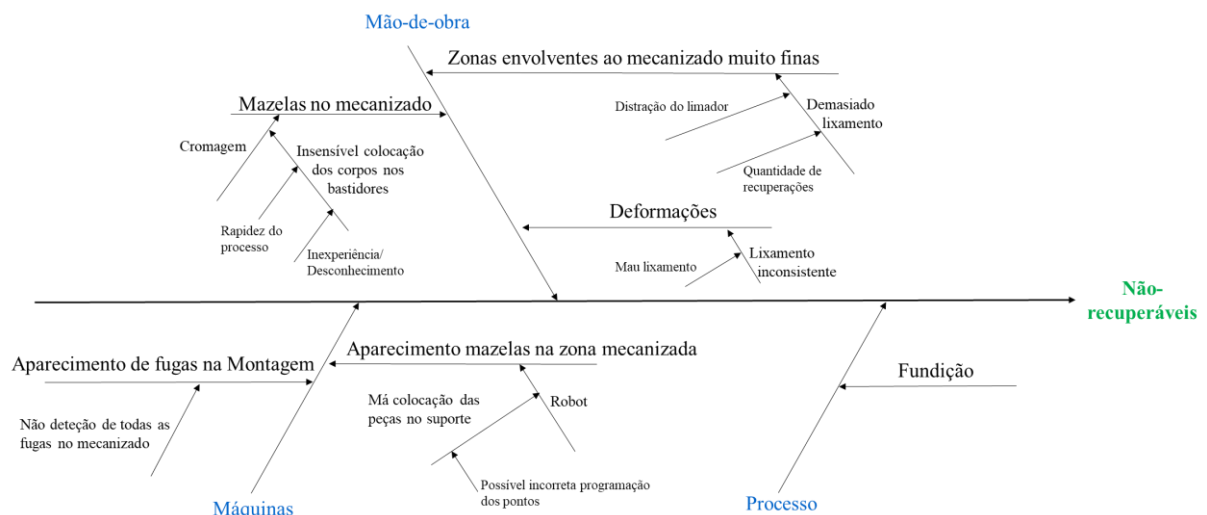


Figura 4.16 – Diagrama Causa-Efeito para as não-conformidades Recuperáveis e Não-recuperáveis

As Fugas têm associado um processo de recuperação próprio, sendo o trajeto dos corpos aquando da deteção de fugas representado na **Figura 4.17**.

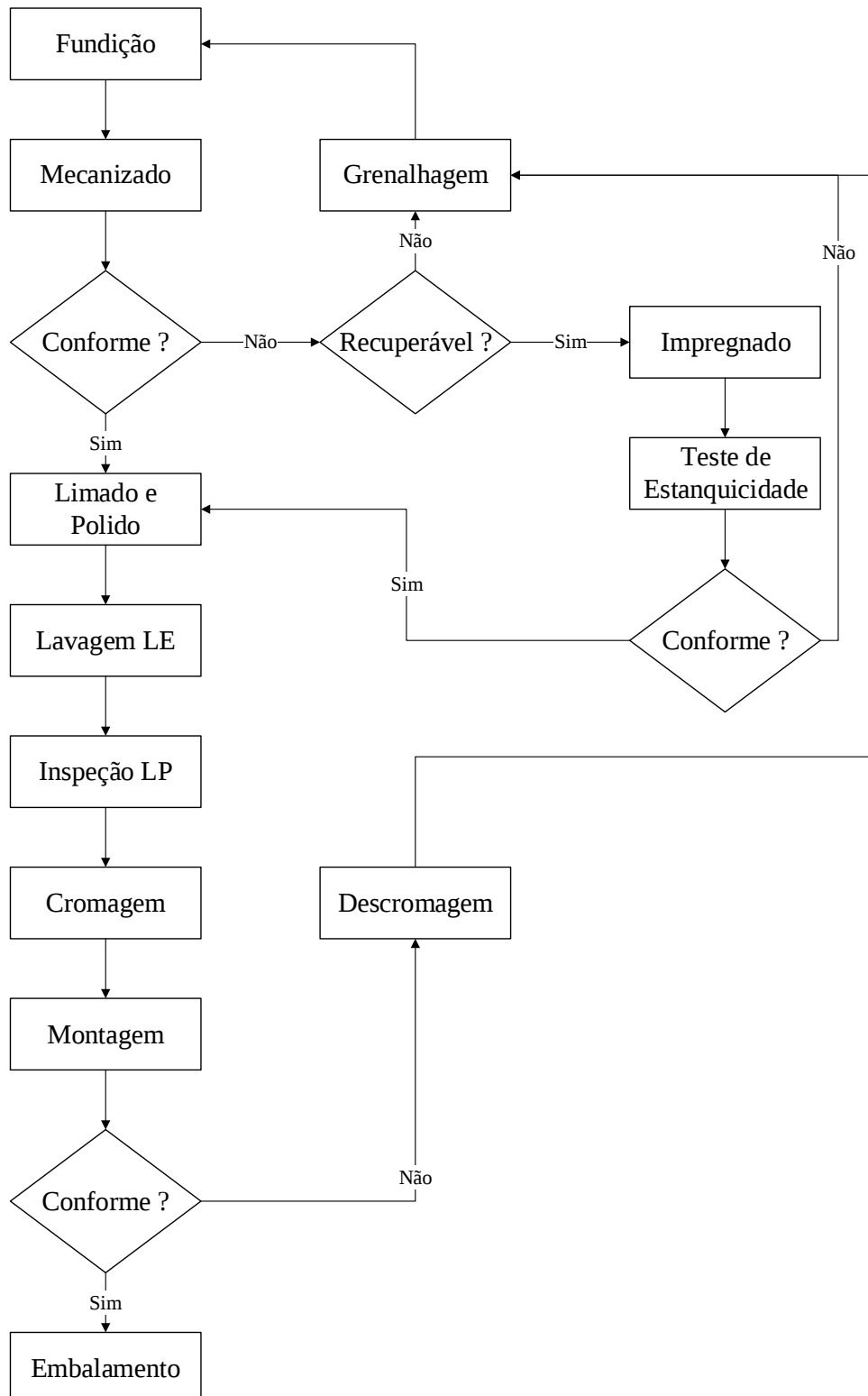


Figura 4.17 – Processo de recuperação das não-conformidades Fugas

Quando detetadas no processo de mecanização as peças são seleccionadas como recuperáveis ou não-recuperáveis. As peças consideradas recuperáveis apresentam pequenas fugas e são sujeitas a um processo chamado “Impregnado” que consiste na colocação de uma resina nos locais

afetados, de maneira a que o corpo fique uniforme, passando posteriormente por novos testes de estanquicidade para comprovar se estão conformes. Caso estejam conformes seguem para o setor do Limado e Polido para prosseguirem o processo. As peças consideradas não-recuperáveis são diretamente direcionadas para a grenalhagem para reutilização na fundição.

Quando as Fugas são detetadas nos testes de estanquicidade da Montagem, as peças são descromadas e seguem para o processo de grenalhagem.

5. Conclusões Gerais e Trabalhos Futuros

Neste capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões que decorrem da realização do estágio na Roca Torneiras, S.A. e são propostas algumas ações futuras em função das análises efetuadas.

5.1. Síntese do Trabalho e Conclusões Gerais

Este documento apresenta a descrição das atividades desenvolvidas durante o período de estágio curricular na Roca Torneiras, S.A.

A fase inicial do estágio foi de adaptação à empresa, onde foi possível acompanhar e compreender o seu funcionamento. Esta fase foi uma mais-valia pois serviu de base à realização do estágio, o que realça a importância da presença no chão de fábrica para a compreensão do processo produtivo. Foi ainda possível acompanhar algumas das reuniões *Kaizen* nos setores nos quais esta metodologia estava a começar a ser implementada, uma vez que a empresa inicialmente ainda não tinha uma implementação geral.

No contexto de melhoria contínua foi feita uma análise do estado atual do processo produtivo para duas das peças produzidas na Roca Torneiras, S.A. através da aplicação da ferramenta *lean* de Mapeamento da Cadeia de Valor. Ao longo da análise foi descrito o processo produtivo de cada uma das peças, incluindo as tarefas realizadas pelos operadores e os tempos cronometrados relativos a cada atividade. Esta última fase, a da cronometragem dos tempos, revelou-se uma tarefa exigente pois, apesar das tarefas realizadas pelos operadores estarem definidas, cada um pode realizá-la à sua maneira. Além disso, o desempenho dos operadores é influenciado pelo facto de estarem a ser observados, pelo que os resultados do estudo podem refletir essa influência.

O estudo recaiu sobre duas peças que estão constantemente em produção, tendo como objetivo principal a aplicação da ferramenta *Value Stream Mapping* para auxiliar na visualização do processo produtivo global e na identificação de etapas que necessitam de especial atenção. Para ambas as peças, foi detetado, como esperado, o mesmo tipo de necessidades que se prendem com os elevados tempos de espera entre setores e com o tempo despendido no processo a jusante do Limado e Polido – a Lavagem das peças. Como este processo é feito com recurso a *outsourcing*, isso aumenta muito o *lead time* do processo, uma vez que inclui viagens e tempos de permanência no prestador de serviços que não acrescentam valor ao processo. Por isso, cerca de 84% do tempo total obtido refere-se a atividades que não acrescentam valor ao processo.

No seguimento da elaboração de VSM, analisou-se a produção de peças que não estão de acordo com os requisitos de qualidade da empresa. Verificou-se que as não-conformidades mais frequentes têm origem no processo inicial de produção das torneiras, a Fundição e Mecanizado. Os setores onde se identificam de forma mais evidente esses defeitos são o Limado e Polido, com valores acima de 70% (Peça A) e de 80% (Peça B) de peças não-conformes com origem na Fundição e Mecanizado. Na Montagem mais de 40% de peças são não-conformes com

defeitos originados no setor inicial de produção. As não-conformidades mais registadas ao longo do período em estudo são os Poros, as Gretas, as Impurezas e os Golpes.

Na **Tabela 4-23** são apresentadas as médias de rejeição mensal para ambas as peças em cada um dos setores produtivos.

Tabela 4-23 - Comparação das médias de % de Rejeição Mensal

	Média da % Rejeição Mensal	
	Peça A	Peça B
Fundição e Mecanizado	0,48%	3,54%
Inspeção LP	7,97%	15,46%
Cromagem	1,17%	1,89%
Montagem	1,11%	3,35%

É possível observar que, no período em estudo, a rejeição mensal é mais elevada para a Peça B. Esta situação pode dever-se ao facto de a Peça B ter uma superfície com um perímetro muito superior ao da Peça A. Na tabela anterior é ainda possível observar que o setor que apresenta uma percentagem de rejeição maior é o do Limado e Polido, sendo a maioria das não-conformidades registadas Poros, Golpes, Raias e Gretas, as quais representam mais de 95% das não-conformidades encontradas. Verifica-se, portanto, que a maioria das não-conformidades registadas têm origem na Fundição e Mecanizado.

Outra das não-conformidades registadas que têm grande impacto no desperdício total são as impurezas. Estas são originadas através de um conjunto de fatores que provoca o seu aparecimento e que têm um grande impacto no número de peças que precisam de recuperação. De notar que todas as peças que precisam de passar por um processo de recuperação e que já foram cromadas, têm de ser sujeitas a descromagem e, por consequência, todas as peças descromadas terão de ser novamente limadas e polidas. Existe, por isso, um grande aumento de custos, pois os processos de limar, polir e cromar são os mais dispendiosos. São ainda apresentadas, ao longo do estudo, as causas para a ocorrência destas não-conformidades, sendo também descritos os processos para a sua recuperação.

Neste contexto, de acordo com Susaki (**Tabela 4-24**), é possível relacionar os custos com o local onde as não-conformidades são detetadas. É de grande importância assegurar que a qualidade é cumprida na origem pois, quando mais tarde for detetado um problema, maior será o custo da sua recuperação (Susaki, 2010).

Tabela 4-24 – Relação entre a origem dos defeitos e os custos associados (Suzaki, 2010)

Defeito encontrado no:	Próprio processo	Processo seguinte	Fim da linha	Inspeção final	Consumidor
Custos para a empresa					
Impacto para a empresa	- Muito reduzido	- Ligeiro atraso	- Retrabalho - Nova planificação do trabalho	- Retrabalho significativo - Atraso na entrega - Inspeção adicional	- Custos com garantias - Custos administrativos - Reputação - Perda de quota no mercado

Assim, quanto mais tarde forem encontradas as não-conformidades, mais elevados serão os custos, particularmente os de retrabalho. De realçar que é difícil alcançar a excelência, mas é possível caminhar nesse sentido. Embora dificilmente uma empresa consiga apresentar zero desperdícios, deve procurar sempre a sua redução.

5.2. Trabalhos Futuros

As constantes evoluções de mercado levam a que as empresas tenham de ser capazes de reagir com as alterações necessárias para o acompanhar. Seria muito útil considerar a implementação de uma equipa *lean* que pudesse acompanhar essas alterações e monitorizar a produção. A implementação de ferramentas *lean* permitiria fazer um acompanhamento diário dos acontecimentos de forma a melhorar o funcionamento geral da fábrica, produzindo com mais qualidade e menos retrabalho (um dos objetos deste estudo).

Como já foi mencionado anteriormente, o VSM é uma ferramenta *lean* que contribui para a melhoria contínua, sendo também mais profundamente aplicada na empresa e que deveria envolver mais pessoas – equipa *lean*.

No seguimento deste trabalho, as atividades de valor não acrescentado deveriam ser objeto de análise para reduzir os elevados tempos de espera entre setores, que não permitem um fluxo contínuo. Também o tempo despendido nos processos de Lavagem de peças por prestadores de serviços deveria ser diminuído.

A análise de indicadores é uma tarefa a implementar no futuro. Recomenda-se que seja implementada essa análise de forma a que seja possível monitorizar a produção com mais pormenor. Esta informação deverá ser partilhada com os colaboradores, através de informação estratégica, de maneira a que estes estejam a par dos resultados, os quais dependem muito do

seu desempenho. Desta forma será possível criar maior ligação entre os níveis hierárquicos mais elevados da empresa e os colaboradores, usando essa informação como uma ferramenta estratégica para motivar as equipas para uma melhor performance global e para atingir novos objetivos da empresa. Esta informação é necessária para que os colaboradores tenham conhecimento dos objetivos a alcançar e se sintam motivados, desenvolvendo um trabalho de qualidade e, consequentemente, elevar a sua moral e empenho.

O processo de Fundição e Mecanizado deveria ser objeto de estudo através de uma análise que reunisse, mais aprofundadamente, todos os acontecimentos que provocam a ocorrência de não-conformidades e formas de as reduzir. Um estudo que permitisse detetar os problemas e encontrar soluções para diminuir a ocorrência de não-conformidades no processo de fundição levaria a uma diminuição dos desperdícios e dos custos.

Os desperdícios resultantes da ocorrência de não-conformidades não levam apenas a custos de rejeição, mas também a outros tipos de desperdícios como os tempos de espera, os trabalhos de recuperação, os custos de mão-de-obra associados, o desperdício com o trabalho efetuado e com os materiais já utilizados.

Uma opção a avaliar, não só pelos custos que envolveria, mas também pela dificuldade de implementação e aceitação, seria a adoção de um sistema de inspeção automático. Sendo a inspeção visual uma tarefa muito importante na indústria, ela é normalmente implementada por colaboradores que recebem formação para desempenhar essa função. Contudo, apesar da alta importância desta função, a realizar de forma rigorosa, objetiva e consistente, as tarefas são, por vezes, repetitivas e monótonas e, consequentemente, sujeitas ao erro. Através de uma conjugação de meios, incluindo um sistema de inspeção automático, seria possível melhorar a qualidade da inspeção e do produto, proporcionando uma redução de custos. Este sistema permitiria, com recurso à tecnologia, complementar o processo de inspeção de Limado e Polido e detetar as não-conformidades que, muitas vezes, não são detetadas a olho nu. Este sistema poderia ainda ter incluído um novo teste de estanquicidade para evitar que não-conformidades relacionadas com as fugas cheguem ao setor da Montagem.

A implementação dos trabalhos futuros indicados poderia evitar a deteção de não-conformidades numa fase demasiado tardia do processo produtivo, o que iria reduzir os custos com operações que terão de ser anuladas e, posteriormente, reproduzidas. Neste sentido propõe-se a realização de um estudo acerca dos custos que resultam dos diversos desperdícios criados ao longo do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, J. F. (2015). *Aplicação de Metodologias Lean Management nos Processos de Suporte*. Tese de Mestrado, Universidade Católica do Porto, Porto.
- Alkhoraifa, A., Rashid, H., & McLaughlin, P. (2019). Lean implementation in small and medium enterprises: Literature review. *Operations Research Perspectives*, 6, 1-19. doi:10.1016/j.orp.2018.100089
- António, N. S., Teixeira, A., & Rosa, Á. (2019). *Gestão da Qualidade - De Deming ao modelo de excelência da EFQM* (3ª Edição - Revista ed.). Lisboa: Edições Sílabo, Lda.
- Antony, J., Escamilla, J. L., & Caine, P. (abril de 2003). Lean Sigma [production and supply chain management]. *Manufacturing Engineer*, 82(2), 40-42. doi:10.1049/me:20030203
- Apolinário, B. d. (2018). *Implementação da metodologia Lean – 5S num laboratório da Indústria Alimentar*. Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- ASQ. (1996). *Handbook for Basic Process Improvement - Cause and Effect Diagram (Module 5)*. Obtido em 8 de setembro de 2020, de <https://balancedscorecard.org/wp-content/uploads/pdfs/c-eddiag.pdf>
- ASQ. (1996). *Handbook for Basic Process Improvement - Pareto Chart (Module 8)*. Obtido em 8 de setembro de 2020, de <http://asq.org/gov/handbook-for-basic-process-improvement.pdf>
- ASQ. (s.d.). *What is Pareto Chart?* Obtido em 8 de setembro de 2020, de ASQ: <https://asq.org/quality-resources/pareto>
- Boguslauskas, V., & Kvedaravičienė, G. (2008). Strategic outsourcing plan and the structure of outsourcing process. *Engineering Economics*, 3(58), 60-66.
- Brintrup, A., Ranasinghe, D., & McFarlane, D. (2010). RFID opportunity analysis for leaner manufacturing. *International Journal of Production Research*, 48(9), 2745-2764. doi:10.1080/00207540903156517
- Carvalho, D. (2008). Human Limitations on waste detection: An experiment. *Waste Detection Approaches - Business Sustainability 2008*.
- ConceptDraw. (08 de Setembro de 2020). Obtido de Lean Value Stream Map.
- Costa, R. (1 de agosto de 2019). *KAIZEN e a melhoria contínua*. Obtido de Portal Gestão: <https://www.portal-gestao.com/artigos/8104-kaizen-e-a-melhoria-cont%C3%ADua.html>
- Dekier, Ł. (2012). The Origins and Evolution of Lean Management System. *Journal of International Studies*, 5(1), 46-51.
- Doolen, T. L., & Hacker, M. E. (2005). A Review of Lean Assessment in Organizations: An Exploratory Study of Lean Practices by Electronics Manufacturers. *Journal of Manufacturing Systems*, 24(1), 55-67.

- Fan, Y. (2000). Strategic outsourcing: evidence from British companies. *Marketing Intelligence & Planning*, 18(4), 213-219. doi:10.1108/02634500010333398
- Farinha, J. M. (2018). *Asset Maintenance - Engineering Methodologies*. CRC Press - Taylor & Francis Group. doi:10.1201/9781315232867
- Ferreira, H. M. (2015). *Aplicação de ferramentas Lean Manufacturing na conceção de bancadas de trabalho: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, Universidade Lusíada de Vila Nova de Famalicão.
- Folha de verificação. (08 de setembro de 2020). Obtido de Ferramentas da Qualidade: <https://ferramentasdaqualidade.org/folha-de-verificacao/>
- Fonseca, L., Ribeiro, R., Reis, R., & Mesquita, K. (2016). A Ferramenta Kaizen nas organizações. *XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & III INOVARSE - Responsabilidade Social Aplicada*.
- Ghinato, P. (dezembro de 1995). Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. *Produção*, 5(2), 169-189. doi:10.1590/S0103-65131995000200004
- Guimarães, L. d. (2017). *Desenvolvimento de um modelo de análise, diagnóstico e representação visual de unidades produtivas*. Tese de Doutorado - Programa Doutoral em Engenharia Industrial e Sistemas, Universidade do Minho, Escola de Engenharia.
- Hodge, G. L., Ross, K. G., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22(3), 237-247. doi:10.1080/09537287.2010.498577
- Imai, M. (1986). *Kaizen - The Key to Japan's Success*. New York: McGraw-Hill Education.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen - A commonsense approach to a continuous improvement strategy* (Vol. 2). The McGraw-Hill Companies.
- Insightsoftware. (14 de outubro de 2020). *30 Best Manufacturing KPIs and Metric Examples for 2021 Reporting*. Obtido em 22 de outubro de 2020, de Insightsoftware: <https://insightsoftware.com/blog/30-manufacturing-kpis-and-metric-examples/>
- Ivančić, V. (2014). Improving the decision making process through the pareto principle application. *Faculty of Economics*, 633-655.
- Jedynak, P. (2015). Lean management implementation: Determinant factors and experience. *Jagiellonian Journal of Management*, 1(1), 51-64. doi:10.4467/2450114XJJM.15.004.3811
- Joiner Associates Staff. (1995). *Pareto charts: plain & simple - Learning and Application Guide*. USA: Joiner Associates, Inc. Obtido de https://books.google.pt/books?id=Mubz8xTERqEC&pg=PA9&hl=pt-PT&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false
- Júnior, R. C. (2019). Avaliação de implementação Lean Manufacturing: Estudo de caso no setor de manutenção de uma siderúrgica de grande porte. *Revista Produção Online*, 19(3), 981-1000.

- Karaivanov, D. (25 de março de 2019). *The Most Important Lean KPIs You Need to Track for Your Business*. Obtido em 22 de outubro de 2020, de Kanbanize: <https://kanbanize.com/blog/lean-kpis-for-business/>
- Kayumba, C. U. (2019). *Effect of outsourcing on organizational performance in Rwanda*. Dissertação de Mestrado, Umeå School of Business and Economics.
- Kerzner, H. (2003). *Project Management - A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (Vol. Eighth Edition). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kiger, D. (7 de dezembro de 2016). *Three of the most significant elements in Lean Manufacturing*. Obtido em 26 de março de 2020, de David Kiger's Blog: <https://davidkigerinfo.wordpress.com/2016/12/07/three-of-the-most-significant-elements-in-lean-manufacturing/>
- King, P. L., & King, J. S. (2015). *Value Stream Mapping for the Process Industries - Creating a Roadmap for Lean Transformation*. New York: CRC Press - Taylor & Francis Group.
- Kollengode, A. (2010). *The Four Steps to Constructing a Cause and Effect Diagram*. Obtido em 8 de setembro de 2020, de Process Excellence Network (PEX): <https://www.processexcellencenetwork.com/lean-six-sigma-business-performance/columns/the-four-steps-to-constructing-a-cause-and-effect>
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*, 30(1), 41-52.
- Krstić, B., & Kahrović, E. (2015). Business process outsourcing as a tool for improving enterprise efficiency. *EKOONOMIKA*, 61(3), 31-41. doi:10.5937/ekonomika1503031K
- Langstrand, J. (2016). *An introduction to value stream mapping and analysis*. Linköping University, Department of Management and Engineering - Division of Logistics and Quality Management, Linköping, Suécia.
- Lean Enterprise Institute. (s.d.). Obtido em 25 de março de 2020, de Toyota Production System: <https://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system>
- Leitão, D. M. (2014). *Conceção e Implementação de um Programa de Melhoria da Qualidade: Estudo de Caso na Eurico Ferreira, S.A.* Dissertação de mestrado, Escola Superior de Estudos Industriais e de Gestão do Instituto Politécnico do Porto, Vila do Conde.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. (I. CWL Publishing Enterprises, & W. Madison, Edits.) New York, United States of America: McGraw Hill.
- Liker, J. K., & Convis, G. L. (2011). *The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence through Leadership Development*. McGraw Hill Professional.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (maio de 2006). The Toyota Way in services - The case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5-20. doi:10.5465/AMP.2006.20591002
- Loredana, E. M. (2017). The analysis of causes and effects of a phenomenon by means of the "Fishbone" Diagram. *Academia BRÂNCUȘI Publisher*, 5, 97-103.

- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2014). Implementar o modelo de produção Lean na ITV para promover sistemas eco-eficientes. *Novatêxtil*.
- Martin, K., & Osterling, M. (2007). *The Kaizen Event Planner - Achieving Rapid Improvement in Office, Service and Technical Environments*. New York: Productivity Press.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (Vol. Sixth Edition). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Moreira, S. P. (2011). *Aplicação das Ferramentas Lean - Caso de Estudo*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Departamento de Engenharia Mecânica, Lisboa.
- Neyestani, B. (2017). Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Techniques for Solving Quality Problems in the Organizations. *California Digital Library*, 10. doi:10.5281/zenodo.400832
- Oliveira, B. D. (2012). *Aplicação de Metodologias Lean ao fabrico de elevadores*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia Mecânica, Porto.
- Pinto, J. P. (2008). *Glossário de termos e acrónimos Lean Thinking* (Vol. Comunidade Lean Thinking). (Euedito, Ed.) CLT Valuebased Publishing.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras* (6ª Edição Atualizada ed.). Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Power, M. J., Desouza, K. C., & Bonifazi, C. (2006). *The Outsourcing Handbook - How to implement a Successful Outsourcing Process*. Kogan Page Limited.
- Project Management Institute. (2008). *Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOOK)* (Vol. Quarta Edição). Pensilvânia, USA: Editora Saraiva.
- Putri, N. T., & Yusof, S. (2011). An empirical investigation of quality tools and techniques practices in Malaysia and Indonesia automotive industries. *Proceedings of the 2011 IEEE ICQR (International Conference on Quality and Reliability)*, 331-335. doi:10.1109/ICQR.2011.6031736
- Quinquiolo, J. M. (2002). *Avaliação da eficácia de um sistema de gerenciamento para melhorias implantado na área de carroceria de uma linha de produção automotiva*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Taubaté, Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Taubaté.
- Realyvásquez, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the PDCA Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study. *Applied Sciences*, 8. doi:10.20944/preprints201810.0347.v1
- Rebechi, R. (2006). Sistema Operacional Kaizen: Um estudo de caso sobre a implantação do sistema operacional oriental em uma empresa ocidental.
- Robinson, M., Kalakota, R., & Sharma, S. (2005). *Global Outsourcing: Executing on Onshore, Nearshore or Offshore Strategy*. Mivar Press.

- Roca. (19 de março de 2019). Obtido em 18 de março de 2020, de Seja quem for, esteja onde estiver, a água é um direito seu: <http://www.roca.pt/a-nossa-empresa/sobre-nos/noticias/2019/marzo/the-hidden-live-water-pt-2019>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See - value stream mapping to add value and eliminate muda*.
- Sangpikul, A. (2017). Implementing academic service learning and the PDCA cycle in a marketing course: Contributions to three beneficiaries. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 21(Parte A), 83-87. doi:10.1016/j.jhlste.2017.08.007
- Sehnem, E. H., Kipper, L. M., Silva, J. I., Freitas, F. d., & Choaie, G. T. (2020). Utilização dos princípios da manufatura enxuta e ferramenta de mapeamento de fluxo de valor para a identificação de desperdícios no estoque de produto acabado. *Exacta*, 18(1), 165-184. doi:10.5585/ExactaEP.v18n1.8629
- Shah, R., & Ward, P. T. (06 de 2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805. doi:10.1016/j.jom.2007.01.019
- Silva, S. (2012). Applicability of Value Stream Mapping (VSM) in the Apparel industry in Sri Lanka. *International Journal of Lean Thinki*, 3(1), 36-41.
- Singh, J., & Singh, H. (2009). Kaizen Philosophy: A Review of Literature. *The IUP Journal of Operations Management*, 8(2), 51-72.
- Software Testing Help. (2020). *Pareto Analysis Explained With Pareto Chart And Examples*. doi:https://www.softwaretestinghelp.com/pareto-analysis-and-pareto-chart/
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality immprovement methodologies - PDCA cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476-483.
- Stefanovic, S., Kiss, I., Stanojevic, D., & Janjic, N. (2014). Analysis of technological process of cutting logs using Ishikawa Diagram. *Acta Technica Corvininesis - Bulletin of Engineering*, 7(4), 93-98.
- Strotmann, C., Göbel, C., Friedrich, S., Kreyenschmidt, J., Ritter, G., & Teitheid, P. (2017). A Participatory Approach to Minimizing Food Waste in the Food Industr - A Manual for Managers. *Sustainability*, 9. doi:10.3390/su9010066
- Sunk, A., Kuhlang, P., Edtmayr, T., & Sih, W. (2016). Developments of traditional value stream mapping to enhance personal and organisational system and methods cometencies. *International Journal of Production Research*. doi:10.1080/00207543.2016.1272764
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean - Metodologias Kaizen para a melhoria contínua* (Vol. 1). LeanOp Press.
- Talib, F., Rahman, Z., & Qureshi, M. (2010). Pareto analysis of total quality management factors critical to success for service industries. *International Journal for Quality Research*, 4(2), 155-168.

- Tapping, D. (2006). *The Lean Pocket Guide XL: Tools for the elimination of waste*. MCS Media, Inc.
- Toyota. (s.d.). Obtido em 25 de março de 2020, de Toyota Production System: <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>
- Toyota Europe. (s.d.). Obtido em 25 de março de 2020, de Toyota Production System - Maximising Production Efficiency through the Elimination of Waste: <https://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/this-is-toyota/toyota-production-system>
- Wang, J. X. (2008). *What every engineer should know about business communication*. CRC Press - Taylor & Francis Group.
- We are Water Foundation. (16 de setembro de 2010). Obtido em 18 de março de 2020, de Roca presents the We Are Water Foundation: https://www.wearewater.org/en/roca-presents-the-we-are-water-foundation_253785
- Werkema, C. (2012). *Métodos PDCA e Deming e Suas Ferramentas Analíticas* (Vol. 1). Elsevier Brasil.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changes the World*. New York: Rawson Associates.
- Yamamoto, K., Milstead, M., & Lloyd, R. (2019). A Review of the Development of Lean Manufacturing and Related Lean Practices: The Case of Toyota Production System and Managerial Thinking. *International Management Review*, 15(2), 21-40.
- Zhou, B. (julho de 2012). Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs). *Annals of Operations Research*, 241, 457-474. doi:10.1007/s10479-012-1177-3

ANEXO A – Value Stream Mapping por setor para a Peça A

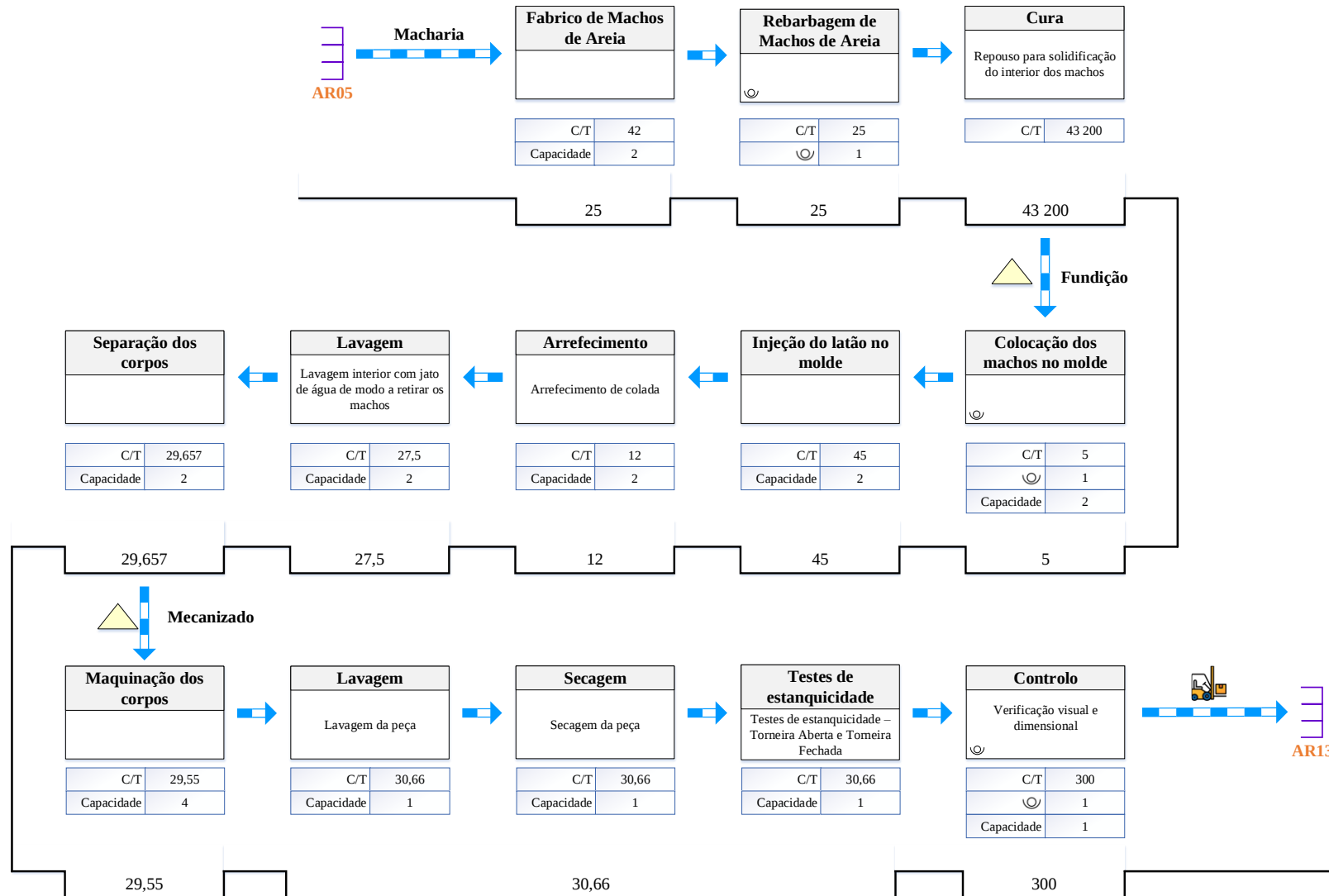


Figura A.1 – VSM Fundição e Mecanizado Peça A

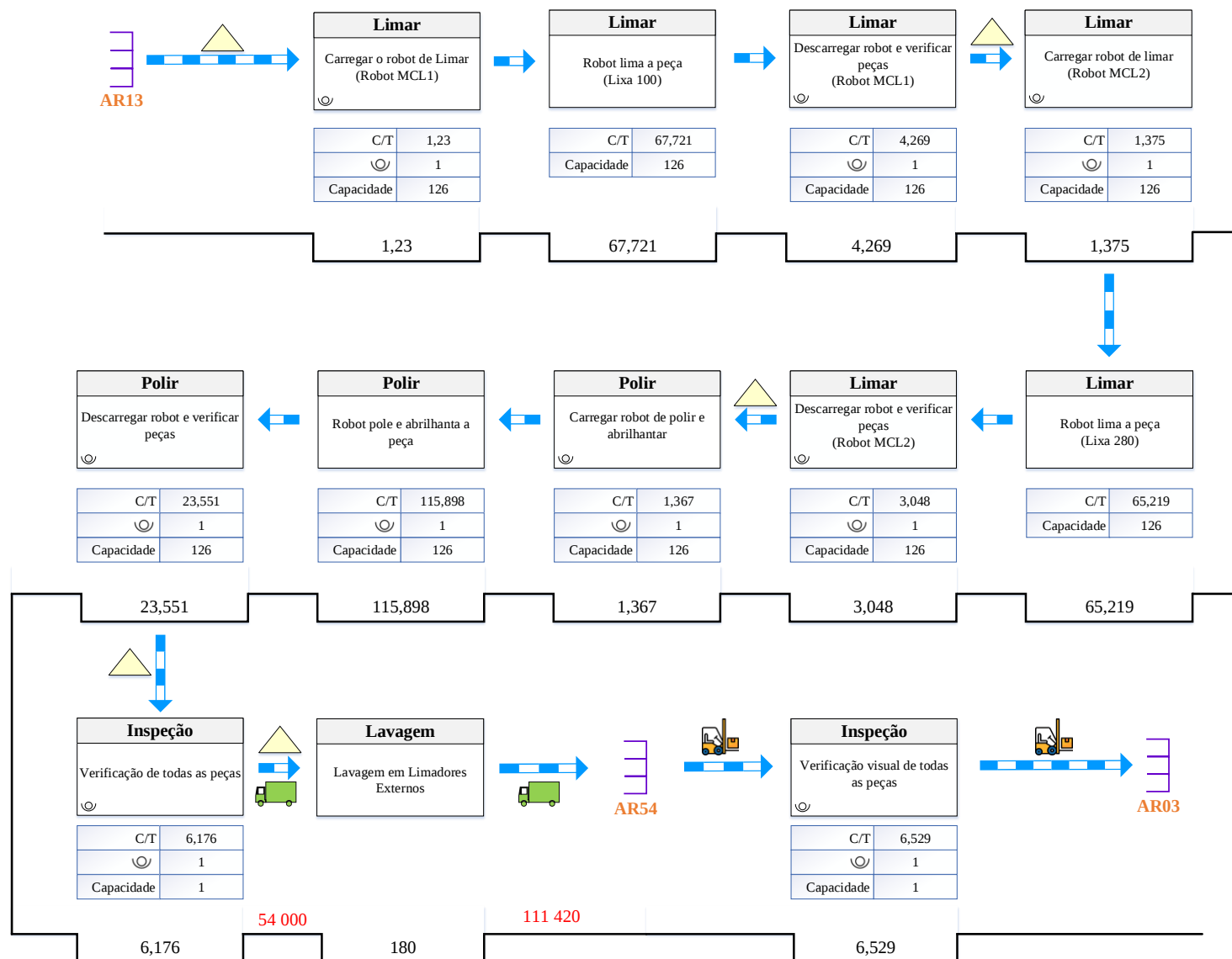


Figura A.2 – VSM Limado e Polido Peça A

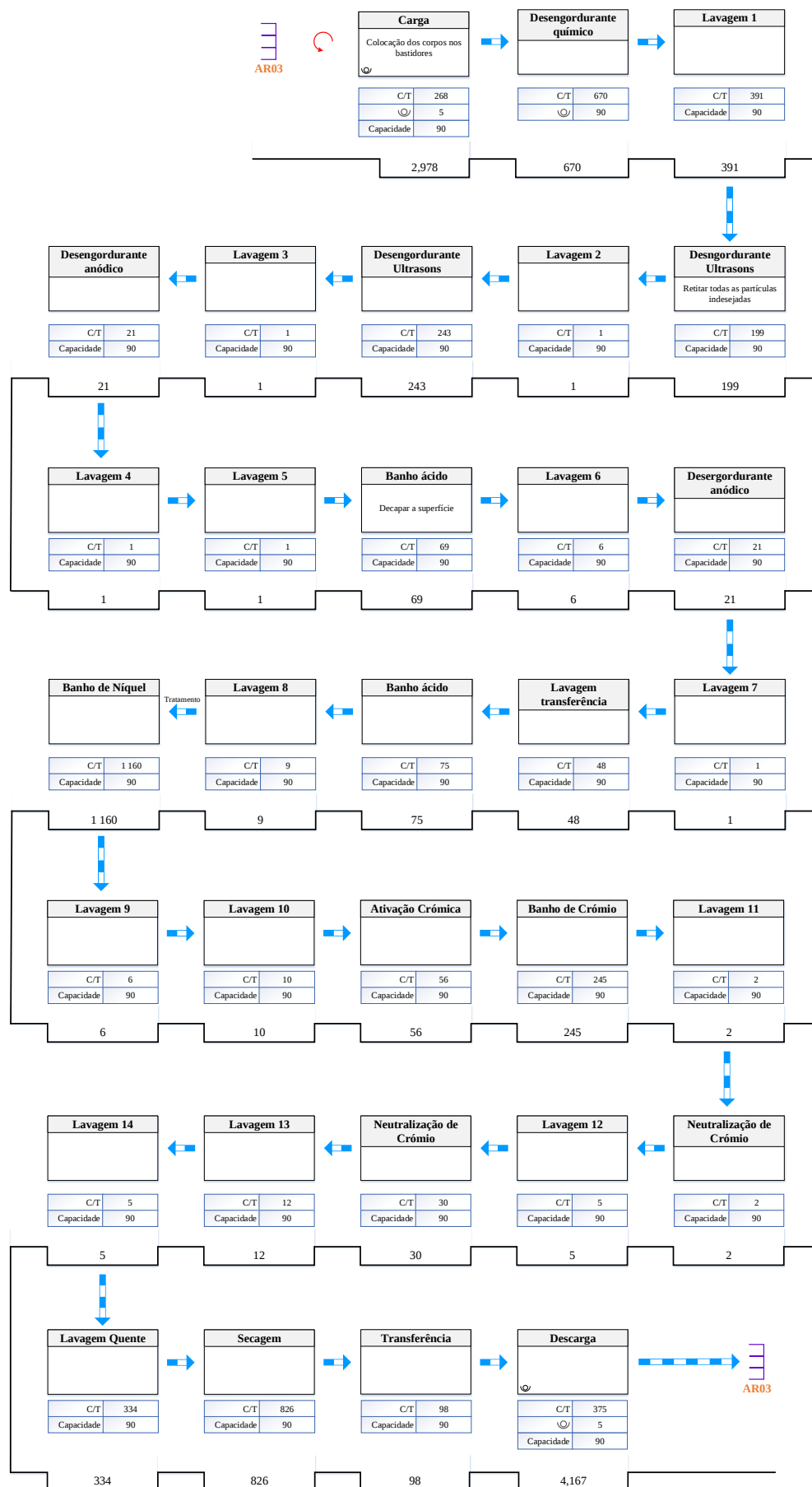


Figura A.3 – VSM Cromagem Peça A

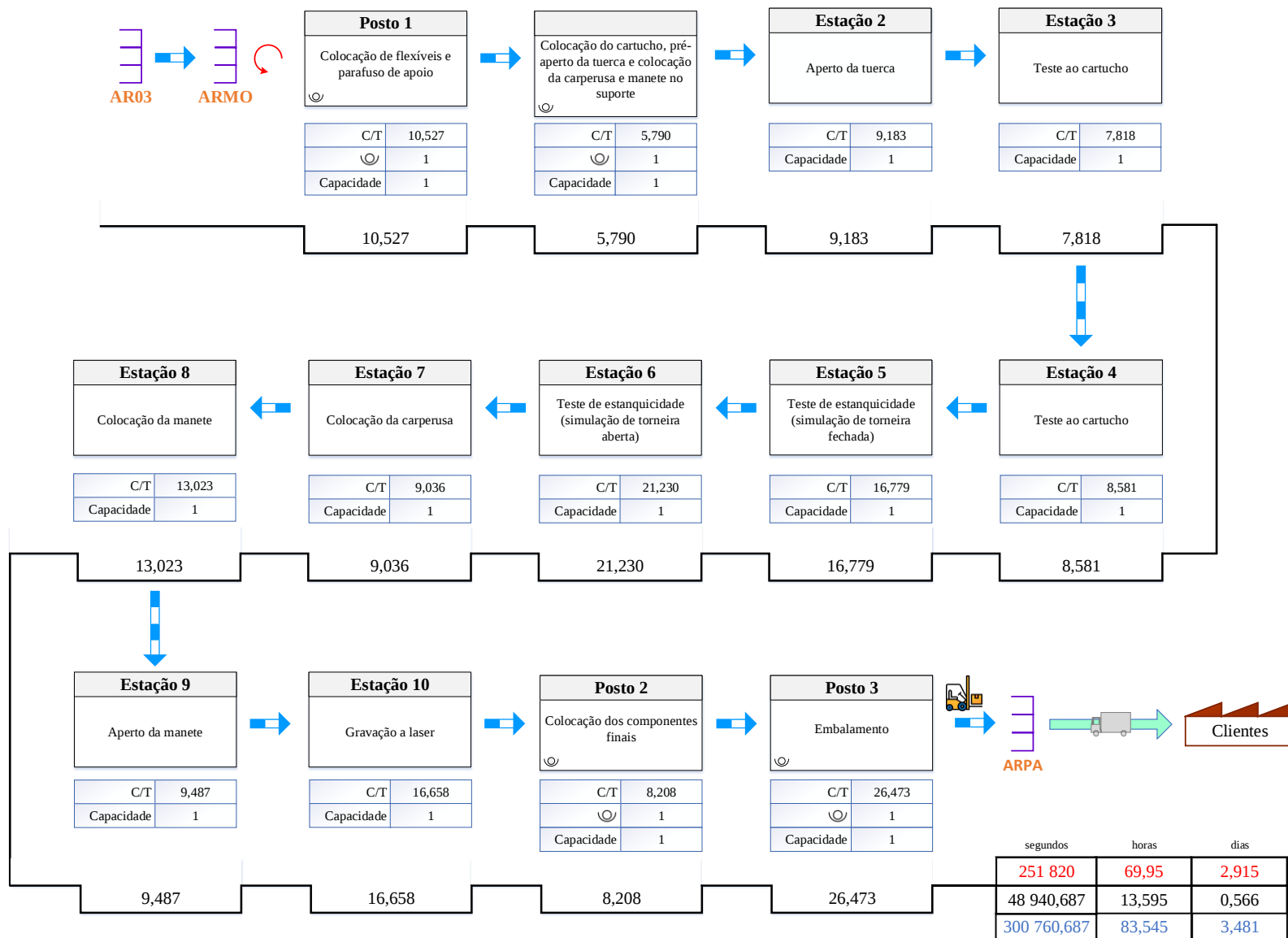


Figura A.4 – VSM Montagem Peça A

ANEXO B – Value Stream Mapping por setor para a Peça B

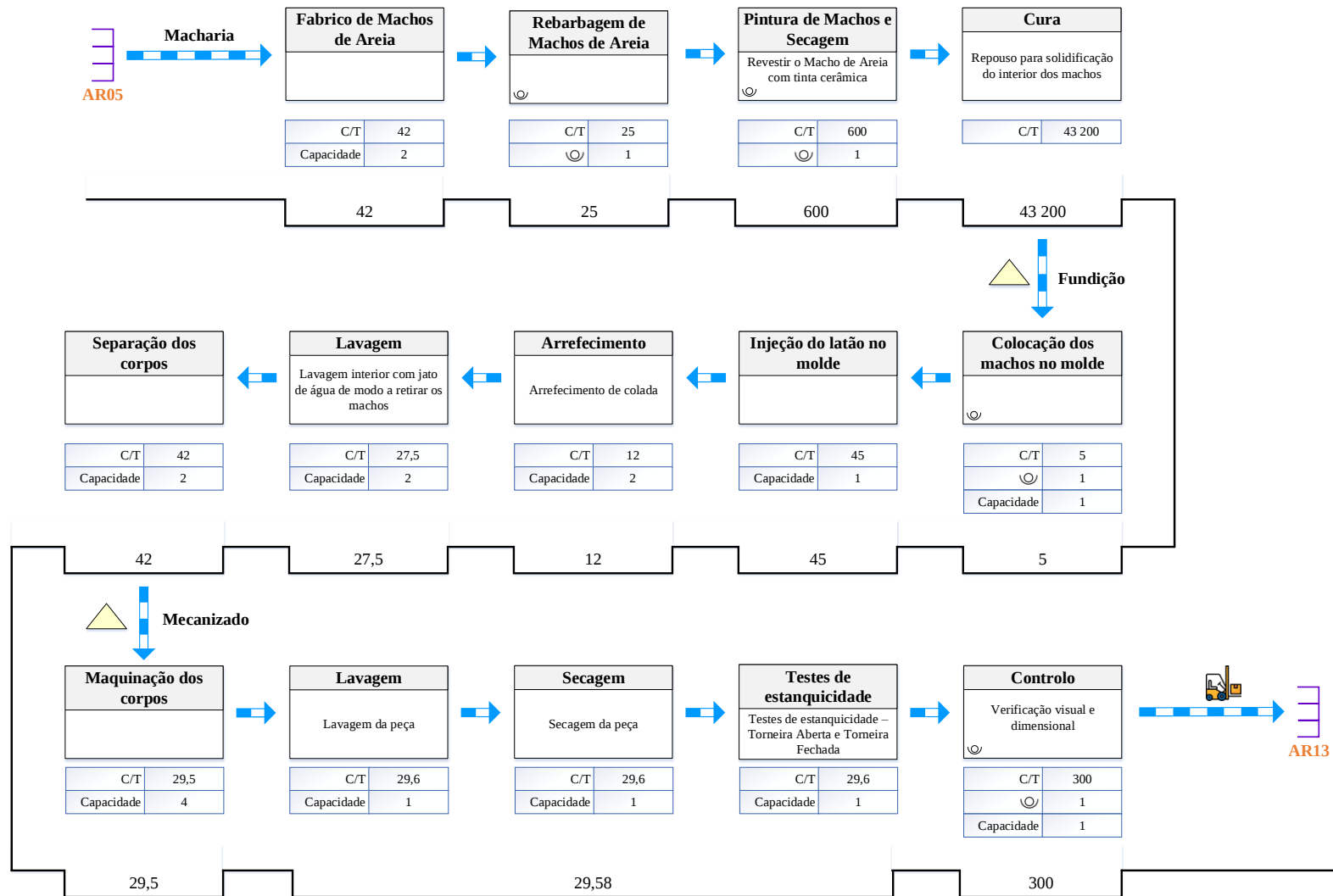


Figura B.1 – VSM Fundição e Mecanizado Peça B

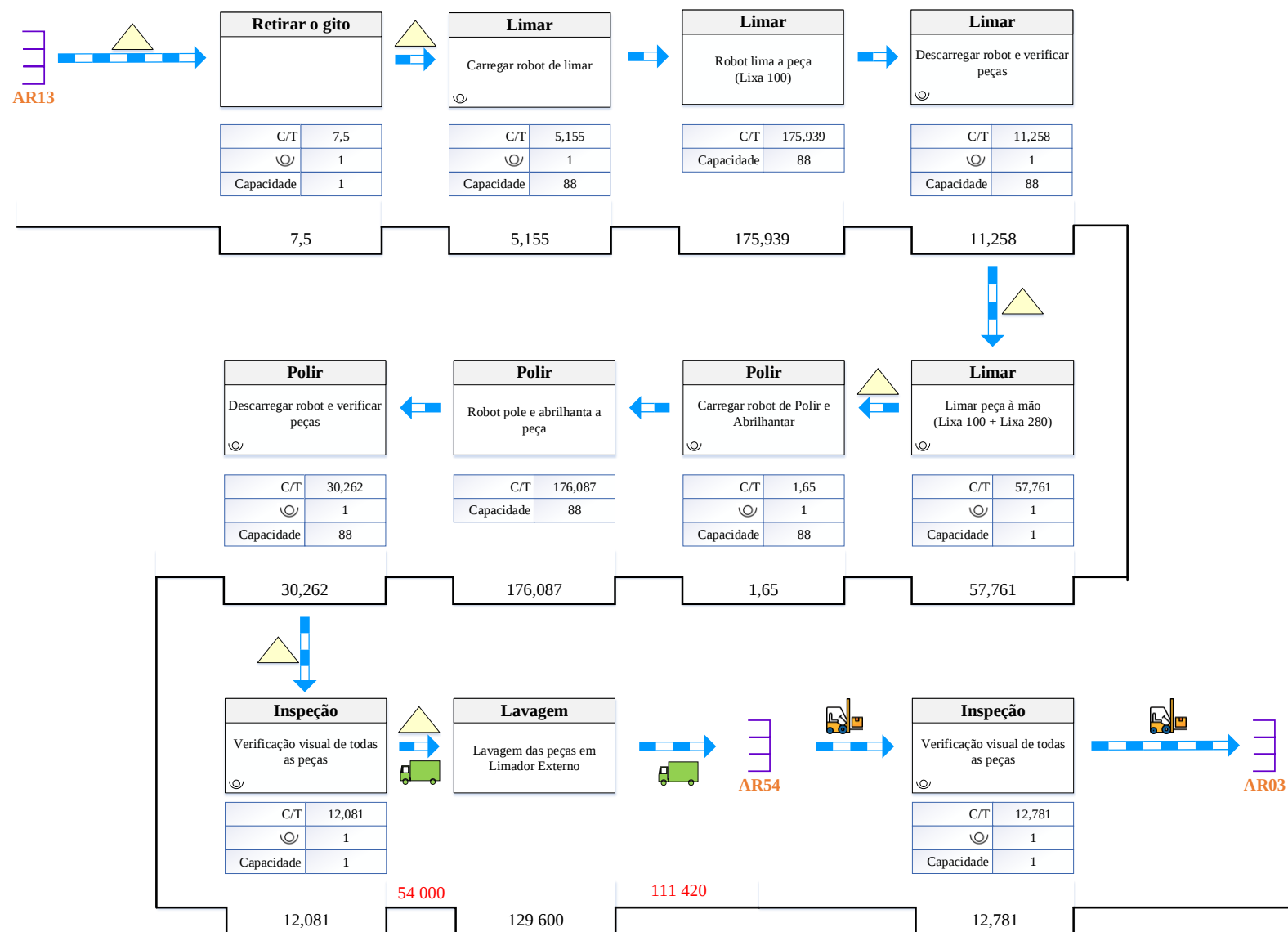


Figura B.2 – VSM Limado e Polido Peça B

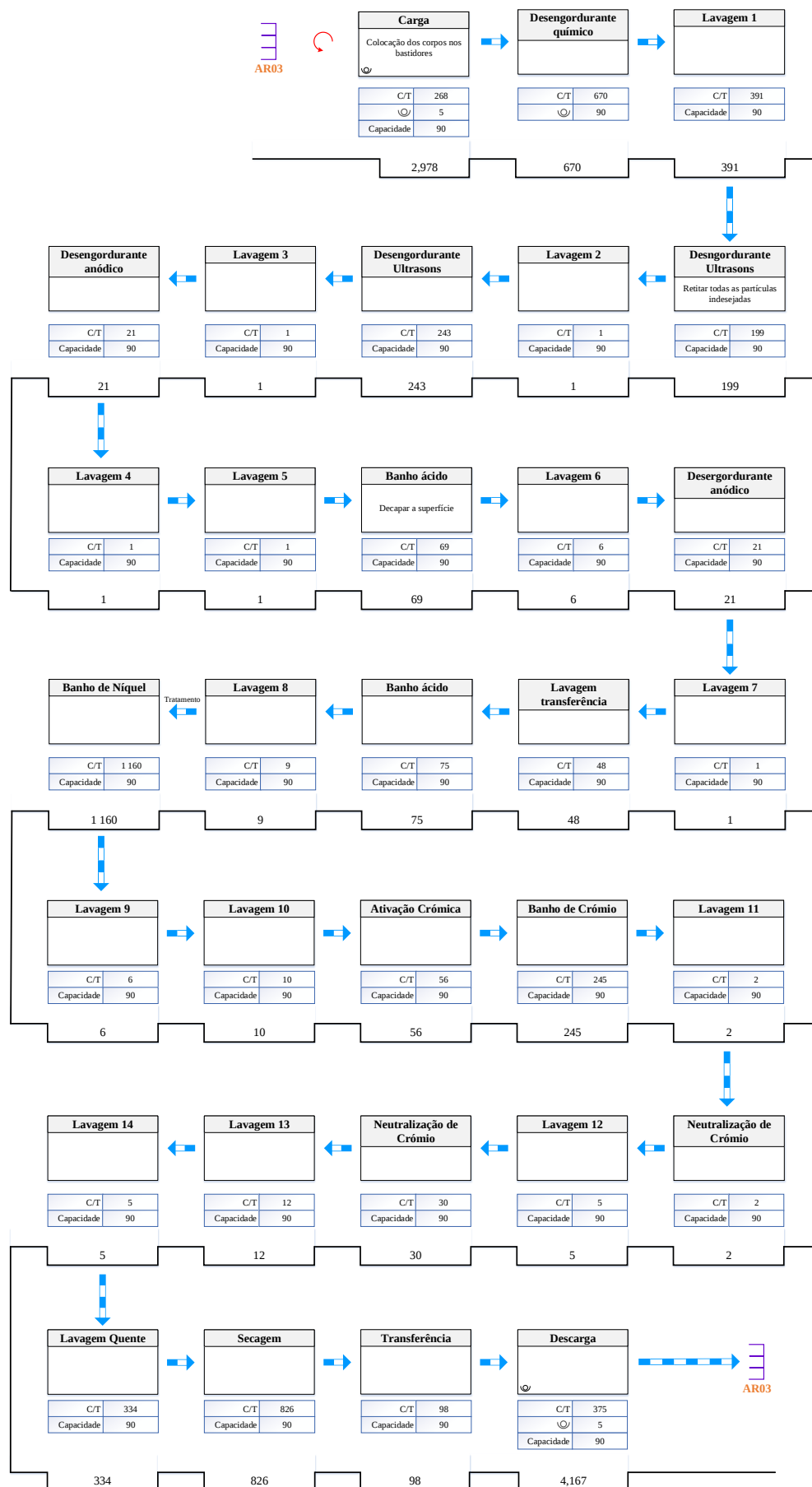


Figura B.3 – VSM Cromagem Peça B

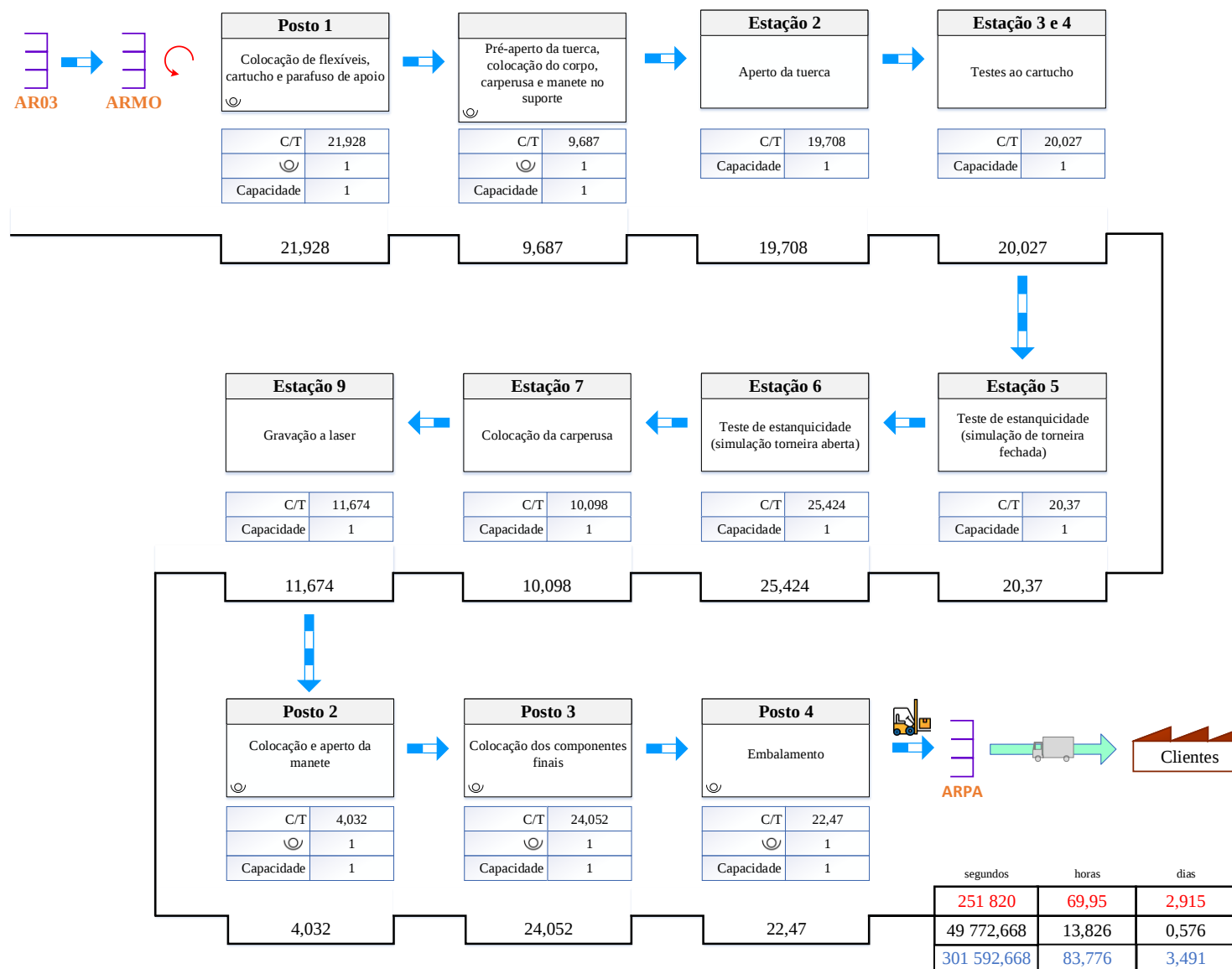


Figura B.4 – VSM Montagem Peça B